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

(11) **PI 0611358-3 B1**

BRPI0611358B1

(22) Data de Depósito: 25/04/2006

(45) Data da Concessão: 04/08/2015
(RPI 2326)

(54) Título: MÉTODO PARA A RECUPERAÇÃO DE METAIS PRECIOSOS E ARSÊNIO A PARTIR DE UMA SOLUÇÃO

(51) Int.Cl.: C22B3/20; C22B3/44

(30) Prioridade Unionista: 03/05/2005 FI 20050471

(73) Titular(es): OUTOTEC OYJ

(72) Inventor(es): MÄKINEN, TUULA, NUPPONEN, RAIMO, POIJÄRVI, JAAKKO, ROMPPANEN, JAANA

"MÉTODO PARA A RECUPERAÇÃO DE METAIS PRECIOSOS E ARSÊNIO A PARTIR DE UMA SOLUÇÃO"

CAMPO TÉCNICO DA PRESENTE INVENÇÃO

A presente invenção se refere a um método para o tratamento de material contendo pelo menos um metal precioso e arsênio para formar um sedimento de escorodita (minério de arseniato férrico hidratado) esgotado em metal precioso e uma solução aquosa pura para ser removida a partir do processo. Em concordância com o referido método, os metais preciosos são primeiramente removidos a partir do material a ser tratado e após isso precipitação de arsênio a partir da solução é desempenhada em dois estágios. O objetivo é o da utilização do método para obtenção de um conteúdo de metal precioso tão baixo quanto possível no sedimento de escorodita que irá ser formado. Da mesma maneira, o conteúdo de arsênio e de metal precioso da solução aquosa que é formada durante a precipitação de arsênio também permanece baixo que a água pode ser liberada para o meio ambiente.

PANORAMA DO ESTADO DA TÉCNICA DA PRESENTE INVENÇÃO

Arsênio aparece na natureza em muitas formações diferentes. Arsênio aparece muito comumente com ferro e cobre, mas também com níquel, cobalto, ouro e prata. Arsênio é também a impureza a mais importante para remoção durante a recuperação de metais não ferrosos. Durante processos pirometalúrgicos, a maior parte do arsênio permanece no resíduo de combustão flutuante (cinzas) na caldeira (*boiler*) de calor residual e fornalha elétrica. A

utilização de arsênio não tem crescido em relação para sua recuperação, de maneira que a maior parte de arsênio tem sido armazenada na forma de resíduo (refugo). Na medida em que arsênio e seus compostos são tóxicos, estes têm que ser transformados em uma forma tão parcamente solúvel quanto possível antes que estes venham a ser removidos a partir do processo. Os compostos de arsênio menos solúveis na zona de **pH** neutra são, por exemplo, arsenatos de zinco, de cobre e de chumbo, mas a ligação de arsênio para estes metais preciosos não está sob consideração séria, especificamente devido para o fato do conteúdo de metal precioso que permanece no resíduo. Um método de precipitação de arsênio convencional (rotineiro) que é freqüentemente utilizado é o de precipitar arsênio com ferro como arsenato férrico, o qual é razoavelmente insolúvel. Em particular, a forma cristalina de arsenato férrico, escorodita, $FeAsO_4 \cdot 2H_2O$, é menos solúvel do que sua outra forma, arsenato férrico amorfo.

Um método de recuperação de arsênio está descrito no pedido de patente canadense número **CA 2.384.664**, que apresenta um método para a recuperação de arsênio a partir de uma solução ácida que também contém cobre e ferro divalente e trivalente. Precipitação de arsênio é desempenhada em um estágio, em que o estágio compreende diversos reatores de tanque agitados para os quais ar é passado. A temperatura dos reatores é assegurada na faixa de **60 ^{0}C - 100 ^{0}C** para prevenir a co-precipitação de cobre. De maneira a precipitar o arsenato férrico, um agente de neutralização é alimentado para os reatores, auxiliando a manutenção do valor de **pH** entre **1,5 - 1,9**. O arsenato

férrico precipitado é reciclado para o primeiro reator e compostos de arsenato férrico são alimentados para a solução como sementes. Recuperação de arsenato está conectada para lixiviação de concentrado sulfídico, que acontece por intermédio do ferro trivalente. A solução a partir de lixiviação de concentrado é encaminhada para a remoção de arsênio descrita anteriormente, e a solução deixando remoção de arsênio é encaminhada por sua vez para extração de cobre.

