© В.В. Морозов, Х.Г. Давлетбаев, П.И. Николаев, 2006

УДК 622.765

В.В. Морозов, Х.Г. Давлетбаев, П.И. Николаев

РАЗРАБОТКА АППАРАТУРНОГО КОМПЛЕКСА И АЛГОРИТМОВ АСУТП ДЛЯ ПРОМПРОДУКТОВОЙ МЕДНО-МОЛИБДЕНОВОЙ ФЛОТАЦИИ

Семинар № 19

Применение управления процессами флотации на основе контроля физических и физико-хими-ческих параметров пульпы является важным направлением повышения эффективности процесса обогащения [1, 2]. Для промпродуктовой флотации это особенно важно, поскольку процесс характеризуется резкими колебаниями входных параметров.

Разработанная автоматизированная систему управления процессом промпродуктовой флотации включает три контура регулирования. Первый контур представляет собой подсистему стабилизации расхода пульпы в промпродуктовый цикл. Задачей регулирования является стабилизация объема потока пульпы, выходящего с операции сгущения промпродуктов коллективного цикла.

Второй контур регулирования представляет собой подсистему регулирования расхода извести в перечистную промпродуктовую флотацию на основе использования адаптивно-детермини-рованного метода регулирования с использованием экономически обоснованных критериев оптимизации.

Третий контур регулирования представляет собой подсистему регулирования расхода собирателя и вспенивателя в основную и контрольную промпродуктовые флотации на основе упреждающего контроля состава промпродукта и оценки сортности перерабатываемой руды. Задачей регулирования является поддержание расходов пропорционально массовым долям отдельных типов руд и регламентным расходам для каждого типа руд.

Используемые подсистемы являются независимыми одна относительно другой и комплексно решают задачу повышения эффективности промпродуктовой флотации. Общая схема и перечень средств контроля представлены на рис. 3.1 и в табл. 3.1-3.2.

В качестве локального критерия оптимизации целесообразно использовать целевую функцию оптимизации вида

$$Q_T = \varepsilon^*_{CU} Ц_{CU} \alpha_{CU} + \varepsilon^*_{MO} Ц_{MO} \alpha_{MO} + \varepsilon^*_{PY} Ц_{PY} \alpha_{PY}, \quad (1)$$

где ε*;Ц;α - потери, цена и содержание в руде меди ($_{Cu}$),молибдена ($_{Mo}$) пирита ($_{Py}$).

Под ценой пирита понимаются затраты на доизвлечение пирита в селективном цикле или потери от снижения качества товарного медного концентрата.

Схема системы автоматического регулирования расхода пульпы предполагает наличие датчика – регулятора величины потока (1), и радиальный сгуститель, обеспечивающую демпфирование дисбаланса дебита пульпы и уплотнение пульпы. Регулирование потока пульпы означает изменение констант входного сигнала модели процесса промпродуктовой флотации, а именно уменьшение амплитуды колебаний входного потока пульпы и количества твердого.

Использование регулятора расхода пульпы позволяет снизить колебания потока пульпы с 28,5 до 8 %. При этом за счет стабилизации процесса будет наблюдаться повышение извлечения меди и мо-

