

2. Горбатова Е.А. Влияние морфоструктурного состава отходов обогащения руд цветных металлов на извлечение ценных компонентов при их гидрометаллургическом переделе / Е.А. Горбатова, Е.Г. Ожогина // Вестник МГТУ им. Г.И. Носова. – 2012. – № 3. – С. 5 - 8.

УДК 669.334.1/4

О ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ МЕТОДОВ ГИДРОМЕТАЛЛУРГИИ ДЛЯ КОНДИЦИОНИРОВАНИЯ МЕДНЫХ КОНЦЕНТРАТОВ

¹Иванов Б.С., ¹Бодуэн А.Я., ²Украинцев И.В.

¹Национальный минерально-сырьевой университет «Горный»

²Научно-производственное объединение «РИВС»

В работе рассматривается возможность применения гидрометаллургических технологий для повышения качества некондиционных медных концентратов; приведены результаты опытов по их автоклавному кондиционированию и показаны преимущества переработки концентратов повышенного качества.

Введение. Традиционные металлургические технологии переработки рудного сырья требуют, как правило, его предварительного обогащения. Обогащительные операции сравнительно дешевы, позволяют повысить содержание целевого компонента в получаемых концентратах, отправив в отвал (в хвосты) пустую породу. Получение селективных концентратов позволяет рентабельно извлекать из них полезные компоненты, однако с хвостами зачастую теряется большая часть ценных составляющих сырья.

Исчерпание богатых месторождений привело к изменению характера рудного сырья, содержащего тяжелые цветные и редкие металлы, что повлекло за собой: устойчивое снижение содержания металлов в рудах, повышение стоимости добычи, усложнение химического и минералогического состава перерабатываемых концентратов, снижение показателей обогащения сырья.

Тенденции усложнения вещественного состава руд разрабатываемых месторождений сохраняются и усиливаются. В том числе наряду со снижением содержания цветных металлов уменьшается размер вкрапленности полезных минералов, для вскрытия последних часто требуются сверхтонкое измельчение, большие энергетические затраты на стадии обогащения и дальнейшей переработки полученных продуктов [1].

Типичным примером могут служить медно-цинковые колчеданные руды. При их переработке получают в основном некондиционные концентраты, содержащие 15-25 % меди и значительные количества цинка и свинца. Такие концентраты имеют более низкую рыночную стоимость, и дальнейшая их пирометаллургическая переработка на черновую медь сопровождается высокими затратами. К тому же несовершенство применяе-

мых традиционных технологии сопровождается полной потерей со шлаком медного металлургического производства цинка, а с пиритным огарком - всего железа, цветных, благородных и редких металлов, перешедших при флотации в пиритный концентрат.

Внедрение более совершенных методов рудоподготовки, применение более селективных по отношению к сфалериту и пириту органических депрессоров и флотореагентов, новых методов сульфидирования окисленных минералов и другие усовершенствования обеспечивают лишь незначительный рост извлечения ценных металлов. Именно поэтому в мировом производстве цветных и металлов в настоящее время развиваются эффективные комбинированные технологии, включающие гидрометаллургические операции, позволяющие расширить сырьевую базу, увеличить сквозное извлечение в товарную продукцию металлов и серы, организовать замкнутые циклы производства, улучшить условия труда и охрану окружающей среды.

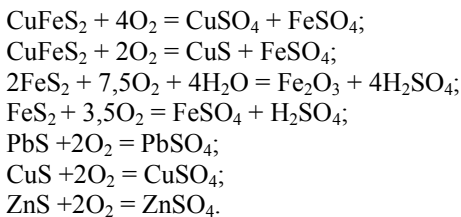
Автоклавные процессы - одно из главнейших направлений современной гидрометаллургии позволяют осуществить разнообразные химические превращения в водных средах с высокой скоростью за счет широкого диапазона температур и высокой концентрации газообразных реагентов при повышенном давлении.

Возможность использования автоклавных технологий для кондиционирования цинкосодержащих медных концентратов и промпродуктов изучалась отечественными и зарубежными учеными [2-8], которыми установлено, что их гидрохимическая переработка позволяет получить медный концентрат повышенного качества с выделением цинкового продукта, пригодного для переработки на цинковых заводах.