A patente norte americana número **US 6.406.676** descreve um método para remoção de arsênio e de ferro a partir de uma solução ácida que é gerada no tratamento hidrometalúrgico do concentrado. Precipitação de arsênio e de ferro é desempenhada em duas etapas, onde o **pH** é mantido na faixa de **2,2 - 2,8** na primeira etapa de precipitação e entre **3,0 - 4,5** na segunda etapa de precipitação. Cal (óxido de cálcio) é adicionada para ambas as etapas de precipitação e em adição ar é injetado na segunda etapa de precipitação. Cada etapa de precipitação produz seu próprio resíduo de ferro-arsênio, e o resíduo a partir da segunda etapa de precipitação é reciclado para a primeira etapa de precipitação onde qualquer cal não reagida pode ser aproveitada no primeiro estagio de precipitação. O resíduo a partir da segunda etapa de precipitação pode também ser reciclado para o começo da mesma etapa de precipitação para aperfeiçoar a cristalização do resíduo. Em concordância com o exemplo apresentado, o método é aplicável para uma solução contendo zinco e é estabelecido que zinco não é precipitado com o ferro e o arsênio, mas pode ser recuperado depois deste tratamento.

O artigo por *Wang, Q.* e outros intitulado *"Arsenic Fixation in Metallurgical Plant Effluents in the Form of Crystalline Scoridite via a Non-Autoclave Oxidation-Precipitation Process"* (Fixação de Arsênio em Efluentes Metalúrgicos na Forma de Escorodita Cristalina por Intermédio de um Processo de Precipitação-Oxidação sem Autoclave), *Society for Mining Metallrrgy and Exploration, Inc.*, **2.000**, descreve um método para remoção de arsênio a partir de resíduo de combustão flutuante (cinzas), em que arsênio é recuperado como escorodita. O primeiro estágio de tratamento do material contendo arsênio é a oxidação de arsênio trivalente **[As(III)]** em arsênio pentavalente **[As(V)]** com um gás contendo dióxido de enxofre e oxigênio em condições de oxidação, em que arsênio não é precipitado. Depois disto, arsênio é precipitado em condições atmosféricas, em que a proporção molar de **Fe(III)/As(V)** é especificada como **1**. Precipitação é tanto realizada em um ou quanto em diversos estágios, mas precipitação como escorodita demanda a super-saturação da solução, que é conseguida por reciclo de cristais de escorodita para os primeiros reatores de precipitação e simultaneamente neutralizando a suspensão. Uma faixa benéfica de **pH** é em torno de **1 - 2** e esta é mantida por alimentação de um agente de neutralização adequado para o estágio de precipitação. Nestas condições, arsênio pode ser precipitado para o nível de **0,5 g/l**. A remoção de arsênio final para um nível abaixo de **0,1 mg/l** sendo feita por intermédio de um segundo estágio de purificação, em que a proporção molar de ferro e arsênio **Fe(III)/As(V)** é ajustada para um valor em uma faixa de **3 - 5** e o **pH** para um valor

entre **3,5 - 5**. O precipitado amorfo gerado neste estágio é encaminhado de volta para o primeiro estágio de precipitação, onde este se dissolve e se precipita novamente como escorodita. É estabelecido no artigo que se metais preciosos estão presentes na solução, eles podem ser recuperados depois de precipitação de arsênio.

Os testes descritos no artigo mencionado anteriormente determinam um bom entendimento de precipitação de arsênio, mas em todos os testes realizados, precipitação de arsênio foi feita primeiramente e recuperação de metais preciosos posteriormente. A desvantagem destes métodos é a de que metais preciosos solúveis em água se originando a partir de uma solução alcalina permanecem no resíduo de arsenato férrico precipitado a partir da solução contendo metais preciosos, e não podem ser recuperados mesmo depois da lavagem completada.

PRÓPOSITO DA PRESENTE INVENÇÃO

O propósito da presente invenção é o de eliminar as desvantagens que têm aparecido nos métodos descritos anteriormente e, por conseqüência, conseguir uma melhor recuperação de metais preciosos. No método em concordância com a presente invenção, a recuperação dos metais preciosos tal como cobre a partir do material a ser tratado é primeiramente realizada e remoção de arsênio é desempenhada depois disto, de maneira que em adição, a concentração dos metais preciosos e arsênio na solução aquosa a ser removida a partir do processo é feita a um nível tão baixo (rigoroso) que pode ser descarregada para o meio ambiente.

