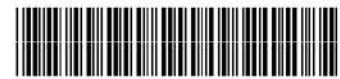




REPÚBLICA FEDERATIVA DO BRASIL



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

## CARTA PATENTE N.º PI 0505976-3

*Patente de Invenção*

O INSTITUTO NACIONAL DA PROPRIEDADE INDUSTRIAL concede a presente PATENTE, que outorga ao seu titular a propriedade da invenção caracterizada neste título, em todo o território nacional, garantindo os direitos dela decorrentes, previstos na legislação em vigor.

(21) Número do Depósito : PI 0505976-3

(22) Data do Depósito : 15/03/2005

(43) Data da Publicação do Pedido : 20/10/2005

(51) Classificação Internacional : C22B 23/00; C22B 3/00; B01D 21/01; B01D 21/02

(30) Prioridade Unionista : 31/03/2004 JP 2004-108208

(54) Título : PROCESSO PARA RECUPERAR NÍQUEL OU COBALTO

(73) Titular : Pacific Metals Co., Ltd., Sociedade Japonesa. Endereço: 6-1 Ohtemachi 1-chome, Chiyoda-ku, Tóquio - 100-0004, Japão (JP).

(72) Inventor : Hiromasa Yakushiji, Inventor(a). Endereço: A/C Pacific Metals Co., Ltd., 5-2, Aza Toyamashinden, Oaza Kwaragi Hachinohe-City Aomori 031-8617, Japão. Cidadania: Japonesa.; SEJI ITO, Inventor(a). Endereço: A/C Pacific Metals Co., Ltd., 5-2, Aza Toyamashinden, Oaza Kwaragi Hachinohe-City Aomori 031-8617, Japão. Cidadania: Japonesa.; KAZUHIKO MIURA, Inventor(a). Endereço: A/C Pacific Metals Co., Ltd., 5-2, Aza Toyamashinden, Oaza Kwaragi Hachinohe-City Aomori 031-8617, Japão. Cidadania: Japonesa.; MITSUO SHIMAMORI, Inventor(a). Endereço: A/C Pacific Metals Co., Ltd., 5-2, Aza Toyamashinden, Oaza Kwaragi Hachinohe-City Aomori 031-8617, Japão. Cidadania: Japonesa.

Prazo de Validade : 20 (vinte) anos contados a partir de 15/03/2005, observadas as condições legais.

Expedida em : 18 de Fevereiro de 2014.

Assinado digitalmente por  
Júlio César Castelo Branco Reis Moreira  
Diretor de Patentes



Relatório Descritivo da Patente de Invenção para **"PROCESSO PARA RECUPERAR NÍQUEL OU COBALTO"**.

CAMPO TÉCNICO

Esta invenção relaciona-se com um processo para recuperar níquel ou cobalto a partir de um minério óxido.

TÉCNICA DE FUNDAMENTO

Como processos conhecidos para lixiviar níquel ou cobalto de um minério óxido contendo o metal utilizando ácido sulfúrico, um processo de lixiviação atmosférica onde uma solução de ácido sulfúrico contendo níquel ou cobalto é obtida em uma pressão atmosférica (Documento que não é de Patente 1, Documento que não é de Patente 2) e um processo de lixiviação por pressão onde uma solução de ácido sulfúrico contendo níquel ou cobalto é obtida em um alta temperatura e alta pressão (Documento que não é de Patente 3) são conhecidos.

Documento que não é de Patente 1: Proc. Australas. Inst. Metall N° 265, Março de 1978.

Documento que não é de Patente 2: The Metal. Soc, 1988 p447.

Documento que não é de Patente 3: Journal of Metals. Março de 1960, P206.

Documento que não é de Patente 4: ISIJ International Vol43 (2003) N°2 p181 à p186.

REVELAÇÃO DA INVENÇÃO

Entretanto, como descrito no Documento que não é de Patente 2, durante a lixiviação de um mineral óxido contendo níquel, cobalto, magnésio e ferro por ácido sulfúrico em uma pressão atmosférica, não somente níquel e cobalto mas também ferro são lixiviados; especificamente, tentando lixiviar cada um dentre níquel e cobalto para 80% ou mais do peso, ferro também é lixiviado para 15% ou mais do. Em geral, desde que um minério óxido contendo níquel ou cobalto contém ferro 10 a 40 vezes tanto quanto níquel, o processo descrito na publicação pode levar ao aumento no consumo de ácido sulfúrico na lixiviação e a uma concentração mais elevada de ferro em um lixiviado, o que pode levar a um custo mais elevado para

remover o ferro. Assim, o processo tem o problema em um custo.

O Documento que não é de Patente 4 (uma um relatório de pesquisa recente em relação à lixiviação atmosférica) descreveu que sob uma atmosfera de gás misturado de CO/CO<sub>2</sub> (30/70% do vol.) e uma temperatura de 700°C, os compostos de níquel e cobalto podem ser reduzidos em metais e ferro pode ser convertido em magnetita, para lixiviar 80% do peso a 90% do peso de níquel e 20% a 30% do peso de ferro em uma temperatura de 30 a 70°C. Entretanto, este processo requer a lixiviação em uma temperatura de 700°C sob uma atmosfera de redução, levando ao consumo significativo de energia. Assim, o processo tem problemas em seu uso prático.

Ao contrário, o Documento que não é de Patente 3 descreveu que um minério óxido pode ser lixiviado por pressão por ácido sulfúrico em uma alta temperatura e uma alta pressão, para alcançar uma taxa de lixiviação aperfeiçoada para níquel ou cobalto enquanto minimizando a lixiviação de ferro. Portanto, isto resulta em uma redução na quantidade de ácido sulfúrico e em um custo para remover ferro. Entretanto, desde que o processo é lixiviação por ácido sulfúrico em uma alta temperatura e uma alta pressão, o uso de um autoclave é essencial e o autoclave deve ser feito de um material caro tal como titânio. Além disso, em comparação com a lixiviação em uma pressão atmosférica, um consumo de energia é aumentado. Adicionalmente, desde que uma crosta adere e cresce na parede interna do autoclave, uma operação algumas vezes deve ser paralisada para remover a crosta, levando à redução em uma taxa de operação.

Em vista das circunstâncias acima, um objetivo da presente invenção é proporcionar um processo para recuperar níquel ou cobalto a partir de um minério óxido contendo níquel, cobalto, ferro e pelo qual enquanto alcançando uma taxa de lixiviação mais elevada para níquel ou cobalto com uma quantidade reduzida de ácido sulfúrico, uma solução contendo algum ferro pode ser obtida, resultado na redução no custo para remover ferro.

De acordo com a presente invenção, é proporcionado um processo para recuperar níquel ou cobalto a partir de um minério óxido contendo níquel ou cobalto e ferro, compreendendo: uma etapa de lixiviação onde

níquel ou cobalto é lixiviado a partir do minério óxido utilizando ácido sulfúrico e um sal de sódio para obter um lixiviado de ácido sulfúrico contendo níquel ou cobalto e um resíduo de lixiviação; uma etapa de reação onde o lixiviado de ácido sulfúrico contendo o resíduo de lixiviação é reagido com magnésio para ajustar um pH para obter uma solução de reação contendo níquel ou cobalto e um resíduo de reação contendo ferro; e uma etapa de neutralização onde a solução de reação contendo o resíduo de reação é neutralizado com um agente de neutralização para obter uma solução de neutralização contendo níquel ou cobalto em um resíduo da neutralização contendo ferro.

De acordo com a presente invenção, na etapa de lixiviação, ácido sulfúrico e sal de sódio são utilizados para formar Natrojarosita, a qual é então precipitada por ajustar o pH utilizando magnésio para reduzir uma concentração de ferro em uma solução de reação na etapa de reação. Portanto, não é necessário utilizar uma grande quantidade de um agente de neutralização para reduzir uma concentração de ferro em uma solução de reação na etapa de neutralização. Assim, na etapa de recuperar níquel ou cobalto, uma taxa de lixiviação mais elevada para níquel ou cobalto pode ser alcançada com uma menor quantidade de ácido sulfúrico ao mesmo tempo que reduzindo um custo para remover ferro.

Além disso, o processo pode compreender classificar o minério óxido em um minério óxido de pequena de partícula pequena e em um minério óxido de partícula grande contendo magnésio antes da etapa de lixiviação; onde lixiviando níquel ou cobalto a partir do minério óxido de partícula pequena na etapa de lixiviação e reagindo o lixiviado de ácido sulfúrico contendo o resíduo da lixiviação com magnésio contido no minério óxido de partícula grande para ajustar um pH na etapa de reação. Assim, uma taxa de lixiviação adicionalmente mais elevada para níquel ou cobalto pode ser alcançada com uma menor quantidade de ácido sulfúrico ao mesmo tempo que adicionalmente reduzindo um custo para remover ferro.

Além disso, o processo pode adicionalmente compreender, após a etapa de neutralização, separar a solução de neutralização e o resíduo da

neutralização por separação de sólido - líquido utilizando um espessante com um floculante.

Na presente invenção, tanto a etapa de lixiviação como a etapa de reação podem ser executadas em uma temperatura de 90<sup>o</sup> C ou mais alta. Assim, uma taxa de lixiviação para níquel ou cobalto pode ser adicionalmente aperfeiçoada. Adicionalmente, tanto a etapa de lixiviação como a etapa de reação podem ser executadas em uma pressão atmosférica. Assim, aumento no custo da instalação pode ser impedido.

Como utilizado aqui dentro, o termo "pressão atmosférica" abrange uma pressão próxima da pressão atmosférica.

Além disso, Magnésio utilizado na etapa de reação pode ser magnésio contido no minério óxido. Assim, uma taxa de lixiviação adicionalmente mais elevada para níquel ou cobalto pode ser alcançada ao mesmo tempo que reduzindo um custo adicional para remover ferro.

Além disso, um sal de sódio pode ser um sal de sódio contido em água marinha. Assim, uma taxa de lixiviação mais elevada para níquel ou cobalto pode ser alcançada ao mesmo tempo que reduzindo um custo para remover ferro.

