

УДК 622.775

Г.В. Седельникова, Е.А. Кошель

ИЗМЕНЕНИЕ СВОЙСТВ ЗОЛОТОСУЛЬФИДНОГО КОНЦЕНТРАТА ПОД ДЕЙСТВИЕМ МАГНИТНО-ИМПУЛЬСНОЙ ОБРАБОТКИ

Приведены результаты исследований по изменению свойств золотосульфидного концентрата под действием магнитно-импульсной обработки.

Ключевые слова: магнитно-импульсная обработка, термо-ЭДС, удельное сопротивление.

В России и за рубежом проводится широкий комплекс исследований по разработке нетрадиционных эффективных методов переработки упорного сырья драгоценных металлов на основе использования энергетических воздействий: мощными электромагнитными импульсами (МЭМИ), которые проводятся в ИПКОН РАН под руководством академика В.А. Чантурия, совместно с институтами ИРЭ РАН и ЦНИГРИ [1], а также магнитно-импульсной обработки под руководством профессора С.А. Гончарова, П.П. Ананьева в МГУ совместно с ЦНИГРИ [2].

С помощью магнитно-импульсной обработки (МИО) эффект разупрочнения руды достигается при малых затратах электроэнергии [2]. Это обусловлено тем, что при импульсном магнитном воздействии внешнее электромагнитное поле распространяется по всему объему руды, создаются напряжения, приводящие к разупрочнению материала, возникают трещины, облегчающие проникновение раствора цианида к частице металла в процессе цианирования.

В данной работе изложены результаты исследований по изменению свойств золотосульфидного концен-

трата под действием магнитно-импульсной обработки.

Объектом исследований являлся флотационный концентрат обогащения руды одного из разведываемых месторождений.

По данным химического и пробирного анализов (табл. 1), основным ценным компонентом в концентрате является золото, содержание которого составляет 45,5 г/т.

Изучение минерального состава концентрата показало, что основным рудным минералом является пирит (62,5 %), кроме того, в концентрате присутствуют: кварц (5 %), карбонаты (5 %), гематит (4 %), остальное — полевые шпаты, слюдистые агрегаты и сростки кварца, пирита, гематита, магнетита, карбонатов, углеродистых сланцев. Золото в концентрате, в основном, ассоциировано с пиритом и ультратонко рассеяно в нем.

Гранулометрический анализ исходного концентрата крупностью 52 % $-0,074$ мм (рис. 1) показал, что класс крупностью 0,1 мм несколько обеднен по золоту, в остальных классах золото распределяется достаточно равномерно, также следует отметить обогащение по золоту тонкой фракции ($-0,020$ мм).

Таблица 1

Результаты химического и пробирного анализов флотоконцентрата

Соединения и элементы	Содержание, %	Соединения и элементы	Содержание, %
SiO ₂	10,75	S _{общ}	33,42
Al ₂ O ₃	5,8	P ₂ O ₅	0,057
Fe _{общ}	29,22	C _{орг}	0,64
CaO	2,05	Cu	0,043
MgO	0,99	Zn	0,036
TiO ₂	0,39	Pb	<0,02
Na ₂ O	5,66	As	0,016
K ₂ O	2,91	Sb	<0,01
MnO	0,11	Au, г/т	45,5
S _{сульфатн}	0,61	Ag, г/т	27,6

Таблица 2

Влияние МИО на электрофизические свойства пирита

Проба	Число измерений	ТЭДС, мкВ/ °С		lnR, кОм·м	
		Средн.	Дисперсия	Средн.	Дисперсия
До обработки	35	232	8,27*10 ⁻⁴	4,0	1,12
После обработки	35	242	9,10*10 ⁻⁴	4,9	1,5
Критерий Стьюдента*	35	1,42 (1,69)		3,29 (1,69)	
Критерий Фишера*	35	1,10 (1,79)		1,34 (1,79)	

Из результатов рационального анализа (рис. 2) видно, что в концентрате исходной крупности (52 % - 0,074 мм) 59,18 % золота (8,30 % — амальгамируемого, 50,88 % — в сростках) находится в цианируемой форме, 21,49 % золота покрыто пленками и связано с сульфидами, 19,33 % — тонко вкраплено в породообразующие минералы.

