



República Federativa do Brasil
Ministério da Economia
Instituto Nacional da Propriedade Industrial

(11) BR 112015029585-1 B1



(22) Data do Depósito: 28/05/2014

(45) Data de Concessão: 15/09/2020

(54) Título: MÉTODO PARA PRÉ-TRATAMENTO DE MATERIAL CONTENDO METAL PRECIOSO

(51) Int.Cl.: C22B 11/00; C22B 3/04.

(30) Prioridade Unionista: 29/05/2013 US 61/828,558.

(73) Titular(es): BARRICK GOLD CORPORATION.

(72) Inventor(es): YEONUK CHOI; AHMAD GHAREMANINEZHAD GHARELAR.

(86) Pedido PCT: PCT IB2014001378 de 28/05/2014

(87) Publicação PCT: WO 2014/191832 de 04/12/2014

(85) Data do Início da Fase Nacional: 26/11/2015

(57) Resumo: MÉTODO PARA PRÉ-TRATAMENTO DE MINÉRIOS DE ÓXIDO CONTENDO OURO. A presente invenção refere-se ao pré-tratamento de minérios de óxido contendo metal precioso, antes da lixiviação do metal precioso por tiosulfato. O processo compreende misturar o minério de óxido na água oxigenada na presença de um material à base de carbono (por exemplo, carbono ativado ou outro tipo de carbono). O material à base de carbono pode ser separado da pasta fluida de minério, e, o ouro é a partir disso lixiviado por um lixiviante de tiosulfato.

Relatório Descritivo da Patente de Invenção para **"MÉTODO PARA PRÉ-TRATAMENTO DE MATERIAL CONTENDO METAL PRECIOSO"**.

REFERÊNCIA CRUZADA A PEDIDO DE DEPÓSITO CORRELATO

[001] O presente pedido reivindica os benefícios do Pedido provisório U.S. nº de série 61/828.558, depositado em 29 de maio de intitulado "Method for Pre-Treatment of Gold-Bearing Oxide Ores", que está incorporado no presente documento, por referência, integralmente.

CAMPO

[002] A revelação se refere, de modo geral, à recuperação do metal precioso de materiais que contêm metal precioso e particularmente à recuperação de ouro de materiais que contêm ouro.

ANTECEDENTES

[003] O processo de cianidação/carbono em polpa convencional tem sido o método de extração de ouro principal por décadas. Ainda que a cianidação seja eficaz para a lixiviação de ouro a partir de alguns minérios carbonáceos ou complexos, existem preocupações ambientais sérias associadas ao uso de cianeto em processos de lixiviação de ouro. O tiosulfato está entre os lixiviantes alternativos com mais sucesso para lixiviação eficaz de ouro. Um exemplo de um processo de lixiviação de tiosulfato para materiais que contêm metal precioso é mostrado no documento US 7.544.232.

[004] Alguns minérios de óxido podem ser refratários na natureza. Os mesmos nem rendem lixiviação de ouro suficiente em um sistema de lixiviar tiosulfato nem são lixiviados quando eficazmente comparado ao cianeto. A extração de ouro de tiosulfato a partir de alguns minérios de óxido pode ser mínima. Visto que os minérios de óxido não contêm sulfetos (ou têm teores muito baixos de sulfeto), a natureza refratária não pode ser mitigada da mesma maneira que os minérios de sulfeto (por exemplo, por torrefação, bio-oxidação ou oxi-

dação por pressão).

[005] Há uma necessidade de um método de lixiviação de tiosulfato para direcionar a natureza refratária de certos minérios de óxido no sistema de lixiviar tiosulfato.

SUMÁRIO

[006] Esta e outras necessidades são direcionadas pelos vários aspectos, modalidades e configurações da presente descrição. A revelação é direcionada, de modo geral, ao pré-tratamento de materiais que contêm metal precioso antes da lixiviação de metal precioso de tiosulfato.

[007] Um processo de pré-tratamento pode incluir as etapas de:

[008] (a) colocar em contato um material que contém metal precioso com carbono e um oxidante (por exemplo, um gás que contém oxigênio molecular) para formar uma pasta fluida pré-tratada;

[009] (b) opcionalmente, remover o carbono da pasta fluida pré-tratada para formar uma pasta fluida desprovida de carbono (por exemplo, que tenha substancialmente menos carbono que a pasta fluida pré-tratada); e

[0010] (c) colocar a pasta fluida pré-tratada ou a pasta fluida desprovida de carbono em contato com o tiosulfato para lixiviar um metal precioso do material pré-tratado que contém metal precioso.

[0011] O metal precioso, por exemplo, pode ser ouro.

[0012] Se o carbono é removido ou não depende do tamanho de partícula do carbono empregada. Quando o carbono grosso é empregado, o carbono é tipicamente removido antes da lixiviação de tiosulfato. Quando o carbono fino é empregado, o carbono tipicamente não é removido antes da lixiviação de tiosulfato.

[0013] O carbono conformado finamente pode entrar em contato com o material que contém metal precioso tanto separadamente após o esmerilhamento do material ou antes e/ou durante o esmerilhamen-

to. No último caso, as partículas de carbono podem ser grosseiramente conformadas, mas são esmerilhadas em uma distribuição de tamanho fina do material que contém metal precioso esmerilhado.

[0014] Antes da lixiviação na etapa (c), o material que contém metal precioso pode ser substancialmente livre de contato com o tiosulfato. Declarado de modo diferente, o material de pasta fluida que contém metal precioso, antes e durante a etapa (a), tipicamente inclui menos de 0,005, mais tipicamente, não mais que cerca de 0,0025w e, ainda mais tipicamente, não mais que cerca de 0,001 tiosulfato molar. Em algumas aplicações, nenhum tiosulfato, ou outro lixiviante, é colocado em contato com o material que contém metal precioso antes ou durante o pré-tratamento na etapa (a).

