



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА  
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

## (12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(52) СПК

C22B 11/04 (2021.05); C22B 3/04 (2021.05); C22B 3/16 (2021.05)

(21)(22) Заявка: 2020109339, 03.03.2020

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:  
03.03.2020Дата регистрации:  
03.11.2021

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 03.03.2020

(43) Дата публикации заявки: 03.09.2021 Бюл. № 25

(45) Опубликовано: 03.11.2021 Бюл. № 31

Адрес для переписки:

620002, Свердловская обл., г. Екатеринбург, ул.  
Мира, 19, Центр интеллектуальной  
собственности, Маркс Т.В.

(72) Автор(ы):

Лобанов Владимир Геннадьевич (RU),  
Наумов Константин Дмитриевич (RU),  
Колмачихина Ольга Борисовна (RU),  
Маковская Ольга Юрьевна (RU),  
Хабибулина Раиса Энверовна (RU),  
Колмачихина Эльвира Барыевна (RU)

(73) Патентообладатель(и):

Федеральное государственное автономное  
образовательное учреждение высшего  
образования "Уральский федеральный  
университет имени первого Президента  
России Б.Н. Ельцина" (RU)(56) Список документов, цитированных в отчете  
о поиске: CN 1047346 A, 28.11.1990. CN  
110184454 A, 30.08.2019. US 5169503 A1,  
08.12.1992. RU 2094496 C1, 27.10.1997. EA 9842  
B1, 28.04.2008. KZ 19849 A, 15.08.2008.

(54) Способ извлечения золота из золотосодержащего сырья

(57) Реферат:

Изобретение относится к гидрометаллургии и может быть использовано при извлечении золота из золотосодержащего сырья. Извлечение золота из золотосодержащего сырья включает обработку сырья выщелачивающим раствором, содержащим кислоту, хлорид натрия и хлорсодержащий окислитель, в качестве которого используют хлоризоцианураты. Выщелачивающий раствор имеет pH 4-6. В ходе

обработки сырья контролируют и поддерживают окислительный потенциал выщелачивающего раствора в диапазоне + 0,7-1,3 В путем введения в выщелачивающий раствор пероксида водорода. Способ позволяет улучшить экологические показатели при переработке золотосодержащего сырья при сокращении расхода хлорсодержащих реагентов в 1,5-2 раза. 1 ил., 1 пр.



FEDERAL SERVICE  
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(51) Int. Cl.  
*C22B 11/00* (2006.01)  
*C22B 3/04* (2006.01)  
*C22B 3/16* (2006.01)

**(12) ABSTRACT OF INVENTION**

(52) CPC

*C22B 11/04 (2021.05); C22B 3/04 (2021.05); C22B 3/16 (2021.05)*(21)(22) Application: **2020109339, 03.03.2020**(24) Effective date for property rights:  
**03.03.2020**Registration date:  
**03.11.2021**

Priority:

(22) Date of filing: **03.03.2020**(43) Application published: **03.09.2021 Bull. № 25**(45) Date of publication: **03.11.2021 Bull. № 31**

Mail address:

**620002, Sverdlovskaya obl., g. Ekaterinburg, ul.  
Mira, 19, Tsentr intellektualnoj sobstvennosti,  
Marks T.V.**

(72) Inventor(s):

**Lobanov Vladimir Gennadevich (RU),  
Naumov Konstantin Dmitrievich (RU),  
Kolmachikhina Olga Borisovna (RU),  
Makovskaya Olga Yurevna (RU),  
Khabibulina Raisa Enverovna (RU),  
Kolmachikhina Elvira Baryevna (RU)**

(73) Proprietor(s):

**Federal State Autonomous Educational  
Institution of Higher Education Ural Federal  
University named after the first President of  
Russia B.N.Yeltsin (RU)****(54) METHOD FOR EXTRACTING GOLD FROM GOLD-CONTAINING RAW MATERIALS**

(57) Abstract:

FIELD: hydrometallurgy.

SUBSTANCE: invention relates to hydrometallurgy and can be used in the extraction of gold from gold-containing raw materials. The extraction of gold from gold-containing raw materials includes the treatment of raw materials with a leaching solution containing acid, sodium chloride and a chlorine-containing oxidizer, which is used as chloroisocyanurates. The leaching solution has a pH of 4-6. During the processing of raw materials, the oxidative potential of the leaching

solution is controlled and maintained in the range of + 0.7-1.3 V by introducing hydrogen peroxide into the leaching solution.