Учитывая результаты минерального, гранулометрического и фазового анализов, концентрат можно характеризовать, как упорный с тонкой вкрапленностью золота в пирит.

Технология магнитно-импульсной обработки осуществляется путем пропускания концентрата через отрезок диэлектрического трубопровода, на котором, размещена система электромагнитных катушек, генерирующая в

непрерывном автоматическом режиме импульсы электромагнитного поля с заданной частотой следования [3].

В работах, посвященных использованию МИО для разупрочнения железистых кварцитов, отмечалось, что под действием электромагнитного поля возникают явления магнито-стрикции и дислокаций, которые приводят к изменению не только механических, но и физико-химических свойств минералов.

Применительно к исследуемому золотосульфидному концентрату было изучено влияние МИО на термо-ЭДС, удельное сопротивление, электродный потенциал и состояние его поверхности.

Измерение коэффициента термо-ЭДС (ТЭДС) проводилось на мономинералах пирита, выделенных из кон-



Рис. 1. Гранулометрическая характеристика концентрата и распределение золота по классам крупности



Рис. 2. Результаты рационального анализа флотоконцентрата крупностью 52% - 0,074 мм

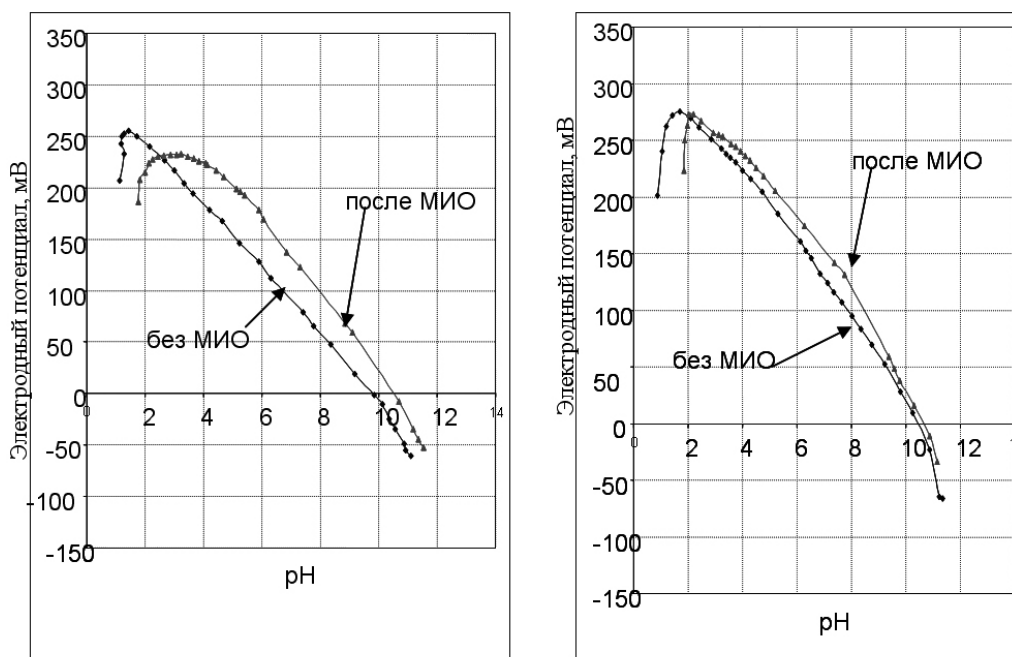
центрата, крупностью $-0,1+0,074$ мм, с использованием двухэлектродной схемы. К поверхности минерального аншлифа на расстоянии 3—4 мм друг от друга прижимали два электрода с разной температурой (один из электродов нагреваемый); возникающая разность потенциалов измерялась микровольтметром и полученное значение напряжения пересчитывалось в единицы ТЭДС, $mV/^\circ C$. Точность измерений составляла 3—5 %.

Данные экспериментальных исследований, приведенных в табл. 2, показывают, что в результате МИО упорного золотосульфидного концен-

трата коэффициент термо-ЭДС до и после МИО не изменяется, это обусловлено отсутствием изменений в структурных примесях в пирите, что подтверждается данными масс-спектрометрического анализа с индуктивно связанной плазмой.

