



República Federativa do Brasil
Ministério do Desenvolvimento, Indústria
e do Comércio Exterior
Instituto Nacional de Propriedade Industrial

(11) PI 0707950-8 B1



(22) Data de Depósito: 14/02/2007

(45) Data da Concessão: 08/09/2015
(RPI 2331)

(54) Título: MÉTODO PARA RECUPERAÇÃO DE COBRE DE UM MINÉRIO DE SULFETO DE COBRE

(51) Int.Cl.: C22B3/08; C22B15/00

(30) Prioridade Unionista: 17/02/2006 FI 20060150

(73) Titular(es): OUTOTEC OYJ

(72) Inventor(es): Haapalainen , Mika , Hultholm, Stig-Erik, Rosenback, Lief

**"MÉTODO PARA RECUPERAÇÃO DE COBRE DE UM MINÉRIO DE SULFETO
DE COBRE"**

Campo da Invenção

5 A presente invenção se refere a um método no qual
o cobre é recuperado de um minério de sulfeto de cobre que
está contido em pirita. De acordo com o método, o minério é
finamente moído e lixiviado em uma solução contendo ácido
sulfúrico, em condições atmosféricas, por meio de cobre
10 trivalente. Na medida em que o sulfeto de cobre é
lixiviado, o ferro trivalente é reduzido a divalente, sendo
oxidado de volta a trivalente por meio de oxigênio durante
a lixiviação. A lixiviação é realizada em um reator
fechado, em que o gás não dissolvido que se eleva da
15 solução na seção superior do reator é circulado de volta
dentro da suspensão formada de solução, sólidos e gases. A
lixiviação é realizada na presença de ferro divalente e
trivalente, preferivelmente, com o cobre dissolvido atuando
como catalisador para promover a lixiviação. As condições
20 são ajustadas de modo que a pirita essencialmente não se
dissolva.

Antecedentes da Invenção

25 Uma significativa porção de minérios que contêm
sulfeto de cobre pertence à classe dos minérios
calcopiríticos, CuFeS_2 , dos quais o método de processamento
mais comum após o enriquecimento consiste da fusão
pirometalúrgica - fundição do anodo - purificação

eletrolítica. Entretanto, atualmente, existe também interesse no processamento hidrometalúrgico de minérios de sulfeto de cobre, em que o primeiro estágio de tratamento é também, de modo usual, a formação de um concentrado por flotação, após o que, normalmente, pelo menos, ocorre um estágio de lixiviação de concentrado em condições de autoclave. A outra principal ocorrência de sulfeto de cobre é a calcocita, Cu_2S , a qual é processada, principalmente, da mesma maneira que a calcopirita. A calcopirita e a calcocita ocorrem, geralmente, no mesmo minério e, normalmente, a quantidade de calcopirita é predominante.

A lixiviação de minerais contendo calcopirita e/ou calcocita com a ajuda de ferro trivalente em uma solução contendo ácido sulfúrico é descrita, por exemplo, nas publicações dos documentos de patentes WO 2005/042790 e WO 2005/005672. Em ambos os casos, a oxidação do ferro divalente formado na lixiviação a ferro trivalente é executada em condições de autoclave, embora, pelo menos parte da lixiviação do concentrado possa ser executada em condições atmosféricas. A solução de sulfato de cobre formada na lixiviação é direcionada para a recuperação convencional de cobre.

Um método para a recuperação hidrometalúrgica de cobre a partir de calcopirita e outros sulfetos é descrito na publicação de Patente U.S. No. 4.115.221. Nesse método, o mineral de sulfeto é moído a uma espessura em que o tamanho de partícula é no máximo de um micrômetro. Os sólidos sulfídicos são lixiviados em uma solução acídica,

na qual a quantidade de íons férricos é estequiometricamente suficiente para oxidar o cobre contido no material de sulfeto de cobre. Uma parte do ferro é removido da solução de sulfato de cobre mediante precipitação do sulfato ferroso do mesmo, após o que, a solução é direcionada para eletrólise do cobre. A solução que sai da eletrólise, a qual é diluída em relação ao cobre, é direcionada para um estágio separado, no qual o ferro ferroso ainda na solução é oxidado a ferro trivalente, antes de direcionamento de volta para a lixiviação do sulfeto. No método, a lixiviação e formação de ferro trivalente usado na lixiviação ocorre em diferentes estágios.

