

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ОБОГАЩЕНИЯ МЕДНЫХ РУД КМЕНУШИНСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

Киреева О. В., Авербух А. В., Щербакова З. Х.
(ОАО «Уралмеханобр», г. Екатеринбург, Россия)

Освоение месторождения «Каменушинское» связано с расширением сырьевой базы Салаирской обогатительной фабрики.

Каменушинское месторождение медно-колчеданных руд находится в Кемеровской области.

В пределах Каменушинского месторождения и на его флангах выявлены следующие типы руд:

- пирит - халькопиритовые медные;
- сульфидные полиметаллические;
- кварц - баритовые;
- золотоносные окварцованные породы и жильно-штокверковые кварцевые образования;
- золотоносные образования зоны окисления;
- рудоносные карстовые образования;
- золотоносные рыхлые отложения.

Промышленное значение имеют несколько типов руд, другие недостаточно изучены и могут быть использованы как попутное сырье.

Пирит – халькопиритовые медные руды, являются единственным типом руд, составляющим балансовые запасы месторождения.

Исследования проводились на пяти пробах медной руды месторождения «Каменушинское». Содержание в исследуемых пробах медной руды: меди 0,66-1,40 %, серы - 8,07-11,39 %, оксида кремния - 58,00-66,10 %.

По данным минералогического анализа рудная часть проб представлена пиритом, халькопиритом, халькозином, ковеллином, в меньшей степени борнитом, купритом и бирюзой. Нерудная часть проб состоит из кварца и листовых силикатов: мусковита, хлорита и каолинита.

По относительному размеру зерен структура неравномернозернистая, реже порфировая. По абсолютному размеру зерен от крупно- до тонкозернистой. Микроскопически отмечаются структуры замещения халькопирита халькозином. В качестве порфирировых вкраплений выступают крупные зерна кварца. В качестве базиса - тонкозернистая смесь, состоящая из кварца и листовых силикатов.

При повышенном содержании листовых силикатов наблюдается слоистость. Текстура руд пятнистая, полосчатая, вкрапленная, реже массивная.

По расположению зерен преобладает прожилково-вкрапленная текстура (от густо до средне вкрапленной), реже полосчатая. По способу заполнения пространства текстура плотная, реже слабо пористая.

Характерной особенностью рудных проб является распространение медных минералов по трещинам и пустотам в кварце.

Результаты фазового анализа исследуемых проб медной руды на формы соединений меди приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Результаты фазового анализа исследуемых проб медной руды

Формы соединений меди	Массовая доля меди, % (отн.)				
	Проба № 1	Проба № 2	Проба № 3	Проба № 4	Проба № 5
Первичная	91,58	52,00	35,72	33,33	29,36
Вторичная	4,13	44,80	52,14	60,00	66,06
Окисленная	4,21	3,20	11,43	6,67	4,58
Сульфатная	0,08	-	0,71	-	-
Исходная руда	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00

По мере отработки месторождения отмечается тенденция ухудшения качества и технологических свойств руды. Изменяется соотношение основных извлекаемых медных минералов: снизилось содержание первичных сульфидов с 91,58 % (отн.) до 29,36 % (отн.) при повышении содержания вторичных с 4,13 % (отн.) до 66,06 % (отн.) и окисленных минералов меди с 3,20 % (отн.) до 11,43 % (отн.).

При обогащении медной руды, где медные минералы были представлены первичными сульфидами меди, по схеме прямой селективной флотации получен медный концентрат, содержащий меди 22,32 % при ее извлечении 92,54 %.

При промышленной переработке медной руды текущей добычи возникают трудности, связанные с качеством медного концентрата и извлечением меди. Содержание меди в медном концентрате снизилось до 17-18 %, а иногда и до 15-16 % при снижении извлечения до 79-85 %.

Неблагоприятными признаками для обогащения исследуемых проб медной руды являются:

- наличие повышенного содержания вторичных до 66,06 % и окисленных минералов меди до 11,43 %;

- сложные сростания минералов: халькозин образует твердый раствор с ковеллином. Тесная взаимосвязь халькопирита с халькозином и ковеллином, в то же время халькозин образует корки на поверхности зерен халькопирита, что и препятствует раскрытию этих минералов при измельчении и в значительной степени влияет на флотационные свойства медных минералов;

- присутствие в руде таких минералов, как куприт и бирюза, коллоидного строения, которые негативно влияют на ход флотационного процесса и могут теряться в жидкой фазе пульпы с отвальными хвостами.