EFFECT: method makes it possible to improve environmental performance in the processing of gold-containing raw materials while reducing the consumption of chlorine-containing reagents by 1.5-2 times.

1 cl, 1 dwg, 1 ex

Изобретение относится к гидрометаллургии и может быть использовано при выщелачивании благородных металлов из руд, концентратов и хвостов обогащения.

Благородные металлы крайне устойчивы к химическому воздействию, растворяются только в том случае, если раствор содержит окислитель и лиганд, связывающий золото в прочный комплекс. Ни один из компонентов по отдельности не эффективен. Сочетание лиганда и окислителя, обеспечивающих растворение ценных компонентов, называется выщелачивающей системой.

Выбор определенной выщелачивающей системы зависит от различных факторов, в том числе, от стоимости компонентов, технологичности и безопасности для окружающей среды. Для гидрометаллургических процессов основным фактором выбора часто является экологичность и безопасность использования по отношению к персоналу.

В практической металлургии для извлечения золота из руд и концентратов наиболее широко используется система, представляющая собой сочетание цианида натрия (калия) в качестве лиганда с воздухом (кислородом) в качестве окислителя. Термодинамической основой предпочтительного применения цианидов является исключительная прочность образующихся комплексов. Даже сравнительно низкий окислительный потенциал кислорода в водных растворах (+0,4 В) при атмосферном давлении достаточен для окисления и перевода золота в цианистый комплекс /1. Масленицкий И.Н., Чугаев Л.Г. и др., Металлургия благородных металлов. - М.: Металлургия, 1987 г. 366 с./.

Селективность действия цианистых растворов по отношению к золоту, возможность использования при цианировании аппаратуры из обычного железа, технологическая устойчивость цианидов и возможность использования этого реагента в обороте сделали цианирование бесконкурентным в переработке большинства типов коренных руд и концентратов. Основными недостатками цианистого выщелачивания являются высокая токсичность реагента и низкая скорость процесса.

Для выщелачивания золота и серебра из минерального и вторичного сырья известно и в разной мере апробировано множество альтернативных систем лиганд/окислитель: тиомочевина, серная кислота /2. А.С.. СССР №1319661/ и тиоцианат /3. РФ №2275436/ с ионами трехвалентного железа; сульфит, тиосульфат натрия, сульфат меди (II) и аммиак в сочетании с кислородом; бромат, бромид натрия и бром, йодид и йод, /4. Минеев Г.Г., Панченко А.Ф. Растворители золота и серебра в гидрометаллургии. - М.: Металлургия, 1994. - 241 с.); раствор серы в известковом молоке (5. РФ №1788768), раствор роданида и перманганат /6. РФ №32275436/, дитиооксамид или замещенный дитиооксамид /7. РФ №2575278/ и др..

До изобретения цианистого метода для переработки руд и концентратов широко использовали кислые и щелочные растворы, содержащие хлор-ион как комплексообразователь и активный хлор, способный окислить золото. В качестве окислителя использовали газообразный хлор, гипохлориты и перхлораты щелочных металлов /1/.

Известны способы и составы для выщелачивания золота, включающие предварительное закисление руды раствором соляной кислоты и выщелачивание руды солянокислыми растворами, включающими галит и молекулярный хлор /8. Небери В.П. Черпей Э.И. Бабичев Н.И. Красильникова Р.Г. Об извлечении золота из недр способом подземного выщелачивания. Гидрометаллургия золота. М. Недра, 1980, с. 63-67/, поверхностно-активное вещество и гипохлорит /9. РФ №2476610/, соляную кислоту, гипохлориты натрия, калия или кальция /10. РФ № 2094605, 11. РФ №2093672/, водный раствор хлорноватистой кислоты /12. РФ №2137855/. К недостаткам известных решений относятся: высокая стоимость реагентов, повышенная агрессивность кислотных

растворов по отношению к технологическому оборудованию.

Известен способ извлечения золота из руды и другого сырья включающий обработку руды или концентрата раствором, содержащим хлориды и носитель активного хлора, в качестве которого используют хлоризоцианураты /13. CN №1047346A/.