O documento de patente EP No. 815.270 descreve um método para lixiviação de minerais sulfídicos, em que o mineral também contém ferro. De acordo com o método, o mineral é moído a uma finura em que o P80 é de 20 microns ou menos. A lixiviação ocorre por meio de ferro férrico e ácido sulfúrico em um reator aberto e o oxigênio é alimentado dentro do reator para oxidar o ferro ferroso formado na lixiviação do sulfeto, novamente, no ferro férrico. Todos os exemplos da publicação descrevem o tratamento do concentrado por flotação. A solução de sulfato de cobre formada na lixiviação é direcionada para um procedimento convencional de extração e eletroextração.

O inconveniente dos dois últimos métodos atmosféricos descritos acima é considerado como sendo o fato de que para a lixiviação ser bem sucedida, o mineral

tem de ser moído de modo bastante fino, o que consome energia e, assim, eleva os custos de moagem. Além disso, pode ser dito desse último método que mediante oxidação em um reator aberto, tem de ser alimentado um excesso de 5 oxigênio, pelo fato de que todo o oxigênio não pode ser levado de volta para circulação.

Objetivos da Invenção

O objetivo da presente invenção é eliminar as 10 desvantagens dos métodos apresentados acima. Uma pirita contendo minério que contém sulfeto de cobre é alimentada para lixiviação em uma forma consideravelmente mais grossa que aquela descrita acima, dessa forma, economizando custos de moagem. A lixiviação do minério e a oxidação de ferro 15 ferroso em ferro férrico ocorre com a ajuda de oxigênio no mesmo estágio, em reatores fechados e em condições atmosféricas, de tal modo que a eficiência do oxigênio é tornada maior que em um reator aberto. Uma solução contendo ferro acídico é usada para lixiviação do minério, o qual, 20 além do ferro ferroso e ferro férrico também inclui cobre, que atua como um catalisador para promover a lixiviação.

Resumo da Invenção

As características essenciais da invenção se 25 tornarão evidentes nas reivindicações anexas.

A invenção se refere a um método para lixiviação de cobre, a partir de uma pirita contendo minério de

sulfeto de cobre, no qual um minério finamente moído é lixiviado em uma solução contendo ácido sulfúrico e ferro em um único estágio. O tamanho do grão do minério é da ordem de 95-100% abaixo de 150 μm . O oxigênio é alimentado
5 ao estágio de lixiviação e a lixiviação é executada em condições atmosféricas com uma solução que apresenta uma concentração de ferro em torno de 20-50 g/L, em que a quantidade de ferro férrico é de pelo menos 10 g/L e a quantidade de cobre no início da lixiviação é de 8-12 g/L.

10

Lista de Desenhos

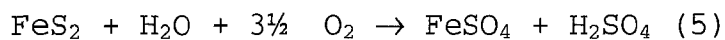
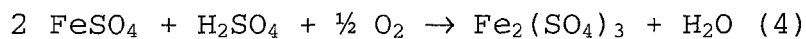
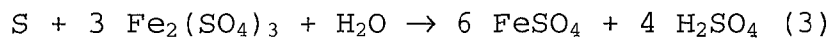
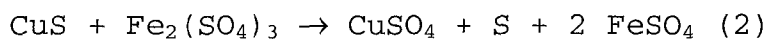
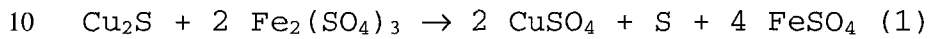
Um fluxograma do método de acordo com a invenção é mostrado na Figura 1.

15 Descrição Detalhada da Invenção

O método de acordo com a invenção é particularmente adequado para a lixiviação de minério de pirita-sulfeto de cobre do tipo calcocita, embora, logicamente, pode ser também adaptado para a lixiviação de
20 outros minérios de sulfeto. O método é descrito abaixo com referência à Figura 1. O objetivo do método é lixiviar minério de sulfeto, em particular, sem pretratamento de enriquecimento. As condições do estágio de lixiviação (1) são ajustadas de modo a que a menor parte possível de
25 pirita contida no minério irá se dissolver. O minério é moído para a lixiviação em um tamanho de grão de 95-100% abaixo de 150 micrômetros e, preferivelmente, para um

tamanho em torno de 50-150 μm , de modo a conter o mínimo possível de frações mais finas. O minério moído é alimentado dentro do primeiro estágio de lixiviação. O número de reatores em série no estágio de lixiviação pode
 5 variar, de acordo com a necessidade, porém, a lixiviação do minério e a oxidação do ferro ferroso em ferro férrico ocorre durante o mesmo estágio.

