

РУДОПОДГОТОВКА И ОБОГАЩЕНИЕ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

УДК 622.794.22

В.Х. Садыков

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ДИСКОВЫХ ВАКУУМ-ФИЛЬТРОВ ДЛЯ ОБЕЗВОЖИВАНИЯ ЖЕЛЕЗНОРУДНЫХ КОНЦЕНТРАТОВ

На большинстве обогатительных фабрик России для удаления влаги (обезвоживания) из тонких обводненных концентратов железных, марганцевых руд используются дисковые вакуумные фильтры как отечественного, так и зарубежного производства. Высокий удельный вес этого способа обезвоживания концентратов полезных ископаемых и в цветной металлургии.

Наряду с использованием дисковых вакуумных фильтров наметилась тенденция к применению новых технологий и машин, их реализующих. Например, внедряются фильтр-прессы, или капиллярная фильтрация. Этот подход является эффективным, но затратным по капитальным и эксплуатационным расходам. Вместе с тем, возможности наиболее распространенной вакуумной фильтрации на дисковых фильтрах далеко не исчерпаны. Снижение удельного потребления электроэнергии при одновременном снижении влажности осадка возможно за счет совершенствования процесса обезвоживания концентратов на основе выбора рациональной структуры и параметров дисковых вакуумных фильтров. В этом случае сочетание параметров затраты – качество приближаются к новым типам машин для обезвоживания. Совершенствование дисковых вакуум-фильтров позволит эффективно их использовать в рамках существующей инфраструктуры обогатительных фабрик.

В цехе производства окатышей ОАО «Карельский окатыш» на промышленном дисковом вакуум-фильтре ДТВО-100-2.58 был проведен анализ зависимости процесса обезвоживания суспензии рядового железнорудного концентрата (ЖРК) от технологических параметров. Исследовался ЖРК с удельной поверхностью 1587–1600 см²/г, содержание крупностью класса +0,074 мм – 1,2%, класса –0,074 +0,05 мм – 2,8%, класса –0,05 +0,02 мм – 68,7%, класса –0,02 – 27,3%. Постоянными внешними условиями были параметры окружающей среды: влажность 65%; температура 22°C. Содержание твердого в суспензии составляло 52%. Реагенты не добавлялись.

Варьировались параметры: время просушки, толщина осадка, перепад давлений, число оборотов вала. Обрабатывались данные, соответствующие рабочему диапазону влажности осадка от 10 до 12%. Экспериментальные данные были обработаны с использованием программы полиномиальной аппроксимации. Полученная зависимость изменения влажности получаемого осадка в процентах от варьируемых параметров имеет вид

$$W_{oc} = k \cdot \delta^{0,071} / (\Delta P_c \tau_c^{0,127}),$$

где k – весовой коэффициент; δ – толщина осадка, мм; ΔP_c – разность давлений, МПа; τ_c – время сушки, с.

Анализ зависимости показывает, что превалирующим фактором для снижения влажности является разность давлений. Однако энергозатраты на работу вакуум-насосов имеют наибольшую составляющую в общем объеме энергопотребления всего дискового вакуум-фильтра.

Резервом для повышения разности давлений в условиях эксплуатации существующих вакуум-насосов является снижение гидравлических потерь. Это можно обеспечить за счет совершенствования структуры и оптимизации параметров дисковых вакуум-фильтров.

Применительно к трубчатым дисковым фильтрам совершенствование структуры реализуется, в частности, за счет изменения связи сектора с коллектором ячеечного вала и выполнения последнего с переменным диаметром по длине (рис. 1, б). В отличие от традиционной формы связи (рис. 1, а) предлагаемое исполнение позволяет за счет тангенсального подвода фильтрата к ячейковому валу снизить гидравлические сопротивления при его дальнейшем движении. Реализуется известный в гидродинамике эффект создания промежуточного подслоя, движущегося со скоростью, меньшей основного потока [1]. Кроме того, снижение гидравлических потерь обеспечивается рациональным выбором параметров коллекторной трубы.

Число секторов i , подсоединяемых к коллекторной трубе, варьируется от шести до двенадцати, поэтому число проектируемых параметров: $d_{ni}, d_{Ki}, h_i, \beta_i, e$, может быть равно $4i+1$ или более. Задача их определения в этом случае может быть решена только в оптимизационной постановке.

