

стеме, так и в энергосистеме является применение в пневмоэнергокомплексах подземных рудников подземных хранилищ сжатого воздуха, обеспечивающих стабилизацию и повышение давления сжатого воздуха в действующих забоях вне зависимости от количества работающих пневмоприемников.

2. Использование гидропневмоаккумуляторов сжатого воздуха на рудниках и шахтах позволит обеспечить существенную экономию электрической энергии при выработке сжатого воздуха и выровнять график суточного энергопотребления, позволяя технологическому оборудованию работать в часы пиковых нагрузок на пневмосистему на сжатом воздухе, находящемся в пневмокамерах ГПА.

Список литературы

1. Цейтлин Ю.А. Влияние емкости шахтной пневматической сети на колебания давления сжатого воздуха у потребителей // Горная электромеханика и автоматика. – 1974. – Вып. 25. – С. 105-110.
2. Дудин Б.И. К вопросу о зависимости расхода сжатого воздуха в шахтной сети от давления / Б.И. Дудин, Ю.А. Цейтлин // Горная электромеханика и автоматика. – 1973. – Вып. 22. – С. 142-146.
3. Исследовать состояние рудничного пневматического хозяйства на Зыряновском, Лениногорском, Иртышском комбинатах и выдать данные по его реконструкции, обеспечивающие снижение энергетических затрат на выработку сжатого воздуха на 10-15 % // Инф. карта / ВНИИцветмет: Рук. темы В.Д. Павлов – Усть-Каменогорск, 1984. – 58 с.
4. Лисовский Г.Д. Методика стабилизации режима работы шахтной пневмосети / Г.Д. Лисовский, Т.М. Кумыкова // Наука и образование – ведущий фактор стратегии «Казахстан-2030» / Тр. IV Междунар. науч. конф. – Караганда: КарГТУ, 2001. – С. 279-281.
5. Кумыкова Т.М. Энергосбережение на подземных рудниках. Будущее проблемы на световная наука / Т.М. Кумыкова, В.Х. Кумыков. Материалы за 4-а международна научна практична конференция, 17-25 дек. – Технологии: БялГРАД-ВГ ООД – София, 2008. – Т. 23. – С. 26-28.
6. Кумыкова Т.М. Гидропневмоаккумулятор сжатого воздуха / Т.М. Кумыкова, В.Х. Кумыков. – Предварительный патент РК на изобретение № 19314. Оpubл. 15.04.2008, бюл. № 4.

Получено 2.01.10

УДК 622.343.12

Е.С. Орынгожин

Институт горного дела им. Д.А. Кунаева, г. Алматы

ТЕХНОЛОГИЯ КОНЦЕНТРИРОВАНИЯ ЗОЛОТА НА СОЗДАННОМ УГЛЕВОЛОКНИСТОМ КАТОДЕ

Технологическая операция при производстве золота электрохимической технологией была разработана и испытана схема с осаждением золота на углеволокнистый катод.

Технологическая схема извлечения золота из растворов электрохимического выщелачивания с осаждением на угольноволокнистый катод (рис. 1):

- электрохимическое выщелачивание золота из сульфидосодержащей пульпы с одновременным осаждением золота на углеволокнистый катод (ткань НАТ – 100);
- направление обеззолоченной пульпы на сгущение;
- направление сгущенного продукта на хвостохранилище;
- направление верхнего слива сгущения на повторное приготовление раствора NaCl;
- съем золотонасыщенного углеволокна с катода, его сушка и обжиг;
- растворение золотосодержащего осадка в царской водке;

- фильтрование и промывка осадка;
- разбавление осадка и фильтрование;
- направление фильтра на осаждение золота раствором Na_2SO_3 ;
- фильтрование осадка и направление на сжигание;
- промывка HNO_3 , фильтрование и направление золотого осадка на плавку;
- направление обеззолоченного углеволокна на повторное использование.

