© В.В. Кармазин, Н. Г. Синельникова,
Л.А. Логинова, Г.А. Епутаев,
М.Г. Данилова, 2007

УДК 621.928

В.В. Кармазин, Н. Г. Синельникова, Л.А. Логинова,
Г.А. Епутаев, М.Г. Данилова

ИССЛЕДОВАНИЕ СТАДИАЛЬНОГО ПРОЦЕССА СЕПАРАЦИИ В СЕПАРАТОРЕ С МАГНИТНОЙ СИСТЕМОЙ, ИМЕЮЩЕЙ МАГНИТЫ РАЗНОЙ ВЫСОТЫ

Промышленные испытания сепаратора ВСПБМ 32,5/20 на ОАО «Михайловский ГОК» с модуляцией магнитного поля по частоте (т.е. с магнитами равной высоты) показали [1, 2, 3], что на нем можно получить концентрат с содержанием магнетита до 57 %. Такой концентрат нельзя использовать сразу на пятой стадии обогащения.

Было принято решение модернизировать сепаратор за счет применения частотной и амплитудной модуляции вектора напряженности магнитного поля (с использованием магнитной системы с магнитами разной высоты).

Для рассматриваемого случая рассчитана картина магнитного поля, которая показана на рис. 1.

Картина магнитного поля изменилась на внешней стороне барабана.

Радиальные, тангенциальные составляющие и модуль магнитной индукции изменяется, как показано на рис. 2.

Сравнивая графики сепараторов с магнитами равной и разной высоты, видим, что магнитная индукция на внешней поверхности барабана уменьшилась более чем в три раза. Модуль магнитной индукции стал носить синусоидальный характер. Характер изменения магнитной индукции по радиусу не изменился.

Значительно изменился характер по величине и форме график пондеромоторных сил. Рассчитанная картина модуля пондеромоторных сил изображена на рис. 3.

Картина поля модулей сил существенно изменилась по сравнению с этой же картиной для сепаратора с магнитами равной высоты.

В рассматриваем сепараторе графики изменения радиальной, тангенциальной составляющих и модуля пондеромоторных сил на внешней поверхности барабана имеет вид, показанный на рис. 4.

Графики рис. 4 показывают, что максимальные значения пондеромоторной силы над высокими полюсами уменьшились приблизительно на 20%, а над полюсами меньшей высоты в три раза.

Практически в сепараторах с полюсами меньшей высоты процессы сепарации протекают аналогично, как и в сепараторах с полюсами равной высоты. Отличие заключается в том, что уменьшается пондеромоторная сила. При одной и той же скорости вращения барабана центробежная