Эффективная работа всех секторов обеспечивается при близких условиях набора осадка, что при прочих равных условиях обеспечивается одинаковым разрежением на каждом секторе. В связи с этим, в качестве критерия оптимальности наиболее целесообразно принять минимальную разность давлений в каждом из сечений коллекторной трубы относительно средней величины:

$$F = \sum_{i=1}^n abs \left(\left(\frac{\sum_{i=1}^n \Delta P_i}{i} - \Delta P_i \right) \right),$$

где n – число секторов на коллекторной трубе.

На целевую функцию F накладываются прямые ограничения:

$$\begin{aligned} a < h_i < b; \\ c < d_{ni} < n; \\ x < d_{Ki} < y, \end{aligned}$$

где a, b, c, n, x, y – численные значения, ограничивающие пределы изменения параметров, отражающие условия физической реализуемости.

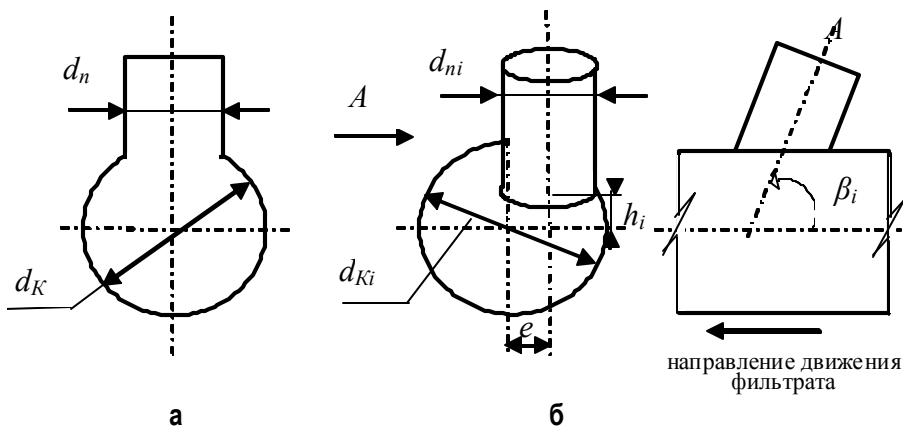


Рис. 1. Фрагмент дискового трубчатого вакуум-фильтра: а – существующей конструкции; б – усовершенствованной

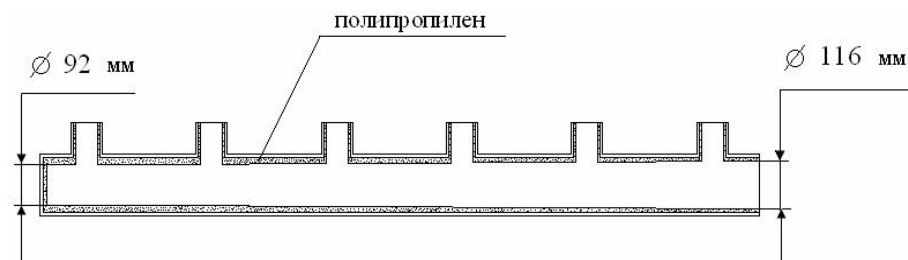


Рис. 2. Коллекторная труба с внутренней конусообразной полипропиленовой футеровкой

Кроме того, должны соблюдаться функциональные ограничения вида

$$\Delta P_n < D,$$

где D – предельное значение разрежения, создаваемое вакуум-насосом.

Итоговые выражения разности давлений были получены на основании уравнения Бернулли и неразрывности потока.

Проблема определения параметров части ДТВО сводится к решению задачи нелинейного программирования. Она решалась с использованием метода деформированного многогранника [2].

Полученные результаты были апробированы на экспериментальной конструкции цилиндрического ячеякового вала. В соответствии с полученными значениями внутренняя поверхность вала была футерована полипропиленом с толщиной, переменной по длине (рис. 2).

Исследования проводились на промышленном дисковом вакуум-фильтре ДТВО-100-2.58 № 8, имеющем двухстороннюю конструкцию ячеякового вала (рис. 3). Стандартная цилиндрическая коллекторная труба, установленная со стороны С, была футерована полипропиленом. Аналогичная ответная труба, сторона В, была оставлена без изменения (см. рис. 3).

