

УДК 622.7

П.И. ПИЛОВ, д-р техн. наук,

Н.В. ГУК

(Украина, Днепр, Государственное ВУЗ Национальный технический университет «Днепропетровская политехника»)

СТАБИЛИЗАЦИЯ РЕОЛОГИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ОБОРОТНОЙ ВОДЫ ПРИ ОБОГАЩЕНИИ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

Для снижения расхода воды в технологиях, в частности, обогащения полезных ископаемых, широко используется оборотное водоснабжение. Однако, при даже при глубокой очистке в оборотной воде накапливаются тонкодисперсные частицы, а при использовании флокулянтов, и их остаточная концентрация. Кроме того, в обрабатываемом полезном ископаемом, имеются водорастворимые соединения, которые переходят в оборотную воду. Это ухудшает ее реологические свойства, приводит к изменению ионного состава и снижению эффективности разделения в обогатительных процессах.

К основному реологическому свойству суспензий относится вязкость, которая предопределяет предельное напряжение сдвига и формирование их структуры. Поэтому, анализу факторов, непосредственно влияющих на реологические свойства оборотной воды, используемой в процессах углеобогащения посвящены многочисленные исследования [1, 2].

Наличие взвесей частиц твердой фазы в технологической воде обогатительных фабрик ухудшает показатели обогащения угля. При определенных концентрациях взвесей недопустимо ухудшаются свойства воды как среды разделения, главным образом вследствие повышения ее вязкости. Предельными концентрациями шламов, при которых наступает заметное ухудшение показателей обогащения, являются 50-80 кг/м³. Нижний предел указанных концентраций относится глинистым шламам. Содержание угольных шламов может достигать и 80 кг/м³ без существенного отрицательного влияния. [1, 2]

По крупности шлам углеобоганительных фабрик условно подразделяют на два вида: зернистый, крупностью более 35-45 мкм, относительно хорошо осаждающийся, который не вызывает трудностей при его выделении, и тонкий, крупностью менее 35-45 мкм, который весьма труден в обработке, вызывает резкое изменение реологических свойств пульпы и затрудняет процессы сепарации при обогащении полезных ископаемых, такие как осаждение, сгущение, обезвоживание и фильтрование [2]. В работе [3, 4] авторами сделаны вывод о том, что скорость накопления тонкого шлама в оборотной воде выше скорости накопления зернистого шлама. Это объясняется тем, что зернистый шлам с большей интенсивностью извлекается из потоков водно-шламовых схем в осадок и в большем количестве выводится из них. Следовательно, циркуляция зернистого шлама сокращается, приращения содержания зернистого шлама

становляться незначительними по сравнению с тонким.

Решение проблемы накопления твердой фазы в оборотной воде осуществляется на протяжении многих лет. Вследствие развития теоретических знаний и роста степени использования компьютерных технологий, вырос уровень прогнозирования показателей водно-шламовых схем обогатительных фабрик. Так в работе [4] представлена зависимость извлечений твердых частиц в циркулирующую (оборотную) воду от их крупности и времени рециркуляции (сепарационную характеристику водно-шламовой системы):

$$E_c(x,t) = p(x) \frac{1 - p(x)^{kt-1}}{1 - p(x)}, \quad (1)$$

где $p_n(x) = [1 + p_{n-1}(x)]E_c(x) = E_c(x) + E_c^2(x) + \dots + E_c^n(x)$, n – количество циклов циркуляции.

Выход твердой фазы в оборотной воде с учетом полученного уравнения составит:

$$\gamma_c(t) = \int_0^{\infty} \varphi(x) p(x) \frac{1 - p(x)^{kt-1}}{1 - p(x)} dx. \quad (2)$$

Приближенно величина $\gamma_c(t)$ вычисляется с использованием выходов классов крупности γ_i (из гранулометрического состава шлам) и соответствующих им извлечений твердой фазы и циркулирующую воду $E_i(t)$ следующим образом:

$$\gamma_c(t) = \sum_{i=1}^m \gamma_i E_i(t). \quad (3)$$

Таким образом, с течением времени в циркулирующей воде накапливается твердая фаза, причем, ее гранулометрический состав изменяется в сторону накопления тонкодисперсных частиц.