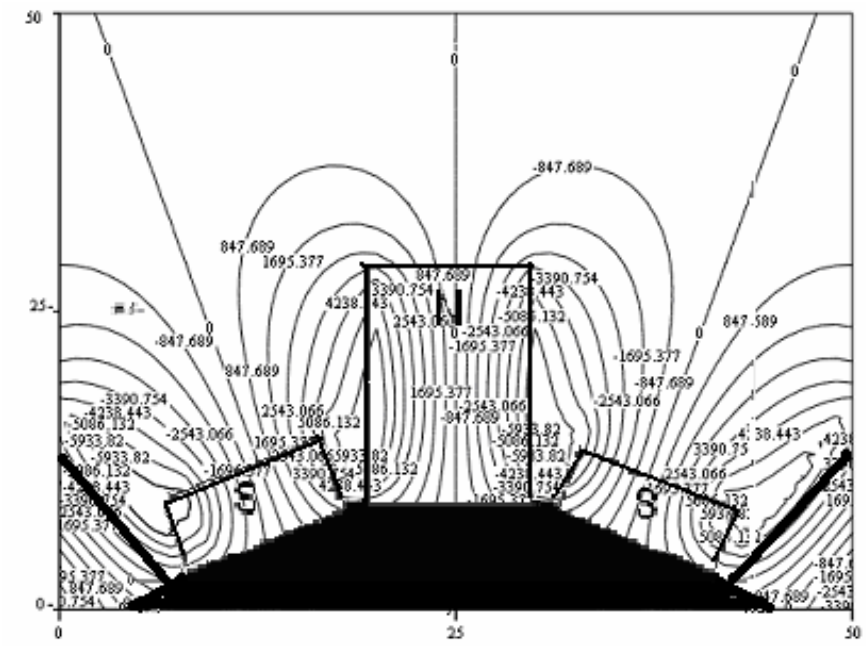

Рис. 1. Картина магнитного поля с магнитами разной высоты в относительных единицах

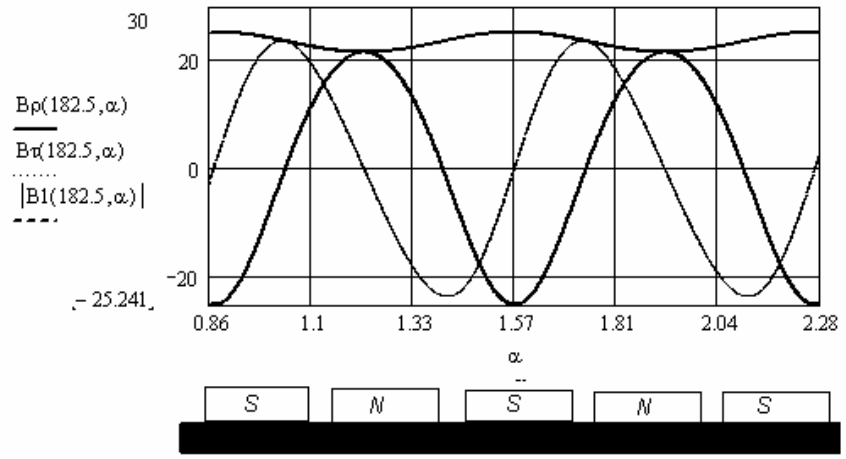

Рис. 2. Графики изменения радиальной, тангенциальной составляющих и модуля магнитной индукции на внешней поверхности барабана

сила отрывает от барабана частицы с более высоким содержанием магнетита.

Баланс сил имеет вид

$$\overline{F} = \overline{F}_{м} + \overline{F}_{A} + \overline{F}_{Г} + \overline{F}_{Ц}, \qquad (1)$$

где $\overline{F}_{A}$ - сила Архимеда, действующая на сферическую частицу;

$$\overline{F}_{A} = V\rho_{ж} = \frac{4}{3}\pi R^{3}\rho_{ж}\overline{g}; \qquad (2)$$

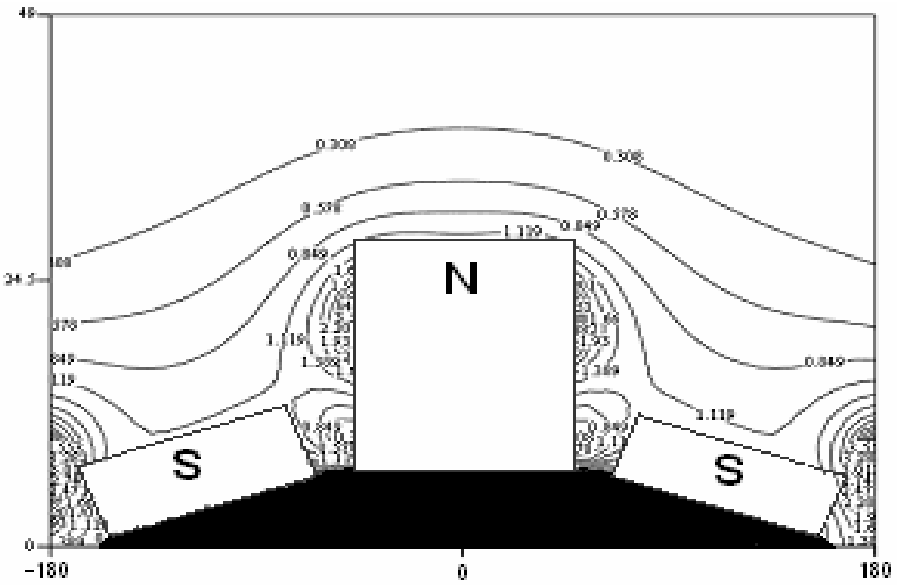

Рис. 3. Картина поля модулей сил с магнитами разной высоты в относительных единицах