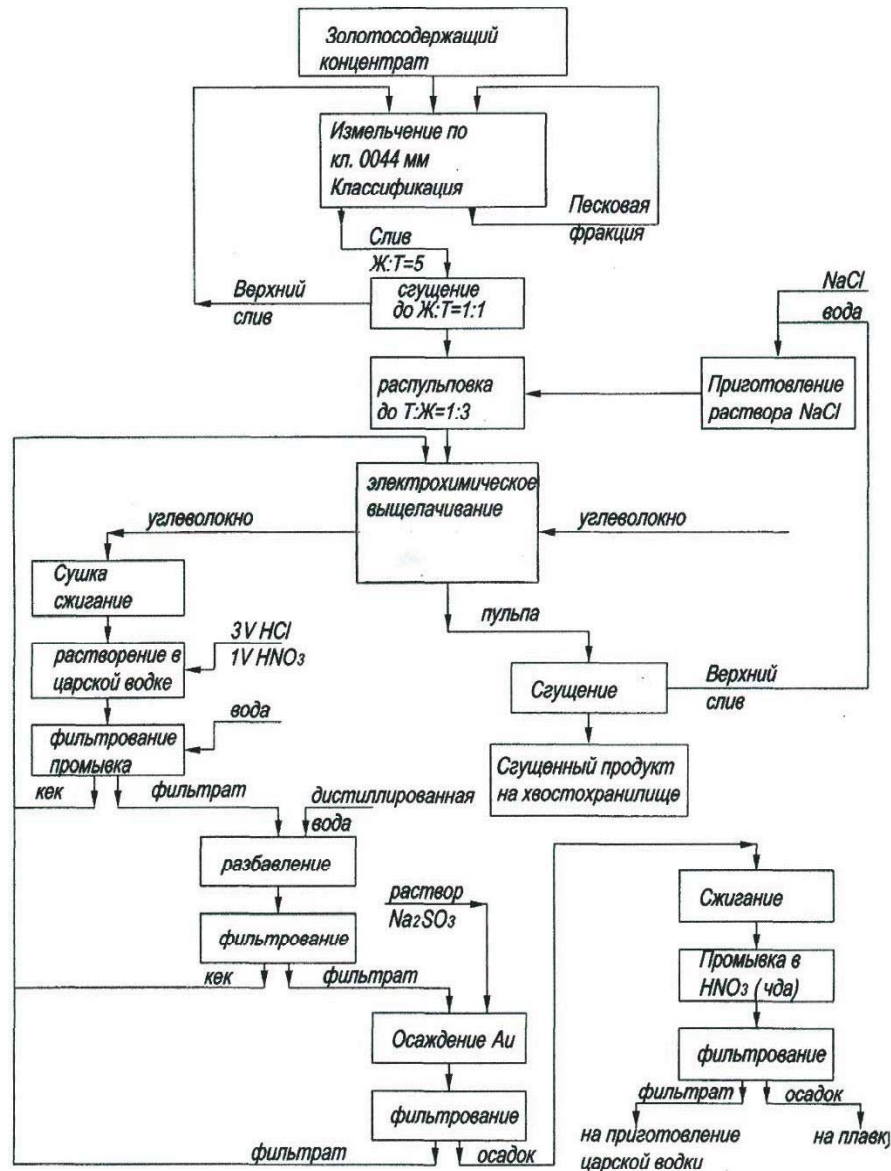


Рисунок 1 - Принципиальная технологическая схема электрохимического извлечения золота из рудных пульп на углеволокно

Предварительная оценка сорбционной емкости углеволокна выполнена на растворе, который готовился растворением навески золота весом 100 мг в 50 см³ царской водки. Полученный раствор разбавлялся 25 %-ным раствором NaCl до 1 дм³, затем этот раствор разделялся на две части по 0,5 дм³ и заливался в стеклянные стаканы. В каждый стакан

помещали испытуемые образцы углеволокна размером 20×20×5 мм (вес 0,016 и 0,015 г). В один из стаканов подавался высокочастотный ток ($V=3\text{В}$, анодная плотность тока = 800 а/м², частота тока 800 Гц.). Растворы в обоих стаканах перемешивались магнитной мешалкой. Через каждые два часа фиксировалось изменение концентрации золота.

Для оценки возможности достижения сбросных содержаний золота в пульпе после электрохимического выщелачивания были получены изотермы сорбции золота на углеволокно марки НАТ – 100 методом разных концентраций (табл. 1), для чего были приготовлены модельные растворы с концентрацией золота от 0,05 мг/дм³ до 50 мг/дм³; повышенной соли - 250 г/дм³. Изотермы были сняты как с подачей, так и без подачи высокочастотного тока. Параметры электротока:

- частота - 800 Гц;
 - анодная плотность тока - 800 а/м².
- Время проведения процесса сорбции - 2 часа.

Таблица 1

Результаты эксперимента

Условия опыта	Содержание золота							
	Раствор, мг/дм ³	Углеволокно, г/кг	Раствор, мг/дм ³	Углеволокно, г/кг	Раствор, мг/дм ³	Углеволокно, г/кг	Раствор, мг/дм ³	Углеволокно, г/кг
Без наложения электричества	1,2	250	12,3	790	20,1	826,1	30,1	836
С наложением электричества	<0,02	1410	1,1	1680	4,3	1710	5,8	1761

Результаты экспериментов показывают, что изотермы сорбции золота углеволокном НТМ–100 имеют крутой выпуклый характер. В области низких концентраций изотермы прямолинейны, что указывает на возможность получения очень малых концентраций золота в жидкой фазе сбросных пульп.