As seguintes reações ocorrem, tipicamente, durante a lixiviação do minério de sulfeto de cobre:



15 Uma solução é utilizada para lixiviação do minério de sulfeto de cobre com uma concentração de ácido sulfúrico de pelo menos 20 g/L, preferivelmente, 70-95 g/L. O ferro total na solução é de 20-70 g/L, onde a quantidade de ferro trivalente é de pelo menos 10 g/L, a proporção de
 20 $\text{Fe}^{3+}/\text{Fe}^{2+}$ sendo preferivelmente ajustada para a faixa de 0,5-1,2 e a quantidade de cobre dissolvido em torno de 8-12 g/L no início da lixiviação. Preferivelmente, a solução é um óleo residual refinado de extração, a partir do qual a maior parte do cobre foi removida. Quando a solução usada
 25 na lixiviação é do tipo descrito acima, foi descoberto que as reações (1), (2) e (4) prosseguiram quase que 100%, mas a reação (3) em apenas 5% e a reação (5) (dissolução da pirita) em torno de 3%. Conforme pode ser observado das

reações acima, o ácido sulfúrico é apenas gerado nas reações (3) e (5) e todo o restante do enxofre é recuperado como enxofre elementar.

Quando o cobre está presente na solução usada para lixiviação do minério, o mesmo ajuda a regulação do potencial de oxidação-redução da lixiviação. Obviamente, a concentração do cobre da solução aumenta na medida em que a lixiviação prossegue, pelo fato de que o objetivo é lixiviar o cobre no minério, mas, geralmente, na lixiviação de acordo com o estado da técnica, a concentração de cobre do óleo residual refinado é baixa, na faixa de menos que 2 g/L.

O potencial da lixiviação é ajustado para 450-550 mV, usando eletrodo de Ag/AgCl, ao final da lixiviação. A concentração de ferro relativamente alta, além da concentração do cobre, facilita o ajuste do nível do potencial acima mencionado. O ajuste do potencial também facilita a limitação da dissolução da pirita, o que consome grande quantidade de oxigênio e aumenta a necessidade de neutralização.

A lixiviação do minério de sulfeto de cobre ocorre a uma temperatura de 85-95°C. A regulação da temperatura do reator é realizada indiretamente. Um mecanismo de regulação indireta de temperatura é o uso de chicanas, em que um meio, por exemplo, vapor ou fluido de resfriamento, é circulado. Outro método é equipar o reator com serpentinas de aquecimento/resfriamento. A vantagem da regulação indireta é o fato de que nenhum excesso de água é

introduzido no estágio de lixiviação. O licor mãe da lixiviação, isto é, o óleo residual refinado da extração, é previamente aquecido a uma temperatura de 70-80°C com o calor de reação gerado na lixiviação.

5 Tipicamente, o oxigênio é alimentado dentro de todos os reatores de estágio de lixiviação, para oxidar o ferro ferroso em ferro férrico, porém, a alimentação de oxigênio dentro de cada reator não é absolutamente essencial. O oxigênio pode ser alimentado na forma de
10 oxigênio, ar enriquecido de oxigênio ou ar. Mediante um preciso controle de temperatura, a dissolução da pirita pode também ser regulada e, dessa forma, os custos de lixiviação restringidos. Os reatores são equipados com efetivos misturadores, que mantêm os sólidos, líquidos e
15 gases na suspensão. A eficiente mistura mantida nos reatores possibilita a alimentação de um sólido adequadamente áspero dentro do estágio de lixiviação. O gás oxidante é, preferivelmente, alimentado abaixo do elemento misturador, de onde o misturador suga o mesmo de dentro da
20 suspensão. O elemento misturador, preferivelmente, é composto de dois misturadores de hélices, localizados sobre o mesmo eixo, que são modelados de maneira apropriada para a finalidade. A velocidade da ponta do misturador é ajustada para menos de 5 m/s, de modo que,
25 fundamentalmente, as hélices do misturador não se desgastem

Os reatores são equipados com uma tampa, de modo que o gás que se acumula acima da suspensão possa ser circulado de volta para a suspensão, com a ajuda do

misturador de hélice superior e somente a quantidade equivalente à quantidade de gases diferentes de oxigênio no gás é removida da seção superior do reator. Entretanto, os reatores não são autoclaves, mas funcionam na pressão atmosférica. A suspensão circula de um reator para outro como um fluxo transbordante.