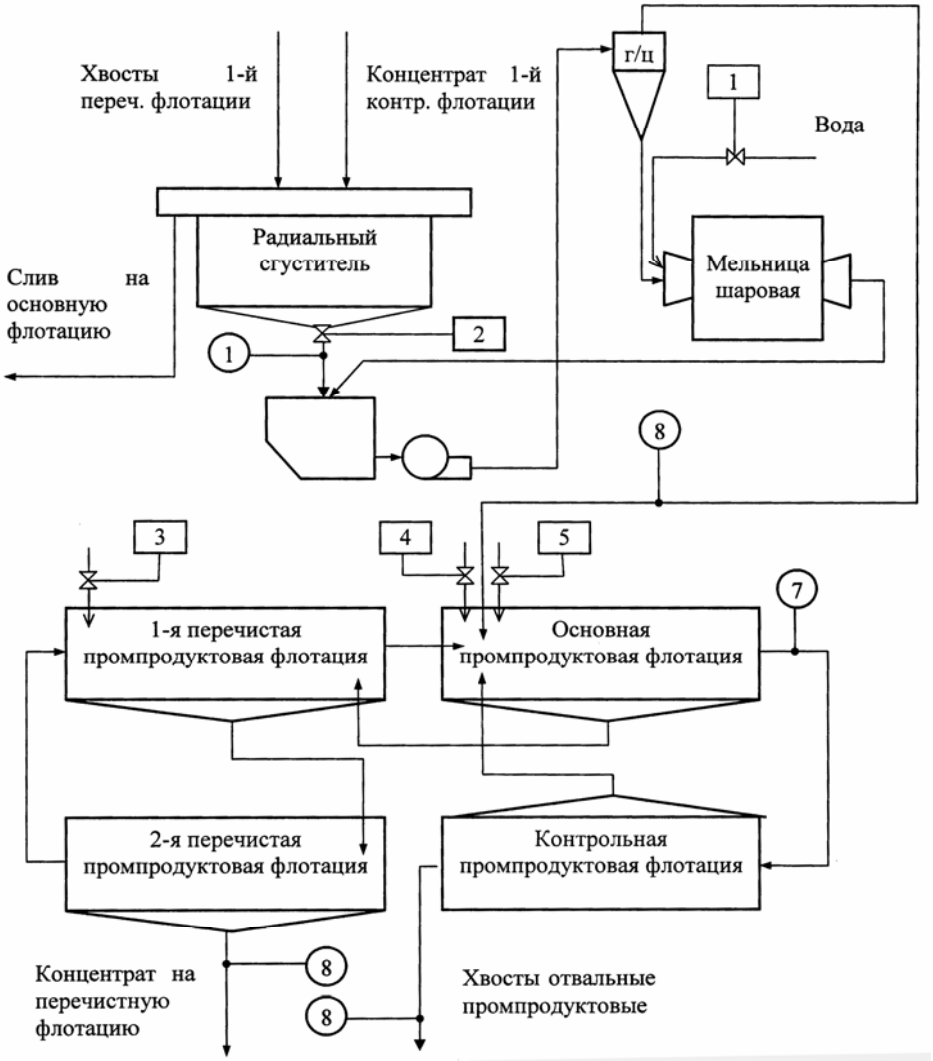

Рис. 1. Принципиальная схема промпродуктового узла коллективного цикла флотации медно-молибденовых руд, средств контроля и регулирования: 1 – регулятор расхода воды; 2 - регулятор расхода пульпы; 3 – регулятор расхода извести; 4 – регулятор расхода собирателя; 5 – регулятор расхода вспенивателя; 6 – датчик расхода пульпы; 7 – датчик щелочности пульпы; 8 – датчики содержания металлов, плотности и расхода пульпы

либдена в промпродуктовом цикле на 1,5-2 %.

Система автоматического регулирования расхода извести в коллективную флотацию, включает датчик pH *7*, установленный на питании промпродуктовой флотации; поточные анализаторы твердой фазы, установленные на пенном продукте перечистной промпродуктовой флотации *8*, хвостах контрольной промпродуктовой флотации *8*. Для подачи извести используется дозатор с регулятором *3*.

Регулирование осуществляется на двух уровнях. Нижний уровень регулирования проводит регулирование расхода извести на основе контроля pH жидкой фазы

Таблица 1

Перечень систем автоматического регулирования процесса промпродуктовой флотации

№	Регулируемый параметр	Контролируемый параметр	Обозначение	Задающая функция	Прирост критерия Qc, %
1	Расход пульпы на доизмельчение и флотацию (РП)	Расход пульпы	РП	РП = В1	1,5
2	Расход извести в промпродуктовый цикл (РИ)	Щелочность (CaO)	pH	pH = 10,0-10,2	0,9
3	Расход собирателя (РС)	Расход твердого, сортность руды	РТ	РС =К2*РТ	0,4
4	Расход вспенивателя (РВ)	Расход твердого, сортность руды	РТ	РВ = К3*РТ	0,3

Таблица 2

Карта контроля процесса коллективной флотации

№	Точка контроля	Параметры контроля	Средство контроя	Периодичность контроля
1	Питание осн. п/п флотации	Содержание Cu, Mo, Fe; Плотность; Расход; pH	РФА	1 измер. в мин. 1 измер. в мин. Непрерывно Непрерывно
2	Хвосты (камерный продукт контр. флотации)	Содержание Cu, Mo, Fe; Плотность; Расход	РФА	1 измер. в мин. 1 измер. в мин. Непрерывно
3	Концентрат (пенный продукт переч. флотации)	Содержание Cu, Zn, Fe; Плотность;	РФА	1 измер. в мин. 1 измер. в мин.