При воздействии электротока изотерма сорбции (вернее, хемосорбции) имеет еще более выпуклый характер, при этом зависимость емкости адсорбента по золоту от его равновесной концентрации представляет вертикально восходящую линию. Это указывает на возможность организации процесса электросорбции золота на углеволокно в одну – две стадии с достижением минимальных (<0,02 мг/дм³) сбросных концентраций золота в жидкой фазе пульпы. Прежде чем перейти к полупромышленным экспериментам, были выполнены лабораторные эксперименты по имитации двухстадийного процесса электрохимического выщелачивания с электросорбцией на углеволокне. Для этой цели был изготовлен лабораторный пачук для двухстадийного выщелачивания, изображенный на рис. 2.

В качестве анода использовался графитовый стержень размером 10×5 мм, в качестве катода - нержавеющей пластинка, обмотанная углеволокном. Вес углеволокна 0,02 г. Углеволокно было обмотано одним слоем стеклоткани и закреплено нитью из стеклоткани.

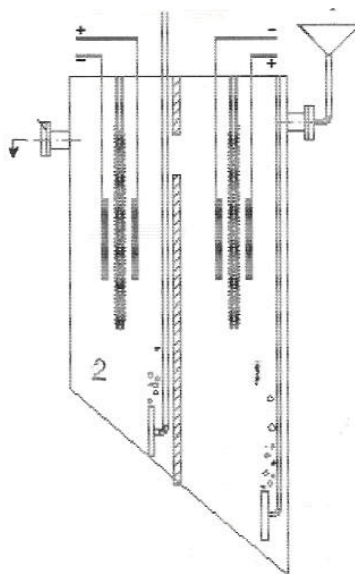


Рисунок 2 - Пачук для двухстадийного электровыщелачивания с осаждением золота на углеволокно

Токоведущие части были плотно обмотаны изоляционной нитью. Геометрическая емкость двухкамерного пачука – 1,5 дм³. Рабочая емкость с учетом аэрации – 0,99 дм³. Пульпу, приготовленную из измельченного до класса 0,044 мм сульфидного концентрата, смешанного в соотношении Т:Ж= 1:3 с раствором NaCl концентрацией 250 г/дм³, подавали в анодную часть одной из камер, а из анодной части другой камеры отработанную пульпу выводили на анализ. Подача пульпы проводилась дискретно, через каждые 0,25 часа в объеме 0,03 дм³, и таким образом продолжительность выщелачивания составила ~ 8 часов. Электровыщелачивание проводилось при соотношении Т:Ж=1:3, C_{NaCl} – 250 г/дм³, анодной плотности тока 800-1000 а/м², напряжении 4-6, силе тока 0,2-0,5 а. Содержание золота в исходной пробе – 56,48 г/т (концентрат).

В табл. 2 приведены усредненные по трем опытам результаты эксперимента по двухстадийному электрохимическому выщелачиванию золота и электросорбции его на углеволокнистый катод.

Таблица 2

Результаты эксперимента

№ аппарата	Время, ч		1	2	3	4	5	6	7	8
	1	Остаточное содержание золота по фазам	ТВ, г/т	-	17,2	-	-	18,3	-	-
Ж, мг/дм ³			-	7,1	8,2	-	3,7	-	2,3	3,0
2	Остаточное содержание золота по фазам	ТВ, г/т	6,3	5,2	6,9	6,9	6,4	7,5	5,3	6,3
		Ж, мг/дм ³	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
Извлечение, %			88,8	90,8	87,8	87,8	88,6	86,7	90,6	88,8

Как следует из результатов проведенных стендовых исследований, совмещение электрохимического выщелачивания с электросорбцией на углеволокнистом катоде позволят получать высокий уровень извлечения золота.

На основании результатов стендовых исследований и экспериментов были поставлены и проведены на созданной в ТОО НПЦ «Реактив» установке полупромышленные испытания технологии.

Для проведения испытаний было использовано золотосодержащее сырье с содержанием золота 11,0 г/т, представляющее хвосты гравитационного обогащения сульфидных руд, представленное ТОО «Алтын Альянс – 3» в количестве 5,5 тонн для испытаний в ТОО НПЦ «Реактив» с условием возврата рафинированного золота.

Для проведения полупромышленных испытаний технологии была сформирована аппаратная схема, включающая два последовательно установленных электрохимических аппарата.

В качестве анода в электрохимических аппаратах используется графит. Для изготовления катода приемлем любой токопроводящий материал, но оболочка готовится из углеволокнистого материала, защищенного слоем инертного пористого материала, например фильтрующей стеклотканью. Назначение фильтрующей ткани – во-первых, защита от механических повреждений углеволокна, которое не должно механически разрушаться, так как в этом случае могут быть значительные потери золота; во-вторых, фильтроткань предотвращает попадание частичек твердого на углеволокно.

