

УДК 669.536.22

Д.Н. Дюнова**МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ПРОЦЕССА
ВЫЩЕЛАЧИВАНИЯ ЦИНКОВЫХ ОГАРКОВ**

В основе промышленного выщелачивания цинковых огарков лежит гетерогенный процесс взаимодействия компонентов огарка и отработанного электролита. Технологическая цель процесса – наиболее полное извлечение в раствор цинка и сопутствующих ценных компонентов при минимальном загрязнении примесями, осложняющими ход последующих операций сгущения и фильтрации.

Скорость выщелачивания компонентов огарка может быть описана уравнениями химической кинетики:

$$\frac{dC_{MeO}}{dt} = -KSC_{H_2SO_4}, \quad \frac{dC_{H_2SO_4}}{dt} = -KSC_{H_2SO_4} \cdot \beta, \\ dC_{H_2SO_4} = \beta \alpha C_{MeO}, \quad (1)$$

где C_{MeO} – концентрация оксидов металлов; $C_{H_2SO_4}$ – концентрация серной кислоты; S – поверхность твердой фазы; β – стехиометрический коэффициент, определяющий расход реагента (в молях) на один моль сырья; α – коэффициент пропорциональности.

Для гетерогенного процесса выщелачивания огарка, описываемого псевдогомогенной моделью, уравнения материального баланса представим в виде

$$V\rho_1(1-\varepsilon)\frac{dC_{MeO}}{dt} = \Phi_{MeO}^0 C_{MeO}^0 - \\ - \Phi_{MeO}^1 k C_{MeO} C_{H_2SO_4} V\rho_1(1-\varepsilon) - \Phi_{MeO} C_{MeO}, \quad (2)$$

$$V\rho_2\varepsilon\frac{dC_{H_2SO_4}}{dt} = \Phi_{H_2SO_4}^0 C_{H_2SO_4}^0 - \\ - \Phi_{H_2SO_4}^2 k C_{MeO} C_{H_2SO_4} V\rho_2(1-\varepsilon) - \Phi_{H_2SO_4} C_{H_2SO_4}, \quad (3)$$

где V – объем реакционной смеси; ρ_1, ρ_2 – плотность твердой фазы; ε – порозность реакционной смеси; $\Phi_{MeO}^0, \Phi_{H_2SO_4}^0$ – входные потоки твердого и жидкого вещества; $\Phi_{MeO}, \Phi_{H_2SO_4}$ – выходные потоки твердого и жидкого веществ; $\Phi_{MeO}^1, \Phi_{H_2SO_4}^2$ – потоки компонентов реакции, подаваемых в стехиометрически необходимых количествах; $C_{MeO}^0, C_{H_2SO_4}^0$ – концентрации веществ во входном потоке; k – константа скорости реакции.

В предположении устойчивости и неизменности гидродинамических условий протекания процесса, а также их безинерционности по отношению к химическим процессам справедливо:

$$V\rho_1(1-\varepsilon) = G_1 = \text{const}, \quad V\rho_2\varepsilon = G_2 = \text{const}, \\ kC_{MeO}C_{H_2SO_4} = K. \quad (4)$$

Тогда материальный баланс по твердому и жидкому веществам определяется соотношениями:

$$\Phi_{MeO} = \frac{(1-C_{MeO}^0)}{(1-C_{MeO})} \Phi_{MeO}^0, \quad (5)$$

$$\Phi_{H_2SO_4} = \frac{(1-C_{H_2SO_4}^0)}{(1-C_{H_2SO_4})} \Phi_{H_2SO_4}^0 + KG_2(\Phi_{MeSO_4} + \Phi_{H_2O}). \quad (6)$$

В течение времени похождения пульпы через систему реакторов цинк и сопутствующие ему ценные компоненты должны быть практически полностью переведены в раствор. В гидрометаллургической практике для этой цели

широко используются каскады перемешивающих аппаратов. Система реакторов выщелачивания функционирует в установившемся режиме, причем в каждом из аппаратов системы сохраняются свои определенные и постоянные условия.

Основным показателем процесса выщелачивания является извлечение металлов в раствор. В случае равенства объемов реакторов извлечение вещества, достигаемое в каскаде реакторов, описывается соотношением:

$$H_N = \frac{(C_{MeO}^{ex,1} - C_{MeO}^{вых,N})}{C_{MeO}^{ex,1}}, \quad (7)$$

где $C_{MeO}^{ex,1}$ - концентрация оксидов металлов во входном потоке; $C_{MeO}^{вых,N}$ - концентрация оксидов металлов в выходном потоке N -го реактора.

