

УДК 622.7:622.342

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СОРБЦИОННОЙ ТЕХНОЛОГИИ ИЗВЛЕЧЕНИЯ ЗОЛОТА ИЗ СМЕШАННЫХ РУД МЕСТОРОЖДЕНИЙ МУРУНТАУ И МЮТЕНБАЙ



В. К. ШТЕЕР,
директор,
info@ngmk.uz



С. К. ПОЛВАНОВ,
начальник цеха сорбции
и регенерации



Н. У. ЭРГАШЕВ,
начальник центральной
заводской лаборатории

ГМЗ-2, ГП «Навоийский горно-металлургический комбинат»,
Навои, Узбекистан

Введение

Многие золотодобывающие предприятия мира в последние десятилетия сталкиваются с проблемами извлечения золота из упорных руд. На разработку новых технологий по извлечению тонковкрапленного золота из упорных руд выделяют огромные средства и привлекают специалистов из разных научно-исследовательских институтов [1–12].

Технология гидрометаллургического завода № 2 (ГМЗ-2) Навоийского ГМК была предназначена для переработки окисленных малосульфидных руд месторождения Мурунтау. Сорбционный передел ГМЗ-2 заключается в предварительном цианировании (в 3 пачуках) и сорбционном выщелачивании со смолой (в 12 пачуках). Насыщенная золотом смола выводится из первого сорбционного пачука.

Ввиду увеличения производственных мощностей на ГМЗ-2 была начата поставка руд с месторождения Мютенбай. Золото в руде этого месторождения является мелкодисперсным, кроме того, сама руда характеризуется присутствием сорбционно-активных компонентов. Нарастивание объемов поставки руды с месторождения Мютенбай привело к увеличению содержания золота в хвостах сорбции, что, в свою очередь, резко негативно отразилось на извлечении основного металла, поскольку существующая технология цианистого сорбционного выщелачивания не обеспечивает требуемых показателей по извлечению. Поэтому совершенствование существующей технологии для переработки руд месторождения Мютенбай является актуальной задачей.

Исследования процесса извлечения золота из руд месторождения Мютенбай

Свойства руды месторождения Мютенбай сначала исследовали в лабораторных условиях. Сорбционное выщелачивание прово-

По результатам лабораторных и опытно-промышленных испытаний внесены изменения в технологический процесс отделения сорбции с увеличением извлечения золота.

Ключевые слова: золото, месторождение, извлечение золота, цианирование, сорбция, пачуки, ионообменная смола, технологическая схема.

DOI: 10.17580/gzh.2018.09.13

Таблица 1. Процесс сорбции золота рудной пробой

Время сорбции, мин	Концентрация золота в растворе, мг/л	Количество сорбированного золота, %
0	0,48	–
5	0,15	68,7
10	0,13	72,9
20	0,11	77,1
60	0,12	75,0
120	0,12	75,0

Таблица 2. Результаты опытно-промышленных испытаний технологических схем сорбционного выщелачивания

№ технологической цепочки	Число пачуков		Извлечение, %
	Предварительное цианирование	Сорбция	
1	3	12	83,3
2	0	12	81,7
3	0	15	85,0

дили в лабораторных пачуках. Предварительно руду измельчали до класса $-0,074$ мм (80 %). Химический анализ проб показал высокое содержание $C_{орг} - 0,15-0,7$ %, что указывало на высокую сорбционную активность руды.

Для более подробного изучения этого свойства руды провели выщелачивание без сорбента и в присутствии его при загрузке 3 % от объема пульпы. Условия выщелачивания были следующими: концентрация NaCN – 1 г/л; продолжительность выщелачивания – 24 ч; pH = 11; отношение Ж:Т = 2:1. Эксперимент показал, что в присутствии сорбента извлечение золота возросло до

76,3 %, в то время как без сорбента оно составило всего лишь 22,4 %. Последнее обстоятельство можно объяснить [1] наличием в руде природных сорбентов, способных сорбировать растворенное золото. Для доказательства этого предположения был проведен эксперимент (табл. 1) по изучению кинетики сорбции золота рудной пробой из цианистых растворов с исходной концентрацией золота 0,48 мг/л, NaCN – 220 мг/л, Т:Ж = 1:5 и рН = 11.