В то же время высокая пористость углеволокна и фильтрующей перегородки обеспечивает свободный доступ растворенного золота к катоду.

При определении размеров электродов исходили из необходимости обеспечения в первую очередь анодной плотности тока – более 800 А/м², а также удельной потребляемой мощности электрического тока. Подвод тока к углеволокну (НАТ – 100) осуществлялся через графитовый каркас, на который сначала наматывалось углеволокно, а затем обматывалось стеклотканью.

Полупромышленные испытания технологии проводились в следующем режиме:

- концентрация NaCl – 200-250 г/дм³;
- плотность пульпы – 0,33 кг/дм³;
- соотношение Т:Ж = 1:3;
- напряжение электролиза – 6-12 В;
- анодная плотность тока – 800-1000 А/м²;
- продолжительность электрообработки – 8 ч.

При проведении испытаний параметры извлечения золота фиксировались по отбираемым пробам через 4,6 и 8 часов установки. Всего было проведено 12 опытов, израсходовано 5146 кг сульфидного сырья. Содержание сульфидов (пирит, арсенопирит) в сырье составило 21,2 %. Основную нагрузку по электрохимическому извлечению золота в раствор принял на себя аппарат № 1. На углеволокнистый катод данного аппарата было сорбировано в среднем 76 % золота. Доизвлечение золота до уровня 90-92 % было осуществлено аппаратом № 2.

Как следует из результатов опытов, концентрация золота в жидкой фазе сбросной пульпы на выходе из аппарата № 2 составляет 0,02-0,03 мг/дм³, что свидетельствует о высокой работоспособности углеволокнистого катода.

Увеличение напряжения электролиза с 6 до 12 В и анодной плотности тока с 800 до 1000 А/м² существенно повысило извлечение золота. Повышение концентрации NaCl также повышает эффективность электрохимического процесса.

В процессе сорбции катод перемещался противотоку пульпы. Насыщенный золотом катод промывался от илов, освобождался от защитной оболочки (стеклоткани), затем углеволокно снималось с каркаса и сжигалось в муфельной печи. Золотосодержащая зола растворялась в 30 %-ной азотной кислоте и отфильтровывалась. Осадок на фильтре снова сжигался в муфельной печи, а затем растворялся в 100 г царской водки в режиме: $\tau = 1$ ч, $t = 60 \div 70$ °С. Раствор фильтровался, осадок промывался 100 см³ дистиллированной водой, фильтрат и промывка объединялись и добавлялись в объединенный раствор 50 г сульфита натрия осаждался кофеобразный осадок золота, который спекался в муфельной печи при температуре 870 °С. Полученный спек золотистого цвета еще раз промывался в азотной кислоте марки ХЧ, а затем плавкой на газовой горелке получили сплав золота, который анализировали на содержание основного вещества. Результат анализа – 99,9 % золота.

В целом, обобщая результаты полупромышленных экспериментов, можно констатировать, что созданная схема совмещения операций электрохимического выщелачивания и электросорбции на углеволокнистом материале работоспособна и может быть широко внедрена в промышленную практику с достаточно высоким экономическим эффектом.

Получено 3.03.10

УДК 622.27

А.Е. Рогов

Институт горного дела им.Д. Кунаева, г. Алматы

А.Б. Болатова

ВКГТУ им. Д.Серикбаева, г. Усть-Каменогорск

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОБОСНОВАНИЯ НАДЕЖНОСТИ ПОДЗЕМНЫХ КОНСТРУКЦИЙ ДЛЯ СЛОЕВОЙ СИСТЕМЫ РАЗРАБОТКИ РУДНЫХ ТЕЛ С ЗАКЛАДКОЙ

При разработке твердых полезных ископаемых подземным способом создается сложная система подземных сооружений, представленная протяженными горными выработками, различно ориентируемыми в пространстве. Сеть горных выработок любого рудника или шахты вместе с выемочными участками (ВУ) представляет сложное инженерное сооружение, которое нуждается в оценке уровня его надежности на интервале времени его функционирования для добычи полезных ископаемых.

Не останавливаясь на деталях описания подземных сооружений, отметим одно их общее свойство: они должны быть устойчивыми (неразрушаемыми) на некотором вполне определенном времени T .

Следовательно, основной характеристикой их устойчивости следует принять величину вероятности их разрушения на T , т.е.

$$P_n = 1 - P_v, \quad (1)$$

где P_v – вероятность разрушения подземной конструкции.

Условие потери устойчивости различных целиков может быть представлено пересечением двух случайных величин:

$$P_v = \{ \psi(\sigma_n) \} \varphi(\sigma_{np}), \quad (2)$$

где $\psi(\sigma_n)$ – функция распределения нормальных к сечению целика напряжений в наи-