

Электроразрядная активация как метод безобжигового вскрытия сульфидного сырья

А. Р. Ризун, В. Ю. Кононов, А. Н. Рачков

Институт импульсных процессов и технологий НАН Украины,
пр. Октябрьский, 43-А, г. Николаев, 54018, Украина, e-mail: dpcd@iipr.com.ua

Обоснована возможность использования электроразряда для активации сульфидного сырья. Приведены данные, подтверждающие эффективность электроразрядной активации сульфидного сырья.

Ключевые слова: электроразрядное разрушение, сера, активация, безобжиговый метод.

УДК 537.525:622.73+669.78

Переработка рудного сырья сопряжена с операциями обжига концентратов. Обжиг – один из самых распространенных способов вскрытия свинцово-цинковых, золотосодержащих и медно-никелевых руд. Самым существенным его недостатком являются утилизация и обеззараживание вредных отходов (оксида серы, токсичных оксидов мышьяка, селена, теллура и др.) [1–4].

Экономические и особенно экологические предпосылки определили необходимость поиска безобжигового вскрытия сульфидного сырья.

Цель работы – обосновать возможность использования электроразряда как одного из методов активации сульфидного сырья.

Для осуществления безобжиговой переработки пирита в жидкой среде необходимо создать условия для деструктивных процессов и вскрытия всех сформировавшихся в нем ценных компонентов. По аналогии с исследованиями механохимической активации пирита [5] рассмотрим изменения условий полей устойчивости сульфидного сырья (пирита) в системе рН и Eh при переходе от щелочной к нейтральной и кислой среде в процессе электроразрядной обработки. В нейтральной и щелочной среде значения Eh изменялись от 0 до 10 ед., в кислой среде Eh снижался до 10 и рН – до 2,5 ед.

Схема преобразования электрической энергии при измельчении представлена на рис. 1.

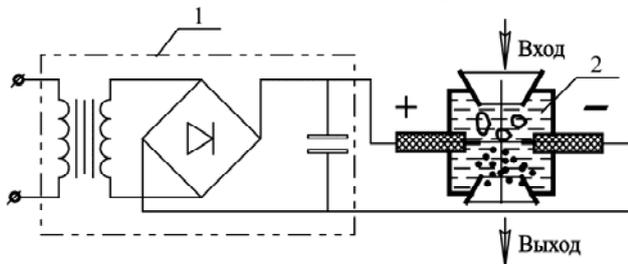


Рис. 1. Схема преобразования электрической энергии: 1 – генератор импульсов тока; 2 – дезинтегратор (технологический блок).

Электроразряд по своей сути является мощным источником давлений, волн сжатия, генери-

руемых высокими энергиями, вводимыми в канал разряда. С момента замыкания межэлектродного промежутка в него мгновенно вводится электрическая энергия, и ток резко нарастает. Скорость его нарастания зависит от индуктивности L и емкости C разрядного контура [6].

Максимальная мощность разрядов достигает порядка 100 МВт, а ток разряда растет от 10 до 250 кА. При больших значениях токов образуется плазма водяного пара с небольшой примесью ионизированных частиц. Сильный разогрев плазмы приводит к повышению давления в канале разряда (порядка 10^9 Па) и первичной волны сжатия (порядка 10^8 Па). Такие силовые поля позволяют разрушать неметаллические материалы любой прочности [6].

Поскольку электроразрядные процессы проходят в водной среде, вода под воздействием высоких температур плазмы и давлений разлагается на атомарные, возбужденные ионизированные H^+ и O^{\cdot} . Водород вступает в реакции вытеснения с металлосодержащими компонентами руды, а кислород инициирует окислительно-восстановительные реакции. В процессе электроразрядов атомы водорода и кислорода накапливаются в разрядной среде. Газовыделение из воды составляет, по данным работ [6, 7], от $0,5 \cdot 10^{-6}$ до $1,5 \cdot 10^{-6}$ м³/кДж.

Для исследований деструкций процессов пирита под воздействием электроразряда использовалась суспензия, состоящая из твердой фазы пирита и технической воды в соотношении 1:5. Параметры электроразряда устанавливались в процессе экспериментов на основе крепости пирита. Для разрушения полиметаллических руд с крепостью от 5 до 8 ед. по шкале Протодыконова необходимая энергия разряда составляет 1,25–2,5 кДж. Процесс измельчения и насыщения ионами H^+ и OH^- контролировался удельными затратами энергии и показаниями прибора рН-метра. Частота разрядов определяла скорость ввода энергии и изменялась от 2 до 4 Гц.