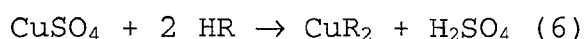
A solução formada na lixiviação, que contém sulfato de cobre, conhecida como PLS (Pregnant Leach Solution - Solução Potencial de Lixiviação) é direcionada para a separação de sólidos e resfriamento. A separação de sólidos pode ser realizada, por exemplo, em dois estágios, tais como, estágio de espessamento e de filtração, mas, na ilustração apresentada, por razões de simplicidade, é ilustrada como um único estágio. O fluxo transbordante inferior de separação (2) consiste da ganga do minério (silicatos), minério não dissolvido, como a pirita, gesso e um pouco de enxofre elementar gerado nas reações. O fluxo de transbordamento de separação (2) é uma solução de sulfato de cobre, com uma concentração de cobre em torno de 20-50 g/L e em que ainda está presente cerca de 20-70 g/L de ferro, parcialmente na forma ferrosa e férrica, de modo que a concentração do ferro férrico seja de pelo menos 10 g/L. A concentração do ácido sulfúrico da solução é da ordem de 18-22 g/L.

A solução de sulfato de cobre é direcionada para o resfriamento (3), onde a solução é resfriada, de modo que sua temperatura seja adequada para extração. O minério, geralmente, também sempre contém uma pequena quantidade de

cálcio e arsênio e, agora, por meio de resfriamento, o gesso e o arseniato férrico são precipitados da solução, de modo a não se precipitarem durante a extração dentro da primeira cuba de extração.

5 A solução de sulfato de cobre é direcionada para a extração líquido-líquido, a qual é realizada em dois estágios, de acordo com a presente invenção. O fato de que a concentração do cobre do óleo residual refinado que sai do primeiro estágio de extração pode ser deixada maior que
10 a normal, em que o cobre contido no refinado atua como um catalisador para a lixiviação, pode ser considerada uma vantagem da extração de dois estágios. Outra vantagem é o fato de que, em conexão com o segundo estágio de extração, as substâncias dissolvidas provenientes do minério e/ou
15 prejudiciais à lixiviação e extração, podem ser removidas do óleo refinado sem grandes perdas do cobre. Qualquer agente de extração de cobre conhecido é adequado como extrator, diluído em um adequado solvente, tal como, querosene. É também benéfico para o presente método que a
20 concentração do agente de extração na solução de extração seja ajustada como sendo alta, na faixa de 35-45%. A passagem da solução de extração é ilustrada na figura por uma linha tracejada, de modo que a solução que entra na extração (B0) (material estéril orgânico) é mostrado por
25 uma linha tracejada e pontilhada e a solução contendo cobre (L0) (carga orgânica) que sai da extração é representada por uma linha pontilhada. No primeiro estágio (4) da extração, 65-75% do teor de cobre da PLS é extraído dentro

da solução de extração, após o que a concentração de cobre da solução aquosa a ser removida da extração, isto é, o óleo residual refinado, permanece de 8-12 g/L. Na medida em que a concentração do cobre do óleo refinado cai, sua
5 concentração de ácido sulfúrico se eleva, em conformidade com a seguinte reação:



Na reação, R significa a parte de hidrocarboneto do agente de extração, a qual forma um complexo com o cobre
10 na solução orgânica e a parte do íon hidrogênio do agente de extração forma ácido sulfúrico na solução aquosa com o sulfato.

A maior parte, isto é, cerca de 90% do óleo residual refinado é direcionada de volta para o estágio de
15 lixiviação de minério (1), mas, uma pequena parte, na faixa de 3-8%, é direcionada para o segundo estágio de extração (5). Essa parte é ajustada de acordo com as exigências previstas, de modo que a concentração do ferro no óleo refinado não se eleve acima de 70 g/L ou que o seu teor de
20 impureza, tal como, o teor de zinco, não se eleve demasiadamente. O óleo residual refinado a ser direcionado para o segundo estágio de extração é neutralizado no estágio de neutralização (6), antes do estágio de extração, por meio de um adequado agente de neutralização, tal como,
25 cal ou calcário. Antes da neutralização, a concentração de ácido sulfúrico da solução é em torno de 60-70 g/L, sendo neutralizado para um valor de pH de 1,6-1,8, de modo que a solução é estável para a extração. No segundo estágio de

extração, o cobre é removido da solução até a concentração se tornar em torno de 0,5 g/L ou até mesmo menor. A solução do óleo residual refinado (II) proveniente do segundo estágio de extração é removida do circuito através do
5 estágio de precipitação (7), após o que o zinco e o ferro que se dissolveram do minério durante a lixiviação são precipitados da solução, isto é, principalmente o ferro da pirita, por exemplo, mediante o uso de cal. O depósito proveniente da neutralização (6), que é principalmente
10 gesso, é também direcionado para o estágio de precipitação. O precipitado e a solução formada são removidos e processados de maneira apropriada.