[0015] O material que contém metal precioso pode ser tratável para lixiviação de cianeto (e, portanto, não é refratário a cianeto), mas não para a lixiviação de tiosulfato (isto é, o material é um material que contém metal precioso refratário a tiosulfato). Em outras palavras, a lixiviação de metais preciosos a partir do material que contém metal precioso por cianeto pode ser mais eficaz que a lixiviação de metal precioso por tiosulfato. Mesmo quando a lixiviação do material que contém metal precioso tem recuperações de metal precioso similares com o uso tanto de cianeto quanto de tiosulfato como o lixiviante, o processo de pré-tratamento pode aprimorar adicionalmente a recuperação do metal precioso por tiosulfato. O material que contém metal precioso pode ou não ser concentrado. De modo geral, o metal precioso está em uma matriz que é predominantemente um ou mais óxidos. A título de exemplo, o material que contém metal precioso pode conter mais óxidos que sulfetos.

[0016] A pasta fluida antes do pré-tratamento e a pasta fluida pré-tratada podem ter, cada, um pH de cerca de pH 3 ou maior (e, em alguns casos, cerca de pH 7 ou maior); um potencial de redução de oxi-

dação durante pré-tratamento que alcança cerca de 100 até cerca de 600 mV (eletrodo Ag/AgCl); e/ou uma taxa de contato de um a gás que contém oxigênio molecular com a pasta fluida durante o pré-tratamento de cerca de 0,10 L O₂/l de pasta fluida/min ou maior.

[0017] De modo geral, uma razão de peso de material contendo metal precioso para carbono está na faixa de cerca de 50:1 até cerca de 1:0,01, mas o teor de carbono empregado em uma aplicação depende do tamanho de partícula de carbono. Uma razão de peso do material contendo metal precioso para carbono conformado grosseiramente alcança comumente cerca de 1:5 até cerca de 1:0,01 e, mais comumente, cerca de 1:3 até cerca de 1:0,5. Uma razão de peso do material contendo metal precioso para carbono conformado finamente alcança comumente cerca de 1:1 até cerca de 50:1 e, mais comumente, cerca de 10:1 até cerca de 30:1.

[0018] O processo de pré-tratamento pode ser executado mediante condições ambientes (temperatura ambiente e pressão atmosférica) em menos de 24 horas. Aumentar a temperatura do processo pode aprimorar adicionalmente a recuperação de ouro e/ou a cinética do pré-tratamento.

[0019] O carbono é normalmente removido da pasta fluida pré-tratada por peneiração, que, de modo geral, exige cerca de 95% ou mais, e, ainda mais comumente, cerca de 98% ou mais do carbono a ser retido na peneira, embora cerca de 90% ou mais e, mais comumente, cerca de 95% ou mais do material que contém metal precioso passe através da peneira. Os tamanhos de partícula P₈₀, médio, mediano e de modo do carbono e material que contém metal precioso são selecionados para produzir pelo menos esses níveis de separação.

[0020] Após a separação de carbono, a pasta fluida de descarga do processo de pré-tratamento pode ser avançada diretamente para a lixiviação de tiosulfato. A pasta fluida desprovida de carbono pode ser

colocada em contato com o tiosulfato na ausência substância de ajuste de pH e/ou de ajuste de densidade de pasta fluida. Como exemplo, um pH da pasta fluida desprovida de carbono é ajustado, comumente, para não mais do que cerca de pH 0,1, e a densidade da pasta fluida para não mais do que cerca de 5%.

[0021] A presente revelação pode fornecer inúmeras de vantagens, dependendo da configuração particular. Os minérios de óxido de pré-tratamento na água oxigenada na presença de carbono ativado ou outros materiais à base de carbono pode aprimorar, de modo significativo, a recuperação de ouro por lixiviação de tiosulfato. O processo pode ter um custo de operação baixo e fornecer um método de pré-tratamento direto para minérios de óxido a ser seguido por lixiviação de tiosulfato de ouro. O atrito, devido à mistura da pasta fluida, é comumente a única causa para perda de carbono, e pode ser minimizado pela engenharia adequada dos agitadores e reatores. O material à base de carbono pode ser reciclado e reutilizado, o que desse modo, diminui os custos de operação. O ar não dispendioso (ou o gás oxigênio mais dispendioso) é o único reagente consumido, o que, desse modo, faz com que a economia do processo muito atrativa.

[0022] Essas e outras vantagens serão evidentes a partir da revelação dos aspectos, das modalidades e das configurações contidos no presente documento.

[0023] Conforme usado no presente documento, "pelo menos um", "um ou mais" e "e/ou" são expressões abertas que são tanto conjuntivas quanto disjuntivas em operação. Por exemplo, cada uma das expressões "pelo menos um dentre A, B e C", "pelo menos um dentre A, B ou C", "um ou mais dentre A, B e C", "um ou mais dentre A, B ou C" e "A, B e/ou C" significa A sozinho, B sozinho, C sozinho, A e B juntos, A e C juntos, B e C juntos ou A, B e C juntos. Quando cada um dentre A, B, e C, nas expressões acima, se refere a um elemento, tal como X,

Y, e Z, ou classe de elementos, tal como X_1 - X_n , Y_1 - Y_m , e Z_1 - Z_o , a expressão é intencionada a se referir a um único elemento selecionado dentre X, Y, e Z, uma combinação de elementos selecionados a partir da mesma classe (por exemplo, X_1 e X_2), assim como uma combinação de elementos selecionados a partir de duas ou mais classes (por exemplo, Y_1 e Z_o).

[0024] O termo "um" ou "uma" entidade se refere a uma ou mais daquela entidade. Sendo assim, os termos "um" (ou "uma"), "um ou mais" e "pelo menos um" podem ser usados de modo intercambiável no presente documento. Também se deve notar que os termos "que compreende", "que inclui" e "que tem" podem ser usados de modo intercambiável.

[0025] O termo "carbono ativado" é uma de carbono processado para ser repleto com poros pequenos, de baixo volume que aguentar a área de superfície disponível para a absorção ou reações químicas. O carbono ativado pode ser granular, extrudido, em conta, impregnado, e/ou coberto com polímero.

[0026] O termo "carbono" inclui um material orgânico que contém carbono, tal como um ou mais de carbono ativado (ou carvão ativado de lenha ou carvão ativado), carvão (por exemplo, turfa, lignito, carvão sub-bituminoso, carvão bituminoso, carvão para caldeiras a vapor, antiracito e grafite), linhito, cóque, carbono duro derivado de cascas de coco ou carbono elementar, uma resina calcinada, e misturas dos mesmos.

