

Рис. 3. Зависимости скорости фильтрации воды при разных соотношениях твердой и жидкой фазы

То есть процесс обезвоживания хвостов обогащения в мешках Geotube эффективно протекает при разных соотношениях фаз.

Таким образом, реализация данной идеи позволит целенаправленно формировать разные по составу техногенные месторождения из текущих хвостов обогащения за счет создания многообразных геохимических барьеров. Использование новых геоматериалов позволит формировать кластерные устойчивые геоструктуры, решая при этом проблемы получения в будущем дополнительной товарной продукции за счет

вторичного обогащения; сохранения качества отходов путем формирования техногенного месторождения с заданными технологическими параметрами; сокращения площади отчуждаемых земель, занимаемых под хвостохранилища; снижения экологического воздействия на окружающую среду. Таким образом, целенаправленное формирование техногенных месторождений с устойчивой структурой является важной народно-хозяйственной проблемой, решение которой будет определять перспективу и стратегию дальнейшего развития горно-обогатительных предприятий.

Список литературы

1. Новые решения проблемы комплексного освоения рудных месторождений / Рыльникова М.В., Илимбетов А.Ф., Радченко Д.Н., Милкин Д.А. // Вестник МГТУ им. Г.И. Носова. 2006. №4. С. 8–13.
2. Трубетской К.Н., Уманец Б.Н. Комплексное освоение техногенных месторождений // Горный журнал. 1992. №1. С. 12–16.
3. Принцип работы контейнеров Geotube // w.w.w.admir-er.ru.

Bibliography

1. Rylnikova M. V., Ilimbetov A.F., Radchenko D.N., Milkin D.A. New of a solution of a problem of complex development of ore deposits//the Bulletin of Magnitogorsk state technical university of G.I. Nosova. № 4 2006 P. 8–13.
2. Trubetskoy K.N., Umanets B.N. Complex development of technogenic deposits // Mountain magazine. 1992. №1. P. 12-16.
3. The Principle of work of containers Geotube // w.w.w.admir-er.ru.

УДК 669.337

Каримова Л.М., Кайралапов Е.Т., Жумашев К.Ж.

ОПТИМИЗАЦИЯ УСЛОВИЙ ОБЕСПЕЧЕНИЯ АВТОГЕННОСТИ ОБЖИГА МЕДНОГО СУЛЬФИДНОГО КОНЦЕНТРАТА

Проведена оптимизация процесса обжига бедных медно-сульфидных концентратов в условиях автогенного режима окисления. Изучена зависимость максимальной температуры автогенного обжига при различных скоростях подачи смеси воздуха и кислорода.

Ключевые слова: медно-сульфидный концентрат, автогенность обжига, кислород.

The optimization of the roasting process of poor copper-sulfide concentrate in autogenous oxidation was fulfilled. The dependence of maximum temperature of autogenous roasting on the velocity of air-oxygen mix input was investigated.

Key words: copper-sulfide concentrate, autogenous roasting, oxygen.

Использование кислорода воздуха в ряде технологических процессов является необходимым. Особенно значительные результаты получены при применении воздуха, обогащенным кислородом, к существующим и вновь разрабатываемым процессам в металлургии цветных металлов.

Вовлечение в сферу производства забалансовых медно-сульфидных руд по разрабатываемой авторами технологии связано с получением бедного некондиционного концентрата и его переработкой по схеме «обжиг-выщелачивание», что требует поиска путей обеспечения автогенности процесса. Такая постановка задачи связана с ограниченным содержанием сульфидной серы и необходимостью выбора обжигового агрегата для обеспечения температурных условий сульфатизации.

Известно, что наиболее энергосберегающим агрегатом является шахтная печь, где создаются условия противотока обжигаемого материала и отходящих га-

зов. Поэтому лабораторные исследования проводили в шахтной электропечи, имеющей реактор из кварцевой трубки диаметром 40 мм. В качестве исследуемого материала использовали черновой флотоконцентрат с гранулометрическим составом по классу – 0,074 мм (выход 60,3%), с химическим составом (%): Cu – 4,3; S – 49; Fe – 3,18; CaO – 3,05; Na₂O – 1,52; K₂O – 1,20. Шихту окатывали водой в грануляторе, имеющем чашу диаметром 0,4 м. Фракции гранул необходимого размера отсеивали на ситах. Внутрь реактора помещали корзинку с гранулами (навеска 20,0 г) крупностью 8 мм, затем из баллона подавали гелий со скоростью 100 см³/с для вытеснения воздуха до достижения начальной температуры обжига – 400 °С. По мере достижения температуры одновременно прекращали подачу гелия и отключали электрообогрев, подавая смесь воздуха и кислорода при постоянном общем расходе 100 см³/с через ротаметр. Соотношение воздуха и кислорода варьировали в пределах от 0

до 100 см³/с по отношению к кислороду и смесь подавали до снижения температуры 400°С. Затем корзину с гранулами извлекали и охлаждали в эксикаторе во избежание доокисления огарка.