Измерение удельного сопротивления ($\ln R$) мономинералов пирита (табл. 2) проводилось аналогично измерениям термо-ЭДС (только при помощи холодных электродов). Точность измерений составляла 3-5 %.

В результате МИО удельное сопротивление пирита увеличивается с 4 до 4,9 $k\Omega \cdot m$ (на 22,5 %). Посколь-



а) концентрат крупностью 52% -0,074 мм

б) концентрат крупностью 83% -0,020 мм

Рис. 3. Зависимость электродного потенциала золотопиритного концентрата от рН

ку концентрация свободных электронов, судя по постоянству ТЭДС, в пирите не изменилась, можно предположить, что возрастание электросопротивления после обработки МИО связано с увеличением числа дислокаций и, как следствие, появлением дополнительных пор и микротрещин в пирите.

Зависимость бесточного электродного потенциала концентрата различной крупности от рН исследовали методом потенциометрического титрования с одновременным контролем изменения потенциала нанесенного на пирографит минерала и рН. Исследования проводились на концентрате крупностью 52 % -0,074 мм и 83 % -0,020 мм до и после магнитно-импульсной обработки. Проба концентрата наносилась с помощью связующего вещества на дисковый электрод,

изготовленный из пирогرافита диаметром 8 мм. В качестве связующего, применяли 3 %-ную суспензию фторопласта ФП-4 в воде, стабилизированную оксиэтилированными соединениями. В качестве электрода сравнения использовали насыщенный хлорсеребряный электрод (х.с.э.), имеющий потенциал +0,204 В относительно нормального водородного электрода [4].

Из данных рис. 3 видно, что величина электродного потенциала, в результате магнитно-импульсной обработки концентрата, увеличилась в обоих случаях, что свидетельствует об окислении поверхности концентрата. Причем концентрат крупностью 52 % -0,074 мм (рис. 4, а) окисляется значительно больше, чем концентрат крупностью 83 % -0,020 мм (рис. 4, б).

