

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

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.

чески увлеченных и налипших частиц из магнитного продукта способствует и вибрация ленты, снимающей магнитный продукт.

На результаты магнитной сепарации во взвешенном состоянии влияют: напряженность магнитного поля, высота подъема частиц, угол подъема магнитной системы, скорость перемещения материала и его крупность, положение разделительных шиберов, скорость съема магнитного продукта, влажность обогащаемого материала и его количество.

Изучение влияния напряженности магнитного поля на показатели обогащения промпродукта (табл. 1) показывает, что при ее повышении выход аглоруды увеличивается при некотором снижении в ней массовой доли железа.

Так, при повышении напряженности магнит-

ного поля с 87 до 120 кА/м выход аглоруды увеличивается с 45,56 до 54,32% при снижении массовой доли железа с 59,23 до 57,92%. Массовая доля железа в «сухих» хвостах при повышении напряженности магнитного поля с 87 до 105 кА/м также снижается с 10,84 до 8,15%. При повышении напряженности магнитного поля свыше 105 кА/м извлечение железа в аглоруду повышается незначительно. Оптимальным значением напряженности магнитного поля в процессе сепарации во взвешенном состоянии является 105 кА/м.

Изучение влияния угла подъема магнитной системы на показатели обогащения промпродукта ДОФ-5 (табл. 2) показало, что с увеличением угла выход аглоруды уменьшается с 55,87 до 46,9%, а массовая доля железа в аглоруде повышается 55,71 до 62,33%.

Таблица 1

Влияние напряженности магнитного поля на показатели обогащения промпродукта ДОФ-5

| Наименование продуктов | Напряженность магнитного поля, кА/м | | | | | | | | |
|------------------------|-------------------------------------|---------------|------------|--------|---------------|------------|--------|---------------|------------|
| | 87 | | | 105 | | | 120 | | |
| | Показатели обогащения, % | | | | | | | | |
| | Выход | Массовая доля | Извлечение | Выход | Массовая доля | Извлечение | Выход | Массовая доля | Извлечение |
| Аглоруда | 45,56 | 59,23 | 60,14 | 53,57 | 58,21 | 69,50 | 54,32 | 57,92 | 70,12 |
| Промпродукт | 29,52 | 51,44 | 33,84 | 27,16 | 44,61 | 27,01 | 26,80 | 44,33 | 26,48 |
| Хвосты | 24,92 | 10,84 | 6,02 | 19,27 | 8,15 | 3,49 | 18,88 | 8,08 | 3,40 |
| Исходный | 100,00 | 44,87 | 100,00 | 100,00 | 44,87 | 100,00 | 100,00 | 44,87 | 100,00 |

Таблица 2

Влияние угла подъема магнитной системы на показатели обогащения промпродукта ДОФ-5

| Наименование продуктов | Угол подъема магнитной системы, ° | | | | | | | | |
|------------------------|-----------------------------------|---------------|------------|--------|---------------|------------|--------|---------------|------------|
| | 5 | | | 15 | | | 25 | | |
| | Показатели обогащения, % | | | | | | | | |
| | Выход | Массовая доля | Извлечение | Выход | Массовая доля | Извлечение | Выход | Массовая доля | Извлечение |
| Аглоруда | 55,87 | 55,71 | 70,41 | 53,57 | 58,21 | 69,50 | 46,90 | 62,33 | 66,12 |
| Промпродукт | 21,41 | 52,68 | 25,51 | 27,16 | 44,61 | 27,01 | 27,42 | 44,26 | 27,45 |
| Хвосты | 22,72 | 7,94 | 4,08 | 19,27 | 8,15 | 3,49 | 25,68 | 11,07 | 6,43 |
| Исходный | 100,00 | 44,21 | 100,00 | 100,00 | 44,87 | 100,00 | 100,00 | 44,21 | 100,00 |

Таблица 3

Влияние высоты подъема частиц на показатели обогащения промпродукта ДОФ-5

| Наименование продуктов | Высота подъема частиц, мм | | | | | | | | |
|------------------------|---------------------------|---------------|------------|--------|---------------|------------|--------|---------------|------------|
| | 30 | | | 40 | | | 60 | | |
| | Показатели обогащения, % | | | | | | | | |
| | Выход | Массовая доля | Извлечение | Выход | Массовая доля | Извлечение | Выход | Массовая доля | Извлечение |
| Аглоруда | 55,03 | 57,13 | 71,21 | 53,57 | 58,21 | 69,50 | 46,68 | 61,85 | 65,40 |
| Промпродукт | 21,54 | 50,25 | 24,48 | 27,16 | 44,61 | 27,01 | 24,53 | 49,46 | 27,48 |
| Хвосты | 23,43 | 8,12 | 4,31 | 19,27 | 8,15 | 3,49 | 28,79 | 10,92 | 7,12 |
| Исходный | 100,00 | 44,15 | 100,00 | 100,00 | 44,87 | 100,00 | 100,00 | 44,15 | 100,00 |