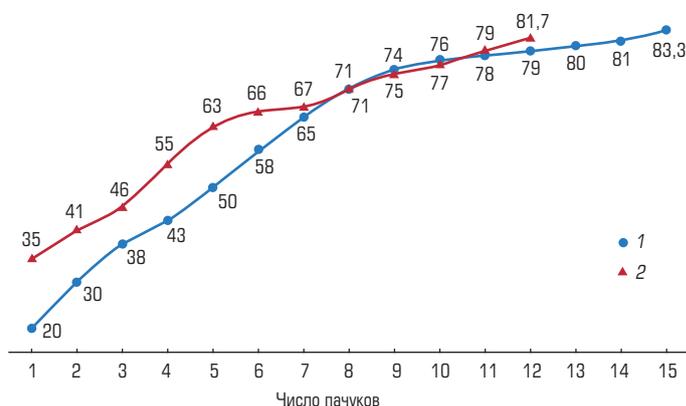
В результате исследований подтверждена высокая сорбционная активность природных сорбентов руд месторождения Мютенбай ввиду присутствия в них глинистых минералов.

Полученные данные позволяют сделать вывод, что в существующем процессе цианистого сорбционного выщелачивания для предотвращения сорбции растворенного золота углеродистыми веществами целесообразно исключить процесс предварительного цианирования и использовать процесс «смола в пульпе». Для проверки этого предположения были проведены лабораторные исследования по сравнению процесса сорбции с предварительным цианированием и без него. Выяснилось, что исключение предварительного цианирования позволяет повысить извлечение золота с 71,6 до 74,4 %. На основе результатов лабораторных исследований было принято решение провести опытно-промышленные испытания.

Их провели в отделении сорбции цеха сорбции и регенерации ГМЗ-2, сравнивая показатели работы трех параллельно работающих технологических цепочек цианистого сорбционного выщелачивания (табл. 2). Первая цепочка работала по существующей технологической схеме (штатный режим), предварительное цианирование осуществляли в 3 пачуках, сорбционное выщелачивание – в 12 пачуках. Вторая цепочка действовала по измененной технологии сорбционного выщелачивания в 12 пачуках, минуя 3 пачука предварительного цианирования. Наконец, третья цепочка работала по усовершенствованной технологии сорбционного выщелачивания в 15 пачуках, с измененной схемой подачи смолы со второго сорбционного пачука в первый пачук цианирования.

Из полученных результатов можно сделать следующие выводы:

- при сорбционном выщелачивании в 12 пачуках извлечение снизилось на 1,6 % относительно штатного режима, что связано с сокращением времени сорбционного выщелачивания (уменьшение ступеней сорбции), которое привело к сдвигу растворения ценного компонента в сторону хвостового пачука по всей экспериментальной цепочке и увеличению потерь ценного металла в хвостах сорбции (см. рисунок);
- при сорбционном выщелачивании в 15 пачуках (смола в пульпе) извлечение возросло на 1,7 % относительно штатного режима, что подтверждает выводы, сделанные на базе лабораторных испытаний; также дополнительно возросла емкость смолы в 1,2 раза, что благоприятно влияет на дальнейшие переделы.



Сравнительный анализ извлечения золота, %, в технологических цепочках с предварительным цианированием (1) и без него (2)

По проведенным лабораторным и промышленным опытам было принято решение в отделении сорбции цеха сорбции и регенерации ГМЗ-2 внести изменения в технологический процесс отделения сорбции путем подачи насыщенной ионообменной смолы со второго сорбционного пачука в первый пачук цианирования.

По существующей схеме с первого сорбционного пачука насыщенная смола поступала с помощью аэролифта на отмывку от пульпы в барабанный грохот и на отсадку (разделение песков), с последующей перекачкой в отделение регенерации. За счет загрузки насыщенной смолы со второго сорбционного пачука в первый пачук цианирования было увеличено время сорбционного выщелачивания золота (контакта пульпы со смолой) и была увеличена скорость процесса в начальном этапе выщелачивания, что дало возможность максимальному переходу золота из твердой фазы пульпы в жидкую фазу в течение короткого времени за счет сорбции золота из жидкой фазы на смолу. Увеличение скорости процесса выщелачивания зависит от разности концентрации золота в твердой и жидкой фазах (градиент концентрации ΔC). В присутствии сорбента растворимый элемент поглощается сорбентом. При этом резко снижается концентрация золота в жидкой фазе и возрастает скорость процесса выщелачивания [13].