Анализировалась удельная производительность, влажность осадка и его вторичное увлажнение при отдуве. Данные показатели определялись посредством отбора проб обезвоженного ЖРК. Пробы отбирались при различных режимах работы вакуум-фильтра (частоте вращения дисков от 0,5 до 1,1 об/мин; разрежении в коллекторе от 0,08 до 0,085 МПа; вакууме набора на головке от 0,02 до 0,09 МПа; расходе вакуумного воздуха от 2,0 до 2,5 м³/мин; давлении отдувки от 0,05 до 0,065 МПа). При этом удельная поверхность обезвоживаемого железорудного концентрата составляла от 1409 до 1771 см²/г.

В зависимости от способа отбора проб (со всех дисков, с каждого второго дис-

ка, с 1-го диска) отмечена незначительная разница по удельной производительности, составляющая 0,03–0,06 т/м²ч в пользу стандартных труб. В то же время отмечена разница по влаге 0,22–0,24% в пользу футерованных коллекторных труб. Результаты опытов по исследованию обратного намочения осадка на вакуум-фильтре с футерованными полипропиленом коллекторными трубами показали, что примерно такое же значение (0,19%) составляет разность по влажности осадка между сторонами при отдувке. Содержание влаги в осадке на стороне В в среднем составляет 10,12%, на стороне С – 9,85%.

Дальнейшее снижение влажности осадка при неизменной скорости вращения ячейкового вала

может быть обеспечено за счет увеличения времени сушки τ_c . Этап сушки заканчивается при входе из суспензии края сектора, расположенного вблизи коллекторной трубы. При этом время, в течение которого из суспензии выйдет дистальный конец сектора, является временем технологической паузы.

Новая компоновка сектора относительно ячейкового вала обеспечит одновременный выход всего торца сектора (рис. 4).

Поворот средней оси сектора x_1-x_1 (см. рис. 4) на угол γ относительно оси x_0-x_0 , проходящей через ось ячейкового вала, обеспечит одновременный выход из суспензии всего торца сектора, а следовательно, время сушки увеличится на величину



Рис. 3. Схема отбора проб на дисковом вакуум-фильтре ДТВО-100-2.58: 1, 2, 3, 4, 5, 6 – номера секторов

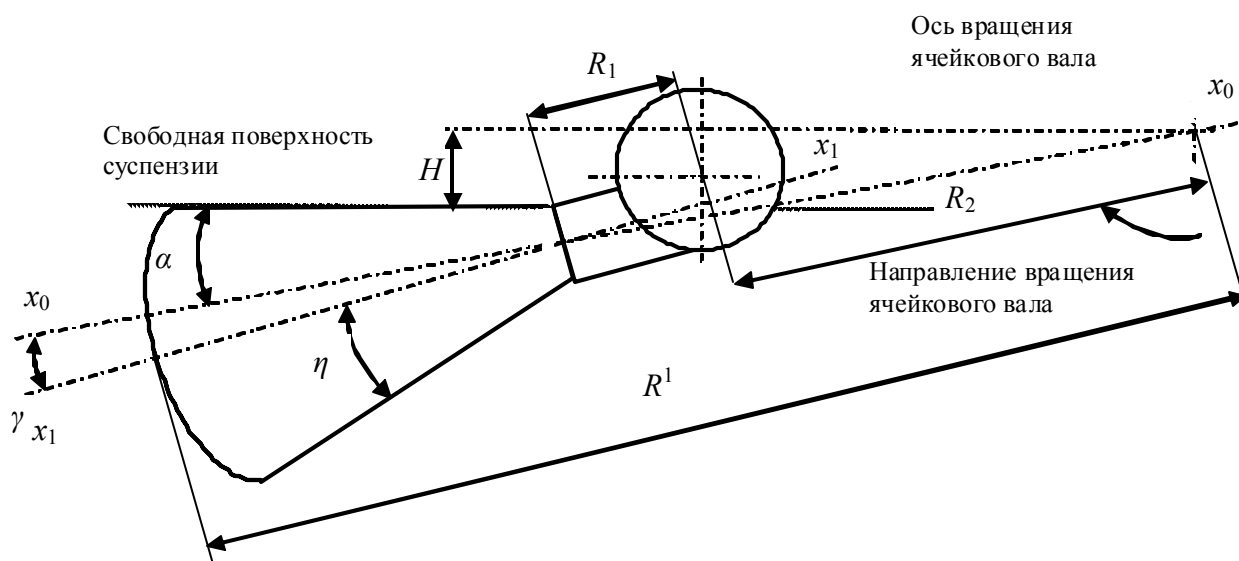


Рис. 4. Положение сектора в момент начала выхода из суспензии

$$\Delta \tau_c = \left((2\pi R_1^1 n^1 - d_{II}) / 2 \right) / (R^1 \omega_B),$$

где R^1 – максимальный диаметр ячеекового вала в сборе с сектором, м; d_{II} – диаметр патрубка сектора, м; ω_B – угловая скорость ячеекового вала, рад⁻¹; n^1 – число секторов в ряду.