RESUMO DA PRESENTE INVENÇÃO

Os aspectos característicos do método em concordância com a presente invenção estão apresentados nas **reivindicações de patente** acompanhantes.

A presente invenção se refere a um método para o tratamento de material que contém pelo menos um metal precioso e arsênio, e o propósito da presente invenção é o de produzir um resíduo de escorodita que pode ser armazenado, o qual possui um baixo conteúdo de metal precioso, e uma solução aquosa pura que pode ser removida a partir do processo. Uma solução ácida diluída é formada de um material contendo um metal precioso e arsênio e primeiramente pelo menos um metal precioso é removido a partir da solução por intermédio de extração de líquido-líquido e/ou precipitação, depois do que a solução esgotada em metal precioso é encaminhada para remoção de arsênio em **dois** estágios. No primeiro estágio de remoção de arsênio a maior parte do arsênio na solução é precipitada como escorodita $\mathbf{FeAsO_4 \cdot 2H_2O}$ e a solução deixando precipitação é encaminhada para o segundo estágio de precipitação, em que o restante do arsênio é precipitado como arsenato férrico amorfo, que é reciclado para o primeiro estágio de precipitação. O conteúdo de arsênio da solução aquosa removida a partir do estágio de precipitação está na faixa de **0,01 mg/l - 0, 2 mg/l.**

Em concordância com uma concretização preferida da presente invenção, o material contendo um metal precioso e arsênio é o resíduo de combustão flutuante (cinzas) formado no tratamento pirometalúrgico de metais não ferrosos.

Em concordância com uma outra concretização da presente invenção, o material contendo um metal precioso e

arsênio é a calcina (produto resultante do aquecimento de carbonato de cálcio, transformado em cal viva) formada em tratamento pirometalúrgico de metais não ferrosos.

Em concordância com uma concretização da presente invenção, pelo menos algum do ácido diluído utilizado no material de lixiviação que contém um metal precioso e arsênio é o ácido diluído contendo arsênio gerado no tratamento de metais não ferrosos. Tal é, por exemplo, o ácido diluído gerado em gases contendo arsênio de depurador (de lavador) de gás. O ácido é preferivelmente ácido sulfúrico, com uma concentração de **10 g/l - 200 g/l.**

Em concordância com uma concretização preferida da presente invenção, o metal precioso a ser recuperado é cobre.

Em uma concretização em concordância com a presente invenção, a proporção molar de **Fe/As** no primeiro estágio de precipitação de arsênio é ajustada para estar entre **1 - 1,1** e um oxidante é alimentado para o estágio para oxidação do arsênio para pentavalente e do ferro, se necessário, para trivalente, o **pH** do estágio é ajustado entre **1 - 2** e a temperatura para entre **85 ^{0}C - 135 ^{0}C** de maneira a precipitar o arsênio como escorodita. A proporção molar de **Fe/As** é ajustada por intermédio de análise de arsênio e/ou por ajustamento da proporção das correntes de solução. O ajustamento de **pH** é realizado preferivelmente por intermédio de pedra calcária ou cal (óxido de cálcio). A escorodita formada no estágio de precipitação é reciclada para a extremidade dianteira do estágio de precipitação para formar cristais de semente.

A solução de fluxo superior (sobre-fluxo,

sobrenadante) deixando o espessamento do primeiro estágio de precipitação é encaminhado para o segundo estágio de precipitação, em que a proporção molar de **Fe/As** é ajustada para estar acima de **três**, o valor de **pH** para entre **4 - 7** e a temperatura para entre **40 ^{0}C - 60 ^{0}C** de maneira a precipitar o arsênio como arsenato férrico amorfo. A proporção molar de **Fe/As** é ajustada por adição de ferro divalente ou trivalente para o estágio de precipitação e o ajustamento de **pH** é preferivelmente realizado por intermédio de cal (óxido de cálcio).

LISTA DE DESENHOS DA PRESENTE INVENÇÃO

A presente invenção irá ser descrita em maiores detalhes posteriormente, de uma maneira não limitante, para fins de exemplificação, com referência para o **desenho** acompanhante, no qual:

A **Figura 1** apresenta um diagrama do método em concordância com a presente invenção.

