

А.А. САНДУЛЯК, канд. техн. наук, Д.В. ЕРШОВ, инженер,  
Д.В. ОРЕШКИН, д-р техн. наук, А.В. САНДУЛЯК, д-р техн. наук,  
Московский государственный строительный университет

## Относительный уровень намагничивания «опоясывающей» фильтр-матрицы сепаратора ферропримесей керамических суспензий

По мере увеличения производства строительных материалов и изделий все более высокие требования предъявляются к качеству исходного сырья, одной из ключевых характеристик которого является содержание железистых примесей. Их содержание определяется, как известно, различными методами [1, 2]. Железистые примеси в процессе производства, например, оконного стекла снижают светопрозрачность стекла (как красящие примеси); при производстве облицовочных плиток, санитарно-технических изделий — приводят к появлению так называемых «выплавов», «мушек», вспучиваний на керамических изделиях, плитках, вплоть до отбраковки некондиционной продукции. Рециклинг бракованной обожженной продукции в целях экономии сырья малоперспективен, так как снижает надежность технологических процессов и оборудования, а также требует существенных энергозатрат.

Для удаления железистых примесей на стадиях исходного (сыпучего) сырья и получения тех или иных технологических сред в процессе производства используются магнитные сепараторы [3–9]. Это связано с тем, что железистые примеси, как правило, обладают ферромагнитными свойствами. Характерным примером является применение магнитных сепараторов фильтрационного типа для удаления ферропримесей из керамиче-

ских суспензий [8, 9]. Наиболее предпочтительным представляется картриджный вариант сепаратора, предусматривающий периодическое изъятие (для осуществления регенерации) картриджа и внутреннего блока намагничивания. В конструкции такого типа достигается оперативный доступ к картриджу, обеспечивается его периодическое ручное изъятие (вместе с внутренним магнитным блоком). А последующее разобшение магнитного блока с находящейся в специальном кожухе фильтр-матрицей (для прерывания воздействия на нее магнитного поля) гарантирует полное удаление уловленных ферропримесей и восстановление рабочих характеристик. При этом может быть решена и обратная задача, а именно задача контроля ферропримесей керамических суспензий (и других жидкостно-дисперсных сред); подход к контролю описан в работах [1, 2]. Под одной операцией магнитного контроля ферропримесей здесь следует понимать однократное прохождение анализируемой среды через фильтр-матрицу, получение необходимой массово-операционной характеристики; ее обработка и выполнение соответствующих расчетов производятся в соответствии с [1, 2].

Непосредственным рабочим органом сепаратора картриджного типа (рис. 1) [9] является намагничиваемая фильтрующая матрица (засыпка сравнительно мелких ферромагнитных тел, например нержавеющей шаров) кольцеобразной формы. Она опоясывает магнитный блок постоянных высокоэнергетических магнитов с размещенными в его торцах полюсными ферромагнитными наконечниками.

Фильтр-матрица выполняет функцию магнитного поглощающего экрана ферропримесей при пропускании через нее керамической суспензии. В разветвленных каналах между ферромагнитными телами формируется интенсивное поле, обеспечивающее эффективный захват феррочастиц. Этому также способствует замкнутый магнитный контур, что выгодно отличает данный сепаратор от других аппаратов подобного назначения.

При использовании такой системы аппарата важным является вопрос, каков уровень намагничивания фильтр-матрицы в слоях, находящихся вблизи магнитного блока (где намагничивание матрицы наиболее интенсивное), и в слоях, отдаленных от магнитного блока и его