[0027] Deve-se compreender que o termo "meios", conforme usado no presente documento, deve ter sua interpretação o mais amplo possível, em concordância com 35 U.S.C., Seção 112, Parágrafo 6. Em conformidade, uma reivindicação que incorpora o termo "meios" deve cobrir todas as estruturas, materiais ou atos apresentados no presente documento, e todos os equivalentes dos mesmos. Adicional-

mente, as estruturas, os materiais ou atos e os equivalentes dos mesmos devem incluir todos aqueles descritos no sumário da invenção, breve descrição dos desenhos, descrição detalhada, resumo e nas reivindicações em si.

[0028] O termo "metal precioso" se refere a ouro e prata.

[0029] Um material que contém metal precioso "refratário a tiosulfato" é um material em que pelo menos parte do material que contém metal precioso é naturalmente resistente à recuperação por lixiviação de tiosulfato. A recuperação de minérios refratários de tiosulfato pode ser aumentada pelo pré-tratamento antes da lixiviação de tiosulfato, ou pelo emprego de lixiviação de cianeto.

[0030] A menos que notado ao contrário, todos os componentes ou níveis de composição estão em referência à porção ativa daquele componente ou daquela composição, e são exclusivos de impurezas, por exemplo, solventes residuais ou subprodutos, os quais podem estar presentes em fontes disponíveis comercialmente de tais componentes ou composições.

[0031] Todas as porcentagens e razões são calculadas por peso da composição total, exceto se indicado o contrário.

[0032] Deve-se entender que é presumido que toda limitação numérica máxima fornecida através dessa revelação inclua toda e qualquer limitação numérica mais baixa como uma alternativa, como se tais limitações numéricas mais baixas estivessem expressamente escritas no presente documento. Presume-se que toda limitação numérica mínima fornecida através da presente revelação inclua toda e qualquer limitação numérica mais alta como uma alternativa, como se tais limitações numéricas mais altas fossem expressamente escritas no presente documento. Presume-se que toda faixa numérica fornecida através da presente revelação inclua toda e qualquer faixa numérica mais estreita que esteja dentro de tal faixa numérica mais ampla, como

se tais faixas numéricas mais estreitas fossem todas expressamente escritas no presente documento. A título de exemplo, a frase de cerca de 2 até cerca de 4 inclui o número inteiro e/ou as faixas integrais de cerca de 2 até cerca de 3, de cerca de 3 até cerca de 4, e cada faixa possível com base nos números reais (por exemplo, irracionais e/ou racional), tal como de cerca de 2,1 até cerca de 4,9, de cerca de 2,1 até cerca de 3,4, e assim em diante.

[0033] O precedente é um sumário simplificado da revelação para fornecer uma compreensão de alguns aspectos da revelação. O presente sumário não é nem uma sobrevista extensiva nem exaustiva da revelação e seus vários aspectos, modalidades e configurações. Não se pretende identificar elementos chave ou críticos da revelação nem delinear o escopo da revelação, mas apresentar conceitos selecionados da revelação de forma simplificada como uma introdução à descrição mais detalhada apresentada abaixo. Conforme será constatado, outros aspectos, modalidades e configurações da revelação são possíveis com o uso, sozinho ou em combinação, de uma ou mais das características apresentadas acima ou descritas detalhadamente abaixo. Além disso, embora a revelação seja apresentada em termos de modalidades exemplificativas, deve-se apreciar que os aspectos individuais da revelação podem ser reivindicados separadamente.

BREVE DESCRIÇÃO DOS DESENHOS

[0034] O desenho anexo é incorporado em e forma uma parte do relatório descritivo para ilustrar diversos exemplos da presente revelação. Esse desenho, junto com a descrição, explica os princípios da revelação. O desenho ilustra de modo simples os exemplos preferenciais e alternativos de como a revelação pode ser produzida e usada, e não de ser interpretado como limitando a revelação apenas aos exemplos ilustrados e descritos. As características e vantagens adicionais se tornarão mais evidentes a partir da descrição mais detalhada dos

vários aspectos, modalidades, e configurações da revelação a seguir, conforme ilustrado pelos desenhos referenciados abaixo.

[0035] A Figura 1 é um esquema de fluxo de processo de acordo com uma modalidade da revelação.

DESCRIÇÃO DETALHADA

VISÃO GERAL

[0036] A presente revelação fornece um processo para materiais contendo metal precioso de pré-tratamento. O processo pode ser realizado antes da lixiviação de tiosulfato, e aprimorar a recuperação do metal precioso total dos materiais que contêm metal precioso refratários de tiosulfato. O pré-tratamento é feito com a mistura de uma pasta fluida que contém o material que contém metal precioso, água, um material à base de carbono e oxigênio molecular dissolvido (como o reagente oxidante) por um tempo de residência predeterminado.

[0037] O material contendo metal precioso pode ser um minério de óxido, concentrado, escombrelas, resíduo de lixívia, calcinado, e outros materiais de óxido contendo metal precioso. Os minérios de óxido contendo metal precioso típicos e concentrados podem conter silicatos, fosfatos, óxidos de ferro e hidróxidos, e níveis relativamente baixos de sulfetos residuais.

[0038] No processo de pré-tratamento, o material contendo metal precioso é misturado, em um tanque de agitação, depósito ou outro reator adequado, com o material à base de carbono, tal como carbono ativado, e água para formar a pasta fluida. O oxigênio molecular é tipicamente colocado em contato por agitação com a pasta fluida. O oxigênio molecular pode ser suprido por uma fonte adequada, tal como ar, ar enriquecido com oxigênio ou oxigênio purificado industrialmente, com ar ambiente sendo preferencial. O processo pode ser executado em qualquer fonte de água, tanto água não tratada quanto água de processo relativamente limpa. Outros reatores adequados, tais como

colunas de pulso, podem ser qualquer reator com a capacidade de misturar adequadamente o carbono, o material de pasta fluida que contém metal precioso e gás.

