

УДК 549.8-046.66

ИЗБИРАТЕЛЬНОЕ РАСКРЫТИЕ И СТРУКТУРНО-ХИМИЧЕСКИЕ ИЗМЕНЕНИЯ МИНЕРАЛОВ ПРИ ИМПУЛЬСНОМ ВОЗДЕЙСТВИИ**Коростовенко В.В., Коростовенко Л.П., Стрекалова Т.А., Стрекалова В.А.***ФГАОУ ВПО «Сибирский федеральный университет», Институт цветных металлов и материаловедения», Красноярск, e-mail: root@gold.sfu-kras.ru*

На примере сульфидной свинцово-цинковой руды Горевского месторождения и окисленной труднообогатимой руды Кальмакырского месторождения рассмотрена возможность избирательного раскрытия и структурно-химические изменения минералов при импульсном воздействии. Определена главная цель раскрытия минеральных ассоциаций. Проведены минералогические исследования в прямом и отраженном свете. Доказано, что с увеличением энергии в импульсе степень раскрытия возрастает. Этот факт подтверждают и данные рентгенофазового анализа. Изучена оценка структурно-химических изменений минералов в процессе разрядноимпульсной обработки проб. Установлено, что разрядноимпульсное воздействие на минеральные продукты в процессе их раскрытия увеличивает реакционную способность минералов.

Ключевые слова: избирательное раскрытие, разрядноимпульсное воздействие, минеральные ассоциации, структурно-химические изменения

SELECTIVE DISCLOSURE AND STRUCTURAL AND CHEMICAL CHANGES IN THE MINERAL PULSE ACTION**Korostovenko V.V. Korostovenko L.P. Strekalova T.A., Strekalova V.A.***FGAOU HPE «Siberian Federal University,» Institute of Non-Ferrous Metals and Materials Science», Krasnoyarsk, e-mail: root@gold.sfu-kras.ru*

On the example of sulphide lead-zinc ore deposits Gorevsky and oxidized refractory ore deposits, the possibility Kalmakyrskogo selective disclosure and structural and chemical changes in the minerals under pulsed exposure. The main goal of the disclosure of mineral Associations. Mineralogical studies conducted in the direct and reflected light. It is proved that increasing the pulse energy level of disclosure increases. This fact is also confirmed by X-ray phase analysis. Studied assessment of structural and chemical changes in the minerals razryadnoimpulse processing samples. Found that razryadnoimpulsnoe impact on mineral products in their disclosure increases the reactivity of minerals.

Keywords: selective disclosure razryadnoimpulsnoe impact, mineral associations, structural and chemical changes

В общем случае раскрытие минеральной ассоциации преследует цель разделить ее на составляющие, одна из которых содержит полезный (извлекаемый) компонент.

Теоретическая модель раскрытия основана главным образом на разрушении полиминеральных кристаллических агрегатов, а характер разрушения – транскристаллический или интеркристаллический – зависит от внешних факторов и прочностных особенностей минеральных составляющих руды и определяется поверхностно-объемными нарушениями (дефектами кристаллической решетки компонентов) и нарушениями периодичности структуры [1]. Используя разрядноимпульсный метод в комбинации с механическим измельчением [2], можно значительно повысить степень раскрытия что доказано авторами при обогащении золотосодержащих руд [3]. Вызывают научный и практический интерес возможности избирательного раскрытия полиметаллических минеральных ассоциаций, существенно отличающихся свойствами составляющих компонентов от золотосодержащих руд, а также структурно-химические изменения, происходящие в минералах при разрядноимпульсной обработке, что может

быть вызвано особенностями импульсного воздействия на пульпу [4].

С этой целью в качестве одного из объектов исследований принята сульфидная свинцово-цинковая руда Горевского месторождения (проба № 1), довольно однообразная по минералогическому составу. Рудные минералы в пробе представлены галенитом, сфалеритом, пиритом, пирротином и халькопиритом, причем галенит является преобладающим главным рудным минералом. По результатам химического анализа проба содержит свинца – 2,5–3,0%, цинка – 0,5%, что в пересчете на минеральный состав соответствует 3,4% галенита и 0,74% сфалерита. Сфалерит в зернах содержит включения халькопирита и сростки галенита.

