

УДК 651.81

АНАЛИЗ МЕТОДОВ УПРАВЛЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ ПРОЦЕССАМИ ОБОГАТИТЕЛЬНЫХ ФАБРИК

В.В. ЛОБКО

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники
П. Бровка, 6, Минск, 220013, Беларусь

ПО "Беларуськалий"
Коржа, 5, Солигорск, 223710, Беларусь

Поступила в редакцию 12 февраля 2010

Рассматриваются технологические процессы как объекты управления при производстве калийных удобрений.

Ключевые слова: методы управления, технологические процессы обогащения.

Введение

При производстве калийных удобрений добываемое на руднике сырье транспортируется на обогатительную фабрику. Подготовительными операциями технологического процесса обогащения руды являются дробление и измельчение добываемого сырья. Назначение участка дробления — подготовка исходной руды к операции измельчения до крупности, определяемой методом обогащения. Назначение отделения измельчения и флотации — измельчение и классификация дробленной руды до флотационной крупности; обесшламливание сырья; сильвиновая флотация [1]. Отделение измельчения и флотации состоит из технологических секций, каждая включает в себя оборудование для осуществления технологических операций. Технологическая секция оборудована двумя бункерами дробленной руды. Наполнение бункеров производится непрерывно. Руда из бункера дозируется в автоматическом режиме согласно установленному заданию. Добываемое сырье поступает во флотационные машины на обогатительную фабрику с различным содержанием массовой доли (м.д.) хлористого калия КСl.

Анализ управления параметрами процесса флотации

Флотационные машины имеют конструкцию из нескольких камер, в которых продукт (пульпа — раствор руды и воды, после операции измельчения) из одной камеры поступает в следующую. Флотационная камера в машине (рис. 1) представляет гидравлическую емкость, в которую поступает пульпа, разделяющаяся на два потока — концентрат и хвосты [2]. Процесс флотации как управляемый объект характеризуется входными параметрами: объемный расход пульпы, поступающей на флотацию, F_1 ; ее плотность и гранулометрический состав; содержание полезного компонента в руде (м.д. КСl), $Q_{\text{вх}}$; температура пульпы; флотируемость минерала; расход реагентов по фронту флотации; расход воздуха во флотационные машины; уровень пульпы в камерах, L ; уровень пены над продуктом в камерах (степень аэрации), $L_{\text{п}}$; расход теплоносителя, для подогрева пульпы; щелочность пульпы (величина рН). Выходные параметры: содержание полезного компонента в концентрате и хвостах, $Q_{\text{вых}}$; объем концентрата и хвостов.

Управляемыми параметрами служат содержание полезного компонента в концентрате и хвостах, содержание в промежуточных точках процесса, остаточная концентрация реагентов в пульпе. Основные возмущающие воздействия — параметры пульпы (входной объемный расход, плотность, гранулометрический состав руды), содержание минерала в руде, флотиримость. В качестве управляющих воздействий используют: расходы реагентов по фронту флотации, уровни пульпы и пены в флотокамерах, расход воздуха во флотационные машины и теплоносителя.

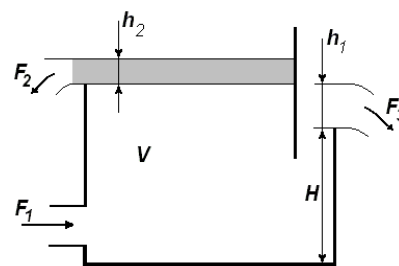


Рис. 1. Флотационная камера с разделением потоков

Основные свойства процесса флотации, характеризующие его как управляемый объект — многомерность, большая инерционность, наличие технологических обратных связей и помех во флотационной машине. Как гидравлическая емкость флотационная камера характеризуется процессами накопления пульпы (объем V в камере) и расходом через порог (F_2 , хвосты). Процессы в камере происходят при интенсивном перемешивании, которое можно считать идеальным.

Из уравнения материального баланса [3] следует

$$\frac{dV}{dt} = F_1 - F_2 - F_3.$$

Объем пульпы в камере (рис. 1):

$$V = s(H + h_1),$$

где s — площадь флотокамеры.

Уравнение материального баланса флотационной камеры по содержанию полезного компонента

$$\frac{d(Vq)}{dt} = F_1q - F_2q - F_3q,$$

где q — содержание полезного компонента в пульпе.