A **Figura** é somente uma representação esquemática e a presente invenção não está limitada para esta concretização.

DESCRIÇÃO DETALHADA DA PRESENTE INVENÇÃO

A presente invenção se refere a um método para o tratamento de material contendo um metal precioso e arsênio, por intermédio do que os metais preciosos são primeiramente removidos a partir do material e após isso o arsênio como escorodita parcamente solúvel. O material a ser tratado pode ser, por exemplo, o resíduo de combustão flutuante (cinzas) gerado no tratamento pirometalúrgico de

metais não ferrosos ou uma calcina que contém, por exemplo, cobre, ferro e arsênio. Como um resultado tanto do tratamento pirometalúrgico e quanto do tratamento hidrometalúrgico um ácido diluído contendo arsênio pode também ser gerado, possuindo um baixo conteúdo de metal precioso, mas seu tratamento pode ser combinado com o tratamento de outros sólidos contendo arsênio, tal como poeira. Tal é, por exemplo, o ácido diluído gerado em gases contendo arsênio de depurador (de lavador) de gás.

A **Figura 1** apresenta o diagrama de princípio do processo em concordância com a presente invenção. É de importância observar que embora aqui se fale de resíduo de combustão flutuante (cinzas) na descrição posteriormente, o tratamento em concordância com a presente invenção é também altamente adequado para tratamento de outro material contendo arsênio.

Onde resíduo de combustão flutuante (cinzas) gerado durante a fabricação de metais não ferrosos seja levada em consideração, a maior parte dele é fundamentada em sulfato, de maneira que este se dissolve facilmente no estágio de lixiviação em um ácido diluído tal como ácido sulfúrico diluído, preferivelmente com uma concentração de **10 g/l – 200 g/l**. Se algum dos metais preciosos no resíduo de combustão flutuante (cinzas) está em forma de sulfeto, lixiviação pode ser intensificada por alimentação de gás contendo oxigênio para o estágio de lixiviação (não mostrado em detalhes no diagrama). Quando lixiviação é realizada utilizando o ácido diluído contendo arsênio formado no processo, recuperação de arsênio pode ser desempenhada simultaneamente a partir de dois produtos

intermediários diferentes. Em lixiviação desempenhada em reatores de tanque agitados em condições atmosféricas, quase todo o arsênio e a maior parte do cobre se dissolve, e cerca de metade do ferro. As concentrações dos vários metais nesta espécie de solução estão tipicamente na seguinte faixa: **20 g – 40 g** de cobre, ferro e arsênio **por litro**. O resíduo de lixiviação contendo metal é reciclado de volta, por exemplo, para tratamento pirometalúrgico de produção de metal não ferroso.

A solução aquosa ácida contendo metais preciosos e arsênio é primeiramente encaminhada para o estágio de recuperação de metal precioso. Quando o metal precioso o mais importante no resíduo de combustão flutuante (cinzas) é cobre, remoção de cobre é desempenhada primeiramente. Remoção de cobre é preferivelmente feita por intermédio de extração líquido-líquido, onde a solução aquosa rica em cobre obtida a partir de estripagem (*stripping*) é encaminhada para eletrólise. A concentração de ácido da solução aquosa adentrando extração é de, por exemplo, **30 g/l** de H_2SO_4 e a concentração de cobre é de **20 g/l**. Acima de **97 %** de cobre é recuperado por intermédio de extração e de eletrólise.

O restante do cobre, que não é recuperado em extração, pode, se necessário, ser removido a partir da solução aquosa de extração, isto é, o rafinato, por precipitação de sulfeto, por exemplo. Precipitação de sulfeto é realizada preferivelmente em **dois** estágios utilizando gás de sulfeto de hidrogênio ou algum hidróxido adequado como agente de neutralização. No primeiro estágio de precipitação, o valor de **pH** é ajustado para estar entre **1,5 – 2** e o segundo

estágio de precipitação para estar entre **2 - 2,5**. Se a quantidade de cobre é excessivamente pequena, em outras palavras, se esta é somente uma matéria de, por exemplo, ácido diluído formado no processo, precipitação de sulfeto é suficiente como a única forma de recuperação de cobre.