[0039] As condições de reação próprias podem fornecer cinética relativamente alta. Tipicamente, o processo de pré-tratamento é conduzido em pressão e temperatura atmosféricas, ainda que o uso de uma temperatura de operação maior (por exemplo, tipicamente cerca de 35 °C ou maior e, mais tipicamente, cerca de 50 °C ou maior) possa fornecer cinética de reação aprimorada. O pH da pasta fluida é tipicamente cerca de pH 7 ou maior, mais tipicamente, cerca de pH 8 ou maior e, ainda mais tipicamente, cerca de pH 9 ou maior. O potencial de redução de oxidação ("ORP") da pasta fluida é tipicamente maior que cerca de 100 mV e, mais tipicamente, maior que cerca de 200 mV, e tipicamente menos que cerca de 750 mV e, mais tipicamente, menos do que cerca de 500 mV (eletrodo Ag/AgCl). A taxa de agitação do oxigênio molecular através da pasta fluida durante pré-tratamento, tipicamente, de 0,05 até cerca de 5 alcança cerca, e, mais tipicamente, de cerca de 0,10 até cerca de 2,5 L O₂/l de pasta fluida/min. O tempo de residência da pasta fluida no recipiente de mistura, tipicamente, alcança mais que cerca de 1 hora até cerca de 24 horas, dependendo da temperatura, da concentração de oxigênio dissolvida na solução e do tipo de minério. Finalmente, as condições de pré-tratamento, particularmente, o tempo e a temperatura do processo de pré-tratamento, a dosagem de material à base de carbono e a taxa de adição de oxigênio, são ajustadas para otimizar a recuperação do metal precioso.

[0040] A razão de peso do material à base de carbono para o material contendo metal precioso pode variar dependendo das exigências do minério específico, das próprias propriedades do material à base de carbono e do nível desejado de recuperação do metal precioso. Tipicamente, para o carbono conformado grosseiramente, a razão de peso

do material contendo metal precioso para o material à base de carbono alcança cerca de 1:3 até cerca de 1:0,01 e, mais tipicamente, cerca de 1:3 até cerca de 1:0,1. Uma razão mais típica de peso do material que contém metal precioso para o material à base de carbono conformado grosseiramente é de cerca de 1:0,5. Tipicamente, para o carbono conformado finamente, a razão de peso do material contendo metal precioso para o material à base de carbono alcança comumente cerca de 1:1 até cerca de 50:1 e, mais comumente, cerca de 10:1 até cerca de 30:1. Uma razão mais típica de peso do material que contém metal precioso para o material à base de carbono conformado finamente é de cerca de 20:1. O material à base de carbono não é, de modo geral, consumido no processo de pré-tratamento, e pode ser reciclado e reutilizado, com compensação para o atrito de carbono. O gás oxigênio é comumente o único reagente consumido, ainda que qualquer outro oxidante, incluindo ozônio e um composto de peróxido, tal como peróxido de hidrogênio, podem ser empregados.

[0041] O processo pode ser executado de modo descontínuo ou continuamente, o último sendo preferencial.

[0042] Após o pré-tratamento ser completado, o material à base de carbono pode ser separado, por uma técnica adequada, do material pré-tratado contendo metal precioso na pasta fluida pré-tratada. A separação é, de modo geral, realizada em aplicações com o uso de partículas de carbono conformadas grosseiramente, mas com nenhuma das partículas de carbono conformada finamente. A separação de partícula de carbono conformado grosseiramente pode ser realizada com o uso de diferenças no tamanho de partícula. Para fazer isso de modo eficaz, é exigida normalmente uma diferença de tamanho de partícula considerável entre as partículas conformadas grosseiramente do material à base de carbono e as partículas conformadas mais finamente do material que contém metal precioso. Independentemente da técnica de

separação empregada, o material à base de carbono conformado grosseiramente pode ser reciclado muito vezes para o processo de pré-tratamento.

[0043] As operações improváveis com o uso de partículas de carbono conformadas grosseiramente, as operações com o uso de partículas de carbono conformadas finamente, de modo geral, não separam as partículas de carbono das partículas do material pré-tratado que contém metal precioso. Após a recuperação do metal precioso, as partículas de carbono conformadas finamente são enviadas para as escomboreiras juntamente com o material estéril de metal precioso.

[0044] A pasta fluida pré-tratada pode, portanto, ser alimentada diretamente para o processo de lixiviação de tiosulfato. Nenhuma filtração da pasta fluida antes da lixiviação de tiosulfato é, de modo geral exigida. Dependendo do tipo de minério, a pasta fluida pré-tratada comumente tem o pH maior que cerca de pH 3, mais comumente, maior que cerca de pH 7, e, ainda mais comumente, maior que cerca de pH 8. Em alguns casos, não é exigido nenhum ajuste de pH antes da pasta fluida pré-tratada estar em contato com o lixiviante de tiosulfato para começar a lixiviação. Conforme será apreciado, a lixiviação de tiosulfato é, de modo geral, realizada em um pH de entre cerca de pH 7,5 e pH 10.

[0045] O método da presente invenção é particularmente adequado para o pré-tratamento de minérios de óxido contendo ouro e concentrados, antes da lixiviação de tiosulfato, para aprimorar a recuperação de ouro do processo de lixiviação de tiosulfato. A lixiviação de tiosulfato direta de alguns minérios contendo ouro pode resultar em uma recuperação de ouro insatisfatória, e o pré-tratamento antes do processo de lixiviação pode fornecer um aumento substancial na recuperação de ouro.

PRÉ-TRATAMENTO DE METAL PRECIOSO EXEMPLIFICATIVO E

PROCESSO DE RECUPERAÇÃO

[0046] **A Figura 1** é um fluxograma esquemático exemplificativo que revela as operações de unidade de pré-tratamento de minério de óxido contendo ouro antes da lixiviação de tiosulfato. O processo, de modo geral, pré-trata o minério contendo ouro com um material à base de carbono (por exemplo, carbono ativado) em água oxigenada, opcionalmente, remove o material à base de carbono após pré-tratamento, e alimenta a pasta fluida pré-tratada diretamente para o processo de lixiviação de tiosulfato. Ainda que discutido com referência aos minérios de óxido contendo ouro, o processo pode ser aplicado a qualquer tipo de material contendo metal precioso.