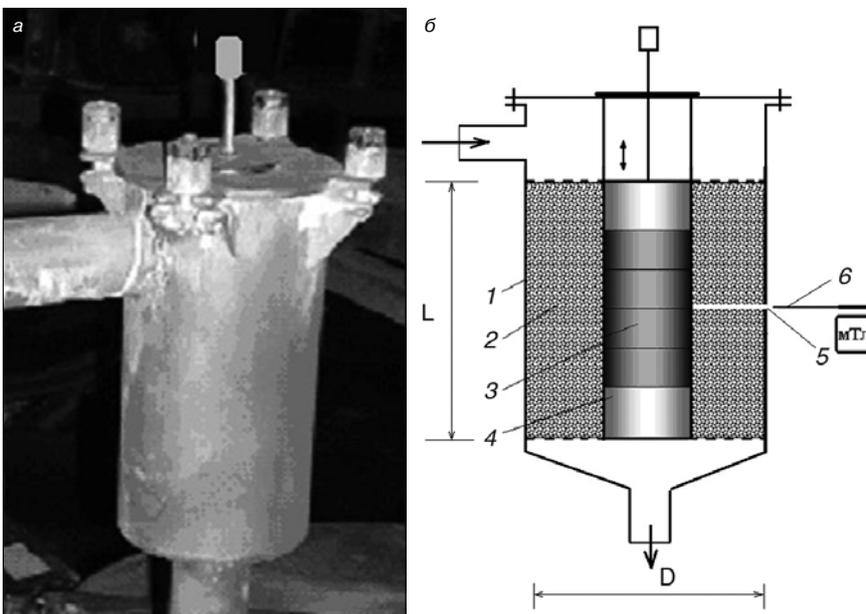


Рис. 1. Магнитный сепаратор с извлекаемым картриджем для удаления ферропримесей из керамических суспензий: а – общий вид; б – схема аппарата; 1 – корпус; 2 – фильтр-матрица; 3 – блок постоянных магнитов; 4 – полюсный наконечник; 5 – щелевой зазор (для измерений индукции); 6 – измерительный датчик Холла

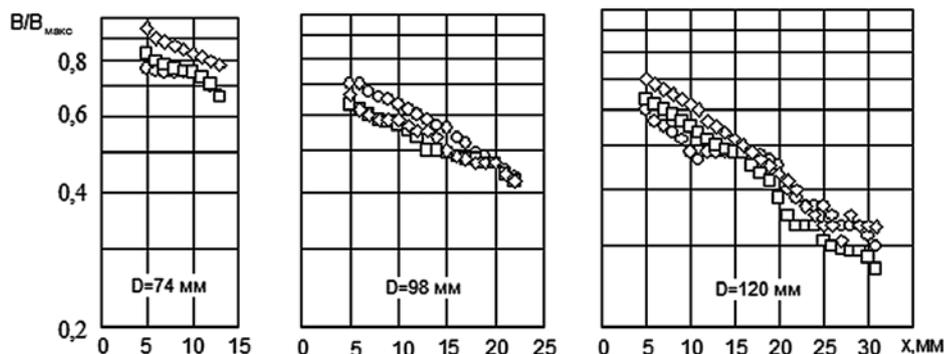


Рис. 2. Характеристика относительной магнитной индукции в радиальном направлении фильтр-матрицы (с центром на поверхности магнитного блока) для различных значений ее диаметра

полюсных наконечников (рис. 1, б), т. е. в периферийных слоях. Учитывая, что интенсивность намагничивания матрицы от магнитного блока к периферии снижается, с точки зрения эффективности захвата ферропримесей объем матрицы условно можно разделить на относительно благоприятные и неблагоприятные зоны.

Информацию о характере распределения магнитного потока в фильтр-матрице кольцевой формы можно получить путем измерения средней индукции, создавая в ней, как в элементе классической замкнутой магнитной цепи, щелевой зазор для измерительного датчика. В данном случае противолежащие «стенки» зазора имеют выступы и впадины, формируемые слоями шаров, поэтому для получения усредненных данных и соответствующих зависимостей необходимо проведение многократных замеров.

В соответствии с принятым в подобных случаях подходом необходимо создавать полный зазор в элементе магнитной цепи, т. е. по всему поперечному сечению фильтр-матрицы, а не локально, с тем чтобы избежать шунтирования магнитного потока и соответствующего занижения результатов экспериментов. Однако результаты тест-контроля показывают, что показатели индукции в локальном зазоре определенной ширины в избранном радиальном направлении хотя и уступают аналогичным показателям для полного зазора, но отличаются от них с точностью до примерно постоянного коэффициента. Это дает основание для оперативного получения сравнительно большого объема данных пользоваться частичным зазором, во всяком случае для получения относительных данных средней индукции  $B/B_{\max}$ . За величину сравнения ( $B_{\max}$ ) целесообразно принять значение индукции в точке, наиболее приближенной (исходя из геометрических размеров датчика) к магнитному блоку – при минимальном диаметре намагничиваемой фильтр-матрицы  $D$  (в данном случае это  $D=74$  мм).

