

Библиографический список

1. ПАВ в автоклавной гидрометаллургии цветных металлов / М. Н. Нафталя, С. С. Набойченко, Т. Н. Луговицкая и др. ; под ред. С. С. Набойченко. — Екатеринбург : Изд-во УИПЦ, 2014. — 596 с.
2. *Somasundaran P., Runkana V., Kapur P. C.* Flocculation and dispersion of colloidal suspensions by polymers and surfactants: experimental and modeling studies // *Coagulation and flocculation*. — 2005. — Vol. 126. — P. 767–803.
3. *Duro R.* Interfacial adsorption of polymers and surfactants: implications for the properties of disperse systems of pharmaceutical interest // *Drug development and industrial pharmacy*. — 1999. — Vol. 25, № 7. — P. 817–829.
4. Ребиндер П. А. Поверхностные явления в дисперсных системах. Коллоидная химия. Избранные труды. — М. : Наука, 1978. — 368 с.
5. Миттел К. Л., Мукерджи П., Принс Л. М. Мицеллообразование, солюбилизация и микроэмульсии / под. ред. В. Н. Измайловой. — М. : Мир, 1980. — 597 с.

УДК 669.334.8

Оценка способов извлечения меди из аммиачных растворов

Е. Д. Маклашова, С. Э. Польшгалов, В. Г. Лобанов, Р. Э. Хабибулина,
О. Б. Колмачихина, Л. В. Соколов

Уральский федеральный университет имени первого Президента
России Б. Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

Аннотация. Проведена оценка способов извлечения меди из аммиачных растворов. На основании тестовых опытов наиболее подходящим способом является кислотное осаждение меди. Данный подход отличается очевидной простотой процесса и приемлемым извлечением меди порядка 98 %.

Ключевые слова: медь, аммиак, серная кислота, электрохимическое осаждение, гидрометаллургия.

Аммиачно-карбонатный способ выщелачивания меди получил достаточно широкое применение для переработки окисленных медных руд. Используя аммиачное выщелачивание, можно селективно растворить оксидную или элементную медь даже при повышенном содержании основных породобразующих минералов в руде [1].

Выщелачивание чаще всего проводят аммиачно-карбонатным раствором в присутствии окислителя, при этом медь переходит в раствор, а нерастворимые металлы остаются в кеке.

Существуют различные способы выделения меди из аммиачных растворов: электрохимический; цементация на железной стружке и осаждение меди в виде нерастворимого осадка.

Электрохимический способ заключается в восстановлении на катоде ионов меди из раствора. Если катодное и анодное пространства не отделены мембраной, то может возникнуть ряд проблем [2, 3]:

- падение выхода металла по току, если не поддерживать почти предельную плотность тока;
- необходимость частого снятия меди с катода во избежание ее осыпания в раствор;
- потери аммиака в результате анодного окисления.

При проведении электроэкстракции в трехкамерном электролизере устраняются проблемы с постоянным обслуживанием и контролем установки, но способ требует крупных капитальных затрат и затрат на электроэнергию.

Цементация используется только для кислых растворов с применением железного скрапа или стружки и позволяет получить медный порошок чистотой до 99 %, но этому способу присущ ряд недостатков:

- применительно к щелочным медно-аммиачным растворам необходимо снижение до значений pH 4 и ниже, что влечет за собой высокий расход кислоты;
- переход в раствор железа и, соответственно, необходимость очистки раствора от железа [4].

Гидролитическое осаждение меди проводят, снижая pH исходных растворов до нейтрального уровня при нагревании, но способ требует дополнительного расхода электроэнергии на нагрев раствора, и приводит к загрязнению окружающей среды аммиаком из-за барботирования раствора горячим воздухом или паром, что ведет к дополнительным капитальным затратам на систему газоочистки [5]. Аналогичный результат достигается при интенсивном подщелачивании аммиачных растворов.

Осаждение меди с помощью кислоты проводят следующим образом: в разбавленный медно-аммиачный раствор вводят растворы соляной или серной кислоты до pH 5,5–6,5, вследствие чего происходит выпадение осадка гидроксида меди [6].

Материалы и задачи исследования. Для проведения исследований использовался аммиачно-карбонатный раствор с содержанием 105,9 г/дм³ меди

и небольшим количеством примесей магния, молибдена, никеля и мышьяка (концентрация каждого металла не превышает 2 мг/дм³).

Задача исследований состояла в полном извлечении меди из раствора в виде, пригодном для дальнейшей пирометаллургической переработки. Был проведен ряд тестовых экспериментов для оценки наиболее перспективного способа переработки данных растворов.

Результаты и их обсуждение

Электрохимическое обеднение с целью получения компактной металлической меди проводили при плотности тока 300 А/м² в течение 1,5 ч на катодах и анодах из нержавеющей стали. Выход по току составил всего 60 %, остаточная концентрация меди в растворе после обеднения — 56,47 г/дм³. Полученный катодный продукт не отвечал требованиям, предъявляемым к компактной меди (рис. 1).