[0047] Com referência à **Figura 1**, o material contendo metal precioso 100 é misturado, na etapa 116, com água 104 na unidade de misturador (não mostrada) para formar uma pasta fluida para ser pré-tratada. Ainda que nenhum ajuste de pH seja, de modo geral, exigido, a necessidade do ajuste de pH depende da composição de material e da razão de material, água e carbono na pasta fluida. O pH pode aumentar durante o pré-tratamento. O pH inicial pode ser ácido ou básico, dependendo da aplicação. Por exemplo, o pH inicial comumente alcança cerca de pH 3 até cerca de pH 9. Um aumento no pH, tipicamente para um pH final de cerca de pH 7 até cerca de pH 10 e, mais tipicamente, de cerca de pH 7 até cerca de pH 9, foi observado, o que pode permitir que a lixiviação de tiosulfato proceda sem nenhum (ou na ausência de) ajuste de pH antes do contato do lixiviante de tiosulfato 132 com o material pré-tratado contendo metal precioso.

[0048] Na etapa 116, o material à base de carbono fresco e/ou reciclado 128 e um oxidante 198 (por exemplo, oxigênio molecular/ ar ou ar enriquecido) são colocados em contato com a pasta fluida na unidade de misturador. O misturador comumente mistura os vários constituintes da pasta fluida na temperatura ambiente e na pressão atmosférica.

rica em uma condição oxigenada. O oxidante 108 pode ser suprido pelo uso de ar, ar enriquecido com oxigênio ou oxigênio puro, e a porção não reagida do gás oxidante pode ser ventilada como efluente gasoso 112. O tempo de residência da pasta fluida na unidade de misturador depende do tipo de material, e pode alcançar cerca de 1 hora até cerca de 24 horas.

[0049] Em uma configuração, o material à base de carbono é triturado com o material contendo metal precioso antes do pré-tratamento. Nesse evento, uma distribuição de tamanho do material contendo metal precioso triturado pode ser substancialmente a mesma que a distribuição de tamanho do carbono triturado.

[0050] Na etapa opcional 124, a maioria, ou todo, do material à base de carbono conformado grosseiramente é removida da (por exemplo, peneirada para fora da) pasta fluida pré-tratada 120 para formar um material com base em pasta fluida desprovida de carbono 136. Conforme notado, a remoção do material à base de carbono conformado grosseiramente por peneiração na unidade de peneira de material à base de carbono (não mostrada) é particularmente eficaz quando há uma diferença de tamanho considerável entre o material à base de carbono conformado grosseiramente e outras fases sólidas na pasta fluida pré-tratada 120. A peneiração pode, tipicamente, remover 95% ou mais do carbono conformado grosseiramente da pasta fluida pré-tratada. O material à base de carbono conformado grosseiramente feito peneiração 128 pode ser reciclado diretamente de volta para a etapa de pré-tratamento 116 e introduzido na unidade de misturador, tipicamente, sem exigir lavagem ou processamento adicionais. A lavagem ácida ou básica pode ser realizada se exigida ou desejada.

[0051] A pasta fluida desprovida de material à base de carbono 136, ou a pasta fluida pré-tratada 120, conforme pode ser o caso, é avançada para a etapa de recuperação do metal precioso 140, em que

a pasta fluida 136 ou 120 é colocada em contato com um lixiviante de tiosulfato para lixiviar ou dissolver a maioria do metal precioso do material contendo metal precioso. Os metais preciosos dissolvidos podem ser recuperados por técnicas conhecidas, tais como resina-em-lixívia, cementação, precipitação, eletrólise, absorção de carbono e similares, para formar um produto de metal precioso 144.

[0052] A densidade da polpa de sólidos (que incluem o material contendo metal precioso e material à base de carbono) na unidade de misturador pode ser projetada para alcançar a densidade da polpa sólida exigida para a lixiviação de tiosulfato com ou sem a remoção do material à base de carbono 128. O material com base em pasta fluida desprovida de carbono 136 pode, portanto, ser alimentado diretamente para a lixiviação de tiosulfato, sem ser necessário qualquer filtragem ou adição de água.

EXPERIMENTAL

[0053] Os exemplos a seguir são fornecidos para ilustrar certos aspectos, modalidades e configurações da revelação, e não devem ser interpretados como limitações na revelação, conforme apresentado nas reivindicações anexas. Todas as partes e porcentagens são por peso, exceto se especificado o contrário.

EXEMPLO 1: RECUPERAÇÃO DE OURO DE LINHA DE BASE COM A LIXIVIAÇÃO DE TIOSSULFATO E DE CIANETO

[0054] Três amostras diferentes de minério de óxido que contêm ouro (P_{80} of 80 μm) foram lixiviadas com tiosulfato. A lixiviação foi conduzida em pH 8, ajustada com hidróxido de cálcio, por 24 horas a 50 °C com o uso de 0,1M de tiosulfato de cálcio, 50 ppm Cu, 0,5 – 1L/min de ar e 20 ml/l de resina. Nenhum pré-tratamento foi executado nas amostras.

[0055] Um segundo conjunto das amostras foi lixiviado com o uso do processo de pré-tratamento de carbono-em-lixívia de cianeto. **A**

Tabela 2 sumariza a composição dos minérios e da recuperação de ouro resultados da lixiviação de tiosulfato em cada amostra. A recuperação de ouro das amostras A e B é muito baixa, e a recuperação de ouro da amostra C é de aproximadamente 71%.

[0056] Conforme mostrado na Tabela 1, os minérios são razoavelmente similares em natureza e, além disso, o oxigênio e o silício contêm outros compostos:

TABELA 1

Elemento	Unidades	Amostra A	Amostra B	Amostra C
Ouro	g/t	17,86	4,75	7,45
Cálcio	% em peso	0,279	0,922	8,413
Magnésio	% em peso	0,039	0,043	1,559
Ferro	% em peso	1,719	0,842	0,965
Óxidos Totais	% em peso	>95	>95	>95
Carbono Total	% em peso	< 2	< 2	< 2

[0057] A Tabela 2 mostra a recuperação de ouro por lixiviação de tiosulfato e cianidação.