Результаты экспериментов обжига медного сульфидного концентрата приведены на рис. 1. На рис. 2 показаны зависимости температуры обжига от времени ее достижения и от расхода смеси воздуха и кислорода.

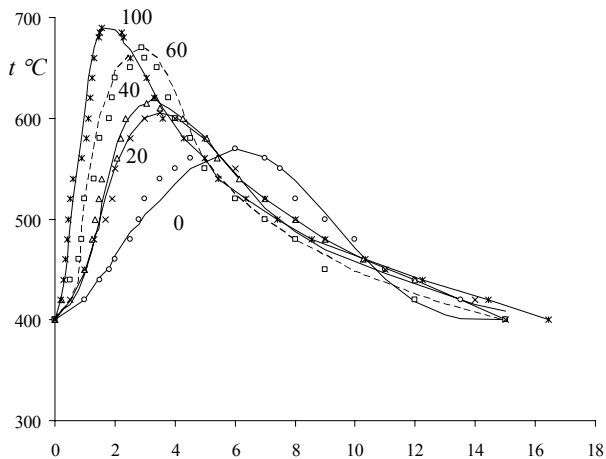


Рис. 1. Зависимость температуры обжига медного сульфидного концентрата от продолжительности и расхода смеси воздуха и кислорода, см³/с: точки – экспериментальные данные; линии – по уравнениям (табл.1)

Как видно из рис. 1, 2, температурный предел обжига зависит от соотношения кислорода и воздуха, и увеличение доли первого приводит к повышению максимальной температуры.

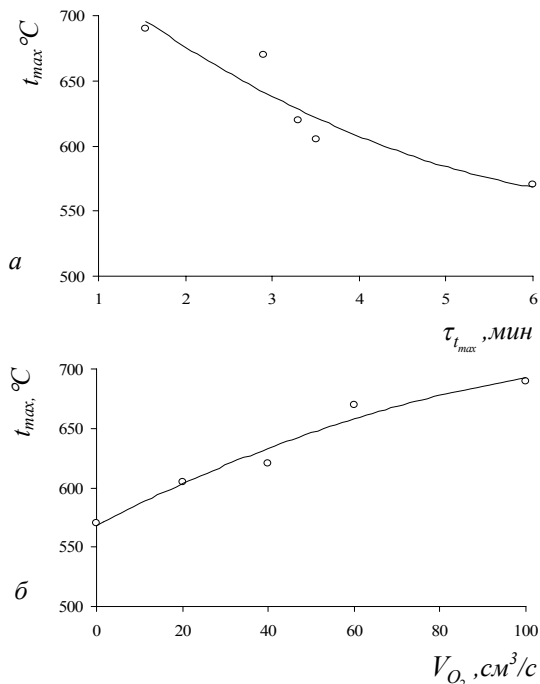


Рис. 2. Зависимости максимальной температуры обжига от времени ее достижения (а) и от расхода смеси воздуха и кислорода (б)

Общий вид зависимостей рис. 1 предлагается в форме с фиксированным положением максимума, x_0, y_0 [1]:

$$y = y_0 (x^{e/\ln x_0} e^{-x^{1/\ln x_0}})^n, \tag{2}$$

где остается неизвестным показатель n .

Обработку экспериментальных данных x_i, y_i проводили путем линеаризации зависимости (2) с обозначением

$$X_i = x_i^{e/\ln x_0} e^{-x_i^{1/\ln x_0}} \tag{3}$$

и ее логарифмированием

$$\ln y_i = \ln y_0 + n \ln X_i, \tag{4}$$

откуда находятся значения n_i для всех точек, кроме $x=0, y=0$ и x_0, y_0 .

В результате получены математические выражения, которые можно использовать для вывода математической модели процесса обжига (см. табл. 1). Адекватность полученных зависимостей (см. рис. 1, 2) определяли по коэффициенту корреляции R и его значимости t_R .

Таблица 1

Коэффициент корреляции R и его значимость t_R для частных функций продолжительности и максимальной температуры обжига медного концентрата

Функции	R	Условие $t_R > 2$
$t = 570(\tau^{e/\ln 6} e^{-\tau^{1/\ln 6}})^{-2,412 \cdot 10^{-3} \tau^2 + 0,433 \tau - 0,3674}$ для $V=0 \text{ см}^3/\text{с}$	0,9774	95,540 > 2
$t = 605(\tau^{e/\ln 3,5} e^{-\tau^{1/\ln 3,5}})^{-1,5 \cdot 10^{-3} \tau^2 + 0,025 \tau + 0,3912}$ для $V=20 \text{ см}^3/\text{с}$	0,9906	218,80 > 2
$t = 620(\tau^{e/\ln 3,30} e^{-\tau^{1/\ln 3,30}})^{-0,0102 \tau^2 + 0,1104 \tau + 0,396}$ для $V=40 \text{ см}^3/\text{с}$	0,9890	204,60 > 2
$t = 670(\tau^{e/\ln 2,9} e^{-\tau^{1/\ln 2,9}})^{-5,8 \cdot 10^{-3} \tau^2 + 0,0546 \tau + 0,3748}$ для $V=60 \text{ см}^3/\text{с}$	0,985	115,0 > 2
$t = 690(\tau^{e/\ln 1,55} e^{-\tau^{1/\ln 1,55}})^{0,0012 \tau^2 - 0,0308 \tau + 0,1791}$ для $V=100 \text{ см}^3/\text{с}$	0,9984	238,7 > 2
$t_{max} = -0,0064V^2 + 1,877V + 568,28$	0,9337	98,2 > 2
$t_{max} = 3,701\tau^2 - 56,581\tau + 774,43$	0,9089	78,6 > 2