Em concordância com o método da presente invenção, arsênio é precipitado a partir da solução livre de metais preciosos em dois estágios. Quando o produto intermediário que contém arsênio é resíduo de combustão flutuante (cinzas), ferro está em sua solução aquosa de maneira a precipitar arsênio como escorodita $FeAsO_4 \cdot 2H_2O$, mas se existir quantidade insuficiente de ferro, este é adicionado para o estágio de precipitação. O arsênio na solução deixando recuperação de cobre é principalmente trivalente. Um oxidante é encaminhado para o primeiro estágio de precipitação, que é forte o suficiente para oxidar todo o arsênio para pentavalente. O ferro na solução é trivalente. O oxidante utilizado pode ser, por exemplo, oxigênio, peróxido de hidrogênio ou um outro oxidante adequado. Precipitação de arsênio acontece em concordância com a seguinte fórmula:

$$Fe^{3+} + H_3AsO_4 + H_2O \rightarrow FeAsO_4 \cdot 2H_2O_{(sólido)} + 3H^+ \quad (1)$$

Como a fórmula mostra, precipitação de arsênio forma ácido na solução e este tem que ser neutralizado. O agente de neutralização preferido é pedra calcárea ou cal (óxido de cálcio). Como mencionado na descrição do estado da técnica, a proporção molar de **Fe(III)/As(V)** deveria ser em torno de **1 - 1,1** no primeiro estágio de precipitação, o

valor de **pH** entre **1 - 2** e a temperatura na faixa de **85 ^{0}C - 135 ^{0}C**. A correta proporção ferro/arsênio é formada por análise de arsênio e controle de proporção das correntes de solução. No estágio de precipitação, que acontece em diversos reatores agitados consecutivos, embora somente um reator esteja mostrado no fluxograma, os cristais de escorodita formados são reciclados com fluxo inferior (sub-fluxo) a partir da extremidade final do estágio, particularmente a partir de espessamento, para o primeiro reator para assegurar que a reação prossiga.

Tipicamente a quantidade de arsênio na remoção de arsênio adentrando solução está em torno de **20 g/l - 30 g/l** e a concentração de arsênio da solução removida a partir do processo pode ser um máximo de **0,2 mg/l**. No primeiro estágio de precipitação, a concentração de arsênio da solução diminui para um valor em torno de **0,1 g/l - 1 g/l**. O restante do arsênio é precipitado no segundo estágio de precipitação, no qual a proporção molar de **Fe(III)/As(V)** é ajustada para estar acima de três. O ajustamento usualmente acontece por adição de ferro ferroso ou férrico para este estágio de precipitação. Se ferro divalente é adicionado como no diagrama, este é oxidado com ar para trivalente. O valor de **pH** é ajustado para uma faixa de **4 - 7**, preferivelmente utilizando cal (óxido de cálcio) como agente de neutralização. A temperatura do segundo estágio de precipitação pode ser ajustada para ser menor do que a temperatura do primeiro estágio de precipitação, para cerca de **40 ^{0}C - 60 ^{0}C**. na medida em que as condições se diferenciam a partir daquelas do primeiro estágio de precipitação, o resíduo de arsênio gerado não é escorodita,

mas arsenato férrico amorfo. O resíduo separado a partir de espessamento depois do segundo estágio de precipitação é reciclado para o primeiro estágio de precipitação, condições nas quais este se dissolve e o arsênio é precipitado novamente como escorodita. A concentração de arsênio da solução aquosa removida a partir do segundo estágio de precipitação está tipicamente em torno de **0,01 mg/l - 0,2 mg/l**, em outras palavras, a solução satisfaz requerimentos ambientais e pode ser descarregada a partir do processo, na medida em que os metais preciosos tenham sido removidos a partir da solução precedentemente (mais cedo).

EXEMPLOS DA PRESENTE INVENÇÃO

EXEMPLO 1

Poeiras a partir de um fundidor de cobre são lixiviadas em uma solução contendo ácido sulfúrico, de maneira que a concentração de cobre da solução é de **20 g/l**, a concentração de ferro é de **4 g/l**, a concentração de arsênio é de **15 g/l** e a concentração de ácido sulfúrico é de **30 g/l**. A solução é encaminhada para extração de cobre líquido-líquido, depois do que as concentrações do rafinato de solução aquosa são como se segue: **Cu 0,4 g/l, Fe 4 g/l, As 15 g/l** e ácido sulfúrico **60 g/l**.