Следует отметить, что в силу единообразия секторов величина d_{II} одинакова для всего агрегата, в отличие от d_{Pi} .

При этом величина угла γ определяется через постоянные параметры агрегата из решения системы уравнений:

$$\begin{cases} (R_1 + R_2) \cos \alpha = H - 0,5d_{II} \sin(\alpha - \gamma); \\ \eta - \alpha = \gamma, \end{cases}$$

где H – расстояние от оси ячеекового вала до уровня суспензии; R_1, R_2, η – постоянные геометрические параметры агрегата (см. **рис. 4**).

Таким образом, при неизменных условиях фильтрования: удельной поверхности, марки и состоянии фильтроткани, вакуум-насосах оптимизация параметров коллекторной трубы позволяет уменьшить содержание влаги в осадке от 0,2 до 0,45%. Одновременное увеличение времени сушки за счет рациональной компоновки сектора и коллекторной трубы позволит дополнительно снизить содержание влаги. При этом результат достигается при сохранении значительной удельной производительности дискового вакуум-фильтра.

Библиографический список

1. Попов Д.Н. Нестационарные гидромеханические процессы. М.: Машиностроение, 1982. 284 с.
2. Химмельблау М. Прикладное нелинейное программирование. М.: Мир, 1975. 534 с.

УДК 622.7

Н.А. Сединкина

ВЛИЯНИЕ РАЗЛИЧНЫХ ПАРАМЕТРОВ НА СЕПАРАЦИЮ ПРОМПРОДУКТА ДОФ-5 ОАО «ММК»

Возможность увеличения выпуска и снижения себестоимости железорудного концентрата в значительной мере зависит от эффективности предварительного обогащения – сухой магнитной сепарации. Сухая магнитная сепарация широко применяется при обогащении магнетитовых руд с целью выделения значительного количества «сухих» хвостов и снижения затрат на последующую переработку.

Сепарации подвергалась дробленая магнетитовая руда ДОФ-5 ОАО «ММК» крупностью 15–0 мм, которая после измельчения поступает на мокрую магнитную сепарацию. Поскольку руда крупностью 50–15 мм предварительно проходит сухую магнитную сепарацию на барабанных сепараторах и значительная часть вмещающей породы удалена, то изучалась возможность выделения аглоруды и «сухих» отвалных хвостов из руды крупностью 15–0 мм. Реализация сухой магнитной сепарации промпродукта ДОФ-5 позволит повысить и стабилизировать массовую долю железа в питании мокрой магнитной сепарации, снизить расходы электроэнергии, шаров, футеровок и воды. Однако уменьшение крупности исходного питания сухой магнитной сепарации резко снижает эффективность разделения на барабанных сепараторах мел-

ких влагоемких классов крупности. Мелкие свободные частицы вмещающих пород, содержащихся, как правило, в значительном количестве в питании, налипая на частицы магнетита, трудно выделяются в хвосты. Одновременно мелкие частицы магнетита вследствие магнитоадгезионного налипания теряются с немагнитным продуктом.

Таким образом, наиболее оптимальным способом сухой магнитной сепарации мелкодробленого материала является сепарация его во взвешенном состоянии, реализуемая при перемещении материала в электромагнитном поле с резко изменяющейся и убывающей по ходу движения материала максимальной напряженностью магнитного поля, обеспечивающей неоднократное выпягивание частиц с различной скоростью из потока материала и отрыв от магнитной системы, в результате чего происходит освобождение и выпадение механически увлеченных частиц, самоочистка сталкивающихся частиц от налипших мелких и повышение качества магнитного продукта в каждой последующей зоне сепарации*. Выпадению механи-

* Чижевский В.Б., Сединкина Н.А. Особенности сухой магнитной сепарации мелких продуктов во взвешенном состоянии // Обогащение руд. 2007. № 1. С. 25–28.