Таблица 4

Влияние крупности промпродукта ДОФ-5 на показатели обогащения (проба 1)

| Наименование продуктов | Крупность промпродукта, мм | | | | | | | | |
|------------------------|----------------------------|---------------|------------|--------|---------------|------------|--------|---------------|------------|
| | 15-0 | | | 10-0 | | | 7-0 | | |
| | Показатели обогащения, % | | | | | | | | |
| | Выход | Массовая доля | Извлечение | Выход | Массовая доля | Извлечение | Выход | Массовая доля | Извлечение |
| Аглоруда | 53,57 | 58,21 | 69,50 | 54,98 | 58,31 | 71,45 | 55,47 | 58,22 | 71,97 |
| Промпродукт | 27,16 | 44,61 | 27,01 | 26,88 | 42,30 | 25,34 | 26,43 | 42,27 | 24,90 |
| Хвосты | 19,27 | 8,15 | 3,49 | 18,14 | 7,94 | 3,21 | 18,10 | 7,76 | 3,13 |
| Исходный | 100,00 | 44,87 | 100,00 | 100,00 | 44,87 | 100,00 | 100,00 | 44,87 | 100,00 |

Таблица 5

Результаты промышленного опробования сухой магнитной сепарации во взвешенном состоянии

| Номер пробы | Наименование продукта | Выход, % | Извлечение, % | Массовая доля, % | | | | | | | | |
|-------------|-----------------------|----------|---------------|------------------|------|------------------|-------|------|--------------------------------|------------------|-------|------|
| | | | | Fe | S | SiO ₂ | CaO | MgO | Al ₂ O ₃ | TiO ₂ | P | MnO |
| 201 | Аглоруда | 37,90 | 48,50 | 53,80 | 1,48 | 10,67 | 4,90 | 1,55 | 2,66 | 1,54 | 0,032 | 0,19 |
| 202 | Промпродукт | 62,10 | 51,50 | 34,80 | 1,36 | 25,60 | 9,70 | 2,32 | 7,54 | 0,96 | 0,088 | 0,25 |
| 203 | Аглоруда | 60,40 | 75,60 | 52,60 | 1,47 | 11,37 | 5,05 | 1,54 | 2,88 | 1,35 | 0,040 | 0,19 |
| 204 | Промпродукт | 39,60 | 24,40 | 25,80 | 1,39 | 33,30 | 11,50 | 2,87 | 9,47 | 0,87 | 0,077 | 0,26 |
| 200 | Исходный продукт | 100,00 | 100,00 | 42,00 | 1,45 | 20,40 | 7,55 | 2,00 | 5,51 | 1,10 | 0,064 | 0,21 |

Но решающими показателями, определяющими оптимальное значение угла подъема магнитной системы, являются массовая доля железа в «сухих» хвостах и потери с ними железа. Так, если при значениях угла подъема магнитной системы 5 и 15° массовая доля железа в «сухих» хвостах составляет 7,94 и 8,15%, а потери железа с ними от 3,49 до 4,08%, то при угле подъема 25° массовая доля железа повысилась до 11,07%, а потери железа увеличились до 6,43%. Поэтому оптимальным значением угла подъема магнитной системы является 15°.

Исследования по влиянию высоты подъема частиц на показатели сепарации промпродукта (табл. 3) свидетельствуют о том, что при ее увеличении выход аглоруды снижается, а массовая доля железа в ней повышается.

Выход аглоруды уменьшается при увеличении высоты подъема с 30 до 60 мм с 55,03 до 46,68%. Изменение этих показателей монотонное, достаточно плавное. Решающими показателями при определении оптимальной высоты подъема частиц являются массовая доля железа в хвостах и потери с ними железа. Так, если при высоте подъема частиц 30 и 40 мм массовая доля железа в хвостах составляет от 8,12 до 8,15%, а потери железа с ними изменяются от 4,31 до 3,49%, то при высоте подъема частиц 60 мм эти показатели увеличиваются соответственно до 10,92 и 7,12%. Поэтому оптимальным значением высоты подъема следует считать 40 мм.

Одним из важнейших факторов, определяющих эффективность сухой магнитной сепарации, является крупность обогащаемого материала. Уменьшение крупности материала увеличивает степень раскрытия сростков и создает возможность повышения технологических показателей.

Результаты обогащения промпродукта различной крупности (табл. 4) показывают, что выход аглоруды при снижении крупности промпродукта с 15-0 мм до 7-0 мм повышается с 53,57 до 55,47, а извлечение железа повышается с 69,5 до 71,97%.

При этом снижение крупности промпродукта наряду с увеличением выхода аглоруды и извлечения в нее железа массовая доля железа снижается незначительно. Это свидетельствует о высокой избирательности процесса сухой магнитной сепарации во взвешенном состоянии.