O rafinato **(10 m^3/h)**, a partir do qual os metais preciosos são recuperados, é encaminhado para remoção de arsênio. O propósito é o de precipitar o arsênio em uma forma estável adequada para aterro sanitário (como escorodita **$FeAsO_4 \cdot 2H_2O$**) e para obter uma solução final

adequada para remoção (**As < 0,01 mg/l**). Isto acontece por intermédio de precipitação em **dois** estágios contínuos.

A solução, que inclui **15 g/l** de arsênio, **4 g/l** de ferro e **60 g/l** de ácido sulfúrico, é encaminhada para o primeiro estágio de precipitação, onde o valor de **pH** é mantido em torno de **1,5** por intermédio de leite de cal (**759 kg/h** de $CaCO_3$). O ferro adicional requerido para precipitação de escorodita é obtido com a adição de sulfato ferroso (**392 kg/h** de $FeSO_4 \cdot 7H_2O$) para a proporção molar de **Fe/As** desejada de **1,1**. A oxidação do arsênio e de ferro é assegurada por utilização de peróxido de hidrogênio ou de algum outro oxidante adequado.

O primeiro estágio de precipitação compreende três reatores de oxidação conectados em série, nos quais a temperatura é mantida na faixa de **85 °C - 95 °C** e o valor de **pH** entre **1 - 1,5**. Depois do primeiro estágio de precipitação, a pasta fluida é espessada e o fluxo superior (sobre-fluxo, sobrenadante) é encaminhado para o segundo estágio de precipitação. Algum do fluxo inferior (sub-fluxo) do primeiro estágio de precipitação (**0,5 m^3/h**, conteúdo de sólidos de **200 g/l**) é reciclado para o começo dos reatores em série como cristais de semente. O sedimento obtido, que contém **7,8 %** de arsênio em forma escorodita e **0,2 %** de cobre, é filtrado e armazenado. Acima de **95 %** do arsênio foi precipitado neste estágio de precipitação e a solução agora somente contém **0,6 g/l** de arsênio.

Precipitação de arsênio é continuada no segundo estágio de precipitação, que é em princípio é a mesma cadeia de três reatores de oxidação. Neutralização é continuada com leite de cal [**5 kg/h** de $Ca(OH)_2$] até para um

valor de **pH** de **7**. A temperatura é ajustada para estar na faixa de cerca de **50** ^{0}**C**. Sulfato ferroso (**7 kg/h** de $FeSO_4 \cdot 7H_2O$) é novamente adicionado para o segundo estágio de precipitação, o ferro equivalente do qual é de três vezes aquele do arsênio estequiométrico de maneira a assegurar a separação a mais completa possível de arsênio. Bolhas de ar são utilizadas para oxidar ferro ferroso. Arsênio é precipitado como arsenato férrico amorfo neste estágio, e é depois decantado e retornado para o primeiro estágio de precipitação como fluxo superior (sobre-fluxo) de (**0,14** m^3**/h** e um conteúdo de sólidos de **200 g/l**), onde este se transforma em escorodita cristalina. Depois deste estágio de precipitação, a solução somente contém aproximadamente **0,01 mg/l** de arsênio, menos do que **0,01 mg/l** de arsênio, menos do que **0,1 mg/l** de ferro e menos do que **1 mg/l** de cobre, e seu valor de **pH** é de **7**. Por conseqüência, o nível de impureza da solução é tal que esta pode ser livremente descarregada a partir do circuito.

Deverá ser compreendido por aqueles especializados no estado da técnica que a presente invenção não está limitada para a concretização ilustrativa descrita anteriormente no **exemplo** apresentado, mas certamente, um número de variações e de modificações é conceptível dentro do escopo de proteção das **reivindicações de patente** subseqüentemente.