TABELA 2

Método de Lixiviação de Ouro:	Amostra A % de recuperação	Amostra B % de recuperação	Amostra C % de recuperação
Lixiviação de Tiosulfato	22,7	26,4	70,7
Lixiviação de Cianeto	92,2	73,4	69,3

[0058] Conforme é demonstrado acima, a recuperação de ouro por tiosulfato é, em alguns casos, significativamente mais baixa que a alcançada por cianidação.

EXEMPLO 2: O EFEITO DE PRÉ-TRATAMENTO DE CARBONO NA RECUPERAÇÃO DE OURO NA LIXIVIAÇÃO DE TIOSSULFATO

[0059] As mesmas três amostras de minério de óxido do **Exemplo 1** foram pré-tratadas com carbono ativado em água oxigenada em

temperatura e pressão atmosféricas por 24 horas. A razão de peso do minério para o carbono ativado foi de 2:1 em todos os três testes. A densidade da polpa sólida total (inclusiva de minério e carbono ativado) da pasta fluida no processo de pré-tratamento foi de cerca de 45%, o que resultou, após a separação de carbono, na densidade da polpa sólida de 35% em pasta fluida de água de minério. O gás oxigênio exigido foi suprido pela agitação da pasta fluida por meio de gás oxigênio purificado industrialmente com a taxa de agitação de 0,5 L O₂/l de pasta fluida/min. O potencial de redução de oxidação ("ORP") da pasta fluida durante o pré-tratamento foi maior que cerca de 100mV e menos que cerca de 500 mV Ag/AgCl. Conforme será apreciado, o ORP empregado depende do tipo de minério e da compensação de pasta fluida.

[0060] O carbono ativado foi peneirado fora da pasta fluida pré-tratada, e as pastas fluidas lixiviadas com o tiosulfato, conforme descrito no Exemplo 1. Os resultados da recuperação de ouro do processo de lixiviação estão presentes na Tabela 3:

TABELA 3

Método de Lixiviação de Ouro	Amostra A % de recuperação	Amostra B % de recuperação	Amostra C % de recuperação
Lixiviação de Tiosulfato	22,7	26,4	70,7
Pré-tratamento de Carbono e Lixiviação de Tiosulfato	86,2	71,1	80,2
Lixiviação de Cianeto	92,2	73,4	69,3

[0061] recuperação de ouro por lixiviação de tiosulfato após o uso do processo de pré-tratamento de carbono. A amostra A não atinge a recuperação observada com a lixiviação de cianeto. A amostra B mos-

tra uma recuperação similar à lixiviação de cianeto. A amostra C mostra uma melhor recuperação que com a lixiviação de cianeto

EXEMPLO 3: PRÉ-TRATAMENTO COM APENAS OXIGÊNIO

[0062] Os mesmos testes do **Exemplo 2** foram repetidos nos mesmos minérios, entretanto, nenhum carbono foi adicionado ao processo de pré-tratamento (isto é, o minério foi misturado à água oxigenada). A recuperação de ouro final das amostras foi muito similar àqueles do **Exemplo 1**. Em outras palavras, o pré-tratamento sem o material à base de carbono não tem efeito benéfico na recuperação de ouro por lixiviação de tiosulfato.

EXEMPLO 4: DURAÇÃO DE PRÉ-TRATAMENTO

[0063] A amostra B do **Exemplo 2** foi pré-tratada e lixiviada com os processos idênticos àqueles do **Exemplo 2**, exceto que o pré-tratamento foi conduzido por 6 horas, ao invés de 24 horas. A diminuição da duração de pré-tratamento de 24 horas para 6 horas diminuiu a recuperação de ouro de 71,1% para 60,7%.

EXEMPLO 5: REPERCUSSÃO DA CONCENTRAÇÃO DE OXIGÊNIO

[0064] Vários gases que contêm oxigênio, tais como gás oxigênio puro, ar ou ar enriquecido com oxigênio, podem ser usados para oxigenação. A amostra de minério A foi pré-tratada da mesma maneira que descrita no **Exemplo 2**, com a exceção de que o oxigênio foi suprido como (i) gás oxigênio puro e (ii) ar. Seguindo o pré-tratamento, a lixiviação de tiosulfato foi realizada conforme descrito no **Exemplo 1**. A recuperação de ouro foi de 86,2% quando o pré-tratamento foi realizado com oxigênio e 81,4% quando o mesmo foi realizado com ar.

EXEMPLO 6: EFEITO DA TEMPERATURA DE PRÉ-TRATAMENTO

[0065] Duas amostras de minério contendo ouro de óxido (> 95% óxidos, < 1% Fe, < 2% carbono, e 18,5 ppm Au) foram pré-tratadas com carbono ativado em água oxigenada na pressão atmosférica por 24 horas. A razão de peso do minério para o carbono ativado foi de 2:1

em todos os três dos testes. A densidade da polpa sólida total (inclusive de minério e carbono ativado) do processo de pré-tratamento foi de cerca de 45%, o que resultou na densidade da polpa sólida de 35% em pasta fluida de água de minério após a separação de carbono. Uma amostra foi pré-tratada a 25 °C e a outra a 50 °C. As recuperações de ouro obtidas após o pré-tratamento a 25 e 50 °C foram de 80,8% e 82,2%, respectivamente. A recuperação de ouro do minério, sem o pré-tratamento (isto é, a lixiviação de tiosulfato direta do minério), foi apenas de 44,7%.

EXEMPLO 6: EFEITO DO TAMANHO DE PARTICULADO DE CARBONO

[0066] Uma série de testes foi conduzida na mesma amostra de minério. Um teste de linha de base com o uso de técnicas de cianidação de carbono padrão em lixívia (CIL) rendeu uma extração de ouro de 90,1%. A lixiviação do mesmo minério com o uso de solução de tiosulfato (0,1M tiosulfato de cálcio, 50 ppm Cu, 0,5 – 1l/min de ar e 20 cc/l de resina, pH ajustado com hidróxido de cálcio) rendeu uma recuperação de ouro de 57,4% após vinte e quatro horas de lixiviação.