Из рассмотренных вариантов автоклавного вскрытия наибольший интерес представляет нейтральный метод выщелачивания, как наиболее эффективный применительно к кондиционированию сульфидных медно-цинковых полиметаллических концентратов, позволяющий осуществить селективное разделение меди и цинка в процессе автоклавной переработки в одном аппарате и за один технологический процесс; данная технология характеризуется малой материалоемкостью и энергоемкостью.

Технология гидрометаллургической переработки медно-цинковых продуктов разрабатывается к каждому конкретному образцу, так как она значительно зависит от соотношения меди к цинку в нем, что ведет к существенным изменениям параметров основных операций.

Химизм автоклавного процесса. Основа процесса - высокотемпературное автоклавное выщелачивание (ВТВ) исходного концентрата, главной целью которого является окисление сульфидов цветных металлов с переводом их в виде сульфатов в раствор.



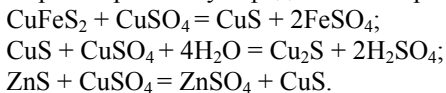
При автоклавном выщелачивании CuFeS_2 частично окисляется с выделением сульфата меди CuSO_4 , который работает как окислитель сульфидных минералов, при этом медь осаждается в виде вторичного сульфида - ковеллина CuS , основное количество железа, выделяется в раствор в виде FeSO_4 .

ZnS и PbS в процессе окислительного выщелачивания реагируют как с CuSO_4 так и с кислородом, переходя при этом на 85-95 % в окисленную форму.

Кек после окислительного выщелачивания представлен сульфидными минералами - в основном ковеллином, халькопиритом, пиритом и недоразложенным сфалеритом и галенитом; окисленными - гидроксидами железа и англезитом (PbSO_4), а также пустой породой.

Раствор после выщелачивания содержит в основном сульфат цинка, сульфат железа, медный купорос, серную кислоту и часть растворившейся пустой породы в виде сернокислых растворов (Al, Mg, K и т.д.).

Последующая совместная гидротермальная обработка (ГТО) в автоклавных условиях, в отсутствие кислорода, позволяет перевести сульфаты меди в нерастворимые сульфиды за счёт протекания обменных реакций:



Раствор после гидротермального осаждения в основном содержит сульфаты цинка и железа, а также остаток меди (до 1,5 % от исходного количества).

Медь, содержащаяся в растворе, осаждается в виде ковеллина, при этом окисляется некоторая часть сфалерита и галенита, недоразрушенных в процессе окислительного выщелачивания. Кек после гидротермального осаждения обогащается медью и обедняется по железу, которое переходит в раствор.

Экспериментальная часть. Горным университетом совместно с НПО «РИВС», были проведены эксперименты по исследованию возможности химического обогащения низкосортных медных концентратов. Испытания проводились применительно к медным концентратам Учалинской

ОФ и ОАО «Святогор». По данным химического анализа пробы содержали следующие основные компоненты (Табл. 1).

Таблица 1. Химический состав исходных концентратов

Наименование продукта	Содержание, %			
	Cu	Zn	Fe	S
Медный концентрат Учалинской ОФ	18,2	3,30	33,2	39,5
Медный концентрат ОАО «Святогор»	14,6	8,28	30,4	37,7

По данным рентгенофазового анализа исходного концентрата в пробе представлены халькопирит CuFeS_2 , сфалерит ZnS , пирит FeS_2 , а также нерудные слюдястые минералы типа вермикулита.

Экспериментальные исследования были проведены на комплексной автоклавной установке кафедры металлургии. Автоклавная установка позволяет поддерживать заданную температуру с точностью ± 2 °С, контролировать давление и расход газообразных реагентов с помощью систем EI-Press и EI-Flow фирмы Bronkhorst, а также отбирать пробы пульпы по ходу выщелачивания. На рис. 1 представлен общий вид автоклавной установки.