5 Данное решение по числу общих признаков является наиболее близким к предлагаемому и выбрано в качестве прототипа. Хлоризоцианураты - это хлорсодержащие производные циануровой кислоты ( $C_3H_3N_3O_3$ ), относящейся к разряду органических кислот. По сути циануровая кислота (сокращенно СУА) является стабилизатором активного хлора. Препараты на основе дихлор - и  
10 трихлоризоциануровой кислоты широко используются для санитарной обработки воды в бассейнах и в качестве обеззараживающих моющих жидкостей. При растворении хлоризоциануратов в воде выделяется активный хлор, который и обеспечивает окислительную функцию реагента. В воде препараты плохо растворимы и эта особенность хлоризоциануратов обуславливает пролонгацию окислительных свойств  
15 реагента, обеспечивает уверенное регулирование и поддержание требуемого окислительно-восстановительного потенциала выщелачивающей системы в широком диапазоне рН на требуемом уровне.

Важнейшей особенностью хлоризоциануратов является их экологическая безопасность, реагенты подобного типа относятся к III классу опасности химических  
20 веществ, что является показателем предельно низкой токсикологической опасности реагента. Для сравнения, гипохлорит, используемый в качестве окислителя золота в известных способах, в соответствии с требованиями промышленной безопасности относят к категории опасных реагентов.

При использовании хлоризоциануратов в качестве окислителя для выщелачивания  
25 золота из минерального сырья активность первоначально введенного в систему реагента заметно снижается, Снижается также полнота использования реагента на целевой процесс, удельный расход соответственно возрастает. Изначальное введение окислителя в избытке сопровождается непродуктивным разложением и выделением газообразного хлора в атмосферу.

30 Техническая проблема, на решение которой направлен предлагаемый способ, заключается в высоких удельных затратах реагентов, характерных при извлечении золота из руд и концентратов с использованием известных методов, включая прототип и недостаточная экологическая чистота применения.

35 Технический результат достигается контролем окислительного потенциала выщелачивающего раствора и использованием дополнительного окислителя, обеспечивающим реактивацию хлоризоциануратов.

Технический результат достигается при использовании способа, включающего обработку сырья выщелачивающим раствором, содержащим соляную или серную кислоту, хлорид натрия и хлорсодержащий окислитель, в качестве которого используют  
40 хлоризоцианураты. В отличие от прототипа, в предлагаемом способе выщелачивающий раствор имеет рН=4-6, при этом в ходе обработки сырья контролируют и поддерживают окислительный потенциал в диапазоне  $+ 0,7 \div 1,3$  В путем введением в выщелачивающий раствор пероксида водорода.

45 Сущность изобретения поясняется фигурой 1 (таблица), где приведены результаты опытов, проведенных в сопоставимых условиях.

Исследованиями установлено, что золото переходит в кислый раствор, содержащий хлоризоцианураты, с приемлемой для практических целей скоростью. Оптимальный состав выщелачивающего раствора включает соляную или серную кислоту в количестве,

обеспечивающем  $pH=4-6$  и хлорид натрия, обеспечивающий необходимое количество комплексообразователя. Оптимальный расход хлоризоциануратов зависит от свойств исходного сырья, температуры и других условий использования. Отмеченный выше диапазон  $pH$  соответствует условиям рационального расхода хлоризоциануратов. В более кислой среде интенсифицируется непродуктивное разложение окислителя; в нейтральной и слабощелочной среде происходит гидролиз соединений окисленного золота.

В соответствии с теоретическими основами изучаемого процесса фактором, определяющим скорость выщелачивания золота, является окислительный потенциал (ОП) системы. Чем больше удельный расход реагента, тем выше ОП и тем выше скорость выщелачивания. Вместе с тем, при чрезмерном удельном расходе хлоризоциануратов степень продуктивного расхода на целевой процесс уменьшается, образующийся в избытке активный хлор выделяется в атмосферу. В этой связи критерием оптимального расхода хлоризоциануратов, независимо от разновидностей этого реагента, является ОП, при котором происходит выщелачивание золота, но непродуктивного выделения хлора в атмосферу не наблюдается. С другой стороны, частицы плохорастворимых в воде хлоризоциануратов в ходе выщелачивания в водно-минеральных системах покрываются пленками вторичных нерастворимых соединений, активность окислителя снижается и значительная часть первоначально введенного реагента в нейтральных и слабокислых растворах остается не использованной по назначению. Результаты целевых опытов показывают, что активация окислительных свойств хлоризоциануратов и повышение полноты использования достигается введением дополнительного экологически чистого окислителя. В качестве такого инициатора активности хлоризоциануратов предлагается использовать пероксид водорода. Условием рационального использования основного и дополнительного окислителя является поддержание окислительного потенциала выщелачивающего раствора в диапазоне  $+0,7 \div 1,3$  В.