Изучение степени раскрытия сульфидных минералов исходных руд по классам крупности показало, что руды требуют достаточно тонкого измельчения для раскрытия сульфидных минералов.

Сульфидные минералы меди, согласно результатам фазового анализа, обладают различными флотационными свойствами, что и создает определенные трудности при проведении технологического процесса. Медные минера-

лы по извлечению флотационной способности располагаются в следующий ряд: халькопирит < борнит < ковеллин < халькозин.

Схемы флотации медных руд зависят в основном от характера вкрапленности сульфидных минералов, их количества, фазового состава и склонности к шламообразованию.

При обогащении медных окисленных руд предложено пять основных методов:

- сульфидизация окисленных минералов;
- флотация с депрессорами пустой породы;
- флотация при помощи сульфгидрильных собирателей;
- флотация с применением в качестве собирателей длинноцепочечных аминов и щелочных сульфидов для активации;
- растворения металлов с последующим осаждением их в виде свободных металлов или нерастворимых соединений, которые затем извлекаются при помощи флотации.

В промышленном масштабе флотация окисленных медных минералов осуществляется посредством сульфидизации с дальнейшей флотацией.

Роль сульфидизатора – понижение концентрации катионов тяжелых металлов (поглотителей собирателя и активатора пустой породы) и образование прочной пленки сульфида на поверхности минерала, на которой легче адсорбируется и более прочно закрепляется собиратель. В качестве сульфидизатора широкое распространение получили сернистый и гидросернистый натрий, реже применяется сульфид кальция и сульфид бария [1].

Флотация сульфидизированного минерала при помощи сульфгидрильных собирателей легко осуществима.

При проведении исследований на медных рудах, отличающихся по вещественному составу, было проверено влияние сернистого натрия, как сульфидизатора медных минералов. Сернистый натрий подавали в процесс как с целью повышения флотационной активности минералов меди, так и извлечения меди. Проверены точки подачи сернистого натрия в технологический процесс, а также его расход:

- в цикл измельчения;
- в цикл основной медной флотации, с предварительным кондиционированием пульпы с сернистым натрием. Проведённые флотационные опыты показали, что наилучшие показатели получены при подаче сернистого натрия в цикл основной медной флотации.

С целью повышения качества медного концентрата кроме сульфидизации медных минералов для депрессии минералов пустой породы было проверено жидкое стекло, а также реагент «Акремон» марки Д-13 [2].

В процессе вторичных изменений медных минералов изменяются и минералы вмещающих пород. Наиболее важные изменения минералов пустой породы связаны с окремнением, каолинизацией, хлоритизацией их поверхности. При возрастании гидрофобности породных минералов образуется большая масса легкофлотируемых шламов. В результате чего возрастают

трудности депрессии пустой породы, предотвращения вредного влияния шламов и получения кондиционных концентратов.

Однако, эффективных депрессоров пустой породы для вкрапленных руд мало. Такие реагенты как лигносульфонаты, кремнефтористый натрий, декстрин, различные крахмалы внедренные на многих обогатительных фабриках, не нашли широкого применения из-за низкой их эффективности.

Полимерный материал «Акремон» представляет собой водный раствор на основе сополимеров поликарбоновых кислот акрилового ряда их солей. Реагент «Акремон» является безопасным веществом для организма человека, негорюч, термостабилен, внешний вид и цвет – слабоокрашенная жидкость, рН-9. Флотационные исследования с введением флотореагента «Акремон» при обогащении медной руды Каменушинского месторождения не дали положительных результатов.

Флотационные опыты с использованием жидкого стекла в цикле рудного измельчения для более глубокой депрессии минералов пустой породы показали, что его введение в процесс в количестве 100 г/т руды уже приводит к депрессии пустой породы. При этом содержание меди в грубом медном концентрате повышается на 1-1,5 % при сохранении уровня извлечения меди. Отмечено, что в этих условиях снижается выход грубого медного концентрата, что в промышленных условиях значительно сократит циркулирующие нагрузки.

Дальнейшее повышение расхода жидкого стекла до 500-1000 г/т руды, как показали результаты флотационных опытов, приводит не только к депрессии пустой породы, но и медных минералов. Потери меди с отвальными хвостами повышаются на 2,5-3,5 %.