Возможность избирательного раскрытия минералов при импульсном воздействии исследовалась и на окисленных труднообогатимых рудах Кальмакырского месторождения (проба № 2), состоящих в основном из окисленных нерудных минералов (кварц, полевой шпат), образующих сростки с рудными минералами. В пробе присутствуют халькопирит, борнит и вкрапленные в кварце халькозин и ковеллин и в небольших количествах пирит и сфале-

рит, а также окисленные формы минералов меди – малахит и хризоколла в виде тонких примазок и единичные зерна брошантита. Имеются сростки малахита с гидрооксидами железа и вкрапленностей рудных в нерудных минералах, сростания рутила и турмалина с халькопиритом. Таким образом исследуемые пробы существенно различались по минералогическому составу.

Исходные руды измельчали в шаровой мельнице 40 мин, после чего подвергали разрядноимпульсному воздействию на специальном стенде [1].

Сравнительна оценка показателей ситового анализа пробы № 2 после базового (без разрядноимпульсной обработки) и комбинированного измельчения свидетельствует, что последняя схема качественно лучше, способствует увеличению выхода класса $-0,074$ мм в 1,7 раза при сокращении времени механического измельчения на 25%.

Анализ влияния разрядноимпульсной обработки на раскрытие минеральных агрегатов, выполнен по оценке степени раскрытия как отношения количества свободных зерен минерала к общему содержанию этого минерала

$$\omega = \frac{K_{св}}{K_{св} + K_{ср}} 100, \%$$

где $K_{св}$ – количество свободных зерен минерала, $K_{ср}$ – количество сростков с включениями данного минерала.

Минералогические исследования в прямом и отраженном свете показали, что при более высокой энергии обработки рудные минералы испытывают пластическую деформацию, причем при воздействии суммарной энергией выше оптимальной, в минеральных продуктах возможны нежелательные структурно-химические изменения. Нерудные минералы, обладающие значительно худшими пластическими свойствами, характеризуются постоянством роста степени раскрытия с увеличением энергии в импульсе (рис. 1). Очевидно, что имеет место избирательное раскрытие минеральных сростков по контакту рудных зерен с нерудными составляющими агрегатов и плоскостям спайности рудных зерен между собой, что доказано нами для разных условий измельчения.

Данные рентгенофазового анализа подтвердили результаты минералогических исследований по раскрытию; согласно рентгенограммам, представленным на рис. 2, интенсивность основных рефлексов галенита и сфалерита значительно возрастает после разрядноимпульсной обработки исходного материала тремя импульсами.

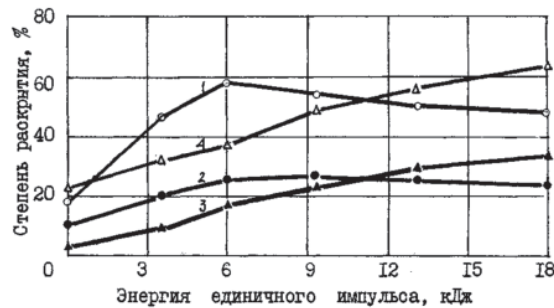


Рис. 1. Зависимость степени раскрытия минералов от энергии разрядноимпульсной обработки пробы № 1 после измельчения: 1 – галенит; 2 – сфалерит; 3 – пирит; 4 – нерудные

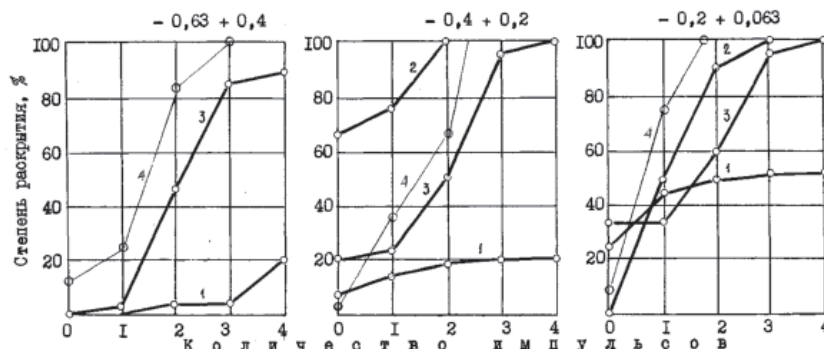


Рис. 2. Влияние кратности импульсного воздействия на раскрытие минералов: 1 – галенит; 2 – сфалерит; 3 – пирит

Структурно-химические изменения минералов оценивались в процессе разрядноимпульсной обработки пробы № 1 без последующего доизмельчения. Исследования проводились методами рентгенофазового, мессбауэрского и дериватографического анализов. Структурно-химические изменения пирита в тех же условиях ряд особенностей (рис. 3). Разрядноимпульсная обработка приводит к росту интенсивности

рефлексов, а при вводе в технологический объект суммарной энергии большой величины (до 50 импульсов) пирит окисляется до сульфата. Окисление пирита протекает через образование сернистого железа с выделением одного атома серы и последующим окислением до сульфатов, это подтверждают и мессбауэровские спектры исходного и раскрытого с помощью разрядноимпульсной обработки продукта (рис. 4).