De acordo com a presente invenção, em um processo para recuperar níquel ou cobalto a partir de um minério óxido contendo níquel, cobalto e ferro, por obter uma solução contendo uma pequena quantidade de ferro com uma pequena quantidade de ácido sulfúrico enquanto alcançando uma taxa de lixiviação mais elevada para níquel ou cobalto, um custo de processo para remover ferro pode ser reduzido.

## 25 BREVE DESCRIÇÃO DOS DESENHOS

O objetivo mencionado acima e outros objetivos, aspectos e vantagens serão mais claramente entendidos com referência às modalidades adequadas descritas abaixo e aos desenhos acompanhantes.

A FIG. 1 é um fluxograma ilustrando um processo em uma modalidade de acordo com a presente invenção.

## MELHOR MODO PARA REALIZAR A INVENÇÃO

Uma modalidade da presente invenção será descrita com refe-

rência ao desenhos e tabelas. Aqui, um montante para quantidade consumida e quantidade adicionada quer dizer a quantidade consumida e a quantidade adicionada baseada em seu peso, respectivamente.

Na presente modalidade, por exemplo, um assim chamado minério de limonito pode ser utilizado. Aqui, o termo "assim chamado minério de limonito" refere-se a um minério contendo níquel, cobalto, magnésio e ferro como seus óxidos. Além disso, por exemplo, como um agente de neutralização, uma escória ferroníquel pode ser utilizada. Aqui, o termo "escória ferroníquel" refere-se a uma escória geada durante a utilização de um material geralmente conhecido como um minério de saprolita com um conteúdo de níquel de 2% ou mais do peso e preparando o ferroníquel por processo pirômetalúrgico.

Não existem definições específicas sobre uma faixa de composição entre um minério de limonito e um minério de saprolita, mas a Tabela 1 apresenta composições de um minério óxido que é chamado de um minério de limonito e uma escória ferroníquel.

(Tabela 1)

Composição (% do peso)

	Ni	Co	Fe	Mg	Mg/Fe
Minério de Limonito	1,0 a 2,0	0,1 a 0,2	20 a 50	2,5 a 15	0,125 a 0,75
Escória Ferroníquel	≤ 0,1	≤ 0,01	≤ 10	15 a 25	≥ 1,5

A Figura 1 é um fluxograma ilustrando o processo para recuperação de níquel ou cobalto a partir de um minério óxido contendo níquel, cobalto e ferro.

Daqui para frente, será descrito um fluxo de processo na presente modalidade.

Primeiro, na etapa a (etapa da classificação), um minério óxido 102 é classificado em um minério de tamanho grande e de tamanho menor. O minério de tamanho grande é tratado com água 107 para obter um minério em pasta fluida 104 e o minério de tamanho grande é triturado em um minério triturado 103.

A seguir, na etapa b (etapa de lixiviação), o minério em pasta

fluida 104 é lixiviado com ácido sulfúrico 105 para obter um lixiviado de ácido sulfúrico 108 contendo níquel e cobalto e um resíduo da lixiviação 109. Aqui, o resíduo da lixiviação 109 contém Natrojarosita gerada por uma reação de ferro lixiviado a partir do minério em pasta fluida 104 com ácido sulfúrico 105 e um sal de sódio 106.

Então, na etapa c (etapa de reação), por reagir ácido sulfúrico puro no lixiviado de ácido sulfúrico 108 contendo o resíduo da lixiviação 109 com magnésio contido no minério triturado 103 obtido pela trituração na etapa de classificação, o ácido sulfúrico puro é consumido para ajustar um pH para obter uma solução de reação 110 e um resíduo da reação 111. Pelo ajuste do pH, por precipitar Natrojarosita no resíduo da reação 111, uma concentração de ferro na solução de reação 110 pode ser reduzida.

A seguir, na etapa d (etapa de neutralização), um agente de neutralização 112 é adicionado para a solução de reação 110 contendo o resíduo da reação 111 para ajuste de pH para obter uma solução de neutralização 113 e um resíduo da neutralização 114. Aqui, desde que uma concentração de ferro foi reduzida na solução de reação 110 pela precipitação de Natrojarosita na etapa de reação anterior, a quantidade adicionada do agente de neutralização 112 pode ser reduzida.

Subseqüentemente, na etapa e (etapa de separação sólido - líquido), um floculante 115 é adicionado para a solução de neutralização 113 contendo o resíduo da neutralização 114 e então por empregar um espessante, a separação sólido - líquido é executada para separar a solução de neutralização 113 e o resíduo da neutralização 114.

A seguir, a solução de neutralização é processada na etapa de recuperar níquel e cobalto para recuperar níquel e cobalto.

Daqui para frente será descrita cada etapa detalhada.

#### Etapa a: Etapa de Classificação

Um minério óxido tal como um minério de limonito contendo níquel, cobalto, magnésio e ferro é classificado em um minério de tamanho grande e em um minério de tamanho pequeno por um aparelho simples tal como uma tela de vibração. O minério de tamanho grande é tratado com

água 107 para obter um minério em pasta fluida 104 e o minério de tamanho grande é triturado por um aparelho tal como um moinho de esfera para obter um minério triturado 103. Apesar de não existirem restrições particulares para o tamanho de classificação por uma tela de vibração, por exemplo, 5 uma malha de 0,5 mm a 2 mm, ambas inclusive, pode ser utilizada a partir do ponto de vista de aperfeiçoar a estabilidade do processo.

Quando classificando o minério óxido 102 por uma tela com uma malha de cerca de 0,5 mm a 2 mm, um minério de tamanho pequeno tende a ter um conteúdo de ferro mais elevado e um conteúdo de magnésio inferior, enquanto um minério de tamanho grande tende a ter um conteúdo de 10 ferro inferior e um conteúdo de magnésio mais elevado.

A água 107 pode ser, em adição a água de rio ou ao lençol de água normalmente utilizadas, água marinha. Aqui, quando aplicando um processo de acordo com a presente modalidade, o processo pode ser reali- 15 zado ao redor de uma mina a partir do ponto de vista de uma eficiência econômica incluindo um custo. Olhando ao redor de uma área onde a mina é operada, não é sempre fácil garantir água adequada tal como água de rio ou lençol de água. Adicionalmente, por utilizar água marinha como a água 107, um sal de sódio contido na água marinha pode ser utilizado para obter um 20 efeito para estar apto a controlar a quantidade residual de ferro lixiviado a partir de um minério óxido em um lixiviado ou em uma solução de reação na etapa de lixiviação ou na etapa de reação como uma etapa posterior.

#### Etapa b: Processo de Lixiviação

O minério em pasta fluida 104 obtido na etapa a pode ser lixiviado, por exemplo, com ácido sulfúrico 105 em uma pressão atmosférica e em 25 uma temperatura de não menos do que 90°C e não mais do que 100°C para proporcionar um lixiviado de ácido sulfúrico 108 contendo níquel, cobalto, magnésio e ferro e um resíduo da lixiviação 109.

A lixiviação a 90°C ou mais pode aperfeiçoar a taxa de lixiviação 30 para níquel e cobalto no minério em pasta fluida 104. Assim, o tempo de lixiviação para níquel e cobalto no minério em pasta fluida 104 pode ser reduzido enquanto aumentando a taxa de lixiviação para níquel e cobalto. Pe-

la lixiviação de níquel e cobalto contidos no minério em pasta fluida 104 em 100°C ou menos, lixiviar níquel e cobalto em uma temperatura igual ou inferior do que o ponto de ebulição da água pode ser executado. Assim, um recipiente do aparelho para pressurizar um aparelho para lixiviar níquel e cobalto pode não ser pressurizado. Por conseqüência, um aumento em um custo da instalação pode ser impedido.

Aqui, apesar de uma temperatura de lixiviação ser definida como 90°C ou maior na descrição acima, por exemplo, uma temperatura de 70°C ou maior pode ser de forma apropriada selecionada. Alternativamente, níquel e cobalto no minério em pasta fluida 104 podem ser lixiviados em mais do que 100°C. Além disso, o níquel e cobalto no minério em pasta fluida 104 podem ser lixiviados sob uma pressão diferente de uma pressão atmosférica.

A quantidade adicionada de ácido sulfúrico pode ser 0,5 a 0,8 vezes esta do minério sólido utilizado. Com ácido sulfúrico em uma quantidade de 0,5 vezes ou mais, o níquel e o cobalto podem ser de forma suficiente lixiviados e com ácido sulfúrico em uma quantidade de cerca de 0,8 vezes, uma taxa de lixiviação para o níquel e o cobalto está em equilíbrio. Portanto, utilizando ácido sulfúrico em uma quantidade de 0,8 vezes ou menos, a quantidade de ácido sulfúrico excessivo (ácido sulfúrico puro) pode ser reduzida. Assim, ao mesmo tempo que mantendo uma taxa de lixiviação para níquel e cobalto a partir de um minério óxido, o aumento em um custo para recuperar níquel e cobalto pode ser reduzido.

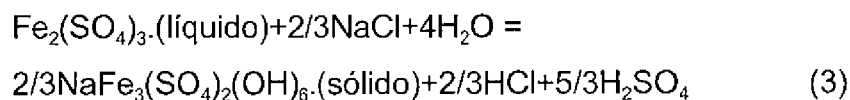
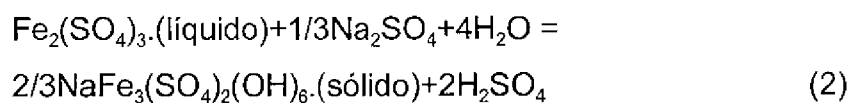
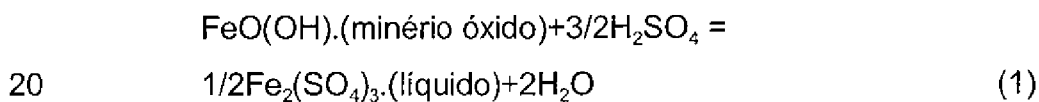
Além disso, na etapa b, o minério de tamanho pequeno classificado na etapa de classificação é utilizado por causa da razão descrita abaixo. Em comparação com o minério triturado 103 a partir do minério de tamanho grande, a lixiviação de níquel e cobalto no minério óxido é mais difícil no minério de tamanho pequeno. Adicionalmente, desde que o minério triturado 103 a partir do minério de tamanho grande contém magnésio em um conteúdo maior comparado com o minério de tamanho pequeno, ácido sulfúrico puro utilizado para a lixiviação pode ser consumido. Assim, ácido sulfúrico excessivo é primeiro utilizado para lixiviar mais níquel e cobalto no minério

óxido para aperfeiçoar uma taxa de recuperação de níquel e cobalto.