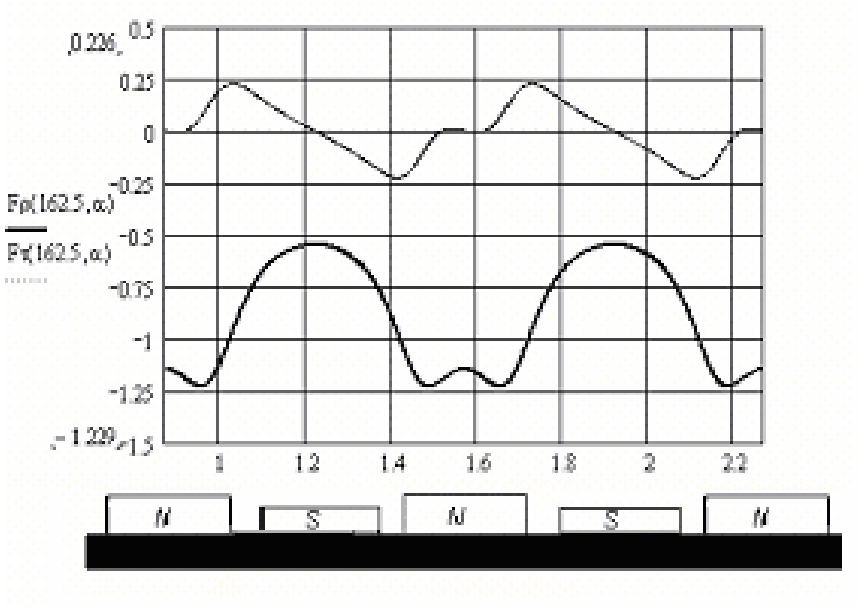

Рис. 4. Графики изменения радиальной и тангенциальной составляющих силы на внешней поверхности барабана

$\overline{F}_{\Gamma}$ - гравитационная сила (сила тяжести) равна

$$\overline{F}_{\Gamma} = m\overline{g} = V\rho\,\overline{g} = \frac{4}{3}\pi R^3 \rho\,\overline{g}\,; \qquad (3)$$

$F_ц$ - модуль центробежной силы равен

$$F_ц = \delta v \omega_0^2 (r + 0{,}5d)\,; \qquad (4)$$

v - объем частицы; δ - плотность частицы; r –радиус; d – приведенный диаметр частицы.

Считают, что частица имеет форму шара с диаметром d, угловая частота вращения барабана $\omega_0 = \dfrac{2\pi n}{60}$.

Центробежная сила всегда направлена перпендикулярно поверхности барабана.

По известным значениям намагниченности флоккул, определяем удельную пондеромоторную силу по среднему значению ее в относительных единицах как

$$f_{Sm}(y) = \frac{1}{2} \cdot J_m(y) \cdot F_{\rho\, ср} \cdot q\,, \qquad (5)$$

где $f_{Sm}(y)$ - удельная магнитная сила, н/м^3; $J_m(y)$ - намагниченность в зависимости от содержания магнетита во флоккуле, А/м; q - коэффициент приведения расчетной магнитной индукции к действительной.