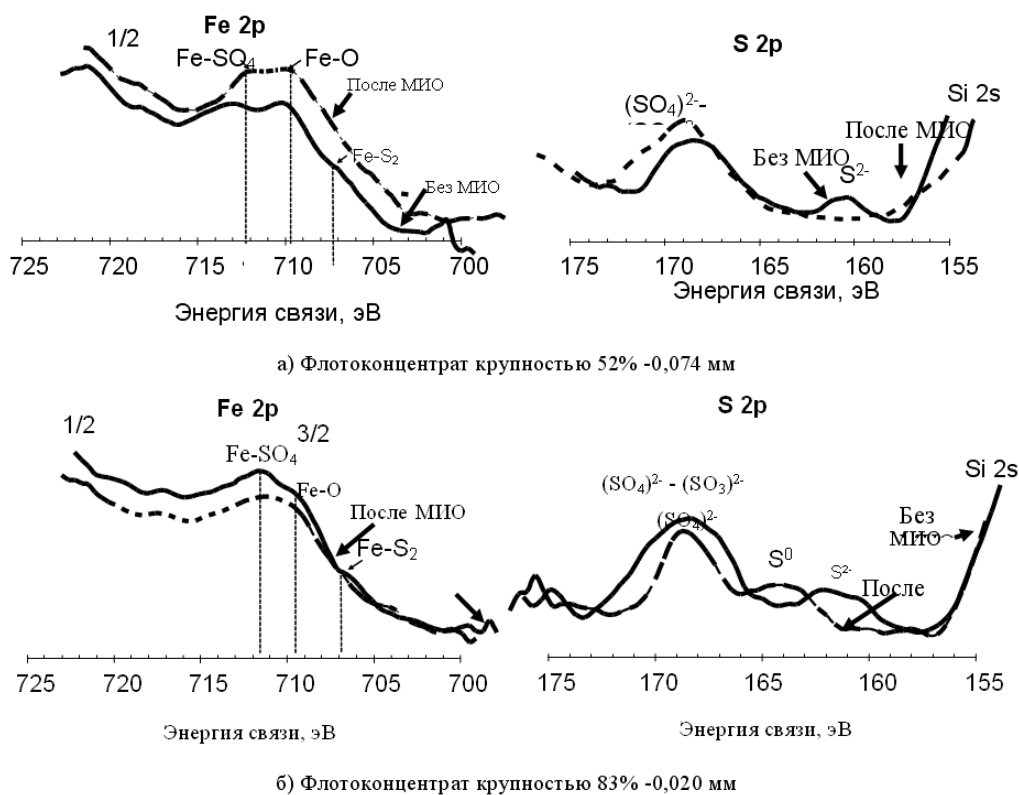


Рис. 4. Результаты РФЭС-измерений

Изменения электродного потенциала отмечаются в области изменения рН от 2 до 11. Наиболее эффективно окисление сульфидной поверхности концентрата крупностью 52 % - 0,074 мм происходит в области при рН ~ 4, при этом электродный потенциал необработанного концентрата составляет порядка $\epsilon_{исх}=178$ мВ, обработанного $\epsilon_{мио}=224,9$ мВ. В рабочей области магнитно-импульсной обработки при рН=10-10,5 также идет окисление поверхности пирита, но в значительно меньшей степени. Для тонкоизмельченного концентрата наблюдается аналогичная зависимость, но со значительно меньшей эффективностью.

Следовательно, под влиянием МИО в щелочных растворах будет

протекать процесс анодного окисления пирита с образованием пассивирующей пленки, состоящей из окисленных соединений железа и серы.

С использованием рентгенофотоэлектронной спектроскопии (РФЭС) изучено влияние МИО на изменение химического состояния поверхности пиритного концентрата (рис. 4).

На рис. 4, а показаны, соответственно, Fe 2p и S 2p спектры, пиритного концентрата исходной крупности (52 % -0,074 мм) до и после магнитно-импульсной обработки. Как следует из приведенных спектров, исходная (до обработки), поверхность концентрата (пирита) окислена: в S 2p спектре фиксируется интенсивный пик указывающий на сульфатное со-


стояние серы. В Fe 2p спектре фиксируются пики, отвечающие оксидному и сульфидному состоянию железа. После МИО в S 2p спектре отсутствует пик, отвечающий сульфидному состоянию серы.

На рис. 4, б показаны, соответственно, Fe 2p и S 2p спектры, флотоконцентрата крупностью 83 % -0,020 мм до и после МИО. Как видно из представленных спектров, при магнитно-импульсной обработке измельченного концентрата в S 2p спектре наблюдается спектр соответствующий элементарной сере (S^0), что указывает на окисление поверхности сульфидов. Следовательно под действием МИО происходит изменение химического состояния поверхностного слоя пирита, его окисление, в результате

которого образуются окисленные соединения железа и серы.

Выполненные экспериментальные исследования по влиянию магнитно-импульсной обработки на физико-химические свойства упорного золото-пиритного концентрата позволяют сделать вывод о том, что под действием электромагнитного поля, создаваемого при магнитно-импульсной обработке, происходит дезинтеграция концентрата повышается удельное сопротивление пирита, происходит окисление его поверхности, образуются окисленные соединения железа ($Fe-O$ и $Fe-SO_4$) и серы ($(SO_3)^{2-}$, $(SO_4)^{2-}$ и S^0), появляются микротрещины и тем самым создаются благоприятные условия для последующего извлечения золота в процессе цианирования.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Чантурия В.А., Бунин И.Ж., Ковалев А.Т. Механизмы дезинтеграции минеральных сред при воздействии мощных электромагнитных импульсов. — М.: Известия Академии Наук. Серия физическая, Т.68, № 5, 2004, С. 629 – 631.
2. Гончаров С.А., Ананьев П.П. Основы технологии электромагнитного разупрочнения железистых кварцитов // Горный информационно-аналитический бюллетень. — 2000. — № 6. — С. 10—13.
3. Гончаров С.А., Ананьев П.П., Иванов В.Ю. Разупрочнение горных пород под действием импульсных электромагнитных полей. МГГУ, М., 2006. — С. 91.
4. Воробьев С.А., Вигдергауз В.Е. Термо-ЭДС пиритов различного генезиса и ее влияние на сорбционные и флотационные свойства // Цветные металлы, 2008. — № 6. — С. 25—29. 

КОРОТКО ОБ АВТОРАХ

Седелникова Г.В., Кошель Е.А. — Центральный научно-исследовательский геологоразведочный институт цветных и благородных металлов, e-mail:tsnigri@tsnigri.ru

