

ТЕХНОЛОГИЯ ИЗВЛЕЧЕНИЯ ЗОЛОТА ИЗ УПОРНЫХ УГЛИСТЫХ ЗОЛОТОСОДЕРЖАЩИХ РУД

Худояров Сулейман Рашидович

Кандидат технических наук,

Ильхомов Жамшид Алишер угли,

Бозоров Абдурахмон Баходир угли

Магистранты

Кафедры «Металлургия», Факультет горное дело и металлургии, Ташкентский
государственный технический университет имени Ислама Каримова

Аннотация: В статье приведены краткий обзор по переработка золотосодержащих сульфидно-мышьяковых руд и концентратов окислительным обжигом последующим цианированием либо сорбционным цианированием. В настоящее время общепризнанной считается схема включающая обжиг и цианирование либо плавке огарка. Этот метод позволяет извлечь золота на уровне 80-96%. В качестве альтернативного варианта окислительного обжига, нами описывается метод бактериального выщелачивание сульфидно-мышьяковых золотосодержащих концентратов.

Ключевые слова: арсенопирит, переработка, мышьяксодержащих, углистых золото-мышьяковых концентрат, обжиг, электрофильтр, гашение, коалисценция, пассивирующих золото, малоотходная технология.

TECHNOLOGY OF EXTRACTION OF GOLD FROM PERSISTENT CARBONACEOUS GOLD-BEARING ORES

Khudoyarov Suleyman Rashidovich,

Ilkhomov Djamshid Alisher ugli,

Bozorov Abdurakhmon Bakhodir ugli

Annotation: Are provided the short review on processing of gold-bearing sulphidic and arsenic ores and concentrates in article by oxidizing roasting by the subsequent cyanation or sorption cyanation. In the presents time conventional is considered the scheme including roasting and cyanation or melting of a candle end. This method allows to take gold at the level of 80-96%. Alternatively oxidizing roasting, we describe a method bacterial leaching of sulphidic and arsenic gold-bearing concentrates.

Keywords: arsenopyrite, processing, carbonaceous gold-arsenic concentrate, roasting, electric precipitator, clearing, coalescence, passive gold, low-waste technology.

В течении последних двух-трёх десятилетий неуклонно уменьшается доля золота, извлекаемого из простых в технологическом отношении золотых руд, успешная переработка которых возможна по традиционным методам. Одновременно возрастает доля золота, извлекаемого из таких руд, эффективная обработка которых требует значительно более сложных и развитых схем, включающих операции гравитационного обогащения, флотации, обжига, плавки, выщелачивания и т.д. Золотосодержащие руды и концентраты, обработка которых в обычных условиях цианистого процесса не обеспечивает достаточно высокого извлечения золота или сопровождается повышенными затратами на отдельные технологические операции, называются упорными [1].

Основными носителями тонковкрапленного золота в рудах являются сульфидные минералы: пирит, арсенопирит, халькопирит, галенит, антимонит и многие другие, в том числе и кварц.

По данным зарубежных исследователей доля упорных руд, в которых золото находится в виде тонких вкраплений в сульфидах, составляет 30% мировых запасов золоторудного сырья. Вот поэтому разработка эффективных технологий выщелачивания из упорных руд имеет большое практическое значение.

Наиболее распространенным способом вскрытия сульфидных флотоконцентратов является окислительный обжиг, заключающийся в нагревании в окислительной атмосфере до температуры 400-500°C. Окислительный обжиг проводят так, чтобы получить огарок, физико-химические свойства которого обеспечивают наибольшее извлечение золота при последующем цианировании. При обжиге пирит окисляется до гематита $\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3$, арсенопирит - до маггемита $\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3$. Наиболее полное разложение сульфидов происходит при температуре 650-700°C. Выше 800°C начинается оплавление частиц и спекание огарка (за счет местных перегревов, сплавления пирротина-промежуточного продукта окисления пирита оксид-закиси железа Fe_3O_4).

Поскольку при обжиге арсенопирита возможно образование арсенатов железа, которые отрицательно влияют на цианирование, ИРГИРЕДМЕТОМ рекомендуется проводить обжиг в две стадии: с удалением в 1 стадии обжига основной массы мышьяка в виде As_2O_3 (при этом доступ воздуха ограничен) и во 2-ой стадии — серы. Для обжига используются печи кипящего слоя. К недостаткам обжига следует отнести необходимость извлечения золота из ядовитых мышьяксодержащих пылей которые гранулируют и подвергают обжигу совместно с исходным концентратом. Для улавливания возгонов с трехоксидом мышьяка используют сложную систему очистки газов, включающую циклоны, электрофильтры, рукавные фильтры и другие аппараты.