Переход компонентов огарка в жидкую фазу сопровождается расходом серной кислоты. Поэтому извлечение металлов в раствор возможно оценивать по степени использования серной кислоты, количество которой практически можно определять с помощью промышленных рН-метрических и кондуктометрических систем. Вследствие этого справедливо:

$$H1_N = 1 - \beta \frac{C_{H_2SO_4}^{вых,N}}{C_{H_2SO_4}^{ex,1}}. \quad (8)$$

В целях уточнения структуры модели принимаются следующие допущения: интенсивность перемешивания пульпы в реакторах обеспечивает ее однородность; состав пульпы в реакторе полностью соответствует ее составу на выходе; время усреднения свежего материала, подаваемого в реактор, пренебрежимо мало по сравнению со временем обработки пульпы; объемная скорость потоков пульпы постоянна.

Тогда в соответствии с [1] для описания процесса выщелачивания в кас-

каде реакторов можно использовать зависимость:

$$H1_N = 1 - \beta b \int_0^{\tau_0} w(C_{H_2SO_4}^T) d\Phi(\tau) d\tau, \quad (9)$$

где $w(C_{H_2SO_4}^T)$ - функция превращения вещества; $\Phi(\tau)$ - дифференциальная функция распределения вещества; τ_0 - натуральное время полного или условно полного завершения реакции; b - временной коэффициент.

Функция превращения вещества выражает долю завершения реакции во времени относительно реагирующего количества:

$$w(C_{H_2SO_4}^T) = \frac{C_{H_2SO_4}^T}{C_{H_2SO_4}^H} \quad (10)$$

где $C_{H_2SO_4}^T$, $C_{H_2SO_4}^H$ - концентрация серной кислоты в получаемом растворе соответственно текущая и предельная.

Дифференциальная функция распределения $d\Phi(\tau)$ выражает долю потока пульпы или долю частиц вещества, пребывающих в системе реакторов в течение времени от τ до $\tau + d\tau$. Общее содержание всех элементов пульпы выражается зависимостью

$$\int_0^{\tau} d\Phi(\tau) d\tau + \int_{\tau+d\tau}^{\infty} d\Phi(\tau) d\tau = 1. \quad (11)$$

Для системы последовательно установленных реакторов равного объема

$$d\Phi_N = \frac{\tau^{N-1}}{Q^N (N-1)!} e^{-\frac{\tau}{Q}}, \quad (12)$$

где Q - номинальное время пребывания частиц пульпы в реакторе; N - количество аппаратов в каскаде.

Номинальное время пребывания частиц пульпы в реакторе определяется по формуле:

$$Q = \frac{V}{v}, \quad (13)$$

где V – объем пульпы в реакторе; v – объемная скорость подачи пульпы.

Временной коэффициент определяется по формуле

$$b = \tau_0 Q^{-1}. \quad (14)$$

Задача выявления закономерностей процесса выщелачивания значительно упрощается при рассмотрении его кинетики применительно к локальной, характерной для усло-

вий действующего производства, области изменения технологических параметров.

Полученная математическая модель характеризует влияние степени использования серной кислоты на извлечение ценных компонентов огарка, позволяет прогнозировать величину извлечения цинка в раствор и может быть использована для оптимального управления процессом.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Доброхотов Г.Н.* Гидрометаллургические процессы и аппараты. Л.: ЛГУ. 1976. 86 с.

ИИАС

Коротко об авторе

Дюнова Д.Н. – кандидат технических наук, доцент кафедры «Теория и автоматизация металлургических процессов и печей», Северо-Кавказский горно-металлургический институт (государственный технологический университет).

Статья рекомендована к опубликованию Северо-Кавказским горно-металлургическим институтом (государственным технологическим университетом).



ДИССЕРТАЦИИ

ТЕКУЩАЯ ИНФОРМАЦИЯ О ЗАЩИТАХ ДИССЕРТАЦИЙ ПО ГОРНОМУ ДЕЛУ И СМЕЖНЫМ ВОПРОСАМ

Автор	Название работы	Специальность	Ученая степень
СЕВЕРО-КАВКАЗСКИЙ ГОРНО-МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ			
МЕЛЬКОВ Дмитрий Андреевич	Исследование и оптимизация параметров технологий разработки по критериям напряженности массива и качества руд (на примере месторождений Садонского рудного узла)	25.00.22	к.т.н.