На рис. 2 представлены относительные показатели средней индукции поля в фильтр-матрице в радиальном направлении (рис. 1) с использованием различных моделей аппарата такого типа. Выбираемые значения параметров соответствовали их значениям для реальных, эксплуатируемых аппаратов. Например, в исследованиях диаметр фильтр-матрицы составлял  $D=74–120$  мм, ее длина  $L=54–74$  мм соответствовала совокупной длине магнитного блока из магнитных элементов каждый диаметром 25 мм и толщиной 10 мм, а также двух полюсных наконечников толщиной по 17 мм (рис. 1).

Полученные характеристики показывают (рис. 2), что средние значения индукции поля в фильтр-матрице незначительно зависят от ее длины (в принятом диапазоне изменения этой длины). Это связано, очевидно, с «синхронным» изменением длины фильтр-матрицы и расположенного внутри ее магнитного

блока. Приращение длины этого блока (и намагничивающей силы) влечет соответствующее приращение длины фильтр-матрицы с сохранением уровня ее намагничивания.

Что же касается такого влияющего на производительность аппарата параметра, как диаметр фильтр-матрицы  $D$ , то с его увеличением «перепад» между средними (относительными) значениями индукции поля  $B/B_{\max}$  в фильтр-матрице, расположенной вблизи магнитного блока и в

периферийной области, увеличивается весьма заметно. Так, если для диаметра  $D=74$  мм величина  $B/B_{\max}$  снижается на 15–20%, то уже для диаметра  $D=98$  мм это снижение составляет 40–50%, а для диаметра  $D=120$  мм – 50–60%.

Следовательно, поскольку периферийные слои фильтр-матрицы аппарата такого типа всегда находятся в ухудшенных (а при больших  $D$  – в существенно худших) условиях намагничивания, это обстоятельство должно учитываться при создании аппаратов различной производительности.

**Ключевые слова:** керамические суспензии, ферропримеси, магнитный фильтр-сепаратор.

#### Список литературы

1. Сандуляк А.В., Орешкин Д.В., Сандуляк А.А., Еришов Д.В. и др. Результаты нелимитированного сканирующего магнитоконтроля ферропримесей кварцевого песка // Строительные материалы. 2012. № 4. С. 80–83.
2. Сандуляк А.В., Сандуляк А.А., Еришов Д.В., Еришова В.А. О новых принципах актуализации регламентов магнитоконтроля ферропримесей сырья стройматериалов (на примере кварцевого песка) // Промышленное и гражданское строительство. 2013. № 2. С. 68–72.
3. Золотых Е.Б., Мамина И.А., Парюшкина О.В. Извлечение магнитных минералов из стекольных песков Ушинского месторождения // Строительные материалы. 2007. № 5. С. 22–24.
4. Конев Н.Н., Сало И.П. Магнитные сепараторы на постоянных магнитах для обогащения стекольного и керамического сырья и материалов // Стекло и керамика. 2003. № 2. С. 30–31.
5. Newns A., Pascoe R.D. Influence of path length and slurry velocity on the removal of iron from kaolin using a high gradient magnetic separator // Minerals Engineering. 15 (2002), pp. 465–467.
6. Rayner J.G., Napier-Munn T.J. A mathematical model of concentrate solids content for the wet drum magnetic separator // International Journal of Mineral Processing. 70 (2003), pp. 53–65.
7. Norrgran D. Magnetic filtration: producing fine high-purity feedstocks // Filtration and Separation. 2008. 45 (6), pp. 15–17.
8. Zezulka V., Straka P., Mucha P. A magnetic filter with permanent magnets on the basis of rare earth // Journal of Magnetism and Magnetic Materials. 268 (2004), pp. 219–226.
9. Сандуляк А.А., Сандуляк А.В. Перспективы применения магнитных фильтров-сепараторов для очистки керамических суспензий // Стекло и керамика. 2006. № 11. С. 34–37.