[0067] Em três testes dentre seis, a amostra foi pré-tratada em um 1 litro de água por 6 horas na presença de carbono grosso ativado e/ou carbono ativado finamente esmerilhado. O carbono grosso ativado foi separado do minério antes da lixiviação de tiosulfato, enquanto que o carbono finamente esmerilhado permaneceu com o minério durante a lixiviação. Todos os regimes de adição de carbono aumentam a extração de ouro de tiosulfato acima da linha de base de 57,4%. O maior aprimoramento da extração de ouro ocorre quando o minério é pré-tratado com o carbono grosso ativado em um minério para a razão de carbono de 2:1 (82,9%). A alta extração de ouro (81,8%) também ocorre quando a amostra é pré-tratada com o carbono finamente esmerilhado em um minério para a razão de carbono de 20:1. Isso indica

que, quando o carbono finamente esmerilhado é adicionado, é exigida uma menor quantidade de carbono para aprimorar a recuperação de ouro. O carbono fino pode ser adicionado separadamente ou intermerilhado com o minério.

TABELA 4

Teste nº	Descrição do teste	% de Extração de Ouro
1	Lixiviação de cianeto CIL	90,1
2	Lixiviação de Tiosulfato	57,4
3	Pré-tratamento de 150 g de minério com 75 g de carbono grosso ativado, seguido de lixiviação de tiosulfato	82,9
4	Pré-tratamento de 150 g de minério com 1,5 g de carbono esmerilhado ativado, seguido de lixiviação de tiosulfato	75,6
5	Pré-tratamento de 150 g de minério com 7,5 g de carbono esmerilhado ativado, seguido de lixiviação de tiosulfato	81,8
6	Pré-tratamento de 150 g de minério com 15 g de carbono esmerilhado ativado, seguido de lixiviação de tiosulfato	79,0

[0068] Uma série de variações e modificações da revelação pode ser usada. Seria possível permitir algumas características da revelação sem fornecer outras.

[0069] Por exemplo, ainda que o carbono conformado grosseiramente seja preferencial para evitar a necessidade de adicionar continuamente o carbono na pasta fluida e para permitir o reciclo de carbono em um modo de operação contínuo, o carbono finamente conformado pode ser usado. Quando usar carbono fino, o carbono pode não apenas ser introduzido no estágio de pré-tratamento, mas também adicionado no estágio de esmerilhamento para esmerilhar o material de alimentação contendo metal precioso e carbono juntos para formar uma alimentação que contém metal precioso e que contém carbono

combinada para o estágio de pré-tratamento. Com o uso de carbono fino, desse modo, pode-se reduzir a quantidade de carbono consumido para menos de 1 parte de carbono e 2 partes de material de alimentação que contém metal precioso. O oxidante pode ser adicionado durante o esmerilhamento ou após o efeito do pré-tratamento.

[0070] A presente descrição, em vários aspectos, modalidades e/ou configurações, inclui componentes, métodos, processos, sistemas e aparelhos substancialmente conforme mostrado e descrito no presente documento, incluindo vários aspectos, modalidades, configurações, subcombinações e subconjuntos dos mesmos. Aqueles versados na técnica compreenderão como produzir e usar os vários aspectos, aspectos modalidades e configurações após compreender a presente descrição. A presente descrição, em vários aspectos, modalidades e configurações, inclui fornecer dispositivos e processos na ausência de itens não mostrados e/ou descritos aqui ou em vários aspectos, modalidades e configurações dos mesmos, incluindo na ausência de tais itens, conforme pode ter sido usado em dispositivos prévios ou processos, por exemplo, para melhorar o desempenho, alcançar facilidade e/ou redução de custo da implantação.

[0071] A descrição anteriormente mencionada da revelação foi apresentada para propósitos de ilustração e descrição. O precedente não é destinado a limitar a descrição à forma ou às formas apresentadas no presente documento. Na Descrição Detalhada precedente, por exemplo, várias características da descrição são agrupadas em um ou mais aspectos, modalidades e configurações para fins de simplificação da descrição. As características dos aspectos, modalidades e configurações da descrição podem ser combinadas em aspectos, modalidades e configurações alternados diferentes daqueles discutidos acima. O presente método de descrição não deve ser interpretado como refletindo uma intenção de que a revelação reivindicada exija mais caracte-

rísticas do que são expressamente citadas em cada reivindicação. Em vez disso, conforme refletido nas reivindicações a seguir, os aspectos inventivos estão em menos que todas as características de um único dos aspectos, modalidades e configurações apresentados anteriormente. Portanto, as reivindicações a seguir estão aqui incorporadas nesta Descrição Detalhada, sendo que cada reivindicação vale por si só como uma modalidade preferida separada da revelação.

[0072] Além disso, embora a descrição da revelação tenha incluído a descrição de um ou mais aspectos, modalidades ou configurações e certas variações e modificações, outras variações, combinações e modificações estão no escopo da descrição, por exemplo, conforme pode estar na habilidade e conhecimento daqueles versados na técnica após compreenderem a presente descrição. Pretende-se obter direitos que incluam aspectos, modalidades e/ou configurações alternativos à extensão permitida, incluindo estruturas, funções, faixas ou etapas alternadas, intercambiáveis e equivalentes àquelas reivindicadas, estejam ou não tais estruturas, funções, faixas ou etapas alternativas, intercambiáveis e/ou equivalentes descritas no presente documento, e sem intenção de publicamente dedicar qualquer matéria patenteável.

REIVINDICAÇÕES

1. Método para pré-tratamento de material contendo metal precioso, caracterizado pelo fato de que compreende:

colocar um material contendo metal precioso refratário a tiosulfato em contato com carbono e um oxidante para formar uma pasta fluida pré-tratada compreendendo um material pré-tratado contendo metal precioso; e

colocar a pasta fluida pré-tratada em contato com tiosulfato para lixiviar um metal precioso a partir do material pré-tratado contendo metal precioso.

2. Método de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que, na etapa de contato, o material contendo metal precioso refratário a tiosulfato está livre de contato com tiosulfato.

3. Método de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que o material contendo metal precioso refratário a tiosulfato contém mais óxidos que sulfetos.

4. Método de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que a pasta fluida pré-tratada é colocada em contato com tiosulfato na ausência substancial de ajuste de pH e/ou ajuste de densidade de pasta fluida.