Полученные уравнения (по рис. 2) для описания совокупности действующих факторов обобщаются согласно [2, 3] в виде их произведения с нормировкой по центральному экспериментальному значению, т.е. в данном случае центральная точка является средним значением максимальной температуры 631. Тогда обобщенное уравнение выразится как

$$t_{max} = (3,701\tau^2 - 56,581\tau + 774,43) \times \frac{1,877V - 0,0064V^2 + 568,28}{631}, \tag{4}$$

где t_{max} – максимальная температура обжига.

С помощью обобщенного уравнения (4) находим максимальную температуру обжига, задавая различные значения расхода смеси воздуха и кислорода, а также продолжительность обжига (табл. 2).

Таблица 2

Достижимая расчетная температура обжига сульфидных медных концентратов

t, мин	V _{O₂} , см ³ /с						
	0	10	20	40	60	80	100
1	649,438	670,558	689,831	723,974	752,266	764,215	774,699
1,5	628,139	648,566	667,207	700,231	727,595	739,152	749,292
2,5	590,537	609,742	627,266	658,313	684,039	694,904	704,438
3	574,235	592,909	609,95	640,14	665,155	675,721	684,991
3,5	559,598	577,796	594,402	623,823	648,201	658,497	667,531
4	546,626	564,403	580,624	609,363	633,176	643,233	652,057
4,5	535,32	552,729	568,615	596,759	620,08	629,929	638,571
5	525,68	542,775	558,375	586,012	608,913	618,585	627,071
5,5	517,705	534,541	549,904	577,122	599,676	609,201	617,558

Как показывают результаты таблицы, с увеличением расхода смеси воздуха и кислорода максимальная температура закономерно увеличивается, а с увеличением продолжительности обжига – уменьшается, так как по мере выгорания серы в концентрате количество выделенного тепла уменьшается.

По полученным уравнениям температуры от продолжительности обжига (см. рис. 1, табл. 1) возможно рассчитать температуру обжига сульфидных медных концентратов в зависимости от расхода воздуха и кислорода от продолжительности обжига (табл. 3).

Таким образом, проведена широкая вариация условий обжига некондиционных медных сульфидных концентратов при автогенном режиме окисления. Установлено, что в интервале температур 400–700°C скорость окисления весьма значительно зависит от кислорода. Увеличение расхода кислорода от 20–100 см³/с ускоряет

процесс окисления в 1,5-2 раза по сравнению с окислением воздухом. Во всех случаях оплавления гранул и их спекания не наблюдалось.

Таблица 3

Зависимость расчетной температуры обжига сульфидных медных концентратов по мере продолжительности процесса при различном расходе кислорода

t, мин	V _{O₂} , см ³ /с				
	0	20	40	60	100
2	463,87	551,99	575,12	646,30	688
3	504,36	600,41	615,47	669,54	640
4	535,04	601,36	605,58	625,45	580
5	548,66	578,69	580,24	558,07	560
6	569,99	545,89	540,84	524,00	520
8	538,15	487,13	500,71	479,31	480
10	471,81	446,13	460,85	447,8	460
12	415,72	442,03	440,07	425,76	440
15	399,8	408,24	400,24	398,74	415

Список литературы

1. Малышев В.П. Детерминация экстремальной зависимости при аппроксимации экспериментальных данных //Новости науки Казахстана. 2010. №1. С. 21–26.
2. Малышев В.П. Математическое описание результатов многофакторного эксперимента, проведенного по методу Зейделя-Гаусса // Вестник АН Каз ССР. 1978. № 4. С. 31–38.
3. Малышев В.П. Кинетический и технологический анализ обобщающих математических моделей химико-металлургических процессов // Доклады Национальной академии наук РК. 2008. № 2. С. 13–18.

Bibliography

1. Malyshev V.P. The determination of extreme dependences by the approximation of experimental data //News of the science Kazakhstan.2010. № 1. P.21–26.
2. Malyshev V.P. The Mathematical description result multivariable of the experiment, called on method Zeydelya-Gaussa // Herald of the Academy of Sciences Kaz SSR. 1978. №4. P. 31–38.
3. Malyshev V.P. Kinetic and technological analysis generalizing mathematical models chemist-metallurgical processes // Reports to National academy of the sciences RK. 2008. №2. P. 13–18.