Quando utilizando água de rio ou lençol de água como a água 107 na etapa a, um sal de sódio 106 tal como sulfato de sódio e cloreto de sódio é adicionado na etapa b. Assim, um conteúdo adicionado de sódio derivado a partir do sal de sódio 106 pode ser 0,01 a 0,05 vezes o conteúdo de um minério óxido 102. Por outro lado, quando utilizando água marinha como a água 107, um sal de sódio adicional não é necessário porque a água marinha contém sódio em cerca de 10 g/L. Assim, enquanto mantendo uma taxa de lixiviação para níquel e cobalto a partir do minério óxido, o aumento em um custo para recuperar níquel e cobalto pode ser adicionalmente reduzido.

Na presença de 0,01 vezes a quantidade de sódio adicionado, o ferro lixiviado a partir do minério de óxido pode ser reagido com sulfato de sódio no lixiviado de ácido sulfúrico 108 para reduzir uma concentração de ferro no lixiviado de ácido sulfúrico 108.

Pode ser assumido que o sódio pode controlar uma concentração de ferro em um lixiviado de ácido sulfúrico de acordo com as equações de reação química (1) à (3).



Ou seja, o ferro no minério óxido é lixiviado com ácido sulfúrico excessivo e combinado com sódio no lixiviado de ácido sulfúrico para gerar Natrojarosita, resultando em precipitação de parte do ferro lixiviado. Assim, o ferro lixiviado a partir do minério óxido é contido em um lixiviado, de modo que o aumento em sua quantidade envolvida na próxima etapa de reação pode ser reduzido. Assim, na etapa de reação, o ferro pode ser de forma suficiente removido pela precipitação como Natrojarosita. Por conseqüência, na etapa de neutralização após a etapa de reação, o aumento em um custo

para precipitar ferro em uma solução de neutralização pode ser impedido. Como resultado, o aumento em um custo para recuperar níquel e cobalto a partir do minério óxido pode ser impedido.

Além disso, com sódio adicionado em uma quantidade de cerca de 0,05 vezes, uma taxa de geração de Natrojarosita e uma taxa de precipitação de Natrojarosita estão em equilíbrio. Portanto, por adicionar sódio uma quantidade de 0,05 vezes ou menos, a adição de uma quantidade excessiva de sódio pode ser impedida, resultando em impedir o aumento em um custo para recuperar níquel e cobalto a partir do minério óxido.

Um tempo de lixiviação pode ser 1 hora a 10 horas, ambos inclusive; por exemplo, 3 horas á 6 horas. Uma instalação para a etapa de lixiviação pode ser uma embarcação com um agitador normalmente utilizado, o qual pode ser feito, por exemplo, de aço inoxidável ou de um aço revestido com borracha. Portanto, o níquel e o cobalto podem ser lixiviados a partir do minério óxido 102 sem utilizar, por exemplo, um autoclave revestido de titânio, o qual é utilizado na lixiviação por pressão em uma alta temperatura e em uma alta pressão, resultando em impedir o aumento em um custo para recuperar níquel e cobalto.

#### Etapa c: Etapa de reação

O lixiviado de ácido sulfúrico 108 e o resíduo da lixiviação 109 obtido na etapa b é reagido com o minério triturado 103 a partir do minério de tamanho grande obtido na etapa a, por exemplo, em uma pressão atmosférica e em uma temperatura de não menos do que 90°C e não mais do que 100°C de acordo com as equações (4) à (7). De acordo com a equação de reação descrita posteriormente, uma solução de reação 110 contendo níquel, cobalto, magnésio e uma pequena quantidade de ferro e um resíduo de reação 111 podem ser obtidos.

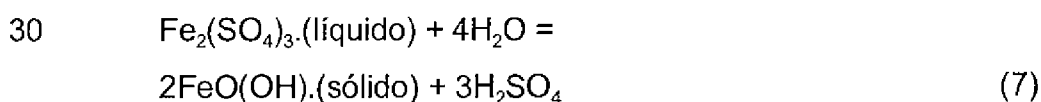
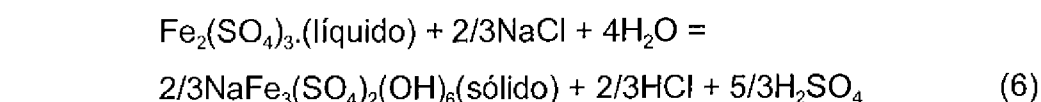
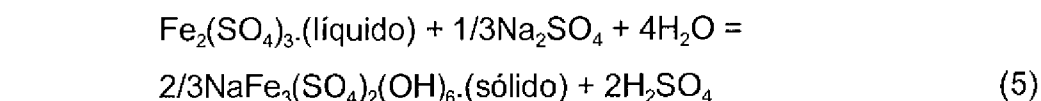
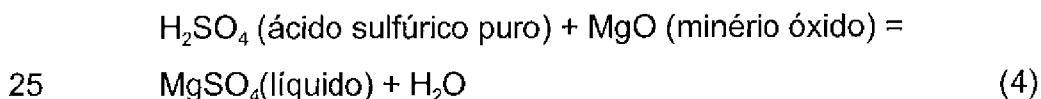
O minério triturado 103 pode ser adicionado como um sólido como ele é, ou alternativamente adicionado como uma pasta fluida com água. Nesta etapa, a água pode ser selecionada de água de rio, lençol de água e água marinha. Além disso, a água pode conter um sal de sódio 106 tal como sulfato de sódio e cloreto de sódio.

A reação pode ser executada em uma temperatura de 90°C ou maior para aperfeiçoar a taxa de lixiviação de níquel e cobalto contidos no minério triturado 103. Além disso, uma eficiência para remover ferro lixiviado na etapa b como Natrojarosita por precipitação pode ser aperfeiçoada. Adicionalmente, a reação em uma temperatura de 100°C ou menos pode ser uma reação de acordo com uma equação química descrita posteriormente em uma temperatura igual ou menor do que o ponto de ebulição da água. Portanto, não é necessário pressurizar um recipiente de reação em um aparelho para a reação. Por conseqüência, o aumento em um custo da instalação pode ser impedido.

Aqui, em uma temperatura de lixiviação menor do que 90°C ou maior do que 100°C, a reação pode ser executada como uma reação de acordo com a equação química descrita posteriormente. Além disso, a reação de acordo com a equação química descrita posteriormente pode ser executada em uma pressão diferente de uma pressão atmosférica.

Na presente modalidade, uma concentração de ferro no lixiviado de ácido sulfúrico 108 na etapa b é 30 g/L a 90 g/L. Apesar de ácido sulfúrico puro estar contido em 30 g/L ou mais, o ácido sulfúrico puro reage com magnésio contido no minério triturado 103 para reduzir uma concentração de ferro para 1/10 ou menos e uma concentração de ácido sulfúrico puro para 1/3 ou menos, respectivamente, comparado com esta no lixiviado de ácido sulfúrico 108 antes da reação.

A razão pode ser explicada pelas equações químicas (4) á (7).



Especificamente, de acordo com a equação (4), o ácido sulfúrico

puro no lixiviado de ácido sulfúrico 108 reage com magnésio contido no minério triturado 103 para produzir a quantidade de ácido sulfúrico puro, resultando no aumento de pH da solução. Assim, a medida que o pH do líquido é aumentado, Natrojarosita e Goetita são gerados de acordo com as equações (5) à (7), resultando em precipitação de ferro.

O ferro e magnésio contidos no minério óxido 102 podem permitir a reação acima prosseguir de forma mais eficiente. Por exemplo, quando uma proporção de componente de magnésio/ferro é 0,125 ou mais, a quantidade de ferro contido no minério óxido 102 é relativamente menor, de modo que de acordo com a equação (1), uma quantidade relativamente menor de ferro é lixiviada a partir do minério óxido na etapa de lixiviação. Assim, uma concentração de ferro na solução de reação também pode ser reduzida. Adicionalmente, desde que uma quantidade relativamente maior de magnésio está contida no minério óxido 102, a quantidade de magnésio reagindo com ácido sulfúrico puro vindo do lixiviado de ácido sulfúrico 103 para a etapa de reação é relativamente maior. Portanto, de acordo com a reação da equação (4), o ácido sulfúrico puro no lixiviado de ácido sulfúrico 108 pode ser de forma suficiente consumido com magnésio.

Como descrito acima, ferro e magnésio contidos no minério óxido 102 podem permitir ao ferro ser de forma suficiente precipitado de acordo com as equações (5) à (7), resultando na redução de uma concentração de ferro permanecendo na solução de reação 110. Assim, a quantidade de ferro permanecendo na solução de reação 110 e assim trazido na etapa de neutralização pode ser reduzido. Portanto, o aumento em um custo para precipitar ferro na etapa de neutralização pode ser impedido. Como resultado, o aumento em um custo para recuperar níquel e cobalto pode ser impedido.

Não existe limite superior particular para uma proporção de componente de magnésio/ferro; por exemplo, 0,75 ou mais pode ser aceitável. Aqui, o minério óxido 102 utilizado na presente modalidade é um minério de limonito contendo ferro e magnésio em 20% do peso a 50% do peso e 2,5% do peso a 15% do peso, respectivamente. Assim, uma proporção de

componente de magnésio/ferro nunca é 0,75 ou mais.

