

УДК 669.2/8:66.093:622.782

**А.Ю. Дамбаева, И.Г. Антропова, А.Н. Гуляшинов,
П.Л. Палеев, Г.И. Хантургаева**

КОМБИНИРОВАННЫЙ СПОСОБ ПЕРЕРАБОТКИ ТРУДНООБОГАТИМОЙ ОКИСЛЕННОЙ СВИНЕЦСОДЕРЖАЩЕЙ РУДЫ

Предложена принципиальная схема переработки труднообогатимой окисленной свинецсодержащей руды по комбинированному способу, включающая сульфидизирующий обжиг окисленной руды в атмосфере водяного пара с использованием в качестве сульфидизатора некондиционного пиритного концентрата, ультразвуковую обработку огарка, коллективную сульфидную флотацию и мокрую магнитную сепарацию с целью выделения образовавшегося в процессе обжига магнетита в отдельный продукт. Данный способ переработки позволяет значительно увеличить извлечение основных полезных компонентов из сырья, содержащего пломбоярозит, гетит и другие окисленные минералы.

Ключевые слова: окисленная руда, флотационное обогащение, мокрая магнитная сепарация, флотиримость.

Настоящая работа посвящена решению актуальной и слабо разработанной технологической проблемы – переработки труднообогатимых окисленных свинецсодержащих руд на примере месторождения «Озерное». В мировой практике при переработке труднообогатимых окисленных руд тяжелых цветных металлов намечается тенденция к применению комбинированных методов, включающих операции гидро- или пирометаллургии в сочетании с флотационным или гравитационным обогащением в зависимости от особенностей вещественного состава руд [1, 2].

По данным рентгенофазового, минералогического анализов установлено, что основными минералами в представленных пробах руды являются кварц (SiO_2), гетит (HFeO_2), калиевый полевой шпат $\text{K}[\text{AlSi}_3\text{O}_8]$, биотит (K_2O_6 (Mg, Fe) $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 6\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$), пломбоярозит ($\text{PbFe}_6(\text{OH})_{12}(\text{SO}_4)_4$), церуссит (PbCO_3), англезит (PbSO_4) и ге-

теролит (ZnMn_2O_4). Показано, что основными ценными компонентами окисленной руды являются свинец (3,6%), серебро (100 г/т) и цинк (0,53%). Серебро распределяется по минералам аргентит (Ag_2S) и кераргирит (AgCl), которые в виде пленок обволакивают отдельные зерна окисленного галенита. Основными химическими составляющими руды являются оксиды кремния (37,3%), железа (29,2%) и алюминия (7,8%), за ними следуют оксиды магния (1,88%), кальция (0,87%), калия (2,2%), марганца (3,98%). Серы содержится в руде 1,37%, содержание вредных примесей – мышьяка – десятые и тысячные доли процента.

Фазовым анализом установлено, что основным носителем свинца является пломбоярозит. Количество свинца, приходящегося на пломбоярозит, составляет 86,78%, остальное количество свинца находится в форме англезита и церуссита. Плотность

плюмбоярозита – 3,7 г/см³. Относительная плотность руды составляет 3,22 г/см³.

Особенности минералогического состава представленной пробы окисленной руды, в частности, наличие значительной доли ценного компонента руды – свинца в форме плюмбоярозита (труднообогащаемый минерал для гравитационных и флотационных методов обогащения), предопределили применение комбинированного метода переработки, включающий процесс пирометаллургии в сочетании с традиционными методами обогащения. Одним из эффективных способов обработки плюмбоярозита, позволяющего изменить его физико-механические свойства (флотирруемость) является его сульфидирование при обжиге в атмосфере перегретого водяного пара. В качестве сульфидизатора используется некондиционный пиритный концентрат [3]. Сульфидизирующий обжиг труднообогащаемой окисленной руды в атмосфере перегретого водяного пара обеспечивает декрипитацию сложных минералов с одновременной их диссоциацией, а затем сульфидирование продуктов диссоциации труднообогащаемых минералов свинца и цинка.

По данным рентгенофазового анализа огарков основными конечными продуктами взаимодействий являются галенит (PbS), магнетит (Fe₃O₄), следы сфалерита (ZnS), гематита (Fe₂O₃) и пирротина (Fe_{1-x}S).

По данным минералогического анализа вновь образованный галенит образует пластинки 0,08 – 0,5 мм, которые формируют полиминеральные и мономинеральные агрегаты. Полиминеральные агрегаты овальной формы, сложены пластинчатым галенитом (0,080,5 мм), часто в сростании с тоже пластинчатой формы (0,2–0,7 мм). Они также содержат включения квар-

ца, сфалерита и почти повсеместно покрыты тончайшей коркой окиси марганца. В общей массе всего галенита мономинеральные скопления составляют 3–5 %, слагая рыхлые с пористыми агрегаты овальной формы и гладкой блестящей поверхностью, содержащие включения серебряных минералов. Кроме пластинчатого отмечаются тонкозернистый галенит в виде примазок, находящийся в тесном сростании с магнетитом.