В пыли циклонов и электрофильтров переходит до 16% золота. Нередко при обжиге компоненты обрабатываемой руды дают легкоплавкие смеси, которые плотным слоем покрывают частички золота, делая их недоступными действию цианистого раствора. Особенно ухудшаются показатели цианирования серебро-содержащих концентратов.

Переработка сульфидных концентратов, богатых мышьяком, обжигом связана с загрязнением окружающей среды вредными оксидами серы и мышьяка.

В ИРГИРЕТМЕТ [2] для переработки углистых золото-мышьяковых концентратов рекомендуется двухстадиальный окислительный обжиг в печах «КС» с последующей гидрометаллургической обработкой огарков (цианирование).

Гидрометаллургическая схема включает промежуточную щелочную обработку кеков 1-го цианирования для вскрытия золота, пассированного в процессе обжига оксидами железа и мышьяксодержащими компонентами. Несмотря на достигнутые успехи в области переработки мышьяково-пиритных золотосодержащих концентратов по схеме «обжиг - цианирование», даже при обжиге в кипящем слое показатели извлечения золота на передовых зарубежных предприятиях нельзя признать удовлетворительным и содержание золота в отвальных хвостах на ряде фабрик составляет 8-9 g/t, а в некоторых случаях 14-17g/t.

Главными продуктами обжига концентратов в печах «КС» являются огарок и пыли: циклонная, электрофильтров, кристаллизатора, рукавных фильтров. Основная масса золота (73-75%) при обжиге в «КС» концентрируется в огарке. Остальные 25-27% распределяются между пылями циклонов, электрофильтра, кристаллизатора и рукавного фильтра.

В последних двух аппаратах получают продукты с высоким содержанием мышьяка (30-60%). Количество золота, уловленного с пылями циклона и электрофильтра, составляет примерно 25% при содержании 50-75 g/t. Золото в пылях кристаллизатора и рукавных фильтров относится к потерям.

В работе, выполненной Н.А. Колесниковым [3] во ВНИИЦВЕТМЕТ, при изучении упорных мышьяково-углистых золотосодержащих руд месторождения Бакырчик установлен оптимальный режим окислительного обжига в печах «КС». При этом предусмотрена возможность ведения процесса обжига как в одну, так и в две стадии. С учетом возврата пыли циклонов и электрофильтров извлечение золота в огарок составило 97,3%, мышьяка в мышьяковый ангидрид более - 60%. Окислительный обжиг обладает существенным недостатком.

С экономической и экологической точек зрения выброс в окружающую среду мышьяковых и сернистых газов недопустим. В настоящее время общепризнанной считается схема, включающая обжиг и цианирование либо плавку огарка. Извлечение золота из концентратов по этой технологии может составлять 80-96%.

Одним из вариантов переработки является сульфатизирующий обжиг концентрата, проводимый при ограниченном доступе воздуха, «гашение» огарка водой, смешивание его с крепкой серной кислотой, сульфатизация, выщелачивание спека, сушка остатка и нагревание его для сжигания выделившейся серы. Хотя этот вариант и более сложен, чем окислительный обжиг концентрата «намертво», большое его преимущество заключается в том, что он приводит к значительному (в 4-4,5 раза) сокращению веса получаемого продукта по сравнению с выходом огарка.

На сульфатизацию в печи «КС» должны поступать гранулы из смеси концентрата с крепкой серной кислотой (по аналогии с сульфатизацией пылей, применяющейся на Чимкентском свинцовом заводе).

Э.К. Галимжановым, В. В. Чесноковым и др. [4] установлено, что при взаимодействии пирита, арсено-пирита с содой и углеродом в окислительной атмосфере мышьяк и сера практически полностью (на 97-99%) остаются в огарке, переходя в нелетучие водорастворимые соединения - арсенат натрия и сульфат натрия: железо при этом окисляется на 90-95% до Fe_2O_3 , на 5-10% до FeO и Fe_3O_4 .

При обжиге углистого золото-мышьякового концентрата с содой (100% от веса концентрата) при $700^{\circ}C$ в течение 1 часа обеспечивается практически полное разложение основных золотосодержащих минералов без выделения токсичных соединений мышьяка и серы в газовую фазу. При последующем водном выщелачивании огарка мышьяк и сера переходят в раствор в виде арсената и сульфата натрия и выводятся из процесса. Полученный кек, выход которого составляет 70-72% от веса концентрата, содержит 0,3-0,5% мышьяка, 0,2-0,4% серы, 0,5-0,8% углерода и 93-100 g/t золота.