Além disso, na etapa c, a razão porque do minério triturado 103 a partir do minério de tamanho grande ser utilizado é que o minério triturado 103 a partir do minério de tamanho grande contém mais magnésio do que o  
5 minério de tamanho pequeno de modo que as reações das equações (4) à (7) efetivamente continuam. Um tempo de reação pode ser 3 horas a 10 horas, ambos inclusivos, ou 4 horas a 6 horas, ambos inclusivos; ou seja, as reações das equações (4) à (7) podem ser completadas em um tempo mais curto do que o caso onde um minério óxido antes da classificação é utiliza-  
10 do. Aqui, desde que o minério triturado 103 a partir do minério de tamanho grande contém níquel e cobalto, ácido sulfúrico puro pode ser reagido com magnésio para ajustar um pH enquanto lixiviando níquel e cobalto no minério triturado 103 para adicionalmente aperfeiçoar uma taxa de recuperação para níquel e cobalto. Assim, enquanto impedindo o aumento em um custo  
15 para recuperar níquel e cobalto, uma taxa de recuperação para níquel e cobalto pode ser adicionalmente aperfeiçoada.

Uma instalação para esta reação pode ser um recipiente com um agitador normalmente utilizado, o qual pode ser feito, por exemplo de aço inoxidável ou de um aço revestido com borracha. Portanto, a reação  
20 nesta etapa pode ser executada sem utilizar uma instalação onerosa, por exemplo, um autoclave revestido com titânio que é utilizado em uma reação em uma alta temperatura e em uma alta pressão, resultando em impedir o aumento em um custo para recuperar níquel e cobalto.

Adicionalmente, esta etapa pode ser executada utilizando uma  
25 escória de ferroníquel que contém níquel em um conteúdo relativamente maior entre algumas escórias de ferro níquel utilizada na etapa de neutralização, junto com o minério triturado 103 a partir do minério de tamanho grande. Neste caso, a escória pode ser utilizada em uma faixa de modo que um pH final durante a reação seja menor do que 3. Com um pH de menos  
30 do que 3, a solução contém ácido sulfúrico puro, o qual pode impedir a redução em uma eficiência da lixiviação para níquel a partir de um minério óxido.

#### Etapa d: Etapa de Neutralização

Por utilizar a solução de reação 110 e o resíduo da reação 111 obtido na etapa c e um agente de neutralização 112, um pH pode ser ajustado para 2 a 6, ambos inclusivos, ou alternativamente, uma reação de neutralização pode ser executada em um pH dentro de uma faixa de 3 a 5, ambos inclusivos. Assim, são obtidos uma solução de neutralização 113 com uma concentração de ferro de 1 g/L ou menos que também contém níquel, cobalto e magnésio e um resíduo de neutralização 114. Aqui, com um pH de 2 ou maior, o ferro pode ser precipitado de forma suficiente. Com um pH de 6 ou menor, a maioria do ferro pode ser removido por precipitação enquanto impedindo a precipitação conjunta de níquel e cobalto. Assim, uma taxa de recuperação para níquel e cobalto pode ser aperfeiçoada.

Não existem restrições particulares para uma pressão nesta etapa. Por exemplo, uma reação de neutralização pode ser executada utilizando a solução de reação 110, o resíduo da reação 111 e o agente de neutralização 112 em uma pressão atmosférica, ou alternativamente em uma pressão diferente de uma pressão atmosférica.

Como o agente de neutralização 112 inclui-se hidróxidos de um metal alcalino tal como carbonato de sódio; hidróxidos de um óxido metálico alcalino tal como hidróxido de cálcio e hidróxido de magnésio; óxidos de um óxido metálico alcalino tal como óxido de cálcio e óxido de magnésio; carbonatos de um óxido metálico alcalino tal como carbonato de cálcio e carbonato de magnésio, os quais são normalmente utilizados, podem ser empregados. Além disso, uma escória de ferroníquel possuindo uma composição apresentada na Tabela 1 pode ser utilizada. Adicionalmente, os agentes de neutralização acima podem ser utilizados sozinhos ou em combinação de dois ou mais.

Como utilizado aqui dentro, o termo "escória de ferroníquel" refere-se a uma escória contendo magnésio obtido durante a fusão do ferroníquel utilizando um minério de contendo magnésio contendo níquel em 2% do peso ou mais por processo de fusão pirometalúrgico. A quantidade de uma escória de ferroníquel gerada pelo processo de fusão pirometalúrgico é

cerca de 30 a 35 partes a 1 parte de níquel, mas somente uma parte da escória é efetivamente utilizada.

Por utilizar, por exemplo, uma escória de ferroníquel contendo magnésio como um agente de neutralização 112, o magnésio contido na escória de ferro níquel pode ser efetivamente utilizado como um agente de  
5 neutralização enquanto neutralizando a solução da reação 110 e o resíduo da reação 111. Assim, enquanto efetivamente utilizando recursos, o aumento em um custo para recuperar níquel e cobalto pode ser impedido.

Além disso, em adição a uma escória de ferroníquel, qualquer  
10 agente tal como hidróxido de cálcio, hidróxido de magnésio, óxido de cálcio, óxido de magnésio, carbonato de cálcio e carbonato de magnésio podem ser utilizados como o agente de neutralização 112 contanto que ele possa neutralizar a solução de reação 110 e o resíduo da reação 111.

#### Etapa e: Processo de separação Sólido - Líquido

15 A solução de neutralização 113 e o resíduo da neutralização 114 obtidos na etapa d são separados pela adição de um floculante 115. O floculante 115 pode ser, por exemplo, um floculante de polímero. A separação sólido - líquido pode ser executada por um método espessante normalmente utilizado; especificamente, pelo método de lavagem contracorrente com um  
20 espessante com 6 ou mais estágios. Assim, a solução de neutralização 113 e o resíduo da neutralização 114 são de forma eficiente separados em um sólido e em um líquido de modo que níquel e cobalto na solução de neutralização são recuperados em um alto rendimento de 99% do peso ou mais e a solução de neutralização 113 contendo níquel, cobalto e magnésio contém  
25 ferro em uma baixa concentração de 1 g/L ou menos.

O floculante 115 pode ser, além de um floculante polímero, qualquer floculante, contanto que ele possa separar a solução de neutralização 113 do resíduo de neutralização 114.

Além disso, além da lavagem contracorrente com um espessante com 6 ou mais estágios, a separação de sólido - líquido na solução de  
30 neutralização 113 e no resíduo da neutralização 114 pode ser executada utilizando outro tipo de separador de sólido - líquido.

Como um método para recuperar Níquel e cobalto a partir da solução de neutralização 113, por exemplo, adicionar hidrosulfeto de sódio, sulfeto de sódio, sulfeto de amônia e sulfeto de hidrogênio para a solução de neutralização 113 para recuperar pela precipitação de níquel e cobalto como um sulfeto misturado como descrito na Publicação de Patente Japonesa Ex-  
5 posta N<sup>o</sup> H6-81050, ou adicionar um hidróxido, um óxido ou um carbonato para a solução para recuperar pela precipitação de níquel e cobalto como uma hidróxido misturado ou carbonato misturado como descrito na Publicação de Patente Japonesa Exposta N<sup>o</sup> H12-234130.

10 Como descrito no processo acima, níquel e cobalto podem ser de forma eficiente recuperados a partir de um minério óxido contendo níquel, cobalto e ferro.

Foi descrita uma modalidade adequada desta invenção. Entretanto, a presente invenção não está limitada às modalidades e obviamente é  
15 aparente para os com conhecimento na técnica que a modalidade acima pode ser modificada dentro do âmbito da presente invenção.

Por exemplo, apesar de ter sido descrito na presente modalidade de um processo compreendendo a etapa a onde o minério óxido 102 contendo níquel, cobalto e ferro é classificado, esta etapa pode ser omitida.

20 Além disso, apesar de ter sido descrito o uso de um minério óxido contendo magnésio a partir de um minério de tamanho grande classificado na etapa a para ajustar um pH na etapa c nesta modalidade, o processo pode ser executado utilizando, por exemplo, um minério óxido com conteúdo de níquel relativamente inferior e conteúdo de magnésio relativamente mais  
25 elevado cujos conteúdos de níquel e magnésio são 1% do peso e 15% do peso ou mais respectivamente, ou seja, o qual geralmente não é utilizado para recuperar níquel e cobalto. Aqui, tal minério óxido freqüentemente existe, por exemplo em uma camada mais profunda em uma mina de níquel e cobalto e é caracterizado pelo fato de que ele possui um conteúdo de ferro  
30 relativamente inferior. Portanto, por utilizar o minério óxido acima na etapa c, níquel e cobalto podem ser lixiviados em uma solução de ácido sulfúrico enquanto ajustando uma pH com magnésio, para impedir a quantidade de fer-

ro lixiviado de ser aumentada. Como resultado, ao mesmo tempo que impedindo a redução em uma taxa de recuperação para níquel e cobalto, um custo para recuperar níquel e cobalto pode ser reduzido. Além disso, uma substância contendo magnésio diferente do minério óxido pode ser utilizada.

5                   Apesar de ter sido descrita a recuperação de níquel e cobalto a partir do minério óxido 102 contendo níquel, cobalto e ferro na modalidade acima, o níquel pode ser recuperado a partir de um minério óxido contendo níquel e ferro, enquanto o cobalto pode ser recuperado a partir de um minério óxido contendo cobalto e ferro.

10                   Adicionalmente, quando ajustando um pH de acordo com a etapa c, um minério óxido com um conteúdo inferior de níquel e um conteúdo mais elevado de magnésio pode ser utilizado junto com um minério óxido contendo magnésio a partir de um minério classificado como tamanho grande na etapa a.

15                   Além disso, quando ajustando um pH de acordo com a etapa c, uma substância contendo magnésio diferente de um minério óxido pode ser utilizada junto com um minério óxido contendo magnésio a partir de um minério de tamanho grande classificado na etapa a.