As soluções de (LO) de ambos os estágios de extração, contendo um excesso de cobre, são combinadas e
15 direcionadas para os estágios de lavagem e extração, os quais são ilustrados juntos pela referência numérica (8). A solução aquosa que sai da extração, que é o (RE) (eletrólito rico) a ser direcionado para a eletrólise (9), contém cerca de 45-50 g/L de cobre. A eletrólise é uma
20 eletroextração convencional. O (LE) (eletrólito estéril) que sai da eletrólise é recirculado como solução aquosa para extração.

Exemplos

25 Exemplo 1

Em um teste realizado, um minério de pirita contendo sulfeto de cobre foi moído com uma finura de 95% abaixo de 150 microns. A lixiviação foi realizada em cinco

reatores dispostos em série e a lixiviação ocorreu a uma temperatura de 90°C. A lixiviação ocorreu mediante recirculação do óleo residual refinado proveniente do primeiro estágio de extração. O tempo de lixiviação foi de 5 9 horas e durante esse tempo 91,8% do cobre foi dissolvido. A análise do minério foi a seguinte.

Tabela 1

Substância	Quantidade (peso %)
Cu	6,09
Fe	30,70
Zn	0,20
As	0,32
S	36,9
Si	10,83
Ca	1,02

A análise do óleo residual refinado usado para a lixiviação e a PLS formada na lixiviação é apresentada na 10 Tabela 2 abaixo.

Tabela 2

Substância	Óleo Refinado (g/L)	PLS (g/L)
Cu	12,3	40,8
Fe	48,6	48,5
Fe ²⁺	24,8	24,7
Fe ³⁺	23,8	23,8
H ₂ SO ₄	63,8	19,9
Cl ⁻	0,7	0,7

Os reatores do estágio de lixiviação foram

dotados de chicanas, onde foi direcionado vapor no interior das chicanas do primeiro reator para aquecer o espaço reacional. O óleo residual refinado foi aquecido antes de ser alimentado no estágio de lixiviação com o calor recuperado no resfriamento da PLS, mas o controle da temperatura final da solução foi realizado mediante o vapor da chicana. Uma vez que as reações que ocorrem na lixiviação são exotérmicas, os reatores subseqüentes foram resfriados por meio de circulação de fluido de resfriamento nas chicanas. A solução circulou de um reator para outro através da gravidade. Os reatores foram submetidos à mistura com a ajuda de misturadores de dupla hélice e o oxigênio necessário para oxidar o ferro foi alimentado por baixo do misturador. O potencial redox do estágio de lixiviação foi ajustado para um valor de 400-550 mV, usando eletrodo de Ag/AgCl.

A suspensão da solução e os sólidos a serem removidos do último reator de lixiviação foram direcionados para o procedimento de espessamento. A composição do fluxo transbordante inferior do dispositivo espessador foi: Cu: 0,55%; Fe: 31,1% e Zn: 0,1%.

O fluxo transbordante do dispositivo espessador foi uma solução PLS rica em cobre, a qual foi direcionada para resfriamento antes da extração. A solução foi resfriada para uma temperatura abaixo de 38°C, de modo a tornar a mesma adequada para extração. Em conexão com o resfriamento da solução, foram precipitados gesso e arseniato férrico da mesma e foram removidos da solução por

meio de espessamento e filtração.

A extração da PLS foi realizada em dois estágios, o primeiro dos quais compreendeu duas cubas de extração em série. A concentração do cobre da PLS foi de 40 g/L. A
5 concentração do agente de extração usado para a extração do material estéril orgânico (BO) foi de 40%. Durante o primeiro estágio de extração, cerca de 70% do cobre na PLS foi extraído dentro da solução orgânica e a concentração do cobre do óleo residual refinado restante foi de
10 aproximadamente 12 g/L.

O óleo residual refinado proveniente da extração foi na maior parte circulado de volta para lixiviação do minério, mas, cerca de 6% do mesmo foi direcionado para o estágio de prévia neutralização que precede o segundo
15 estágio de extração, o que ajuda o controle do teor de ferro e zinco da solução que circula no circuito de lixiviação e extração. Além do óleo residual refinado, as águas de lavagem de diversos precipitados foram direcionadas para uma prévia neutralização, de modo que a
20 concentração do cobre da solução se tornou de 7,2 g/L. A neutralização da solução foi realizada com cal, em uma concentração de H_2SO_4 de 80 g/L, para um valor de pH de 1,6-1,8. A solução transparente resultante da separação de sólidos foi direcionada para o segundo estágio de extração,
25 o qual compreende uma única cuba de extração. A solução de extração usada foi a mesma solução de extração utilizada no primeiro estágio de extração. No segundo estágio, 93% do cobre contido na solução aquosa foi extraído, de modo que a

concentração de cobre da solução a ser removido nesse estágio foi somente de 0,5 g/L.