Расход пульпы с хвостами F определяется уравнением расхода из емкости

$$F = mb\sqrt{2gh^{3/2}},$$

где m — коэффициент расхода; b — ширина порога.

Передаточная функция по каналу "объемный расход пульпы — уровень пульпы" в флотомашине:

$$W(p) = \frac{\Delta h(p)}{\Delta F(p)} = \frac{2h/3F}{2sh/3F p + 1} = \frac{k_{F-H}}{T_F p + 1},$$

где k_{F-H} — передаточный коэффициент по этому каналу; T_F — постоянная времени флотационной камеры.

Отдельную флотационную камеру можно представить инерционным звеном первого порядка с запаздыванием с передаточной функцией

$$W(p) = \frac{k_K}{T_k p + 1} e^{-p\tau_k},$$

где τ_k — транспортное запаздывание, связанное с перетоком пульпы.

Передаточную функцию технологической схемы, состоящей из n флотокамер, по каналу "хвостов" можно определить по формуле

$$W(p) = \frac{k}{(T_k p + 1)^n} e^{-p\tau},$$

где τ — транспортное запаздывание в точке выходного контроля.

Процесс выщелачивания как объект управления. Параметры процесса

В технологической операции выщелачивания хлорида натрия из флотационного сильвинового концентрата обеспечивается содержание массовой доли хлорида калия в соответствии определенному сорту готовой продукции [3].

Питание выщелачивания поступает после процесса фильтрования (первой стадии обезвоживания концентрата). Концентрат перегружается на ленточный конвейер, который транспортирует его в машину выщелачивания. Машина выщелачивания представляет собой четыре камеры флотационной машины. В машину подается выщелачивающий раствор — промывные воды систем пылегазоулавливания отделений гранулирования и сушки, а также циркулирующий раствор — жидкая фаза, образуемая в процессе выщелачивания хлорида натрия и выделяемая при второй стадии обезвоживания концентрата и сгущения фильтратов и фугатов в виде слива гидроциклонов. Подача циркулирующего раствора необходима для создания оптимальной плотности пульпы в машине выщелачивания (соотношение по массе жидкой и твердой фазы раствора Ж:Т 0,5:1,0). Пульпа из машины выщелачивания поступает на вторую стадию обезвоживания, оборудованную центрифугами и ленточными вакуум-фильтрами. Концентрат готовой продукции (при массовой доле воды до 7,0%) транспортируется в отделение сушки.

Разделение пульпы на отдельные продукты в выщелачивающей машине не происходит, в отличие от процесса флотации. Флотационная камера выщелачивающей машины представляет собой ёмкость, в которую непрерывно закачивается пульпа (растворы выщелачивающий и циркулирующий) с объемным расходом F_v , м³/мин; также по конвейеру поступает концентрат готовой продукции после фильтрования. Процессы в камере осуществляются при постоянном перемешивании, что обеспечивает интенсивное образование пенного продукта и равномерность концентрации компонентов по объему. Это позволяет рассматривать флотационную камеру как технологический объект с сосредоточенными параметрами. Показателями эффективности процесса выщелачивания являются выходные параметры: влажность P и содержание КСI в концентрате $Q_{\text{вых}}$ (рис. 2), перед технологической операцией сушки. Можно выделить несколько факторов, влияющих на технологический процесс выщелачивания: содержание КСI в концентрате поступающем в флотомашину Q_w , массу концентрата на конвейере W_k , содержание КСI в выщелачивающем растворе, объем выщелачивающего $F_{\text{вр}}$ и циркулирующего растворов $F_{\text{цр}}$, соотношение жидкой фазы к твердой в пульпе, уровень пульпы в флотокамере L , степень аэрации N , производительность машины.

На рис. 2 показан процесс выщелачивания как объект управления. Факторы группы I регулируются и могут рассматриваться как управляющие воздействия, факторы группы II не регулируются (возмущающие воздействия: плотность Ж:Т, содержание КСI в концентрате Q_w , качество выщелачивающего $Q_{\text{вр}}$ раствора, степень аэрации N). Таким образом, рассматриваемый технологический процесс является многомерным объектом управления [4], характеризующимся m входными параметрами и n выходными параметрами:

$$m = m_1 + m_2,$$

m_1 — факторы группы I; m_2 — факторы группы II.