20                   Além disso, quando ajustando um pH de acordo com a etapa c, uma substância contendo magnésio diferente de um minério óxido pode ser utilizada junto com o minério óxido acima com um conteúdo inferior de níquel e um conteúdo mais elevado de magnésio.

25                   Além disso, quando ajustando um pH de acordo com a etapa c, um minério óxido contendo magnésio a partir de um minério de tamanho grande classificado na etapa a pode ser utilizado junto com o minério óxido com um conteúdo inferior de níquel e um conteúdo mais elevado de magnésio bem como uma substância contendo magnésio diferente do minério óxido.

30                   Além disso, na etapa b ou na etapa c, um agente de redução tal como ferro e sulfito de sódio podem ser utilizados para adicionalmente aperfeiçoar uma taxa de lixiviação de níquel e cobalto.

Aqui, como um agente de redução, por exemplo, pó de ferro,

sulfito de sódio e uma mistura dos mesmos pode ser empregado. Quando utilizando pó de ferro, ele pode ser adicionado em uma quantidade dentro da faixa de não menos do que 0,1% do peso e não mais do que 1% do peso, particularmente não menos do que 0,2% do peso e não mais do que 0,5% do peso para a quantidade utilizada de minério óxido 102. Aqui, um tamanho de partícula do pó de ferro pode ser de um diâmetro de cerca de 1 mm e o ferro com sua superfície sendo não oxidada pode ser utilizado. Quando utilizando sulfito de sódio, ele pode ser adicionado em uma quantidade dentro de uma faixa não menor do que 1% do peso e não mais do que 10% do peso, particularmente não menos do que 5% do peso e não mais do que 8% do peso para a quantidade do minério óxido 102.

Por adicionar o agente de redução, dentro da faixa acima, o agente de redução pode ser adequadamente eficaz para adicionalmente de forma eficiente aperfeiçoar uma taxa de lixiviação de níquel e cobalto, particularmente de cobalto por sinergia com controle em uma concentração de ferro em outra etapa. Assim, ao mesmo tempo que reduzindo um custo para remover ferro, uma taxa de recuperação para níquel e cobalto pode ser adicionalmente aperfeiçoada.

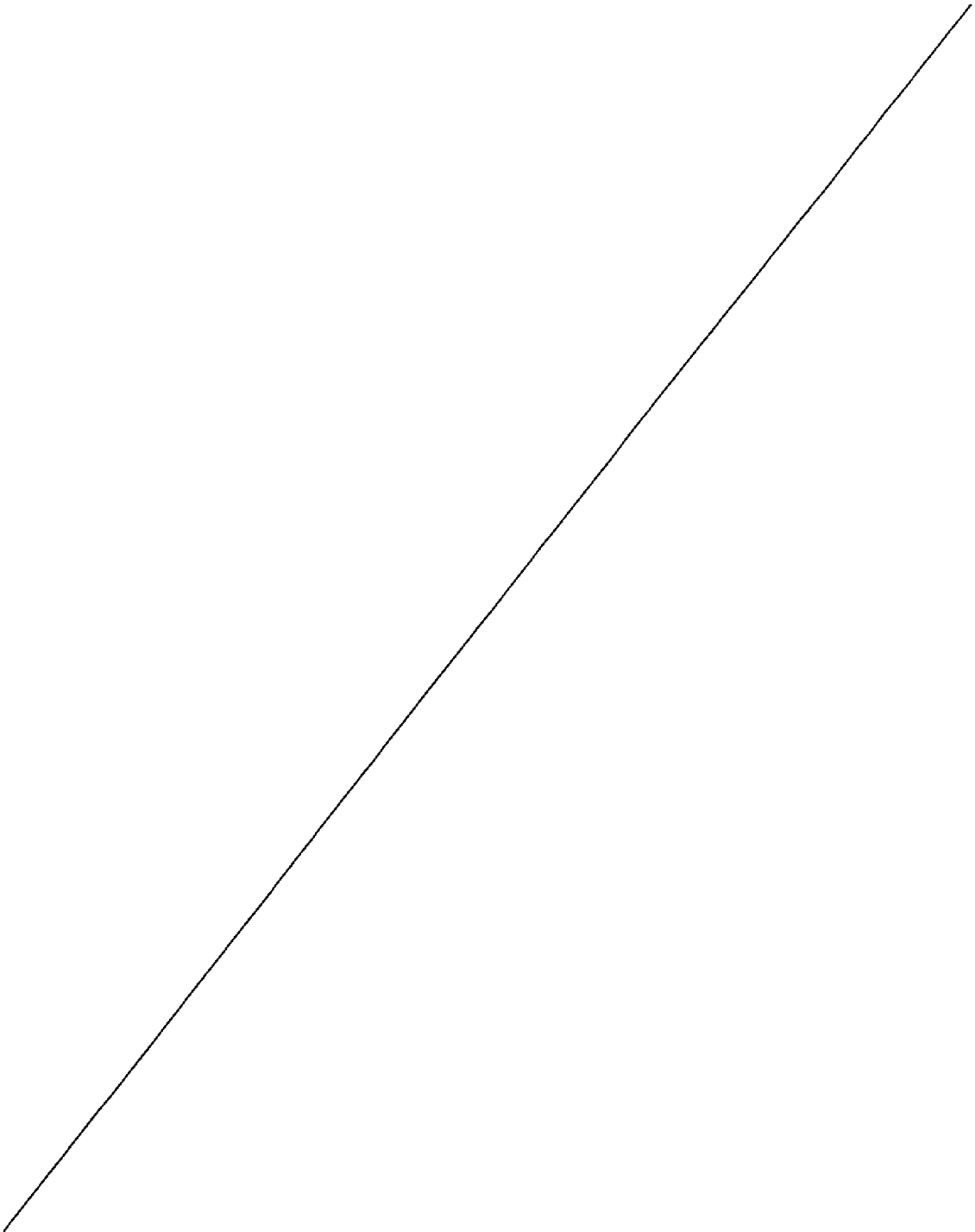
A adição de um agente de redução deve ser eficaz para aperfeiçoar uma taxa de lixiviação de níquel e cobalto, particularmente de cobalto por causa da seguinte razão.

Ou seja, o cobalto no minério óxido 102 existe como um óxido bivalente ( $\text{CoO}$ ) e um óxido trivalente ( $\text{Co}_2\text{O}_3$ ) e uma proporção destes óxidos seria dependente de um local de mineração. O estado de ligação entre cobalto e oxigênio é mais forte e mais estável em  $\text{Co}_2\text{O}_3$  do que em  $\text{CoO}$ . Portanto, não é fácil decompor a ligação química entre cobalto e oxigênio em um óxido de cobalto trivalente contido no minério em pasta fluida 104 com ácido sulfúrico 105. Assim, seria estimado que por adicionar um agente de redução em adição ao ácido sulfúrico 105, uma força de ligação entre cobalto e oxigênio no óxido de cobalto trivalente torna-se mais fraca e o cobalto é reduzido de trivalente para bivalente, permitindo ao cobalto ser mais facilmente lixiviado com ácido sulfúrico 105.b.

(EXEMPLOS)

A presente invenção será mais especificamente descrita com referência aos exemplos experimentais. Em adição, a quantidade de cada componente nos minérios óxidos na Tabela 2 à Tabela 5 é expressa em % do peso para a quantidade de minério óxido.

As Tabelas 2 a 5 apresentam as condições e os resultados de cada um dos exemplos experimentais.



(Tabela 2)

Nº do Exemplo	Componente do minério óxido (% por peso)					Taxa de classificação do minério		Água	Sal de sódio adicionado		Ácido Sulfúrico/Minério	Temperatura °C		Neutralização	
	Ni	Co	Fe	Mg	Mg/Fe	-2 mm	+2 mm		Material	Na/Minério		Lixiviação	Reação	Material	pH
A-1	1,87	0,111	23,4	11,7	0,50	72	28	Marinha	Nenhum	0	0,73	95	95	FeNi slag	2,5
A-2	1,74	0,107	27,1	10,5	0,39	67	33	Marinha	Nenhum	0	0,73	95	95	CaCO <sub>3</sub>	2,5
A-3	1,74	0,107	27,1	10,5	0,39	67	33	Marinha	Nenhum	0	0,68	95	95	Ca(OH) <sub>2</sub>	2,5
A-4	1,74	0,107	27,1	10,5	0,39	67	33	Rio	Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	0,025	0,73	95	95	CaCO <sub>3</sub>	2,5
A-5	1,74	0,107	31,1	10,5	0,39	67	33	Rio	NaCl	0,025	0,73	95	95	Mg(OH) <sub>2</sub>	3,0
A-6	1,68	0,123	31,1	8,7	0,58	74	26	Marinha	Nenhum	0	0,73	95	95	MgCO <sub>3</sub>	3,0
A-7	1,68	0,123	33,4	8,7	0,28	74	26	Marinha	Nenhum	0	0,68	95	95	MgO	3,0
A-8	1,63	0,125	33,4	7,8	0,23	76	24	Marinha	Nenhum	0	0,73	95	95	CaCO <sub>3</sub>	3,0
A-9	1,63	0,125	33,4	7,8	0,23	76	24	Marinha	Nenhum	0	0,63	95	95	NaOH	3,0
A-10	1,63	0,125	43,0	7,8	0,23	76	24	Rio	Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	0,04	0,73	95	95	Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	3,0
B-1	1,45	0,149	27,1	3,9	0,09	86	14	Marinha	Nenhum	0	0,73	95	95	CaCO <sub>3</sub>	3,0
B-2	1,74	0,107	33,4	10,5	0,39	Não classificado	Não classificado	Rio	Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	0,25	0,73	95	Não feita	CaCO <sub>3</sub>	3,0
B-3	1,63	0,125	33,4	7,8	0,23	Não classificado	Não classificado	Marinha	Nenhum	0	0,73	95	Não feita	CaCO <sub>3</sub>	3,0
B-4	1,63	0,125	33,4	7,8	0,23	76	24	Marinha	Nenhum	0	0,45	95	95	CaCO <sub>3</sub>	3,0
B-5	1,63	0,125	33,4	7,8	0,23	76	24	Marinha	Nenhum	0	1,00	95	95	CaCO <sub>3</sub>	3,0
Ex. Comp.	1,63	0,125	33,4	7,8	0,23	76	24	Rio	Nenhum	0	0,73	95	95	CaCO <sub>3</sub>	3,0