As soluções orgânicas ricas em cobre que saem dos estágios de extração foram combinadas e direcionadas para os estágios de extração e lavagem, os quais consistiam de duas cubas de extração, uma cuba de lavagem de solução de extração e um tanque de solução orgânica (LO). Durante o estágio de lavagem, os cloretos e o ferro férrico contidos na solução foram removidos da solução orgânica mediante lavagem com água.

Nas células de extração, o cobre foi extraído da solução orgânica em uma solução aquosa, que foi o eletrólito estéril (LE) que sai da eletroextração do cobre. A solução aquosa que sai da extração constitui um eletrólito rico em cobre (RE), o qual foi direcionado para eletrólise.

Exemplo 2

Em um teste realizado, um minério de pirita contendo sulfeto de cobre foi moído com uma finura de 95% abaixo de 150 microns. A lixiviação foi realizada em um reator a uma temperatura de 90°C. O reator de lixiviação foi equipado com chicanas. O dispositivo misturador foi equipado com um misturador superior e um misturador inferior. O dispositivo misturador superior foi do tipo A e o dispositivo misturador inferior foi do tipo GLS. O tempo de lixiviação foi de 8 horas. Uma solução de lixiviação sintética, correspondeu a um óleo residual refinado de extração, no qual a proporção de Fe^{3+}/Fe^{2+} foi ajustada para

um valor de 0,75:1. A solução foi previamente aquecida, antes de ser alimentada ao reator de lixiviação. O teor de sólidos da lama no reator foi ajustado para 400 g/L. A quantidade de alimentação de oxigênio no teste foi constante, 80 mL/min/L (lama). A análise do minério moído e da solução de lixiviação foi conforma apresentado na Tabela abaixo.

Tabela 3

Substância	Minério (% peso)	Concentração da solução de lixiviação (g/L)
Cu	7,8	10
Fe	34,9	49,8
Fe ³⁺	-	21,4
Fe ²⁺	-	28,4
Zn	0,076	6
As	0,47	-
S	42,7	-
SiO ₂	10,6	-
Ca	0,39	-
H ₂ SO ₄	-	85

Nesse teste, 93,9% do cobre se dissolveu. Existiam 41,5 g/L de cobre, 49,4 g/L de ferro e 21,1 g/L de ácido sulfúrico na solução do produto de lixiviação. Conseqüentemente, a composição da solução do produto resfriada a uma temperatura inferior a 38°C é uma adequada solução de alimentação para o subprocesso seguinte, isto é, a extração de cobre. A análise dos sólidos separados da lama, o resíduo da lixiviação, após a etapa de lixiviação é

apresentada na Tabela 4.

Tabela 4

Substância	Resíduo de lixiviação (% peso)
Cu	0,42
Fe	35,7
Zn	0,06
As	0,45
S	44,4
SiO ₂	11
Ca	0,22

Exemplo 3

Em um teste realizado, uma solução de PLS rica em
 5 cobre, obtida de lixiviação, foi alimentada em um sistema
 de extração, o qual consistia de duas cubas de extração, um
 tanque de carga orgânica (LO), uma cuba de lavagem e duas
 cubas de extração. O sistema de extração opera conforme o
 princípio de movimento em contracorrente. A quantidade de
 10 agente de extração de fase orgânica foi de 45% em volume. A
 temperatura de todas as diferentes soluções foi de 35°C.

Na extração, 74% do cobre contido na PLS se
 transferiram para a fase orgânica. Gotas de água foram
 removidas da carga de fase orgânica no tanque de (LO). O
 15 ferro férrico foi eliminado da carga de fase orgânica com
 cobre, na cuba de lavagem com água de lavagem acídica. No
 procedimento de extração, o cobre foi removido da carga de
 fase orgânica com uma solução de eletrólito (LE), formando
 uma solução de eletrólito rica em cobre (RE). Ambas as
 20 soluções de teste foram adequadas para posterior

processamento; o óleo residual refinado como licor mãe para a lixiviação e o (RE) para eletrólise.

As análises da solução de produto de lixiviação ou solução de PLS, da solução de alimentação de lixiviação ou refinado de extração, da solução de alimentação de extração (LE) e da solução do produto de extração (RE) são apresentadas na Tabela 5.