5. Método de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que o material contendo metal precioso refratário a tiosulfato compreende:

um material contendo ouro, em que a pasta fluida pré-tratada compreende um material pré-tratado contendo ouro;

em que a colocação do material pré-tratado contendo ouro em contato com tiosulfato lixivia ouro a partir do material pré-tratado contendo ouro.

6. Método de acordo com a reivindicação 5, caracterizado pelo fato de que, na etapa de contato, o material contendo ouro está

livre de contato com tiosulfato.

7. Método de acordo com a reivindicação 5, caracterizado pelo fato de que o material contendo ouro contém mais óxidos que sulfetos.

8. Método de acordo com a reivindicação 5, caracterizado pelo fato de que a pasta fluida pré-tratada é colocada em contato com tiosulfato na ausência substancial de ajuste de pH e/ou ajuste de densidade de pasta fluida.

9. Método de acordo com a reivindicação 5, caracterizado pelo fato de que compreende ainda:

remover o carbono da pasta fluida pré-tratada antes de colocar a pasta fluida pré-tratada em contato com tiosulfato para lixiviar ouro a partir do material pré-tratado contendo ouro.

10. Método de acordo com a reivindicação 5, caracterizado pelo fato de que o oxidante é oxigênio molecular;

em que, antes do pré-tratamento pelo contato do material contendo ouro com carbono e o oxidante, a pasta fluida tem um pH de pelo menos pH 3;

em que, durante o contato do material contendo ouro com carbono e o oxidante, a pasta fluida tem um pH de pH 7 a pH 10 e um potencial de oxidação-redução varia de 100 a 750 mV (eletrodo Ag/AgCl);

em que uma taxa de contato do oxigênio molecular com a pasta fluida durante o contato do material contendo ouro com carbono e o oxidante é de pelo menos 0,10 L de O₂/L de pasta fluida/min; e

em que uma razão em peso do material contendo ouro para carbono está na faixa de 1:3 a 1:0,01.

11. Método de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que o carbono compreende um ou mais dentre um carbono ativado, carvão ativado, coque, carvão, carbono duro derivado de pelo

menos um dentre cascas de coco e carbono elementar, uma resina calcinada, e misturas dos mesmos.

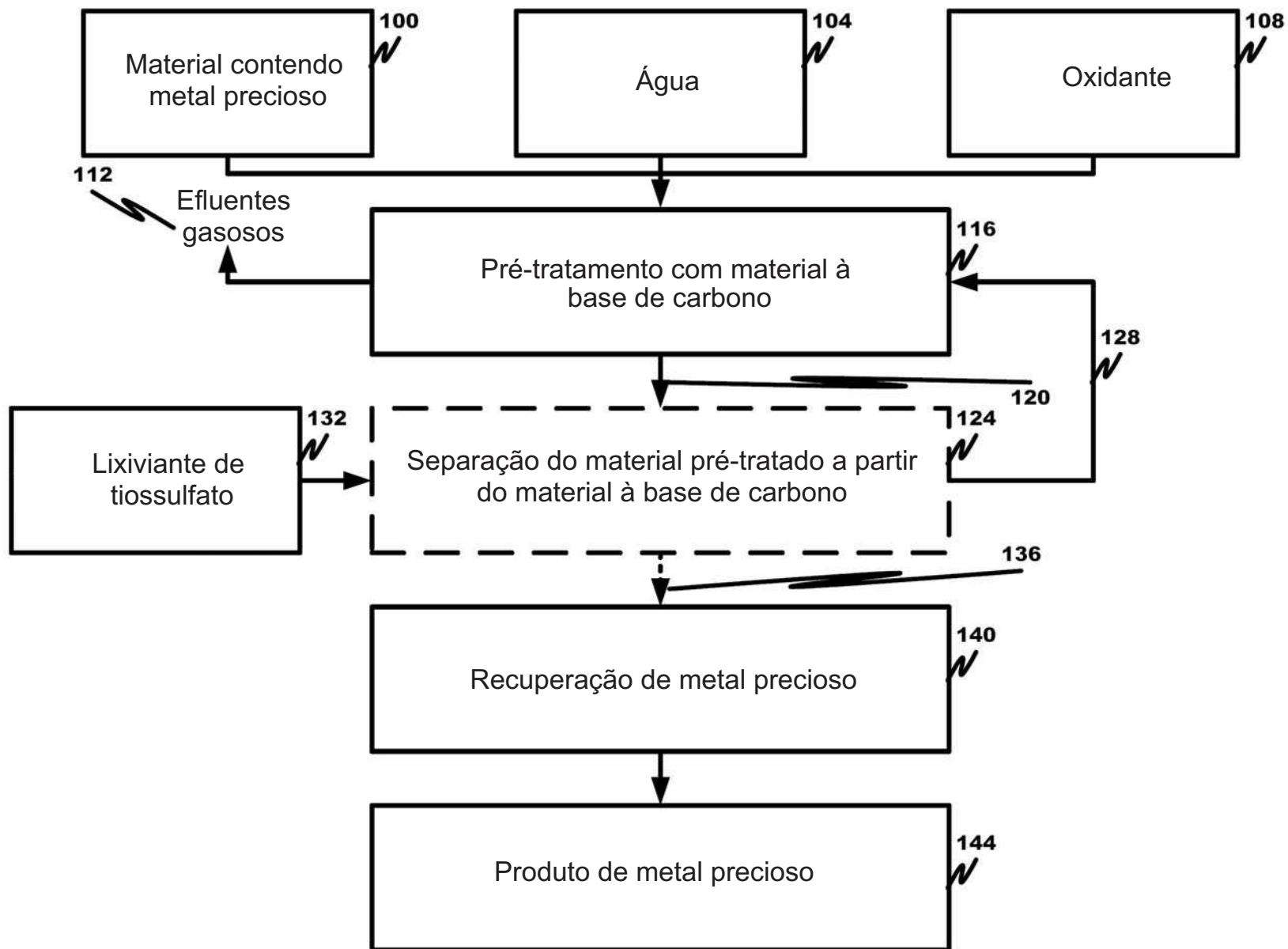


FIG. 1