(Tabela 3)

Nº do Exemplo	Taxa de lixiviação atmosférica (% por peso)				Solução atmosférica			Agente de neutralização/ Minério	Solução de Neutralização (g/L)			
	Ni	Co	Fe	Mg	Fe (g/L)	Proporção de concentração de Fe/Ni	Ácido Sulfúrico puro (g/L)		Ni	Co	Fe	Mg
A-1	90,1	93,2	0,6	86,6	0,31	0,05	9	0,09	0,39	0,18	44,73	
A-2	91,1	82,5	1,3	89,8	0,75	0,11	18	0,02	0,38	0,28	42,07	
A-3	87,9	70,3	0,5	87,2	0,27	0,04	14	0,01	0,36	0,23	40,55	
A-4	90,9	76,2	3,2	88,7	1,61	0,24	25	0,04	0,43	0,29	44,83	
A-5	91,2	70,9	5,5	93,1	5,52	0,90	28	0,07	0,41	0,29	31,89	
A-6	91,0	78,0	4,9	94,3	2,60	0,42	25	0,06	0,36	0,19	38,40	
A-7	86,9	75,9	0,9	89,2	0,54	0,09	20	0,02	0,35	0,07	36,84	
A-8	91,6	78,3	7,6	92,4	6,75	1,19	30	0,09	0,36	0,27	29,10	
A-9	84,8	67,8	1,6	88,3	1,52	0,27	15	0,04	0,33	0,05	29,32	
A-10	91,9	71,5	4,3	94,5	4,45	0,75	32	0,08	0,36	0,12	30,73	
B-1	82,6	63,3	28,6	92,1	44,57	11,68	78	0,45	0,37	0,49	13,06	
B-2	81,3	61,6	18,2	93,3	15,04	3,31	46	0,16	0,27	0,10	38,29	
B-3	85,1	62,7	17,4	92,2	17,68	2,63	43	0,15	0,38	0,19	30,21	
B-4	64,3	50,4	0,2	76,9	0,21	0,04	6	0,01	0,30	0,05	27,98	
B-5	91,8	80,2	46,7	95,3	47,54	8,29	45	0,44	1,44	0,19	23,79	
Ex. Comp.	80,6	59,4	40,2	86,2	40,33	7,57	20	0,32	0,29	0,47	25,66	

(Tabela 4)

Nº do Exemplo	Minério óxido	Componente do minério óxido (% por peso)				Taxa de classificação do minério (% em peso)		Água	Sal de sódio adicionado		Agente de redução			Ácido sulfúrico/Minério		Temperatura °C	
		Ni	Co	Fe	Mg	-2 mm	+2 mm		Material	Na/Minério	Material	Processo	Agente de redução/Minério	Lixiviação	Reação		
C-1	C	1,65	0,077	25,4	10,8	64	36	Marinha	Nenhum	0	Pó de ferro	Lixiviação atmosférica	0,003	0,73	95	95	
C-2	C	1,65	0,077	25,4	10,8	64	36	Marinha	Nenhum	0	Sulfito de Na	Lixiviação atmosférica	0,05	0,73	95	95	
C-3	C	1,65	0,077	25,4	10,8	64	36	Rio	Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	0,025	Pó de ferro	Lixiviação atmosférica	0,005	0,73	95	95	
C-4	C	1,65	0,077	25,4	10,8	64	36	Rio	NaCl	0,025	Sulfito de Na	Reação atmosférica	0,08	0,73	95	95	
C-5	C	1,65	0,077	25,4	10,8	64	36	Marinha	Nenhum	0	Pó de ferro	Reação atmosférica	0,005	0,73	95	95	
D-1	D	1,71	0,235	22,7	11,1	61	39	Marinha	Nenhum	0	Pó de ferro	Lixiviação atmosférica	0,003	0,73	95	95	
D-2	D	1,71	0,235	22,7	11,1	61	39	Marinha	Nenhum	0	Sulfito de Na	Lixiviação atmosférica	0,05	0,73	95	95	
D-3	D	1,71	0,235	22,7	11,1	61	39	Rio	Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	0,025	Pó de ferro	Lixiviação atmosférica	0,005	0,73	95	95	
D-4	D	1,71	0,235	22,7	11,1	61	39	Rio	NaCl	0,025	Sulfito de Na	Reação atmosférica	0,08	0,73	95	95	
D-5	D	1,71	0,235	22,7	11,1	61	39	Marinha	Nenhum	0	Pó de ferro	Reação atmosférica	0,005	0,73	95	95	

(Tabela 5)

Nº do Exemplo	Minério óxido	Taxa de lixiviação atmosférica (% por peso)					Solução Atmosférica (g/L)				
		Ni	Co	Fe	Mg		Ni	Co	Fe	Mg	
C-1	C	89,0	80,2	6,1	89,9		5,70	0,27	5,75		34,05
C-2	C	89,5	78,1	2,0	83,8		5,63	0,26	1,87		34,01
C-3	C	89,1	82,5	7,5	81,0		5,71	0,29	7,14		34,06
C-4	C	88,0	82,8	1,3	80,3		5,88	0,29	7,16		35,54
C-5	C	88,9	82,8	7,6	79,7		5,60	0,26	7,18		34,34
D-1	D	92,2	87,0	5,6	73,8		6,15	0,80	5,53		32,39
D-2	D	92,4	77,9	0,5	80,1		6,19	0,62	0,45		37,83
D-3	D	91,1	95,7	7,4	70,5		6,08	0,83	7,16		34,26
D-4	D	92,2	95,1	1,5	76,3		6,14	0,82	1,31		36,22
D-5	D	88,8	95,8	7,5	63,7		5,72	0,79	6,87		31,06

(A-1)

No presente exemplo experimental, um minério óxido contendo Ni: 1,87%, Co: 0,111%, Fe: 23,4% e Mg: 11,7% no qual uma proporção de Mg/Fe era 0,5 foi utilizado. Este minério óxido foi classificado por uma tela de 2 mm em um minério óxido de -2 mm e em um minério óxido de +2 mm em 72% do peso e 28% do peso, respectivamente. A quantidade total do minério óxido de +2 mm foi triturada em um minério de -2 mm. Para o minério óxido de -2 mm foi adicionada água marinha para obter um minério em pasta fluida com concentração de 28% do peso. Então, ácido sulfúrico com concentração de 98% do peso foi adicionado em uma quantidade de 0,73 vezes a quantidade total do minério óxido antes da classificação e a mistura foi agitada durante 6 horas em uma temperatura de 95°C e em uma pressão atmosférica para lixiviação.

O lixiviado de ácido sulfúrico e o resíduo da lixiviação assim obtido foi adicionado um minério óxido como um minério em pasta fluida com uma concentração de 40% do peso preparada pela adição de água marinha para o minério triturado a partir do minério óxido com +2 mm. A mistura foi reagida por agitar em uma temperatura de 95°C e em uma pressão atmosférica durante 6 horas. Uma taxa de lixiviação após a reação atmosférica - pressão foi verificada para obter os resultados: Ni: 90,1%, Co: 83,2%, Fe: 0,6% e Mg: 86,6%. A solução de reação atmosférica - pressão apresentou a concentração de Fe: 0,31 g/L, proporção de concentração Fe/Ni ? 0,05, quantidade de ácido sulfúrico puro: 9 g/L. Uma taxa de lixiviação de ferro foi controlada enquanto proporcionando uma taxa de lixiviação de níquel e cobalto.

Para a solução da reação e para o resíduo da reação assim obtidos foi adicionada a escória Fe/Ni (escória de ferroníquel) com Ni: 0,05%, Fe: 5,5% e Mg: 20,4% como um agente de neutralização com agitação até que um pH tornou-se 2,5, para uma reação de neutralização. A quantidade do agente de neutralização utilizado foi 0,09 vezes a quantidade total do minério óxido.

A seguir, para a solução de neutralização e para o resíduo da

neutralização foi adicionado um floculante de polímero para flocular o resíduo da neutralização, o qual foi então espontaneamente precipitado. Então, a solução de neutralização e o resíduo da neutralização foram separados em um sólido e um líquido. A concentração dos componentes na solução de neutralização foram Ni: 6,25 g/L, Co: 0,39 g/L, Fe: 0,18 g/L e Mg: 44,73 g/L.  
5  
(A-2)

Um experimento foi executado sob as mesmas condições descritas em A-1, exceto que um minério óxido classificado por uma tela de 2 m e o minério óxido que contém Ni: 1,74%, Co: 0,107%, Fe: 27,1% e Mg: 10,5% e no qual uma proporção de Mg/Fe era 0,39 foi utilizado e  $\text{CaCO}_3$  foi utilizado como um agente de neutralização.  
10  
(A-3)

Foi executado um experimento sob as mesmas condições descritas em a-2, exceto que ácido sulfúrico foi utilizado em 0,68 vezes a quantidade para a quantidade total de minério óxido e  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  foi utilizado como um agente de neutralização.  
15  
(A-4)

Foi executado um experimento sob as mesmas condições descritas em A-2, exceto que água foi água de rio;  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  foi utilizado como um sal de sódio; e a quantidade de sódio era 0,025 vezes a quantidade total do minério óxido.  
20  
(A-5)

Foi executado um experimento sob as mesmas condições descritas em A-2, exceto que água era água de rio;  $\text{NaCl}$  foi utilizado como um sal de sódio; a quantidade de sódio era 0,025 vezes a quantidade total do minério óxido;  $\text{Mg}(\text{OH})_2$  foi utilizado como um agente de neutralização; e um pH de neutralização foi 3,0.  
25  
(A-6)

Foi executado um experimento sob as mesmas condições descritas em A-1, exceto que um minério sólido de -2 mm em 74% do peso e um minério óxido de +2 mm em 26% do peso obtido pela classificação com uma tela de 2 mm a partir de um minério óxido foi utilizado. O minério óxido  
30

contém Ni: 1,68%, Co: 0,123%, Fe: 31,1% e Mg: 8,7% e uma proporção de Mg/Fe do minério óxido era 0,28;  $\text{MgCO}_3$  foi utilizado como um agente de neutralização; e um pH era 3,0.