Введение в технологический процесс сернистого натрия и жидкого стекла улучшили показатели флотации, что объясняется понижением вязкости пульпы и сульфидизацией окисленных медных минералов.

Кроме того, с целью повышения качества медных концентратов и извлечения меди была введена операция аэрационного кондиционирования пульпы.

Результаты проведенных опытов показали, что для вкрапленной медной руды Каменушинского месторождения оптимальная продолжительность аэрационного кондиционирования – 5 минут, при этом происходит снижение выхода грубого медного концентрата при повышении массовой доли меди на 1,5-2,0 %. Из практики переработки медных сульфидных руд, более длительное аэрационное кондиционирование пульпы приводит к снижению флотиремости медных минералов [3-4].

Снижение выхода, как грубого медного концентрата, так и концентрата контрольной медной флотации, в дальнейшем снизит циркулирующие нагрузки в технологическом процессе.

На основании анализа изучения вещественного состава пяти проб вкрапленной медной руды, с учетом увеличения вторичных и окисленных медных минералов, а также результатов проведенных исследований была

разработана технология обогащения медно-колчеданной руды, по схеме прямой селективной флотации, включающей:

- измельчение руды в присутствии жидкого стекла. Расход жидкого стекла, как и всех флотационных реагентов, определяется вещественным составом руды;
- аэрационное кондиционирование пульпы, предшествующее циклу основной медной флотации;
- проведение основной медной флотации с предварительной сульфидизацией медных минералов, используя сернистый натрий. Расход сернистого натрия, как сульфидизатора зависит от содержания в руде вторичных и окисленных минералов меди;
- перечистные флотации грубого медного концентрата проводятся в известковой среде, в присутствии активированного угля.

Технологическая схема обогащения медной руды предусматривает дробную подачу собирателя - бутилового ксантогената калия и бутилового аэрофлота, из-за низкой флотационной активности как вторичных, так и окисленных сульфидов меди, а также снижения циркулирующих нагрузок (продуктов обогащения, возвращающихся в предыдущие технологические операции – хвостов перечистных медных флотаций и концентрата контрольной медной флотации).

Установлено, что при повышении окисленных и вторичных минералов меди в руде введение в технологическую схему обогащения медной руды аэрационного кондиционирования пульпы, жидкого стекла, как депрессора пустой породы и сернистого натрия, как сульфидизатора окисленных медных минералов и трех перечистных флотаций грубого медного концентрата в присутствии активированного угля в известковой среде, позволяют получить высокие технологические показатели обогащения медной руды, таблица 2.

Таблица 2 – Технологические показатели обогащения медных руд Каменушинского месторождения

Продукты обогащения	Массовая доля меди, %				
	Проба № 1	Проба № 2	Проба № 3	Проба №4	Проба № 5
Массовая доля меди, %					
Медный концентрат	22,32	22,85	22,18	19,64	23,52
Извлечение меди, %					
Медный концентрат	92,54	92,37	92,05	90,87	92,60

В условиях разработанного реагентного и технологического режимов обогащения вкрапленной медной руды Каменушинского месторождения по схеме прямой селективной флотации с различным вещественным составом получены кондиционные медные концентраты, содержащие меди 19,64-23,55 %, при извлечении меди 90,87-92,60%.

Список использованной литературы

1. Глазунов Л.А. Об эффективности использования сульфидизации гидросульфид-ионов в растворах сернистого натрия и его заменителей при флотации медьсодержащих руд. // Энергосберегающая технология в производстве тяжелых цветных металлов. Гос НИИ Цветные металлы. – М., 1992, - 42-46 с.
2. Мухина Т.Н., Максимов В.И., Марчевская В.В., Королева Е.В. Исследования применимости «Ак-ремона» Д-13 в качестве депрессора породных минералов при флотации сульфидных медно-никелевых руд // VII Конгресс обогатителей стран СНГ. 2009. Москва.
3. Бочаров В.А., Рыскин М.Я. Технология кондиционирования и селективной флотации руд цветных металлов – М.: Недра, 1993.
4. Влияние скорости перемешивания и аэрации на флотацию сульфидной руды. Effects of impeller speed and aeration rate on flotation performance of sulphide ore. Yang X., Aldrich C. (Northeastern University, Shenyang 110004 KHP). Trans. Nonferrous Metals Soc. China. 2006. p. 185-190.