Сила, действующая на флоккулу

$$F_{ПS} = f_{Sm} \cdot V\,.$$

Используя формулу, получаем удельную пондеромоторную удельную силу в зависимости от содержания магнетита y

$$F(y) := \left(\frac{y + 27}{1.31 \cdot 10^3} \right)^3 \cdot k_1$$

(6)

где y – процентное содержание магнетита в исходном продукте,

$$k_1 = \frac{3.673\mathrm{E}+5}{\left(\dfrac{100+27}{1{,}31 \cdot 10^3} \right)} = 4{,}031 \cdot 10^8\,.$$

или

$$\bar{F}(y, \omega_б, V_i) = V_i \cdot \rho_i \cdot F(y) - V_i \cdot \rho_i (\omega_б)^2 r_б - V_i \cdot \rho_i + V_i \cdot \rho_ж \qquad (7)$$

где

$$\rho_i = \rho_{маг} \cdot \frac{y}{100} + \rho_{кварц} \left(1 - \frac{y}{100} \right)\,,$$

$$V_i = \frac{\pi \cdot D_i^3}{6}\,.$$

Флоккула оторвется от барабана в том случае, если

$$\bar{F}(y, \omega_б, V_i) \le 0\,. \qquad (8)$$

В этом случае объемы V_i сократятся и получим

$$F = f(y, \omega_б) \le 0\,. \qquad (9)$$

При соблюдении условий (8) приведены графики на рис. 5.

Графики рис. 5 показывают, что из сепарируемого материала за счет центробежных сил уйдут все частицы с содержанием магнетита меньше, чем его содержание у соответствующего графика.

Были проведены испытания нового варианта магнитного сепаратора с оптимизированной магнитной системы и комбинированной ванной, а их результаты показаны на рис. 6, причем удавалось получить концентраты с содержанием общего железа до 64 %. Такие результаты удовлетворили требования ОАО «Михайловский ГОК».

Результаты выполненных исследований использованы при выдаче ЗАО “Рудгормаш” технического задания на проектирование промышленного вы-

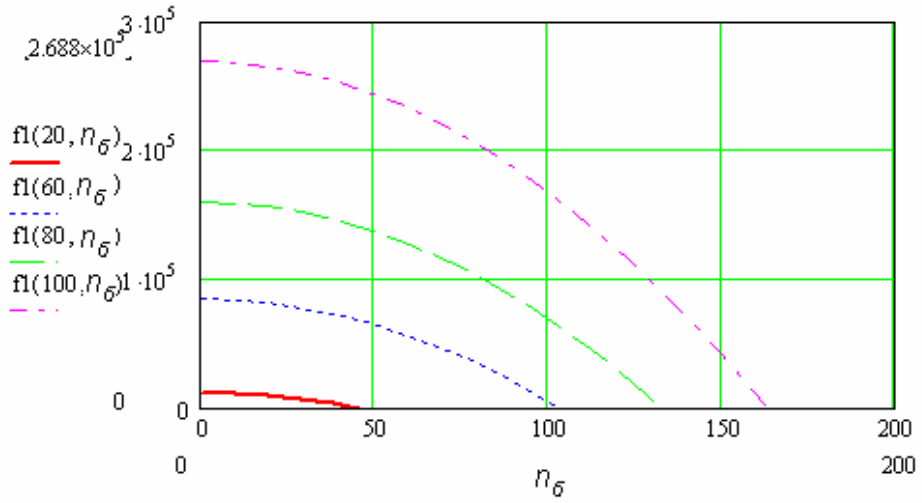

Рис. 5. Графики изменения результирующей удельной силы от скорости барабана при различном содержании магнетита в частице