Tabela 5

Substância	PLS (g/L)	Refinado g/L)	LE (g/L)	RE (g/L)
Cu	34	9	35	47
Fe	53	53	0,19	0,2
Fe ²⁺	37			
Fe ³⁺	15,8			
H ₂ SO ₄	25	61	169	153

REIVINDICAÇÕES

1. Método para lixiviação de cobre a partir de um minério de pirita contendo sulfeto de cobre, em que o minério moído é direcionado para uma solução contendo ácido sulfúrico e ferro, a qual é oxidada durante a lixiviação, **caracterizado** pelo fato de que o minério de sulfeto de cobre é moído em uma grossura de 95-100% entre 50 e 150 μm e direcionado para um estágio de lixiviação, o qual ocorre em condições atmosféricas e em que a lixiviação é realizada com uma solução, cuja concentração do ferro é de cerca de 20-70 g/L, da qual a quantidade de ferro férrico é de pelo menos 10 g/L, a quantidade de cobre no início da lixiviação de 8-12 g/L e a concentração de H_2SO_4 é no mínimo de 20 g/L.

2. Método, de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado** pelo fato de que a temperatura do estágio de lixiviação é de 85-95°C.

3. Método, de acordo com as reivindicações 1 ou 2, **caracterizado** pelo fato de que o estágio de lixiviação é realizado em reatores fechados.

4. Método, de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado** pelo fato de que o oxigênio é alimentado dentro do estágio de lixiviação.

5. Método, de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado** pelo fato de que a proporção de $\text{Fe}^{3+}/\text{Fe}^{2+}$ da solução que entra na lixiviação é ajustada na faixa de 0,5-1,2.

6. Método, de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado** pelo fato de que o potencial de oxidação-redução no final do estágio de lixiviação é ajustado para 450-550 mV, usando Ag/AgCl.

7. Método, de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado** pelo fato de que a solução aquosa rica em

cobre (PLS) que sai do estágio de lixiviação é direcionada para dois estágios de extração líquido-líquido, em que o óleo residual refinado proveniente do primeiro estágio é amplamente recirculado de volta para a lixiviação do
5 minério de sulfeto de cobre.

8. Método, de acordo com a reivindicação 6, **caracterizado** pelo fato de que antes da extração líquido-líquido, a solução aquosa rica em cobre é resfriada.

9. Método, de acordo com a reivindicação 7,
10 **caracterizado** pelo fato de que gesso e arseniato férrico são removidos da solução aquosa rica em cobre, em conexão com o resfriamento.

10. Método, de acordo com a reivindicação 7, **caracterizado** pelo fato de que a capacidade térmica da
15 solução aquosa rica em cobre é explorada para aquecer a solução, isto é, o óleo residual refinado que entra no estágio de lixiviação.

11. Método, de acordo com a reivindicação 6, **caracterizado** pelo fato de que acima de 90% do óleo
20 residual refinado proveniente do primeiro estágio de lixiviação é recirculado para a lixiviação de sulfeto de cobre e o restante é direcionado para o segundo estágio de extração.

12. Método, de acordo com a reivindicação 11,
25 **caracterizado** pelo fato de que o óleo residual refinado a ser direcionado para o segundo estágio de extração é submetido à neutralização de seu teor de ácido sulfúrico de 60-70 g/L, para um valor de pH de 1,6-1,8, para neutralizar o ácido na solução.

30 13. Método, de acordo com a reivindicação 12, **caracterizado** pelo fato de que a neutralização é realizada por meio de cal ou calcário.

14. Método, de acordo com as reivindicações 6 ou 11, **caracterizado** pelo fato de que a concentração do cobre

do óleo residual refinado (II) que sai do segundo estágio de extração é em torno de 0,5 g/L.

15. Método, de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado** pelo fato de que o estágio de lixiviação de minério é realizado em diversos reatores fechados conectados em série, dentro dos quais um gás contendo oxigênio é alimentado abaixo do elemento misturador do reator e em que os ditos reatores são equipados com chicanas.

10 16. Método, de acordo com a reivindicação 15, **caracterizado** pelo fato de que a temperatura dos reatores é ajustada indiretamente por meio de um agente alimentado no interior das chicanas.

15 17. Método, de acordo com a reivindicação 15, **caracterizado** pelo fato de que os reatores do estágio de lixiviação são equipados com um elemento misturador, o qual é composto de dois misturadores localizados sobre o mesmo eixo, a fim de formar uma suspensão de sólidos, líquidos e gases.