Для разрушения пленок оксидов железа, пассивирующих золото, вскрывшееся в процессе обжига, и снижения сорбционной активности остаточного углерода кек водного выщелачивания огарка подвергают гидromеталлургической подготовке к цианированию, заключающегося в обработке пульпы кека сернистым газом малых концентраций (1,5-2,5%). Полученный продукт практически не содержит компонентов, препятствующих цианированию, осуществляемому по стандартной технологии. Извлечение золота в цианистые растворы составляет при этом 95,5-96,5%.

Другим методом переработки концентратов является хлоридовозгонка. Этот процесс был предложен Б.Н. Лебедевым для комплексной переработки пиритных огарков, а затем и для некоторых промпродуктов обогатительных фабрик.

Исследованиями Ю.Г. Сажина [5] установлена возможность переработки золото-мышьяковых концентратов способом хлоридовозгонки с комплексным извлечением из них ценных составляющих.

В процессе хлоридовозгонки в оптимальных условиях улетучивание металлов из исследованных концентратов достигало (%): 97,6-99,5 золота, 95,0-98,0 серебра, 94-96,5 меди, около 100 свинца, 82-90 цинка и из огарков 85-95 серы. Содержание золота в остатках хлоридовозгонки составило 1,4-2 g/t.

Процесс хлоридовозгонки весьма универсален, его можно использовать для извлечения золота из концентратов практически любого состава. Важное достоинство этого процесса - возможность комплексной переработки концентратов с извлечением из них не только золота и серебра, но и сопутствующих ценных металлов. К недостаткам хлоридовозгонки следует отнести сложность аппаратного оформления высокотемпературного обжига и улавливания возгонов. По этой причине хлоридовозгонка пока не применяется в золотодобывающей промышленности.

В статье М.Н. Зырянова и др. [6] приведены результаты исследований в лабораторных и полупромышленных масштабах переработки упорных флотационных концентратов различных месторождений хлоридной электроплавкой.

При этом показана возможность достаточно полного извлечения золота (94-97%) и сопутствующих металлов серебра, меди и свинца (90-95%) в хлоридные возгоны небольшого объема (выход 5-7% от массы концентрата), которые эффективно могут быть переработаны на товарные металлы известными методами.

Одним из способов извлечения золота является плавка.

Р.А. Исаковой и др. [7] проведены исследования переработки мышьяксодержащих золотых концентратов с применением вакуума. При вакуумтермической обработке таких концентратов (более 10 месторождений) независимо от исходного содержания 97-99% мышьяка в одну стадию переводится в возгоны, представляющие собой смесь металлических и сульфидных форм.

Наиболее удобным аппаратом для вакуумной обработки мышьяксодержащих материалов оказался обогреваемый изнутри вертикальный виброконвейер. Полупромышленные испытания по выделению мышьяка из бақырчикских и нежданинских флото- и гравикоцентриров, проведенные на вибровакuumной установке Хайдарканского ртутного комбината, показали, что при температуре 670-700°C, давлении 3,999-6,665 КПА мышьяк на 97-98% переходил в возгоны.

Литература

1. Масленицкий И.Н., Чугаев Л.В., и др. «Металлургия благородных металлов» Москва «Металлургия» 1987г.
2. Лодейщиков В.В. Поведение благородных металлов при обжиге пиритных концентратов. Автореферат канд. дисс. Иркутск., 1960,023с
3. Колесников Н.А. Разработка способа окислительного обжига в КС мышьякового-углистых золотосодержащих сульфидных концентратов. Р.Д. Института металлургии и обогащения АН Каз ССР, Алма-Ата., 1970
4. Галимжонов Э.К., Чесноков В.В. и др. Окислительно-восстановительный обжиг пирит-арсенопиритовых углистых золотосодержащих концентратов с содой. Труды КазПИ. В кн., Металлургия, обогащение и металловедение, Алма-Ата., 1979,с 94-101.
5. Лебедев Б.Н.,Сажин Ю.Г. Хлоридовозгонка-один из способов комплексной переработки золотомышьяковых концентратов. В кн., Комплексная переработка полиметаллического сырья. Алма-Ата., КазПИ. 1965, с 309-315.
6. Зырянов М.Н., Губайдулина А.В. и др. Хлоридная металлургия в решении проблемы комплексной переработки упорных золотосодержащих концентратов. Тез. докл. к. Всесоюзной конференции «Основные направления и меры по ускорению научно-технического процесса в золото и алмазодобывающей промышленности на период. До 2000г»
7. Челохсаев Л.С.,Тарасенко Б.З., Исакова Р.А. «Комплексное использование минерального сырья» 1983,№4, с. 59-61.