Сфалерит образует мелкие (до 0,8–2 мм) кристаллы изометричной формы, которые находятся в сростании с кварцем, полевыми шпатами, мелкими зернами галенита, магнетита.

Огарок в небольшом количестве содержит также моносulfид железа FeS. Это пористый коричневого цвета, матовый минерал кубического габитуса, свойственного пиритам. Физические свойства данного минерала обусловлены разными соотношениями Fe и S. В разрезах его зерен наблюдается дефицит серы в их центральных частях и, возможно, пирротиновая структура. Он находится в сростании со сфалеритом. Железистые минералы огарка образуют между собой тесные сростания в коломорфных и тонкозернистых агрегатах.

В связи с тем, что в процессе пиросульфидирования окисленной руды образуются полиминеральные агрегаты, в которых вновь образованные галенит и сфалерит находятся в тесной ассоциации с минералами железа, кварцем, сульфидизированный продукт перед флотацией подвергается ультразвуковой обработке с целью вскрытия ценных составляющих огарка.

Проверка диспергированного ультразвуком сульфидизированного продукта на флотирруемость проводилась по коллективной схеме флотации (без перечистных и контрольных операций). Наилучшие результаты флотации

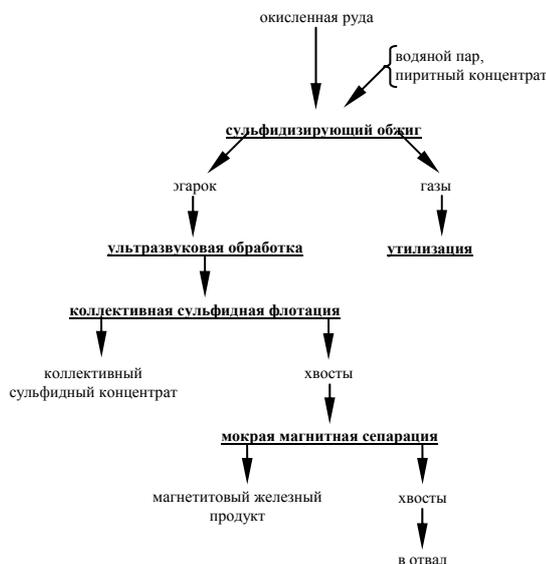


Рис. 1. Технологическая схема обогащения окисленной свинецсодержащей руды по комбинированному способу

онного обогащения получены при pH 8 и плотности пульпы 17 % твердого. Реагентный режим: регулятор среды – сода, 200 г/т; сульфид натрия – 200 г/т; жидкое стекло – 120 г/т; бутиловый ксантогенат – 120 г/т; сосновое масло – 80 г/т.

На основании полученных данных, обогащение окисленной руды проводилось по схеме, приведенной на рис. 1.

лось по схеме, приведенной на рис. 1. Согласно принципиальной схеме, сульфидизированный продукт подвергается ультразвуковой обработке, затем диспергированный материал флотируется по коллективной схеме сульфидной флотации. Хвосты флотации с целью выделения магнетита в отдельный продукт разделяются на магнитном анализаторе АМ-1. Процесс мокрой магнитной сепарации ведется при напряженности магнитного поля 45 кА/м.

При применении данной схемы обогащения извлечение свинца и серебра в коллективный концентрат составляет 94,67 % и 90,8 % соответственно, при содержании свинца 28,83 %. Железо извлекается в магнетитовый концентрат на

92,11 % при содержании 48,86 %, в магнетитовый концентрат переходит 87,65 % марганца (полезная примесь) руды. Содержание серы в железном концентрате составляет 0,15 %, что допустимо для железных концентратов (до 0,2 %).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Абрамов А.А.* Технология переработки и обогащения руд цветных металлов. М.: Изд-во МГУ. Т. III. 2005. – С. 169–171.
2. *Чанурия В.А., Трофимова Э.А.* Переработка окисленных руд. М.: Наука. 1985. С. 69–71.

3. *Патент РФ № 2364639.* Способ переработки труднообогатимой окисленной свинцовой руды / Антропова И.Г., Гуляшинов А.Н., Ламуев В.А., Палеев П.Л. – 2009. Бюл. № 23. **ПАТ**

Коротко об авторах

Дамбаева А.Ю. – аспирант, dm.aida@rambler.ru
Антропова И.Г. – к.т.н., научный сотрудник старший преподаватель Восточно-Сибирского государственного технического университета, inan@binm.bscnet.ru
Гуляшинов А.Н. – к.т.н., старший научный сотрудник, доцент Восточно-Сибирского государственного технического университета, agul@binm.bscnet.ru
Палеев П.Л. – к.т.н., ведущий инженер, pal Pavel@mail.ru
Хантургаева Г.И. – к.х.н., зав. лабораторией, доцент Бурятского государственного университета, techmin@binmbsc.buryatia.ru
 Лаборатория химии и технологии природного сырья Байкальского института природопользования СО РАН