Заключение

Подключение в переработку упорных руд месторождения Мютенбай понизило качественные и количественные показатели работы гидрометаллургического завода № 2. По результатам обширных лабораторных и опытно-промышленных работ были внесены изменения в технологический процесс отделения сорбции завода, за счет которых был достигнут положительный эффект по извлечению золота.

Библиографический список

1. Лодейщиков В. В. Технология извлечения золота и серебра из упорных руд : в 2 т. – Иркутск : ОАО «Иргиредмет», 1999. Т. 2. – 452 с.
2. Конеев Р. И., Халматов Р. А. Некоторые аспекты минералогии, геохимии и генезиса руд месторождений золота Узбекистана // Руды и металлы. 2013. № 2. С. 31–38.
3. Иванова Т. А., Чантурия В. А., Зимбовский И. Г. Новые способы экспериментальной оценки селективности реагентов-собираателей для флотации золота и платины из тонковкрапленных руд благородных металлов // Физико-технические проблемы разработки полезных ископаемых. 2013. № 5. С. 127–137.
4. Шумилова Л. В. Подготовка пирит-арсенипиритового концентрата к выщелачиванию золота на основе использования полиреагентных комплексов // Горные науки и технологии. 2016. № 1. С. 3–11.
5. Бочаров В. А., Игнаткина В. А., Чантурия Е. Л., Юшина Т. И. Технологии комплексной переработки упорных колчеданных руд и пиритных техногенных продуктов с извлечением цветных и редких металлов // Цветные металлы. 2016. № 9. С. 16–21. DOI: 10.17580/tsm.2016.09.01
6. Федотов П. К., Сенченко А. Е., Федотов К. В., Бурдонов А. Е. Исследования обогатимости упорных первичных и смешанных руд золоторудного месторождения Красноярского края // Обогащение руд. 2017. № 3. С. 21–26. DOI: 10.17580/or.2017.03.04
7. Алексеев В. С., Банщикова Т. С. Извлечение упорных форм золота из гравитационных концентратов и хвостов обогащения россыпей с применением химических реагентов // Физико-технические проблемы разработки полезных ископаемых. 2017. № 4. С. 159–164.
8. Qiu X.-Y., Hu Z., Song B.-X., Li H.-W., Zou J.-J. A novel process for silver recovery from a refractory Au–Ag ore in cyanidation by pretreatment with sulfating leaching using pyrite as reductant // Hydrometallurgy. 2014. Vol. 144-145. P. 34–38.
9. Li W., Liu Z., Huang Q., Tang Y., Qiu X. Extraction of low-grade silver from a refractory Au–Ag ore in cyanidation by pretreatment with reductive alkaline leaching // Hydrometallurgy. 2016. Vol. 164. P. 257–264.
10. Mohammadi E., Pourabdoli M., Ghoheiti-Hasab M., Heidarpour A. Ammoniacal thiosulfate leaching of refractory oxide gold ore // International Journal of Mineral Processing. 2017. Vol. 164. P. 6–10.
11. Rabieh A., Eksteen J. J., Albijanic B. The effect of grinding chemistry on cyanide leaching of gold in the presence of pyrrhotite // Hydrometallurgy. 2017. Vol. 173. P. 115–124.
12. Ghasemi S., Mohammadnejad S., Khalesi M. R. A DFT study on the speciation of aqueous gold and copper cyanide complexes // Computational and Theoretical Chemistry. 2018. Vol. 1124. P. 23–31.
13. Волков В. П. Сорбционные процессы действующих производств. – М. : ИД «Руда и Металлы», 2014. – 160 с. ГЖ

«GORNYI ZHURNAL», 2018, № 9, pp. 82–84
DOI: 10.17580/gzh.2018.09.13

Improvement of sorption technology for gold extraction from complex ore of the Muruntau and Myutenbai deposits

Information about authors

V. K. Shteer¹, Director of Hydrometallurgical Works 2, info@ngmk.uz

S. K. Polvanov¹, Head of Sorption and Regeneration Shopfloor of Hydrometallurgical Works 2

N. U. Ergashev¹, Head of Central Laboratory of Hydrometallurgical Works 2

¹ Navoi Mining and Metallurgical Combinat, Navoi, Uzbekistan

Abstract

The process flowsheet accepted at Hydrometallurgical Works 2 of the Navoi Mining and Metallurgical Combinat is originally meant for oxidized low-sulphurous ore from the Muruntau deposit. The sorption process stage includes preliminary cyanidation and sorption leaching of gold with resin.