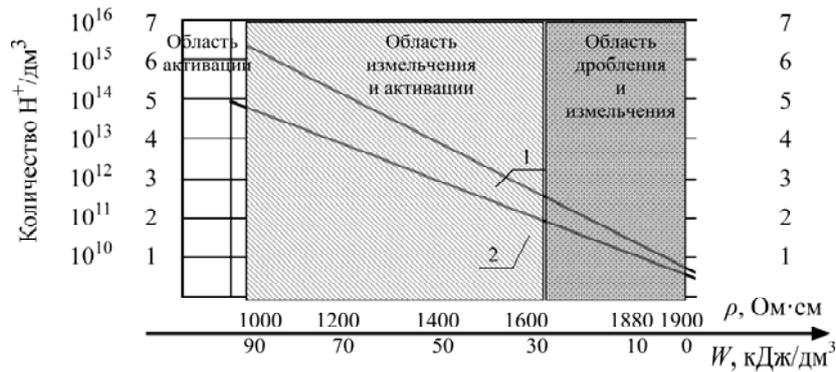


Рис. 2. Зависимость насыщения H^+ от удельных затрат энергии и падения удельного сопротивления рабочей среды в процессе электроразрядной обработки рудного сырья (пирита): 1 – запасенная энергия $W_1 = 1,25$ кДж, частота разрядов $f = 4$ Гц; 2 – запасенная энергия $W_2 = 2,5$ кДж, частота разрядов $f = 2$ Гц.

По мере увеличения ввода энергии в разрядную среду наиболее интенсивно растет число ионов H^+ . К концу цикла показатель кислотности среды $pH < 3,0$, и это значение сохраняется некоторое время после электроразрядов.

По показателю удельного сопротивления разрядной среды ρ_0 снимались пробы кислотности рН-метром и рассчитывалась концентрация H^+ . Например, при обработке пирита в начальной стадии $\rho_0 = 1880$ Ом·см, $H^+ \approx 10^{10}/\text{дм}^3$, при $\rho_0 = 1410$ Ом·см, $H^+ \approx 10^{12}/\text{дм}^3$, при $\rho_0 = 1020$ Ом·см, $H^+ \approx 10^{15}/\text{дм}^3$.

На рис. 2 представлена зависимость концентраций ионов H^+ от удельных затрат энергии и удельного сопротивления разрядной среды.

Из полученной зависимости следует, что при равных удельных затратах энергии насыщение H^+ при частоте разрядов 4 Гц растет более интенсивно, чем при частоте 2 Гц, и достигает к концу полного цикла величины на порядок больше, что способствует интенсификации разложения пиритного сырья.

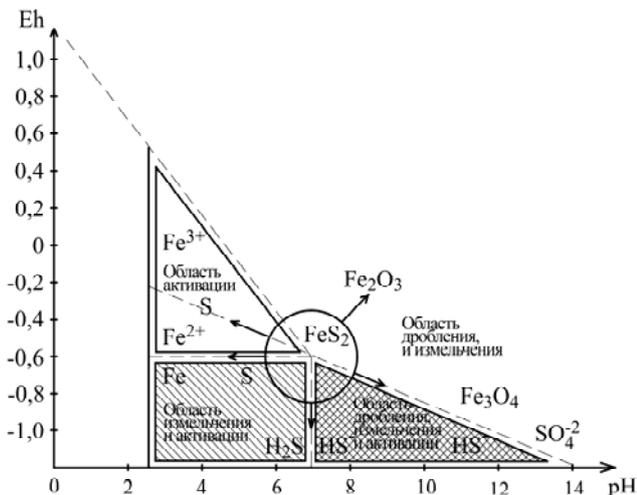


Рис. 3. Диаграмма разложения пирита в процессе одного цикла электроразрядной активации измельчением.

При падении удельного сопротивления разрядной среды ниже 1000 Ом·см процесс измельчения прекращается, дальнейший ввод энергии

нецелесообразен. Но реакции окисления и восстановления активных ионов кислорода и водорода продолжают происходить за счет более интенсивного удержания времени структурной релаксации разрядной среды.

На протяжении всего цикла обработки пирита происходит изменение условий системы рН, Eh [4]. На рис. 3 показана диаграмма активации (разложения) пирита в условиях щелочной, нейтральной и кислой разрядных сред (в зависимости от насыщения ионами H^+) в процессе электроразрядного измельчения [8].

Подобные процессы происходят при механическом измельчении других сульфидных руд [9, 10].

В начальной стадии электроразрядной дезинтеграции (дробления) пирит находится в условиях щелочной восстановительной среды, в дальнейшем растет концентрация H^+ и среда переходит из щелочной в нейтральную. В области дробления и измельчения, обозначенных 1 и 2 (рис. 2), образуются магнетит и сульфид серы, при переходе щелочной среды в нейтральную выделяется сероводород. При большей концентрации H^+ образуется кислая среда, что приводит к образованию сульфидов железа FeS , FeS_2 и солей двухвалентного железа.