REIVINDICAÇÕES

1. Um método para tratamento de um material contendo pelo menos um metal precioso e arsênio para formar um sedimento de escorodita esgotado em metal precioso e uma solução aquosa pura para ser descarregada a partir do processo, **caracterizado pelo fato** de que uma solução ácida diluída do material contendo o metal precioso e arsênio é formada, por intermédio do que pelo menos um metal precioso é primeiramente removido a partir da solução por intermédio de extração líquido-líquido e/ou precipitação, depois do que a solução esgotada em metal precioso é encaminhada para remoção de arsênio em dois estágios, onde no primeiro estágio arsênio é precipitado como escorodita $FeAsO_4 \cdot 2H_2O$, que é adequada para armazenamento, e a solução deixando precipitação é encaminhada para o segundo estágio de precipitação, onde o restante do arsênio é precipitado como arsenato férrico amorfo $FeAsO_4$, que é reciclado para o primeiro estágio de precipitação e a concentração de arsênio da solução aquosa deixando o segundo estágio de precipitação está em torno de **0,01 mg/l - 0,2 mg/l.**

2. Um método de acordo com a reivindicação **1**, **caracterizado pelo fato** de que o material a ser tratado é resíduo de combustão flutuante (cinzas) gerado em uma fabricação pirometarlúrgica de metais não ferrosos.

3. Um método de acordo com a reivindicação **1**, **caracterizado pelo fato** de que o material a ser tratado é uma calcina gerada em uma fabricação pirometarlúrgica de

metais não ferrosos.

4. Um método de acordo com qualquer uma das reivindicações **1 - 3, caracterizado pelo fato** de que pelo menos algum do ácido diluído utilizado para material de lixiviação contendo um metal precioso e arsênio é um ácido diluído contendo arsênio gerado no tratamento de gases contendo arsênio.

5. Um método de acordo com qualquer uma das reivindicações **1 - 4, caracterizado pelo fato** de que o ácido é ácido sulfúrico, com uma concentração de **10 g/l - 200 g/l.**

6. Um método de acordo com qualquer uma das reivindicações **1 - 5, caracterizado pelo fato** de que o metal precioso é cobre.

7. Um método de acordo com qualquer uma das reivindicações **1 - 6, caracterizado pelo fato** de que depois de extração líquido-líquido, o restante do metal precioso é recuperado a partir da solução aquosa esgotada em metal precioso, ou rafinato, por precipitação de sulfeto.

8. Um método de acordo com qualquer uma das reivindicações **1 - 7, caracterizado pelo fato** de que a proporção molar de **Fe/As** no primeiro estágio de precipitação de arsênio é ajustada para estar em torno de **1 - 1,1** e de que um oxidante é encaminhado para o estágio para oxidação do arsênio para pentavalente e o ferro para trivalente, o valor de **pH** do estágio é ajustado para a faixa de **1 - 2** e a temperatura para entre **85 ^{0}C - 135 ^{0}C** para precipitar o arsênio como escorodita.

9. Um método de acordo com a reivindicação **8**, **caracterizado pelo fato** de que a proporção molar de **Fe/As** é ajustada por intermédio de análise de arsênio e/ou por ajustamento da proporção das correntes de solução.

10. Um método de acordo com a reivindicação **8**, **caracterizado pelo fato** de que o ajustamento de **pH** do primeiro estágio de precipitação é realizado por intermédio de pedra calcária ou cal (óxido de cálcio).

11. Um método de acordo com a reivindicação **8**, **caracterizado pelo fato** de que o fluxo inferior (sub-fluxo) do espessamento de primeiro estágio de precipitação é reciclado para a extremidade dianteira do estágio de precipitação.

12. Um método de acordo com qualquer uma das reivindicações **1 - 11**, **caracterizado pelo fato** de que o fluxo superior (sobre-fluxo, sobrenadante) a partir do espessamento de primeiro estágio é encaminhado para o segundo estágio de precipitação, onde a proporção molar de **Fe/As** é ajustada para estar acima de três, o valor de **pH** entre **4 - 7** e a temperatura entre **40 ^{0}C - 60 ^{0}C** para precipitar o arsênio como arsenato férrico.

13. Um método de acordo com a reivindicação **12**, **caracterizado pelo fato** de que a proporção molar de **Fe/As** é ajustada pela adição de ferro divalente e/ou trivalente para o estágio de precipitação.

14. Um método de acordo com a reivindicação **12**, **caracterizado pelo fato** de que o ajustamento de **pH** é realizado por intermédio de cal (óxido de cálcio).