Определим передаточные функции управления флотационной машиной. Учитывая, что во флотационной машине n камер соединяются последовательно и выходной параметр одной камеры служит входным для следующей, передаточная функция для всей машины может быть представлена инерционным звеном высокого порядка

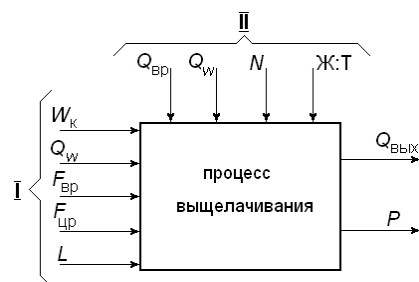


Рис. 2. Схема процесса выщелачивания

$$W(p) = \frac{k_m}{(T_k p + 1)^n},$$

где $k_m = k_1 k_2 \dots k_n$ — коэффициент передачи всей машины; T_k — постоянная времени камеры.

Постоянная времени T зависит от количества пульпы, проходящей через камеру в единицу времени.

Систему управления процессом выщелачивания представим в виде двухмерного объекта [5] с передаточными функциями прямых и перекрестных каналов (рис. 3).

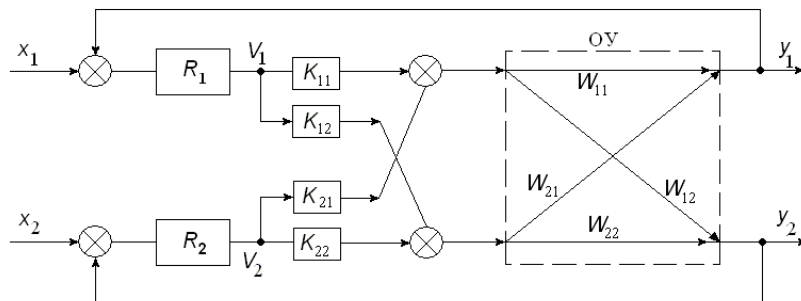


Рис. 3. Структурная схема объекта управления с компенсатором и корректирующими звеньями: R_1, R_2 — регуляторы; ОУ — объект управления; x_1, x_2 — задание; y_1, y_2 — выходные переменные; K_{12}, K_{21} — компенсирующие связи; K_{11}, K_{22} — корректирующие звенья; V_1, V_2 — управляющие сигналы регуляторов; W_{11}, W_{22} — передаточные функции прямых каналов; W_{12}, W_{21} — передаточные функции перекрестных каналов

Прямые каналы регулирования в схеме представляют объем $F_{вп}$, массу концентрата W_k и расчет коэффициента K :

$$K = \frac{F_{сп}}{0,9 \times W_k}.$$

Если условия компенсации выполняются, то каналы передачи управляющих воздействий в объекте управления определяются передаточными функциями:

$$V_1 = K_{11} W_{11} \left(-K_{св} \right), \quad V_2 = K_{22} W_{22} \left(-K_{св} \right).$$

Здесь V_1, V_2 — передаточные функции каналов, $K_{св}$ — степень связи объектов — безразмерная характеристика двухсвязного объекта, определяется формулой:

$$K_{св} = \frac{W_{12} \left(-\overline{W_{21}} \right)}{W_{11} \left(-\overline{W_{22}} \right)},$$

где s — оператор Лапласа.

Заключение

Автоматизация технологических процессов обогащения решает следующие задачи: контроль состояния технологического оборудования, контроль параметров процессов и влияющих на них факторов, регулирование технологических параметров, оптимизация технологических процессов. Задача оптимизации процесса выщелачивания как основная задача автоматического управления требует надежный приборный непрерывный контроль на всех стадиях технологического процесса.

ANALYSIS OF OPERATING PROCEDURES CONTROL METHODS OF CONCENTRATION PLANT

V.W. LABKO

Abstract

In article it is considered technological processes by manufacture of potash fertilizers, as objects of management

Литература

1. Промышленный технологический регламент № 3–06. Белорусский государственный концерн по нефти и химии. РУП "ПО "Беларуськалий". Кн. 1. 2006. С. 17–52.
2. Трон А.Е., Козин В.З., Прокофьев Е.В. Автоматическое управление технологическими процессами обогатительных фабрик М., 1986.
3. Лобко В.В., Кальченко Д.П., Руховец О.В. Горная механика. 2008. № 1. С. 95–99.
4. Марюта А.Н., Качан Ю.Г., Бунько В.А. Автоматическое управление технологическими процессами обогатительных фабрик. М., 1983.
5. Кузнецов А.П., Лобко В.В. // Вестн. Белорусского государственного университета транспорта. 2008. № 2. С. 40–43.