(A-7)

5 Foi executado um experimento sob as mesmas condições descritas em A-6, exceto que a quantidade de ácido sulfúrico era 0,68 vezes a quantidade total de minério óxido e MgO foi utilizado como um agente de neutralização.

(A-8)

10 Foi executado um experimento sob as mesmas condições descritas em A-1, exceto que um minério óxido de -2 mm em 76% do peso e um minério óxido de +2 mm em 24% do peso obtido pela classificação com uma tela de 2 mm a partir de um minério óxido foi utilizado. O minério óxido contém Ni: 1,63%, Co: 0,125%, Fe: 33,4% e Mg: 7,8% e uma proporção de  
15 Mg/Fe do minério óxido era 0,23;  $\text{CaCO}_3$  foi utilizado como um agente de neutralização; e um pH era 3,0.

(A-9)

Foi executado um experimento sob as mesmas condições descritas em A-8, exceto que a quantidade de ácido sulfúrico era 0,63 vezes a  
20 quantidade total do minério óxido e NaOH foi utilizado como um agente de neutralização.

(A-10)

Foi executado um experimento sob as mesmas condições descritas em A-8, exceto que a água era água de rio;  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  foi utilizado como um  
25 sal de sódio; a quantidade de sal de sódio era 0,04 vezes a quantidade total do minério óxido; e  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  foi utilizado como um agente de neutralização.

Como descrito acima, no experimento acima nº A-1 à A-10, foram alcançados aperfeiçoamento em uma taxa de lixiviação para níquel e cobalto e o controle de uma taxa de lixiviação para ferro e uma solução de sulfato de níquel e uma solução de sulfato de cobalto com uma conteúdo  
30 inferior de ferro foram obtidas. Assim, o ferro poderia ser removido com uma quantidade reduzida de um agente de neutralização

(B-1)

O presente exemplo experimental foi executado sob as mesmas condições descritas em A-1, exceto que um minério óxido de -2 mm em 86% do peso e um minério óxido de +2 mm em 14% do peso obtido pela classificação com uma tela de 2 m, a partir de um minério óxido. O minério óxido contém Ni: 1,45%, Co: 0,149%, Fe: 43% e Mg: 3,9% e uma proporção de Mg/Fe do minério óxido era 0,009; CaCO<sub>3</sub> foi utilizado como um agente de neutralização; e um pH era 3,0. Com uma baixa proporção de Mg/Fe de 0,09 em um minério óxido, uma taxa de lixiviação de níquel é diminuída enquanto uma taxa de lixiviação de ferro é aumentada. Uma concentração de ferro e uma quantidade de ácido sulfúrico puro em uma solução em pressão atmosférica foram aumentadas e a quantidade de um agente de neutralização utilizado é aumentada.

(B-2)

O presente exemplo experimental foi executado sob as mesmas condições descritas em A-4, exceto que a classificação com uma tela de 2 mm e a etapa de reação não foram executadas e um pH da solução de neutralização era 3,0. Quando não executando o peneiramento do minério óxido e lixiviando todo o minério com ácido sulfúrico de uma vez, ou sejam não executando a etapa de classificação, uma taxa de lixiviação de níquel é diminuída e uma taxa de lixiviação de ferro é aumentada, uma concentração de ferro e uma quantidade de ácido sulfúrico puro em uma solução em pressão atmosférica é aumentada e a quantidade de agente de neutralização utilizado é aumentada.

25 (B-3)

O presente exemplo experimental foi executado sob as mesmas condições descritas em A-8, exceto que a classificação com uma tela de 2 mm e o processo de reação não foram executados. Quando não executando o peneiramento do minério óxido e lixiviando todo o minério óxido com ácido sulfúrico de uma vez, ou seja, não executando a etapa de reação, uma taxa de lixiviação de níquel é diminuída e uma taxa de lixiviação de ferro é aumentada, uma concentração de ferro e a quantidade de um ácido sulfúrico

puro em uma solução em pressão atmosférica são aumentadas e a quantidade do agente de neutralização utilizado é aumentada.

(B-4)

O presente exemplo experimental foi executado sob as mesmas  
5 condições descritas em A-8, exceto que a quantidade de ácido sulfúrico foi  
0,45 vezes a quantidade total do minério óxido antes da classificação.  
Quando ácido sulfúrico é utilizado em tal quantidade baixa em que uma pro-  
porção de ácido sulfúrico/minério óxido é 0,45, as taxas de lixiviação de ní-  
quel e cobalto são diminuídas.

10 (B-5)

O presente exemplo experimental foi executado sob as mesmas  
condições descritas em A-8, exceto que a quantidade de ácido sulfúrico foi  
1,00 vezes a quantidade total do minério óxido antes da classificação.  
Quando ácido sulfúrico é utilizado em tal alta quantidade em que uma pro-  
15 porção de ácido sulfúrico/minério óxido é 1,00, uma taxa de lixiviação de  
ferro é aumentada; uma concentração de ferro e a quantidade de ácido sul-  
fúrico puro na solução em pressão atmosférica são aumentadas; e a quanti-  
dade do agente de neutralização é aumentada.

(Exemplo Comparativo)

20 Este exemplo comparativo foi executado como descrito em A-8,  
exceto que a água era água de rio e um sal de sódio não foi adicionado. A-  
qui, uma taxa de lixiviação de níquel é diminuída; uma taxa de lixiviação de  
ferro é aumentada; uma concentração de ferro na solução em pressão at-  
mosférica é aumentada; e a quantidade de agente de neutralização é au-  
25 mentada.

Quando a temperatura de lixiviação e a temperatura de reação  
eram 60°C, uma taxa de lixiviação de níquel e cobalto tendia a ser ligeira-  
mente diminuída em comparação com outros exemplos experimentais.

Em C-1 à C-5, minério óxido C (Ni: 1,65%, Co: 0,077%, Fe:  
30 25,4%, Mg: 10,8%) foi utilizado.

Em D-1 à D-5, o minério óxido D (Ni: 1,71%, Co: 0,235%, Fe:  
22,7%, Mg: 11,1%) a partir de uma mina diferente do minério óxido C foi uti-

lizado.

(C-1)

O minério óxido C foi classificado com uma tela de 2 mm em um minério óxido de -2 mm e um minério óxido de +2 mm em 64% do peso e 5 36% do peso, respectivamente. A quantidade como um todo do minério óxido de +2 mm foi triturada em um minério de -2 mm. Para o minério óxido de -2 mm foi adicionada água marinha para obter uma pasta fluida com uma concentração de 28% do peso. Então, ácido sulfúrico com uma concentra- 10 ção de 98% do peso foi adicionado em 0,73 vezes para a quantidade total do minério óxido antes da classificação e o pó de ferro foi adicionado em 0,003 vezes a quantidade para a quantidade total de minério óxido antes da classificação. Então, a mistura foi lixiviada por agitação durante 6 horas em uma temperatura de 95°C e em uma pressão atmosférica.

Para o lixiviado de ácido sulfúrico e o resíduo da lixiviação obti- 15 dos pelo processo descrito acima foi adicionado um minério triturado a partir do minério óxido de +2 mm como uma pasta fluida com uma concentração de 40% do peso com água marinha e a mistura foi reagida por agitação du- rante 6 horas em uma temperatura de 95°C e em uma pressão atmosférica. As taxas de lixiviação após a reação foram verificadas para obter os resulta- 20 dos: Ni: 89%, Co: 80,2%, Fe 6,1% e Mg: 80,9%, e concentrações na solução da reação eram Ni: 5,70 g/L, Co ? 0,27 g/L, Fe: 5,75 g/L e Mg: 34,05 g/L. Assim, tanto para níquel como cobalto, a taxa de lixiviação foi boa.

(C-2)

O presente exemplo experimental foi executado sob as mesmas 25 condições descritas em C-1 com o mesmo minério óxido como este de C-1, exceto que na etapa de lixiviação, sulfito de sódio foi utilizado em uma quantidade de 0,05 vezes a quantidade total do minério óxido.

(C-3)

O presente exemplo experimental foi executado sob as mesmas 30 condições descritas em C-1 com o mesmo minério óxido como este de C-1, exceto que a água era água de rio; Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> como um sal de sódio foi utiliza- do na quantidade de 0,025 vezes a quantidade total de minério óxido; e na

etapa de lixiviação, pó de ferro foi adicionado na quantidade de 0,005 vezes a quantidade total do minério óxido.

(C-4)

O presente exemplo experimental foi executado sob as mesmas  
5 condições descritas em C-1 com o mesmo minério óxido como este de C-1, exceto que a água era água de rio; NaCl como um sal de sódio foi utilizando na quantidade de 0,025 vezes a quantidade total do minério óxido; e na etapa de reação, sulfito de sódio foi adicionado na quantidade de 0,08 vezes a quantidade total do minério óxido.

10 (C-5)

O presente exemplo experimental foi executado sob as mesmas condições descritas em C-1 com o mesmo minério óxido como este de C-1, exceto que na etapa de reação, pó de ferro foi adicionada na quantidade de 0,005 vezes a quantidade total do minério óxido.

15 Como descrito acima, para o minério óxido C, pela adição de pó de ferro ou de sulfito de sódio, as taxas de lixiviação de níquel e cobalto foram adicionalmente aperfeiçoadas.