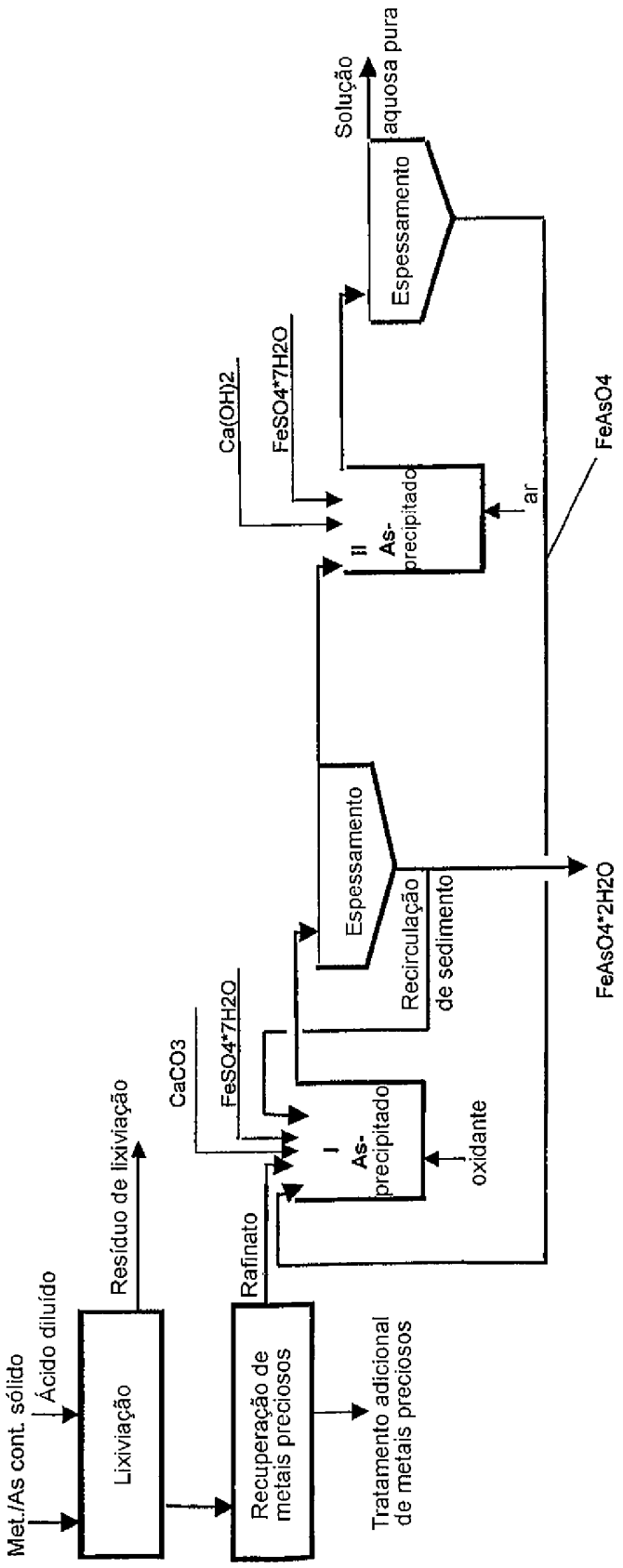

Met./As cont. sólido
Ácido diluído
Lixiviação
Resíduo de lixiviação
Recuperação de metais preciosos
Tratamento adicional de metais preciosos
Rafinato
CaCO3
FeSO4*7H2O
I As-precipitado
oxidante
Espessamento
Recirculação de sedimento
FeAsO4*2H2O
Ca(OH)2
FeSO4*7H2O
II As-precipitado
ar
FeAsO4
Espessamento
Solução aquosa pura

Fig. 1

RESUMO

" MÉTODO PARA A RECUPERAÇÃO DE METAIS PRECIOSOS E ARSÊNIO A PARTIR DE UMA SOLUÇÃO "

A presente invenção se refere a um método para o tratamento de material contendo pelo menos um metal precioso e arsênio para formar um sedimento de escorodita esgotado em metal precioso e uma solução aquosa pura para ser descarregada a partir do processo.

Em concordância com a presente invenção, os metais preciosos são primeiramente removidos a partir do material a ser tratado e após isso precipitação de arsênio a partir da solução é desempenhada em dois estágios.

Por intermédio do referido método, o objetivo é o da obtenção de um conteúdo de metal precioso tão baixo quanto possível no sedimento de escorodita que irá ser formado.

Da mesma maneira, o conteúdo de arsênio e de metal precioso da solução aquosa que é formada durante a precipitação de arsênio também permanece tão baixo que a água pode ser liberada para o meio ambiente.