По мнению авторов работы [5] оценка процесса накопления шлама в водно-шламовой системе с позиции накопления его в оборотной воде после установившегося равновесия не является исчерпывающей. В связи с тем, что данный процесс изменяется во времени, длительность этого изменения оказывает влияние на эффективность работы основных узлов и системы в целом. Для исследования изменения содержания шлама в оборотной воде с течением времени авторы предлагают использовать критерий, учитывающий инерционность систем и аппаратов т.е. времени обработки одной порции шлама. Математически критерий выражается в виде формулы (4):

$$I = \frac{10^3}{n} \sum_{i=1}^n \frac{\Delta Y_i}{\Delta X_i}. \quad (4)$$

Здесь ΔX_i – приращение времени процесса накопления шлама относительно момента начала работы водно-шламовой схемы, с; ΔY_i – приращение содержания шлама в оборотной воде относительно момента начала процесса накопления; n – количество циклов водооборота.

В работе [6, 7] на основе математического моделирования разработана технология стабилизации качества оборотной воды до заданного уровня, позволяющая проследивать кинетику накопления глинистых частиц в водно-шламовых схемах обогатительных фабрик, а также оперативно влиять на качество оборотной воды путем определения рационального объема тонкой очистки и свежей воды. Для этого необходимо проследить кинетику накопления твердой фазы в сливе грубой регенерации. Зная концентрацию глины в сливе грубой регенерации, можно рассчитать массу твердой фазы в данном объеме суспензии, что позволит в дальнейшем определить выводимый объем оборотной воды, а при известной сепарационной характеристике тонкой очистки и объем, направляемый на очистку.

Оборотная вода, как правило, представляет собой разбавленные тонкодисперсные суспензии, твердая фаза которых представлена в основном глиной. Ее массовая концентрация, в зависимости от качества систем оборотного водоснабжения, может достигать нескольких десятков килограммов в кубическом метре [2]. Увеличение содержания глины в оборотной воде снижает эффективность всех обогатительных процессов из-за повышения вязкости, приводящего к потерям со сливами тяжелой фракции при дешламации и промывке рудных песков, с хвостами гравитационной сепарации при получении коллективного концентрата [8].

Техническая вода, применяемая на углеобогатительных фабриках, всегда содержит некоторое количество нерастворенных солей. Накопление солей в воде происходит в результате выщелачивания некоторых минеральных компонентов, содержащихся в обогащаемом материале [2]. При мокром обогащении угольные и породные зерна, транспортируемые взвешенным турбулентным потоком, частично разлагаются, изменяя состав оборотной воды. Приведенные исследования в источниках [1, 2] показывают, что минерализация оборотной воды на углеобогатительных фабриках не влияет на процессы сепарации, однако на процессы флотации, осаждения, флокуляции и др. их влияние существенное.

Из баланса шламов, воды и растворенных в ней солей доля воды ΔR_1 и равная ей доля суммарных шламов [4] остается с обезвоженными продуктами.

Анализ работы [4] показал, что после обезвоживания оставшаяся часть воды $1 - \Delta R_1$ поступает в цикл внутреннего водооборота, где выделяется осадок, с которым остается ΔR_2 воды и шламов.

Зневоднення та сушіння. Водно-шламове господарство

Для оборотного водоснабження використовується кількість води, пропорційне

$$(1 - \Delta R_1 - \Delta R_2)R_1, \quad (5)$$

а $(1 - \Delta R_1 - \Delta R_2) \cdot (1 - R_1)$ направляється в цикл зовнішнього водооборота, наприклад, в зовнішні відстійники або хвостохранилище.

С отсадком залишається кількість води і шламу, пропорційне ΔR_3 , а освітлена вода в кількості, пропорційній

$$[(1 - \Delta R_1 - \Delta R_2) \cdot (1 - R_1) - \Delta R_3]R_2 \quad (6)$$

направляється в технологічний цикл.

Таким чином, частка води для оборотного водоснабження з циклів внутрішнього і зовнішнього водооборота становить:

$$R_c = (1 - \Delta R_1 - \Delta R_2)R + [(1 - \Delta R_1 - \Delta R_2) \cdot (1 - R_1) - \Delta R_3]R_2. \quad (7)$$

Частка води, рівна $[(1 - \Delta R_1 - \Delta R_2) \cdot (1 - R_1) - \Delta R_3](1 - R_2)$, при необхідності може виводитися за межі системи оборотного водоснабження разом з знайденими в ній розчиненими речовинами, які механічними процесами не вилучаються. Це дає можливість керувати властивостями оборотної води в залежності від кількості забруднень, що поступають в систему.