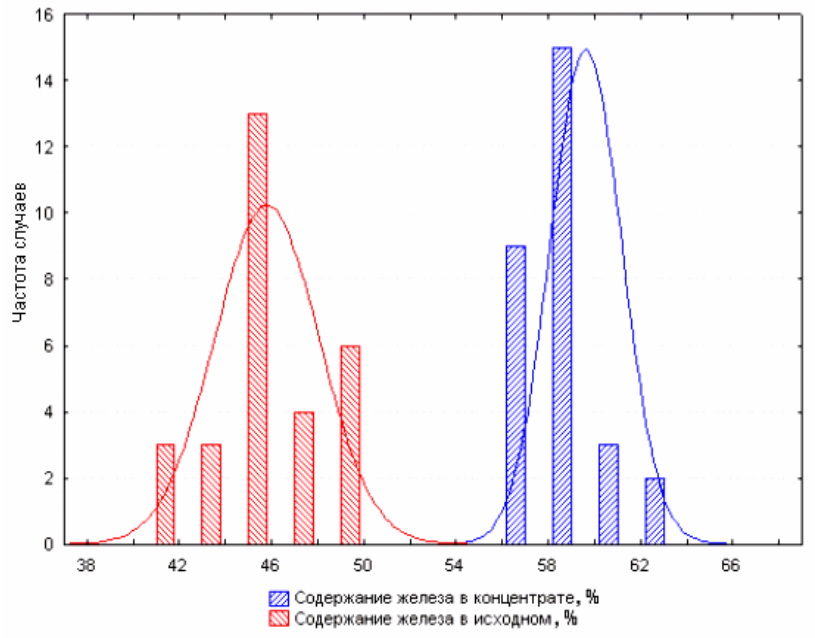

Рис. 6. Гистограммы содержаний железа в исходном питании и концентрате сепаратора ВСПБМ – 32.5/20-м

сокоселективного сепаратора ВПБМ - 90/100.

По результатам исследований полей сил и испытаний барабанного сепарато-

ра на постоянных магнитах разной высоты сделаны следующие выводы:

1. Разработаны аналитические методы расчета картины магнитных полей, полей магнитных индукций и пондеромоторных сил для круговой магнитной системы с полюсами разной высоты.

2. Найдено условие, при котором флоккула с различным со-держанием магнетита оторвется от барабана.

3. Испытания сепаратора с полюсами различной высоты позволили получить концентраты с содержанием общего железа до 64 %, а в сепараторах с полюсами равной высоты только 57 % железа.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Ковалев Р.В.* Исследование магнитных полей барабанного сепаратора на постоянных магнитах. Горный информационно-аналитический бюллетень, №1 - М., 2007. С. 85.

2. *Кармазин В.В., Ковалев Р.В., Епутаев Г.А.* Исследование магнитных полей сил барабанного сепаратора на постоянных магнитах. Горный информационно-аналитичес-кий бюллетень, №12. - М., 2006. – С. 22.

3. *Кармазин В.В., Ковалев Р.В., Епутаев Г.А.* Закономерности вращательного движения частиц железосодержащих руд во вращающемся поле барабанного сепаратора на постоянных магнитах. Горный информационно-аналитический бюллетень, №11 - М., 2006. – С. 5. ГИАБ

Коротко об авторах

Кармазин Виктор Витальевич – академик МИА и РАЕН, профессор, доктор технических наук, Московский государственный горный университет,
Епутаев Геннадий Алексеевич - профессор, доктор технических наук, СКГМИ (ГТУ),
Синельникова Н. Г., Логинова Л. А. – аспиранты, Московский государственный горный университет,
Данилова М.Г. – доцент, кандидат технических наук, филиал МИСиС.

Доклад рекомендован к опубликованию семинаром № 25 симпозиума «Неделя горняка-2007».
Рецензент д-р техн. наук, проф. *В.М. Авдохин.*

Д И С С Е Р Т А Ц И И

ТЕКУЩАЯ ИНФОРМАЦИЯ О ЗАЩИТАХ ДИССЕРТАЦИЙ ПО ГОРНОМУ ДЕЛУ И СМЕЖНЫМ ВОПРОСАМ

Автор	Название работы	Специальность	Ученая степень
СИБИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ИНДУСТРИАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ			
ИВАНОВ Александр Александрович	Разработка технологических решений повышения полноты извлечения угля сближенных пластов в сложных природных и	25.00.22	к.т.н.

	техногенных условиях шахт		