Для проверки эффективности использования сухой магнитной сепарации во взвешенном состоянии для обогащения промпродукта ДОФ-5 с целью получения аглоруды было проведено промышленное опробование сепарации во взвешенном состоянии в условиях участка по переработке металлургических шлаков (УПМШ). Крупность промпродукта составляла 15-0 мм. Для сепарации использовался подвесной железотделитель ПС-120. Опробование производилось при производительности 58,7 т/ч при двух различных положениях разделительного шибера, результаты опробования приведены в табл. 5.

Приведенные в табл. 5 результаты показывают возможность получения из промпродукта ДОФ-5 аглоруды и свидетельствуют о высокой селективности процесса магнитной сепарации во

взвешенном состоянии. Так, увеличение выхода аглоруды с 37,9 до 60,4% вызывает снижение массовой доли в ней железа всего лишь на 1,2%.

УДК 622.765.06

Н.В. Гмызина, В.А. Гмызин

ИССЛЕДОВАНИЕ ФЛОТИРУЕМОСТИ УГЛЕЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ В КАЧЕСТВЕ РЕАГЕНТОВ ОРГАНИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ И ПРОДУКТОВ НЕФТЕХИМИЧЕСКОГО ПРОИЗВОДСТВА

Анализ литературных источников по изучению влиянию реагентов вспенивателей на флотирруемость углей позволил установить:

- флотирруемость углей во многом определяется характером полярной функциональной группы [1];
- наиболее высокая флотирруемость углей достигается в случае использования в качестве реагентов-вспенивателей алифатических спиртов [2, 3];
- при использовании смеси химических соединений с различными функциональными группами проявляется суммарный эффект флотационной активности, приводящий к улучшению флотирруемости углей по сравнению с использованием индивидуальных химических соединений [4].

В связи с этим нами были проведены исследования по изысканию эффективных сочетаний поверхностно-активных веществ (ПАВ) при флотации каменных углей.

В данной работе исследование флотирруемости углей Печорского бассейна проводили с использованием в качестве вспенивателей следующих органических соединений: энантового альдегида, этилового эфира валерьяновой кислоты, 2-бутил-1,3-диоксана, ацеталь ($C_6H_{14}O_2$) и гексилового спирта, а в качестве собирателей – изопропилбензола и нонана. Установлено, что при постоянном расходе собирателя (2,0 кг/т) и вспенивателя (0,16 кг/т) лучшие показатели флотации были достигнуты при использовании в качестве вспенивателя гексилового спирта независимо от используемого реагента-собирателя. Так, например, при совместном действии гексилового спирта (1-гексанола) с изопропилбензолом выход концентрата составил 92,2%, что на 2,2–15,0% выше, чем при использовании других ПАВ (рис. 1). Исследования действия 1-гексанола совместно с нонаном подтвердили установленные закономерности: выход концентрата составил

92,3%, что на 14,9–29,6% выше, чем у остальных вспенивателей (рис. 2).

Результаты исследования показали, что функциональная группа ПАВ имеет очень важное значение при флотации угля. Ранее выполненными исследованиями установлено, что по активности химические соединения с полярными группами располагаются следующим образом: $OH > COOH > CO > NH_2 > SO_3$ [5]. Данные наших исследований подтверждают этот порядок.

По флотационной активности исследуемые нами реагенты-вспениватели можно расположить в таком порядке: алифатические спирты > циклическая ацеталь (1,3-диоксан) > алифатический кетон > алифатический альдегид > алифатический эфир (см. рис. 1, 2).

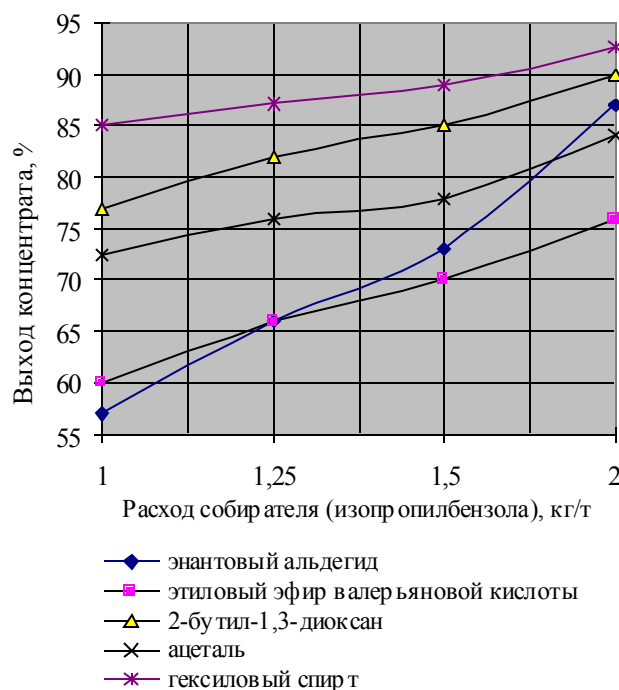


Рис. 1. Влияние функциональной группы ПАВ на выход концентрата