Рис. 1. Комплексная автоклавная установка

Операция автоклавного химического обогащения проводилась при следующих условиях: температура выщелачивания 180-190 °С, давление

кислорода 0,3-0,5 МПа, время выщелачивания 1 час, затем, прекращалась подача кислорода, и осуществлялось гидротермальное осаждение меди при той же температуре и продолжительности. В результате проведения этой операции содержание меди в медном концентрате – 2 увеличилось, преимущественно за счет перехода в раствор значительной части железа. Результаты операции представлены на рис. 2 и 3.

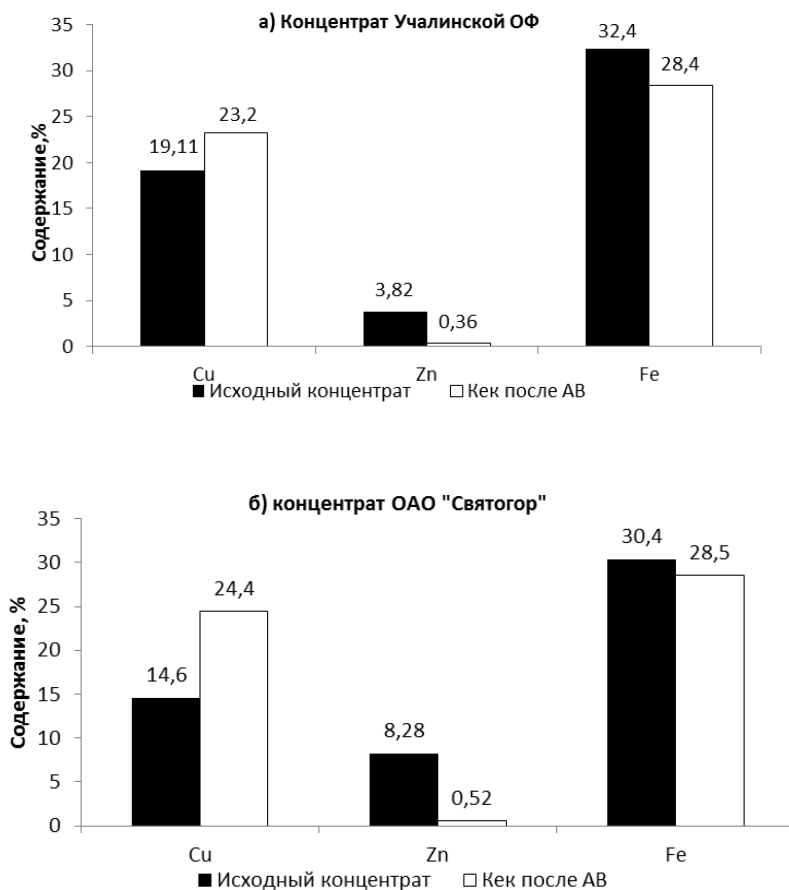


Рис. 2. Содержание основных компонентов в исходном концентрате и кеке после автоклавного выщелачивания

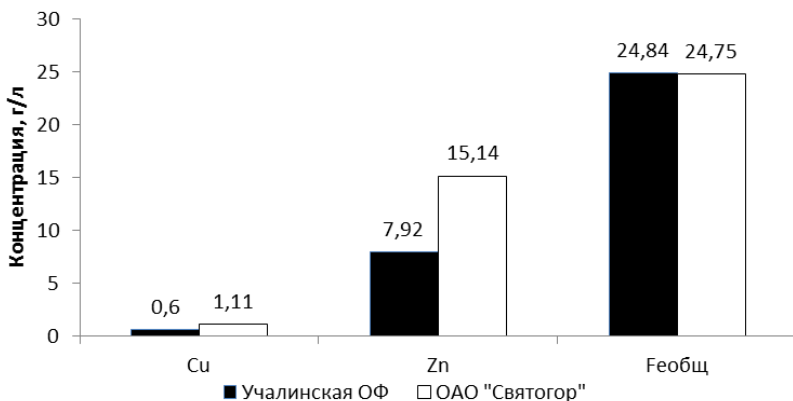


Рис. 3. Состав раствора после автоклавного выщелачивания

Заключение. Таким образом, операция автоклавного химического обогащения позволяет получить из низкосортного медного концентрата, концентрат повышенного качества и железосодержащий раствор сложного состава, который может быть переработан известными методами с получением цинкового полупродукта.