В процессе электроразрядной обработки суспензии концентрация отрицательных ионов O^- и OH^- составляет порядка $10^{10}-10^{12}$ см⁻³ [7], что обеспечивает окислительные реакции с азотом, входящим в состав воздушных пузырьков, и усиливает степень кислотности разрядной среды. Это способствует разложению пирита на соли трехвалентного железа и выделению элементарной серы.

В таблице представлены результаты активации пирита по объему образовавшейся элементарной серы в зависимости от прочности рудного материала и усредненных величин удельных затрат энергии, полученных при обобщении результатов более 40 экспериментов.

Результаты активации пирита электроразрядным измельчением

Руда пирит	Крепость, $f_{ед}$	$W_{уд}$, кВт·ч/т	Содержание серы, %	
			в исходном продукте	в конечном продукте
Сперрилит	5	20,0	46,0	34
Сперрилит	6	23,0	43,0	33
Лаурит	7	26,0	49,0	36
Лаурит	8	30,0	44,0	37

Таким образом, при полном цикле обработки электроразрядом пирита от исходной фракции в пределах от 50 до 100 мм, дроблении их до 5 мм и измельчении ниже 0,8 мм за счет деструктивных реакций разрядной среды и образовавшихся активных атомарных H^+ и OH^- образовались оксиды и соли железа, а также элементарная сера, выделяющаяся в объеме конечного продукта в количестве более 70% относительно исходного содержания [11].

Результаты экспериментальных исследований подтверждают возможность использования электроразряда для активации измельчением пирита по схеме, представленной на рис. 4.



Рис. 4. Схема электроразрядного обогащения руд.

ВЫВОДЫ

Таким образом, установлена принципиальная возможность использования электроразряда для активации сульфидного сырья измельчением и выделения серы без обжига и других подготовительных процессов.

Электроразрядный способ активации рудного сырья измельчением выгодно отличается от других тем, что исключает процессы обжига, снижает энергозатраты и соответствует всем требованиям охраны окружающей среды, поскольку все процессы происходят в воде или замкнутом цикле без ее загрязнения.

ЛИТЕРАТУРА

- Кулебакин В.Г., Терехова О.Г., Молчанов В.И., Жижаев А.М. *Активация вскрытия минерального сырья*. Новосибирск: Наука, Сибирская издательская фирма РАН, 1999. 264 с.
- Поцяпун Н.П., Буйновский А.С., Колпанова Н.А. и др. Активация золотоносных минеральных пульп электрическими разрядами в жидкости. *Цветные металлы*. 2004, (3), 14–16.
- Chanturiya V.A. Innovation Processes in Technologies for the Processes of Refractory Mineral Raw Materials. *Geology Ore Deposits*. 2008, **50**(6), 491–501.
- Kingman S. Recent Developments in Microwave Processing of Minerals. *International Materials Reviews*. 2006, **51**(1), 1–12.
- Молчанов В.И., Селезнева О.Г., Жирнов Е.Н. *Активация минералов при измельчении*. М.: Недра, 1988. 208 с.
- Наугольных К.А., Рой Н.А. *Электрогидравлические разряды в воде*. М.: Наука, 1971. 154 с.
- Малюшевский П.П. *Основы разрядно-импульсной технологии*. Киев: Наукова думка, 1983. 272 с.
- Корнева Т.А., Селезнева О.Г. Исследование термических превращений активированного измельченного пирита. *Изв. СО АН СССР. Серия хим. наук*. 1983, (2), 67–71.
- Бочаров В.А., Голиков А.А. Об окислении сульфидных минералов при измельчении. *Цветные металлы*. 1967, (7), 26–31.
- Юсупов Т.С., Голосов С.И., Гусев Г.М. Деструкция некоторых сульфидов и оксидов в процессе тонкого измельчения и механической активации. В кн.: *IX Международный конгресс по обогащению полезных ископаемых*. Прага. 1970. С. 22–26.
- Пат. № 75521 Украина, МПК (2012.01) B03B 1/00, B03D 1/00, B02C 19/18. *Спосіб збагачення поліметалічних руд*. Ризун А.Р., Рачков А.М., Вовченко О.І., Голень Ю.В.; заявитель и патентообладатель Институт импульсных процессов и технологий НАН Украины. № u2012 04108; заявл. 03.04.12; опубл. 10.12.12, Бюл. № 23/2012.

Поступила 14.01.13

После доработки 12.09.13

Summary

An opportunity of using electric shocks to activate sulfide raw material is confirmed. Certain data proving the efficacy of electric bit activation of sulfide raw material are presented.

Keywords: electro-discharge disintegration, sulfur, activation, chemically bonded method.