Аналіз вивчених наукових публікацій приводить до висновку про те, що в будь-яких замкнених системах оборотного водоснабження накоплення забруднень (тонкодисперсна тверда фаза, розчинені речовини) має межю, визначену сепараційними характеристиками циклів водооборота.

Ця межа досягається в основному за 5-7 циклів повного водооборота, а її кількісна величина визначається топологією і сепараційними характеристиками схем її очищення, а також гранулометричним складом виділяються шламу.

Список літератури

1. Благов І.С. Оборотноє водоснабження вуглеобогатительних заводів. – М.: Недра, 1980. – 215 с.
2. Фоменко Т.Г., Бутовецький В.С., Погарцева Е.М. Водно-шламове господарство вуглеобогатительних заводів. – М.: Недра, 1974. – 270 с.
3. Голиков А.С. Дослідження процесу стабілізації вмісту шламу за швидкості його накоплення в водно-шламових системах // Збагачення корисних копалин: Наук.техн. зб. – 2010. – Вип. 43(84). – С. 107-112.
4. Пилів П.І. Вплив реологічних властивостей оборотної води на сепараційні

- процессы // Збагачення корисних копалин: Наук.-техн. зб. – 2008. – Вип.32(73). – С. 133-139.
5. Голиков А.С. Исследование накопления шлама в водно-шламовых системах с помощью критерия, учитывающего инерционность потоков // Наукові праці Донецького національного технічного університету. Вип. 15(131), серія гірничо-електромеханічна. – Донецьк: ДонНТУ, 2008. – С. 85-92. (Матеріали конференції до 80-річчя кафедри «Збагачення корисних копалин»).
6. Бакум П.А. Стабилизация качества оборотной воды на обогатительных фабриках // Збагачення корисних копалин: Наук.-техн. зб. – 2009. – Вип. 39(80). – С. 106-113.
7. Пилов П.И., Вершинина Н.М. Вязкость разбавленных суспензий при обогащении полезных ископаемых // Збагачення корисних копалин: Наук.-техн. зб. – 2010. – Вип.40(81). – С. 40-47.
8. Пилов П.И., Вершинина Н.М. Влияние качества оборотной воды на показатели обогащения титано-циркониевой руды // Збагачення корисних копалин: Наук.-техн. зб. – 2009. – Вип. 36(77)-37(78). – С. 192-196.

© Пилов П.И., Гук Н.В., 2018

*Надійшла до редколегії 12.09.2018 р.
Рекомендовано до публікації д.т.н. І.К. Младецьким*

УДК 622.794

М.І. СОКУР, д-р техн. наук

(Україна, Кременчук, Кременчуцький національний університет ім. Михайла Остроградського),

Г.В. ГУБІН, д-р техн. наук

(Україна, Кривий Ріг, Государственное ВУЗ «Криворожский национальный университет»),

В.С. БІЛЕЦЬКИЙ, д-р техн. наук,

(Україна, Харків, Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»),

Є.К. БАБЕЦЬ, канд. техн. наук

(Україна, Кривий Ріг, Науково-дослідний гірничорудний інститут)

АНАЛІЗ ЕНЕРГОВИТРАТ У ХВОСТОВИХ ГОСПОДАРСТВАХ ГІРНИЧО-ЗБАГАЧУВАЛЬНИХ КОМБІНАТІВ

Постановка проблеми і стан її дослідження. Хвостові господарства гірничо-збагачувальних комбінатів призначені для організованого гідротранспорту і складування відходів (хвостів) збагачувальних фабрик у спеціально відведені місця (хвостосховища). Сучасні хвостосховища будують із розрахунку роботи ГЗК протягом 5-10 і більше років, їх периметр досягає 10-15 км, довжина напірних сталевих пульпопроводів діаметром 600-1200 мм складає від 0,5 до 9 км, транспортується пульпа з масовою часткою 3-6% твердого землесосами різних марок (20Гр-8Т; 28Гр-8Т; НП-500; НП-800 та ін.) [1-3]

Усі застосовувані методи розрахунку гідротранспортних установок враховують певні умови роботи: діаметр трубопроводу, густину гідросуміші, довжину пульпопроводів, шорсткість внутрішньої стінки поверхні трубопроводів, середню крупність хвостів і т.д. При цьому для розрахунку