Обогащение по меди достигается за счет растворения железа халькопирита, также происходит повышение качества концентрата за счет перевода в раствор цинка, мышьяка и сурьмы, а также происходит концентрирование благородных металлов медном концентрате повышенного качества.

Повышение сортности выпускаемого медного концентрата с КМ-7 до КМ-4 приведет к увеличению стоимости тонны меди в концентрате, за счет уменьшения содержания железа, цинка и существенного снижения других вредных примесей - мышьяка и сурьмы; в результате обезцинкования и обезжелезнения исходного медного концентрата объем конечного продукта (концентрата КМ-4) будет уменьшен не менее чем на 20%, что приведет к снижению затрат на обезвоживание и сушку, а также сокращению расходов на транспортировку готовой продукции; сокращение безвозвратных потерь цинка с медным концентратом составит 75-80%.

Перевод медеплавильного производства на переработку концентратов повышенного качества дает следующие преимущества: увеличение производительности плавильного и конвертерного переделов; увеличение сквозного извлечения меди в черновую; выведение из переработки на сернокислотном производстве больших количеств мышьяка и сурьмы; сокра-

шение расхода вспомогательных материалов (технологический кислород, конвертерный воздух, кварцевый флюс).

Литература

1. Абрамов А.А. Технология переработки и обогащения руд цветных металлов. Том 3. Книга 2. М.: МГТУ, 2005. 461 с.
2. Набойченко С.С. Автоклавная гидрометаллургия цветных металлов / С.С. Набойченко, Л.П. Ни, Я.М. Шнеерсон, Л.В. Чугаев. Екатеринбург, 1995. 282 с.
3. Набойченко С.С. Автоклавная переработка медно-цинковых и цинковых концентратов / С.С. Набойченко. М.: Металлургия, 1989. 112 с.
4. Садыков С.Б. Автоклавная переработка низкосортных цинковых концентратов. Екатеринбург, 2006. 581 с.
5. Шнеерсон Я.П. Применение автоклавных методов для рафинирования трудно-обогатимых медных полиметаллических концентратов / Я.П. Шнеерсон, Н.Ф. Иванов // Цветные металлы. – 2003. - №7. – С. 63-67.
6. Серова Н.В. Химическое обогащение коллективных медно-цинковых концентратов / Н.В.Серова, В.И.Горячкин, В.А. Резниченко и др. // Металлы. 2000. - №3 – С. 28-34.
7. А.с. 1788050 СССР, МПК5 С22В53/04. Способ переработки сульфидных медно-цинковых полиметаллических концентратов / Горячкин В.И., Серова Н.В., Тимошенко Э.М., Набойченко С.С., Лысых М.П., Сиряпов В.Г. (СССР). — N 4924148; Заяв. 02.04.1991; Опубл. 15.01.1993.
8. Бодуэн А.Я. Автоклавное химическое обогащение низкосортных сульфидных медных концентратов / А.Я. Бодуэн, Б.С.Иванов, М.А. Перфильева // Сборник докладов международного конгресса «Цветные металлы - 2011». Красноярск, 2011. С. 338-341.

УДК 622.283

ПРИРОДНОЕ ПОЛЕ НАПРЯЖЕНИЙ В МАССИВЕ МНОГОЛЕТНЕМЕРЗЛЫХ ГОРНЫХ ПОРОД

Иудин М.М.

Северо-Восточный федеральный университет, г. Якутск, Россия

Рассмотрены факторы формирования естественного напряженного состояния в криолитозоне Севера. Выделены зоны с разными температурными режимами в массиве многолетнемерзлых горных породах, в которых распределение напряженного состояния определяется природными условиями.

Современные представления о природном поле напряжений, действующих в верхних слоях земной коры, учитывают два фактора, формирующие начальное напряженное состояние массива горных пород [1]. Основной фактор относится к гравитационной составляющей силы тяжести горных пород, который определяет естественное напряженное состояние земной коры. Второй фактор, определяющий природное поле напряжений, относится к проявлениям тектонических процессов в виде тектони-