(D-1)

O minério óxido D foi classificado com uma tela de 2 mm em um  
20 minério óxido de -2 mm e em um minério óxido de +2 mm em 61% do peso e 39% do peso, respectivamente. A quantidade total do minério óxido foi triturada em um minério de -2 mm. Para o minério óxido de -2 mm foi adicionada água marinha para obter uma pasta fluida com uma concentração de 28% do peso. Então, o ácido sulfúrico com concentração de 98% do peso foi  
25 adicionado em 0,73 vezes e pó de ferro foi adicionado nas quantidades 0,003 vezes para a quantidade total de minério óxido antes da classificação. Então, a mistura foi lixiviada por agitação durante 6 horas em uma temperatura de 95°C e em uma pressão atmosférica. Para o lixiviado de ácido sulfúrico e para o resíduo de lixiviação foi adicionado um minério triturado a partir  
30 do minério óxido de +2 mm como uma pasta fluida como 40% do peso de concentração com água marinha e a mistura foi reagida por agitação durante 6 horas em uma temperatura de 95°C e em uma pressão atmosférica.

As taxas de lixiviação após a reação foram verificadas para obter os resultados: Ni: 92,2%, Co: 87%, Fe: 5,6% e Mg: 73,8% e as concentrações na solução da reação foram Ni: 6,15 g/L, Co: 0,8 g/L, Fe: 5,53 g/L e Mg: 32,39 g/L. Assim, tanto para níquel como para cobalto, uma taxa de lixiviação foi adicionalmente aperfeiçoada.

(D-2)

O presente exemplo experimental foi executado sob as mesmas condições descritas em D-1 com o mesmo minério óxido como este de D-1, exceto que na etapa de lixiviação, sulfito de sódio foi utilizado na quantidade de 0,05 vezes a quantidade total do minério óxido.

(D-3)

O presente exemplo experimental foi executado sob as mesmas condições descritas em D-1 com o mesmo minério óxido como este de D-1, exceto que a água era água de rio;  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  como sal de sódio foi utilizado na quantidade de 0,025 vezes a quantidade total do minério óxido; e na etapa de lixiviação, pó de ferro foi adicionado na quantidade de 0,005 vezes a quantidade total do minério óxido.

(D-4)

O presente exemplo experimental foi executado sob as mesmas condições descritas em D-1 com o mesmo minério óxido como este de D-1, exceto que a água era água de rio; NaCl como sal de sódio foi utilizado na quantidade de 0,025 vezes a quantidade total do minério óxido; e na etapa de reação, sulfito de sódio foi adicionado na quantidade de 0,08 vezes para a quantidade total do minério óxido.

(D-5)

O presente exemplo experimental foi executado sob as mesmas condições descritas em D-1 com o mesmo minério óxido como este de D-1, exceto que na etapa de reação, pó de ferro foi adicionado na quantidade de 0,005 vezes para a quantidade total de minério óxido.

Como descrito acima, para o minério óxido C e para o minério óxido D, pela adição de pó de ferro ou de sulfito de sódio, as taxas de lixiviação de níquel e cobalto poderiam ser adicionalmente aperfeiçoadas.

## REIVINDICAÇÕES

1. Processo para recuperar níquel ou cobalto a partir de um minério óxido contendo níquel ou cobalto e ferro, consistindo de:

5       uma etapa de lixiviação onde níquel ou cobalto é lixiviado a partir do minério óxido utilizando ácido sulfúrico e um sal de sódio para obter um lixiviado de ácido sulfúrico contendo níquel ou cobalto e um resíduo da lixiviação;

10       uma etapa de reação onde o lixiviado de ácido sulfúrico contendo o resíduo da lixiviação é reagido com uma substancia de magnésio contendo óxido para ajustar um pH para obter uma solução de reação contendo níquel ou cobalto e um resíduo da reação contendo ferro; e

15       uma etapa de neutralização onde a solução da reação contendo o resíduo da reação é neutralizada com um agente de neutralização para obter uma solução de neutralização contendo níquel ou cobalto e um resíduo da neutralização contendo ferro,

**caracterizado pelo fato de que** a unidade de peso entre o ácido sulfúrico adicionado na etapa de lixiviação e o minério óxido é de 0,5 a 0,8 e a unidade de peso entre o sal de sódio adicionado na etapa de lixiviação e o minério óxido é de 0,01 a 0,05.

20       2. Processo, de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado pelo fato de que** consiste na etapa de:

classificar o minério óxido em um minério óxido de partícula pequena e em um minério óxido de partícula grande contendo magnésio antes da etapa de lixiviação;

25       em que o níquel ou cobalto são lixiviados a partir do minério óxido de partícula pequena na etapa de lixiviação; e

o ácido sulfúrico lixiviado contendo o resíduo da lixiviação é reagido com magnésio contido no minério óxido de partícula grande para ajustar um pH na etapa de reação.

30       3. Processo, de acordo com a reivindicação 1 ou 2, **caracterizado pelo fato de que** ainda consiste na etapa de:

separar a solução de neutralização e o resíduo da neutralização

por separação de sólido - líquido utilizando um espessante com um floculante após a etapa de neutralização.

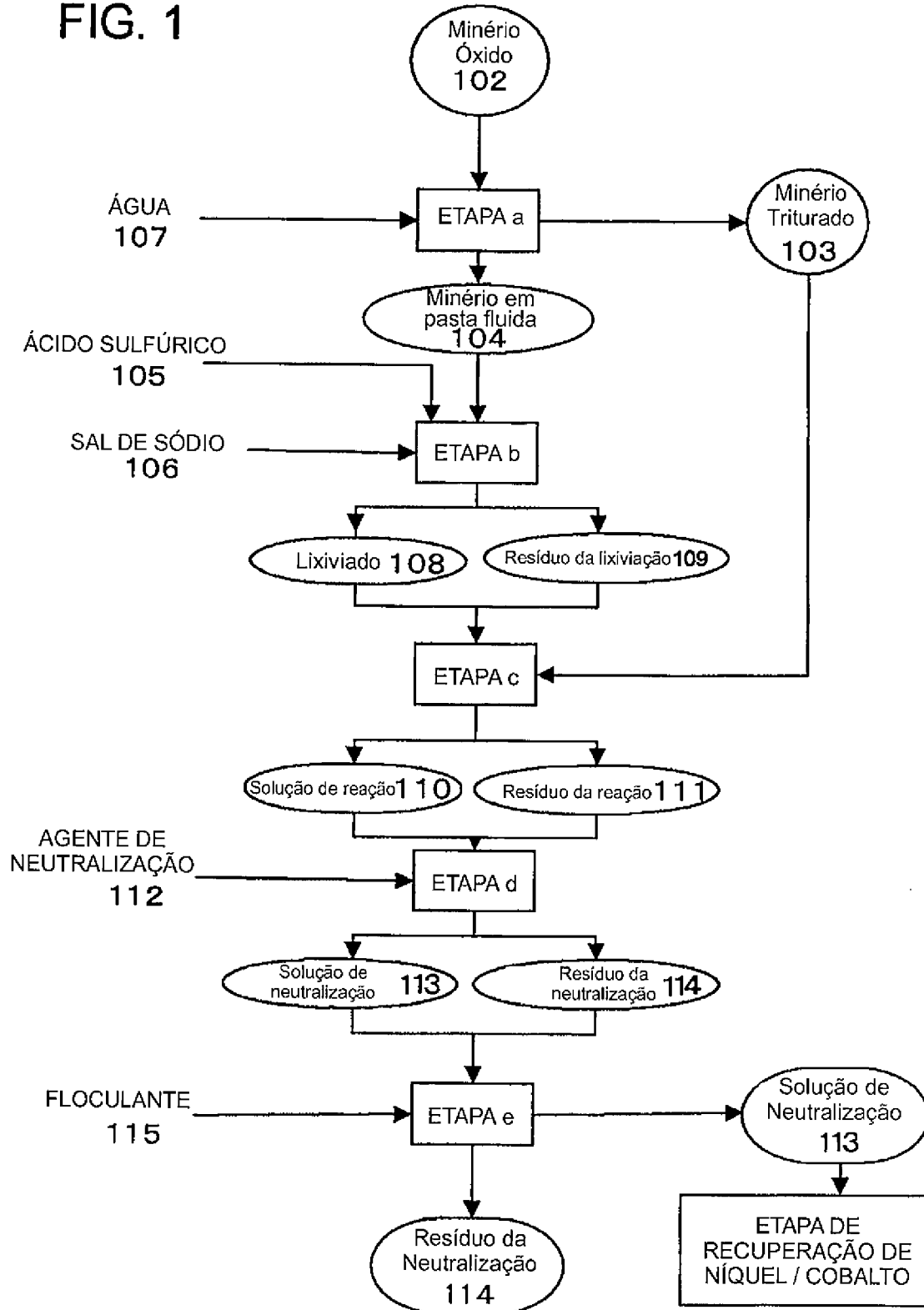
4. Processo, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 3, **caracterizado pelo fato de que** tanto a etapa de lixiviação como a etapa de reação são executadas em uma temperatura de 90°C ou mais elevada.

5. Processo, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 4, **caracterizado pelo fato de que** tanto a dita etapa de lixiviação como a etapa de reação são executadas em uma pressão atmosférica.

10. 6. Processo, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 5, **caracterizado pelo fato de que** a substância de magnésio contendo óxido é um minério de magnésio contendo óxido.

15. 7. Processo, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 6, **caracterizado pelo fato de que** o sal de sódio é um sal de sódio contido em água marinha.

FIG. 1



## RESUMO

Patente de Invenção: **"PROCESSO PARA RECUPERAR NÍQUEL OU COBALTO"**.

Na etapa b (etapa de lixiviação), um minério em pasta fluida 104  
5 é lixiviado com ácido sulfúrico 105 para obter um lixiviado de ácido sulfúrico 108 contendo níquel e cobalto e um resíduo da lixiviação 109. Aqui, o resíduo da lixiviação 109 contém Natrojarosita gerado por uma reação de ferro lixiviado a partir do minério em pasta fluida 104 com ácido sulfúrico 105 e sal de sódio 106.