Примером реализации предложенного способа служат результаты следующих опытов. В качестве объекта исследований использовали сухую, измельченную до крупности  $-0,1$  мм, золотосодержащую кварцевую руду с содержанием золота  $2,7$  г/т. Навески руды массой по  $100$  г смешивали с водой, Добавляли требуемое количество серной, а в других опытах - соляной кислоты при  $Ж:Т=3:1$  до достижения требуемого значения  $pH$ . В полученную смесь вариативно добавляли дихлоризоциануровую (ДХЦК) кислоту или трихлоризоциануровую (ТХЦК) кислоту в количествах, обеспечивающих заданное начальное значение окислительного потенциала. Выщелачивание проводили при комнатной температуре в лабораторном стакане, пульпу перемешивали механической мешалкой; продолжительность выщелачивания -  $10$  часов. В ходе выщелачивания контролировали окислительный потенциал системы с использованием ОВП-метр Milwaukee ORP57. При снижении ОП меньше  $+0,7$  В в пульпу добавляли необходимое количество пероксида водорода ( $35\%$ ). По окончании выщелачивания растворы методом атомной адсорбции анализировали на содержание золота и по результатам анализа оценивали степень извлечения. Для оценки экологических показателей реактор герметизировали и при помощи гидрозатвора контролировали выделение из пульпы газообразного хлора.

Для сравнения проведены опыты по условиям способа прототипа.

Результаты приведены в таблицах (фиг. 1).

Сравнительный анализ технических решений, в т.ч. способа, представленного в качестве прототипа, и предлагаемого изобретения, позволяет сделать вывод, что именно

совокупность заявленных признаков обеспечивает достижение необходимого технического результата. Реализация предложенного способа дает возможность улучшить экологические показатели при переработке золотосодержащего сырья и сократить расход хлорсодержащих реагентов в 1,5-2 раза.

5

(57) Формула изобретения

Способ извлечения золота из золотосодержащего сырья, включающий обработку сырья выщелачивающим раствором, содержащим кислоту, хлорид натрия и хлорсодержащий окислитель, в качестве которого используют хлоризоцианураты, отличающийся тем, что выщелачивающий раствор имеет рН 4-6, при этом в ходе обработки сырья контролируют и поддерживают окислительный потенциал выщелачивающего раствора в диапазоне + 0,7-1,3 В путем введения в выщелачивающий раствор пероксида водорода.

15

20

25

30

35

40

45

Показатели выщелачивания при подкислении растворов  
соляной (сол.) и серной (серн.) кислотами

Окислитель	pH раствора,	Окислительный потенциал в ходе выщелачивания, В	Суммарный расход окислителя, г на 1 кг сырья	Извлечение золота в раствор, %	Выделение хлора
Предлагаемый способ					
ДХЦК + H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	3,5 (сол.)	0,4- 0,6	0,5	72	-
	4 (сол.)	0,5- 0,7	1,3	88	-
	5 (сол.)	0,6- 1,0	1,7	89	-
	6 (серн.)	0,4- 1,2	1,8	90	-
	7 (серн.)	0,8- 1,3	2,0	91	+
ТХЦК + H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	3,5 (серн.)	0,3- 0,7	1,4	69	-
	4 (сол.)	0,5- 0,7	1,8	78	-
	5 (сол.)	0,7- 1,0	2,4	79	-
	6 (серн.)	0,6- 1,2	2,7	82	-
	7 (сол.)	0,9- 1,5	3,1	86	+
прототип					
ДХЦК	4 (сол.)	0,7-1,3	3,7	69	+
	4 (сол.)	0,9-1,5	6,8	74	интен сивно
ТХЦК	4 (серн.)	0,7-1,2	2,9	72	+
	4 (серн.)	0,8-1,4	5,9	73	интен сивно

Фиг. 1