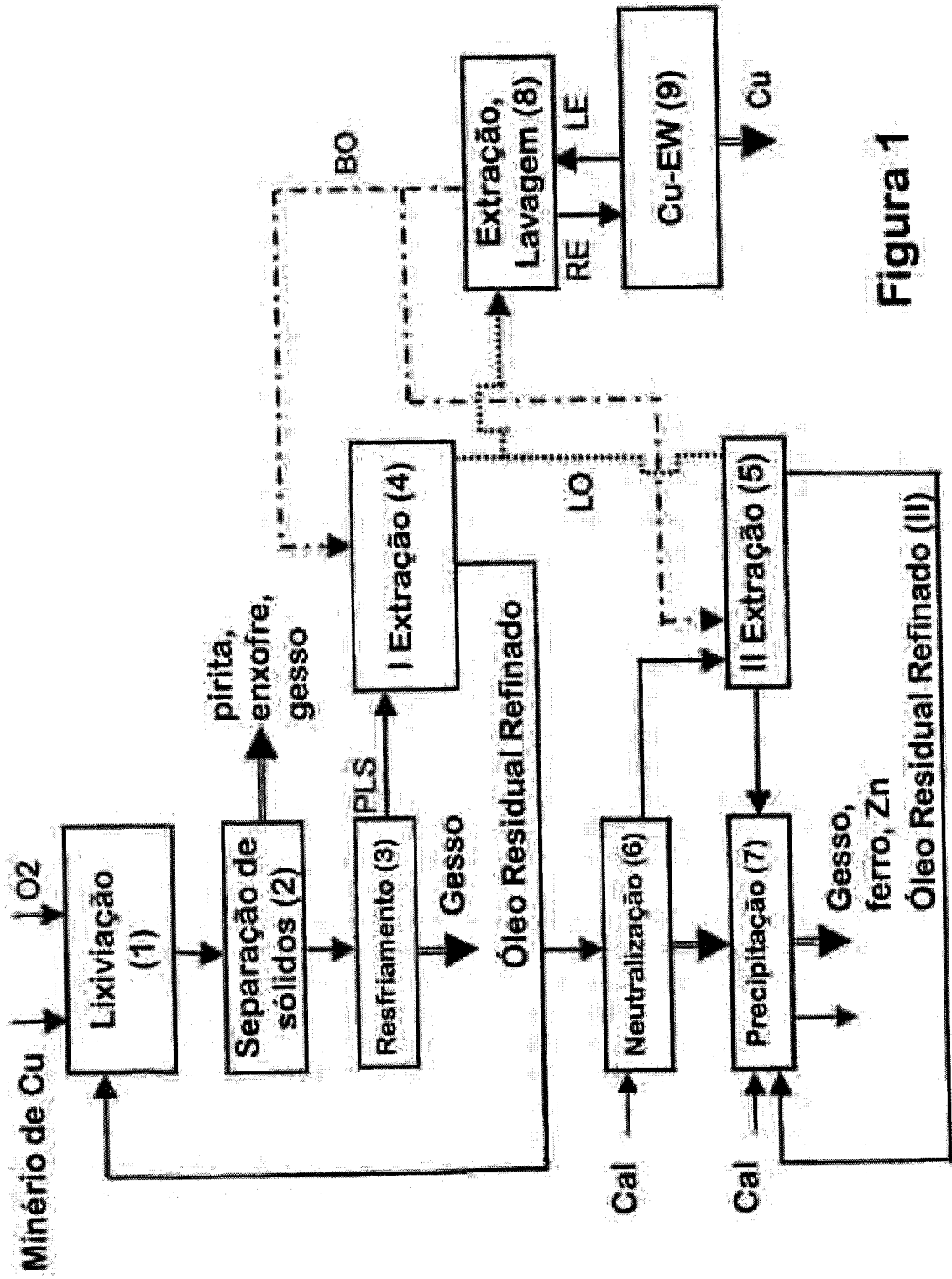


Figura 1

RESUMO**"MÉTODO PARA RECUPERAÇÃO DE COBRE DE UM MINÉRIO DE SULFETO
DE COBRE"**

5

A presente invenção se refere a um método em que o cobre é recuperado de uma pirita contendo minério de sulfeto de cobre. De acordo com o método, o minério é moído e lixiviado em uma solução contendo ácido sulfúrico em condições atmosféricas por meio de cobre trivalente. Na medida em que o sulfeto de cobre é lixiviado, o ferro trivalente é reduzido a divalente e oxidado de volta a trivalente por meio de oxigênio durante a lixiviação. A lixiviação é realizada em um reator fechado, em que o gás não dissolvido que se eleva da solução na seção superior do reator é circulado de volta na suspensão da solução, sólidos e gás. A lixiviação é realizada na presença de ferro divalente e trivalente, preferivelmente, com o cobre dissolvido atuando como catalisador para promover a lixiviação. As condições são ajustadas de modo a que a pirita do minério, essencialmente, não se dissolva.

10
15
20