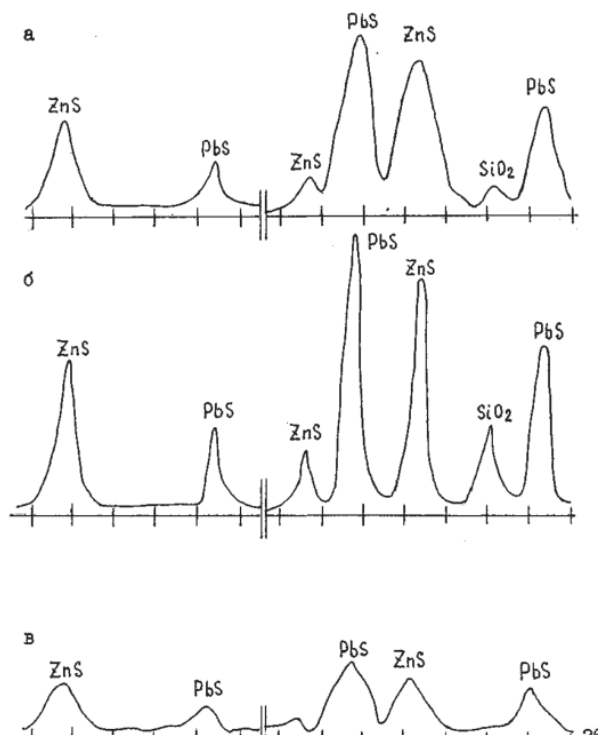


Рис. 3. Участки дифрактограмм образца галенита с примесями сфалерита исходного (а) и после РИО трехкратным (б) по 10 кДж каждый

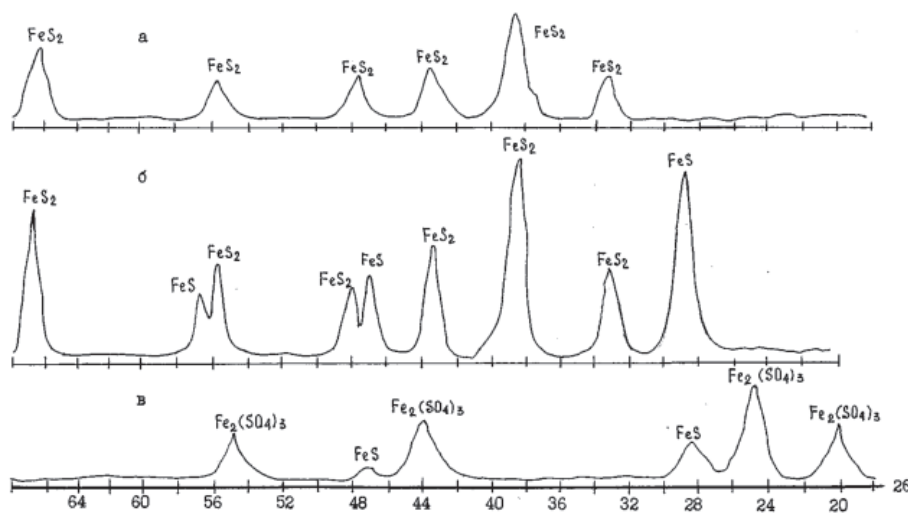


Рис. 4. Участки дифрактограмм исходного пирита (а) и после разрядноимпульсной обработки: б – 3 импульса по 10 кДж; в – 50 импульсов по 10 кДж

Фазовые превращения в сульфидах, обработанных разрядноимпульсным методом, имеют место и при их нагревании, что играет большую роль в процессах металлургии (рис. 5). Так, дифференциально-термический анализ активированного и исходного галенита свидетельствует о существенных отличиях ДТА-кривых, полученных при нагревании в воздушной среде. Увеличение реакционной способности обработанного галенита в процессе его термического окисления в воздушной среде подтверждают дериватограммы, приведенные на рис. 5,б. Максимум экзотермического эффекта у активированного и исходного образцов достигнут при 70–50 °С и 795–800 °С, соответственно.