With an increase in production capacities, Hydrometallurgical Works 2 starts to intake ore from the Myutenbai deposit. This ore contains finely dispersed gold and sorption-active components. The buildup in the Myutenbai ore supply results in the loss of gold in sorption tailings, which affects performance of the Works. For this reason, it is highly important to improve the current processing technology and adopt it to the Myutenbai deposit ore.

As a result of extensive laboratory and commercial tests, it was decided to abandon preliminary cyanidation and convert the resin feed circuit into the gold leaching process. The modifications of the sorption process flowsheet of the Works considerably increased gold recovery from rebellious ore of the Myutenbai deposit.

Keywords: gold, deposit, gold recovery, cyanidation, adsorption, pachuca, ion-exchange resin, process flowsheet.

References

1. Lodeishchikov V. V. Technology of Gold and Silver Extraction from Rebellious Ore: in two volumes. Irkutsk : Irgiredmet, 1999. Vol. 2. 452 p.

2. Koneev R. I., Khalmatov R. A. Some aspects of the mineralogy, geochemistry, and ore genesis of gold deposits in Uzbekistan. *Rudy i metallu*. 2013. No. 2. pp. 31–38.
3. Ivanova T. A., Chanturia V. A., Zimbovsky I. G. New experimental evaluation techniques for selectivity of collecting agents for gold and platinum flotation from fine-impregnated noble metal ores. *Journal of Mining Science*. 2013. Vol. 49, Iss. 5. pp. 785–794.
4. Shumilova L. V. Preparation of pyrite-arsenopyrite concentrate for gold leaching through the use of polyreagent complexes. *Mining Science and Technology*. 2016. No. 1. pp. 3–11.
5. Bocharov V. A., Ignatkina V. A., Chanturiya E. L., Yushina T. I. Technologies of complex processing of refractory pyritic ores and pyrite technogenic products with extraction of non-ferrous and rare metals. *Tsvetnye Metallu*. 2016. No. 9. pp. 16–21. DOI: 10.17580/tsm.2016.09.01
6. Fedotov P. K., Senchenko A. E., Fedotov K. V., Burdonov A. E. The Krasnoyarsk Territory primary and complex gold rebellious ores dressability studies. *Obogashchenie Rud*. 2017. No. 3. pp. 21–26. DOI: 10.17580/or.2017.03.04
7. Alekseev V. S., Bانشchikova T. S. Rebellious Gold Extraction from Gravity Concentrates and Placer Tailings by Chemical Reagents. *Journal of Mining Science*. 2018. Vol. 53, Iss. 4. pp. 756–761.
8. Qiu X.-Y., Hu Z., Song B.-X., Li H.-W., Zou J.-J. A novel process for silver recovery from a refractory Au–Ag ore in cyanidation by pretreatment with sulfating leaching using pyrite as reductant. *Hydrometallurgy*. 2014. Vol. 144-145. pp. 34–38.
9. Li W., Liu Z., Huang Q., Tang Y., Qiu X. Extraction of low-grade silver from a refractory Au–Ag ore in cyanidation by pretreatment with reductive alkaline leaching. *Hydrometallurgy*. 2016. Vol. 164. pp. 257–264.
10. Mohammadi E., Pourabdoli M., Ghoheiti-Hasab M., Heidarpour A. Ammoniacal thiosulfate leaching of refractory oxide gold ore. *International Journal of Mineral Processing*. 2017. Vol. 164. pp. 6–10.
11. Rabieh A., Eksteen J. J., Albijanic B. The effect of grinding chemistry on cyanide leaching of gold in the presence of pyrrhotite. *Hydrometallurgy*. 2017. Vol. 173. pp. 115–124.
12. Ghasemi S., Mohammadnejad S., Khalesi M. R. A DFT study on the speciation of aqueous gold and copper cyanide complexes. *Computational and Theoretical Chemistry*. 2018. Vol. 1124. pp. 23–31.
13. Volkov V. P. Sorption processes of operating plants. Moscow : “Ore and Metals” Publishing House, 2014. 160 p.