пульпы. Задачей регулирования является поддержание в жидкой фазе заданного значения pH

Верхний уровень регулирования основан на расчете и использовании технологических показателей селективной флотации. На этом уровне производится адаптация модели, используемой на нижнем уровне (задающей функции). Суть адаптации заключается в подборе значения pH, при котором будет достигаться наибольшая эффективность процесса. Принцип работы верхнего контура регулирования заключается в анализе технико-экономических показателей процесса флотации, определении и внесении в функцию-задатчик нижнего уровня значения pH, при котором имеет место наибольшая эффективность процесса. В качестве критерия эффективности процесса целесообразно использовать комбинированную технолого-экономическую функцию, например функцию потерь ценных компонентов [3].

Система регулирования расхода собирателя и вспенивателя в операцию промпродуктовой медно-молибденовой флотации использует данные анализаторов состава питания флотации и продуктов обогащения *8*.

Процесс определения сортности руд заключается в определении массовых долей руд выделенных типов в руде, поступающей на переработку. Существует несколько математических методов определения состава смеси по ее параметрам. Один из вариантов поясняется рис. 2.

Отклонения параметров руды поступающей на переработку от типовых сортов руд характеризуется величиной отклонений S1..S4. Обратные величины к пара-

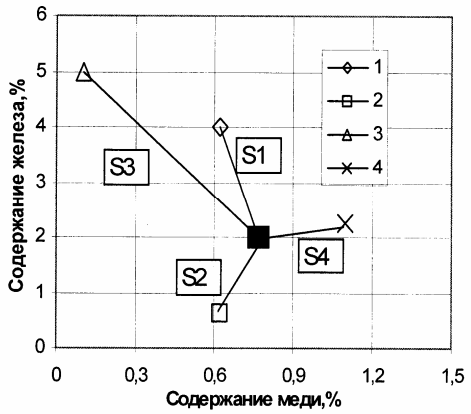

Рис. 2. Пример оценки состава руды в двумерном пространстве: 1, 2, 3, 4 – типы руд; 5 ( ) - руда текущей добычи; S1, S2, S3, S4 – отклонения параметров руды текущей добычи от параметров руд типов 1,2,3,4

метрам S1..S4 D1...D4 характеризуют сходство руды 5 к типам руд 1...4. Нормировка величин D1...D4 позволяет рассчитать массовые доли руд 1...4 в руде *5*, т.е. определить сортность руды *5*.

Упрощенные уравнения для расчета расходов реагентов, учитывающие сортность перерабатываемой руды имеют следующий вид:

Расход собирателя:

$CD = d_1CD_1 + d_2CD_2 + d_3CD_3 + +d_4CD_4$, (2)

Расход вспенивателя:

$$FD = d_1FD_1 + d_2FD_2 + d_3FD_3 + d_4FD_4 \quad (3)$$

CD_1, CD_2, CD_3, CD_4, - расход собирателя для руды типа 1, 2, 3, 4; FD_1, FD_2, FD_3, FD_4 - расход вспенивателя для руды типа 1, 2, 3, 4; d_1, $d_2 + d_3 + d_4$ - доля руд типа 1, 2, 3, 4.

Применение алгоритма оценки сортности руд осуществляется на принципе двухтрехуровневого управления, когда после базовой оценки оптимальных параметров реагентного режима осуществляется корректировка расходов определенных ключевых реагентов или параметров, например величины pH, с использованием экономических критериев оптимизации.

Таким образом, разработана схема и алгоритм АСУТП промпродуктовой флотации, включающая подсистемы управления расходом пульпы, расхода извести, собирателя и вспенивателя. Подсистемы функционируют в едином алгоритме с подсистемой аналитического контроля и регулирования процесса коллективной флотации. Использование разработанной системы позволит повысить извлечение меди и молибдена в промпродуктовом цикле на 2,5-3%, сократить расходы реагентов на 3-5%.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Машевский Г.Н., Кокорин А.М.* Разработка научных основ совершенствования технологии и создания алгоритмической базы для компьютерного управления флотацией руд месторождения "Эрдэнэйтин-Овоо" с целью улучшения рентабельности производства // Материалы научной конференции, Эрдэнэт, 1998. -С. 34-40.

2. *Морозов В.В., Авдохин В.М.* Оптимизация обогащения полиметаллических руд на основе контроля и регулирования ионного состава пульпы и оборотных вод // Горный информационно-аналитический бюллетень. – М.: МГГУ, 1998. -N1. -с. 27-32.

3. *Морозов В.В., Столяров В.Ф., Коновалов Н.М.* Повышение эффективности управления флотацией с использованием поточных анализаторов пульпы // Обогащение руд, СПБ, №4, 2003. С. 33-36.

Коротко об авторах

Морозов В.В. – профессор, доктор технических наук,
Николаев П.И. –аспирант,
Московский государственный горный университет,
Давлетбаев Х.Г. – аспирант, СП ГОК «ЭРДЭНЭТ».