Различия в механизмах окисления исследуемых образцов галенита получили подтверждение при нагревании исходного и обработанного образцов до 800 и 720 °С, соответственно. Дифрактограмма обработанного галенита показала, что свинец в образце представлен сульфатом и находился в фазах PbO и Pb_2O_3 , а в исходном материале – в форме PbO – $PbSO_4$.

Таким образом, реакционная способность в процессе термического окисления активированного с помощью обработки галенита увеличивается. Повышение реакционной способности отмечено и для активированных пирита и пирротина, растворимость которых в серной кислоте возрастает в 1,5–1,7 раза.

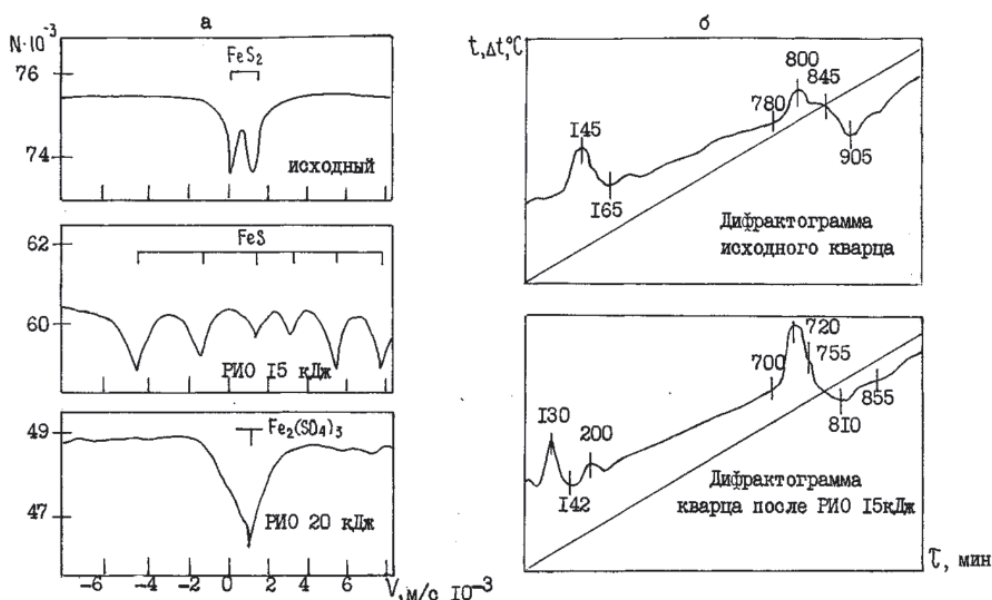


Рис. 5. Фазовые превращения пирита (а) и кварца (б) после разрядноимпульсной обработки

Выводы

1. Разрядноимпульсная обработка интенсифицирует раскрытие минеральных сростков во всем диапазоне исходных классов крупности с появлением новых более мелких классов, причем эффективность раскрытия не зависит от степени окисленности исходного материала, его структуры и текстуры.

2. Раскрытие минеральных сростков с помощью разрядноимпульсной обработки является избирательным: разрушению подвергаются места концентрации локальных дефектов по плоскостям срастания зерен минералов и концентраторам внутренних напряжений, наколенных сростком в процессе механического дробления.

3. Разрядноимпульсное воздействие на минеральные продукты в процессе их раскрытия вызывает структурно-химические

изменения и рост интенсивности рефлексов минералов, что, в конечном счете, увеличивает реакционную способность минералов.

Список литературы

1. Справочник по обогащению руд. Специальные и вспомогательные процессы, испытания обогатимости, контроль и автоматика / под ред. О.С. Богданова, В.И. Ревнивцева – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Недра, 1983. – 384 с.
2. Стрекалова Т.А., Коростовенко В.В. Повышение извлечения золота в раствор при комбинированных методах рудоподготовки // Известия вузов. Цветная металлургия. – 2007. – № 5. – С. 27-30.
3. Коростовенко В.В., Стрекалова Т.А. Разрядноимпульсная интенсификация рудоподготовки к выщелачиванию высокоценных материалов из труднообогатимого сырья // Физико-технические проблемы разработки полезных ископаемых. – 2010. – №2. – С. 117-124.
4. Коростовенко В.В., Стрекалова Т.А., Стрекалова В.А., Коростовенко Л.П. Исследование динамических процессов в пульпе при разрядноимпульсной активации минерального сырья // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2012. – № 8. – С.25-29.