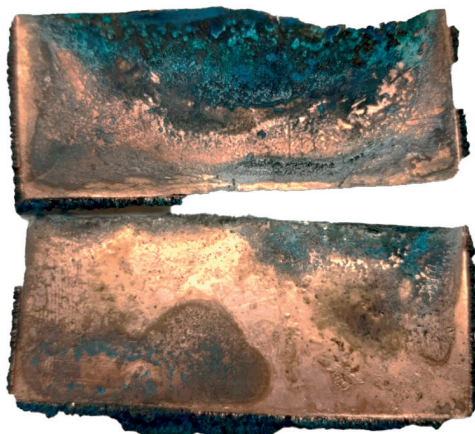


Рис. 1. Катодная медь

В качестве альтернативы электролизу апробировали гидролитическое осаждение меди. Нейтрализацию исходного раствора проводили растворами H₂SO₄ (190 г/дм³) и NaOH (600 г/дм³). Исходный раствор доводили до значений pH 4, 5, 6 и 13. Продолжительность кислотного осаждения составила 5 ч, щелочного — 72 ч. После каждого опыта растворы отфильтровывали и анализировали на атомно-абсорбционном спектрометре. Полученные результаты по извлечению меди приведены на рис. 2. Расход H₂SO₄ и NaOH для осаждения меди приведены в табл. 1.

Выводы

Из рассмотренных вариантов выделения меди из растворов кислотное осаждение оказалось самым перспективным, позволяющим достигнуть извле-

чения меди порядка 98 %. Кроме того, данный подход позволяет работать в диапазоне pH 5–6, что упрощает ведение процесса.

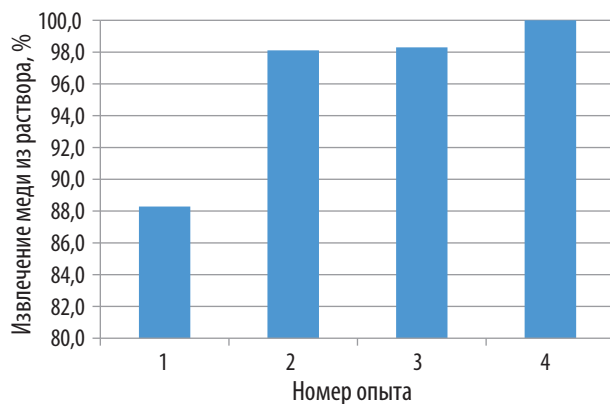


Рис. 2. Извлечение меди в раствор при различных значениях pH:
1 — pH 4; 2 — pH 5; 3 — pH 6; 4 — pH 13

Таблица 1

Расход реагентов на осаждение меди

Опыты	Расход реагентов на осаждение, г/г Cu	
	H ₂ SO ₄	NaOH
pH 4	0,11	—
pH 5	0,08	—
pH 6	0,07	—
pH 13	—	2,78

Вариант щелочного осаждения оказался неприемлемым из-за большой продолжительности процесса (72 ч) и высокого расхода NaOH (2,78 г/г меди).

Электрохимический вариант осаждения меди можно рассматривать только при условии возвращения обедненного электролита в технологический процесс выщелачивания меди и подбора условий для получения качественного катодного осадка.

Библиографический список

1. Бейсембаев Б. Б., Кунаев А. М., Кенжалиев Б. К. Теория и практика кучного выщелачивания меди. — Алматы : Гылым, 1998. — 348 с.
2. Афросина И. О., Кругликов С. С., Ярлыков М. М. Электрохимическая регенерация медно-аммиачных травильных растворов в производстве печатных плат : тр. МХТИ им. Д. И. Менделеева, 1986. — Вып. 144. — С. 39–48.
3. Пат. RU 2620228 С 1. Способ электрохимической регенерации медно-аммиачного травильного раствора : № 2016114885 : заявл. 18.04.2016 : опубл. 23.05.2017 /

Кругликов С. С. и др.; заявитель и правообладатель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский химико-технологический университет имени Д. И. Менделеева» (РХТУ им. Д. И. Менделеева).

4. Новая технология обезвреживания высококонцентрированных медьсодержащих отработанных травильных растворов / С. Ю. Андреев, И. А. Гарькина, П. А. Полу-бояринов и др. // Региональная архитектура и строительство. — 2015. — № 4. — С. 102.

5. Пат. RU 2016103 С 1. Способ переработки медно-аммиачных растворов : № 5018920/02 : заявл. 31.03.1992 : опубл. 15.07.1994 / Писарук В. И. и др. ; заявитель и правообладатель Писарук В. И.

6. Пат. RU 2622072 С 1. Способ утилизации отработанного медно-аммиачного раствора : № 2016100752 : заявл. 11.01.2016 : опубл. 09.06.2017 / Перелыгин Ю. П. и др. ; Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Пензенский государственный университет» (ФГБОУ ВПО «Пензенский государственный университет»).

УДК 669.243.37

Использование ионита КУ-2×8 для сорбционного выщелачивания окисленных никелевых руд

О. Ю. Маковская, Д. И. Икромов, Н. С. Файзуллоев

*Уральский федеральный университет им. первого Президента России Б. Н. Ельцина,
г. Екатеринбург, Россия*

Аннотация. В работе исследована возможность применения ионита КУ-2×8 для процесса сорбционного выщелачивания окисленных никелевых руд. Показано, что ионит поглощает никель и кобальт на фоне преобладающей концентрации железа и высокой кислотности. В результате десорбции получен элюат следующего состава, мг/дм³: 149,12 Fe(III), 139,62 Ni, 9,62 Co.

Ключевые слова: сорбционное выщелачивание, никель, ионит, окисленные никелевые руды, гидрометаллургия.

В структуре российской рудной базы никеля окисленные никелевые руды составляют около 9 %. На территории Оренбургской, Свердловской и Челябинской областей в пределах Восточно-Уральской металлогенической провинции заключено 6,2, 4,6 и 1,1 % российских запасов металла соответственно. Крупными запасами, около 5 % российских, обладает Буруктаьское месторождение в Оренбургской области, однако содержание никеля в его ру-