

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

(21) **PI 0620267-5 A2**

(22) Data de Depósito: 21/12/2006
(43) Data da Publicação: 17/04/2012
(RPI 2154)



(51) *Int.Cl.:*

C22B 3/00
C22B 3/44
C22B 3/08
C22B 26/22

(54) **Título:** RECUPERAÇÃO DE HIDRATO DE SÓLIDO DE SULFATO DE MAGNÉSIO

(30) **Prioridade Unionista:** 22/12/2005 AU 2005907249

(73) **Titular(es):** BHP BILLITON SSM DEVELOPMENTS PTY LTD

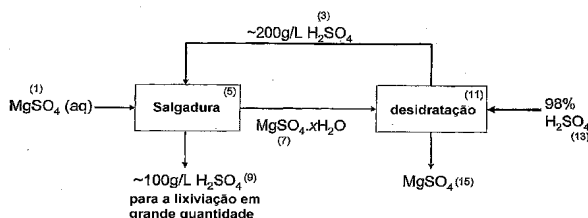
(72) **Inventor(es):** Eric Girvan Roche, Jacqueline Whitehead

(74) **Procurador(es):** Alexandre Ferreira

(86) **Pedido Internacional:** PCT AU2006001984 de 21/12/2006

(87) **Publicação Internacional:** WO 2007/070974de 28/06/2007

(57) **Resumo:** RECUPERAÇÃO DE HIDRATO SÓLIDO DE SULFATO DE MAGNÉSIO. Um processo para a recuperação de hidrato de magnésio sólido de uma fonte de sulfato de magnésio em solução, o referido processo incluindo as etapas de: (a) fornecimento duma fonte de sulfato de magnésio em solução que é derivada de parte de um processo associado com a lixiviação de um minério ou concentrado contendo um metal; (b) a adição de ácido sulfúrico na solução de sulfato de magnésio para a salgadura do sulfato de magnésio como cristais de hidrato de sulfato de magnésio em um processo de conversão em sal, e parcialmente diluindo o ácido sulfúrico; (c) a reciclagem do ácido sulfúrico diluído para o uso no processo de lixiviação do minério ou concentrado contendo metal; e (d) a recuperação dos cristais sólidos de sulfato de magnésio.



"RECUPERAÇÃO DE HIDRATO DE SULFATO DE MAGNÉSIO SÓLIDO"

Campo da invenção

A invenção atual refere-se a um processo para a
5 recuperação de hidrato de sulfato de magnésio sólido. Ele é especialmente aplicável à recuperação de um produto de hidrato de sulfato de magnésio sólido cristalizado a partir de uma solução contendo sulfato de magnésio.

O processo é especialmente aplicável à recuperação
10 de hidrato de sulfato de magnésio sólido, através do tratamento de uma solução de sulfato de magnésio recuperada de uma solução de salmoura que foi produzida durante um processo para a recuperação de um metal de um concentrado ou minério contendo metal. Ele tem uma aplicação especial no tratamento
15 de sulfato de magnésio recuperado de uma solução de salmoura associada com um processo de recuperação de níquel e cobalto que utiliza ácido sulfúrico para lixiviar minérios contendo níquel e cobalto. O processo utiliza ácido sulfúrico concentrado para a produção de sulfato de magnésio sólido
20 como cristais, a partir de uma solução contendo sulfato de magnésio solubilizado, e a recuperação do sulfato de magnésio sólido como cristais de hidrato.

Os cristais de hidrato de sulfato de magnésio sólido podem então ser substancialmente desidratados em um
25 produto sólido que é útil em um processo para a recuperação de óxido de magnésio através da conversão do sulfato de magnésio sólido substancialmente desidratado em óxido de magnésio. O óxido de magnésio, por seu lado, pode ser utilizado

como um agente neutralizante em um processo de recuperação de metal, como um processo de remoção de níquel e cobalto.

Antecedentes da invenção

Oxido de magnésio, ou magnésia, é utilizado relativamente extensivamente na indústria de mineração, por exemplo, em processos hidro-metalúrgicos de refino para a recuperação de metal. Um uso especial para o óxido de magnésio é um agente neutralizante para o controle do pH de soluções ácidas. Em processos de recuperação de níquel, ele é utilizado para elevar o pH de uma solução ácida contendo íons de níquel e cobalto dissolvidos para a precipitação de níquel e cobalto de soluções ácidas como hidróxidos de níquel e cobalto.

Uma aplicação de tal processo é incluída dentro do projeto Cawse na Austrália Ocidental, que recupera níquel e cobalto de minérios de laterita. O processo, que é apresentado por White em AU701829, utiliza óxido de magnésio sólido ou óxido de magnésio colocado em suspensão recentemente, para precipitar o níquel ou cobalto dissolvido de soluções ácidas obtidas da lixiviação ácida sob pressão de minério de laterita. O projeto BHP Billiton Ravensthorpe também propõe a recuperação de níquel e cobalto como um produto misturado de hidróxido de níquel e de cobalto, conforme descrito por Miller et al, "Observations From the RNO Pilot Plant at Lakefield Research 2000 AS", apresentado na Conferência ALTA 2001 Ni/Co-7, Scarborough, em 15 - 18 de maio de 2001.

Geralmente, o óxido de magnésio reativo de boa qualidade não é amplamente disponível e necessita ser impor-

tado para um processo de refinaria de níquel, conforme é feito no projeto Cawse. Isto pode ser adicionado consideravelmente ao custo do processo de recuperação de níquel.

Os minérios de laterita incluem ambos um componente de saprolita com alto teor de magnésio, e um componente de limonita com baixo teor de magnésio. Em processos comerciais, tais como o processo Cawse, o níquel e o cobalto são recuperados de minério de laterita através de processos de lixiviação ácida em alta pressão, onde o níquel e o cobalto são lixiviados do minério com ácido sulfúrico e são precipitados como um hidróxido misturado após a adição de óxido de magnésio.

Foram descritos outros processos não comerciais, onde um precipitado de hidróxido misturado é produzido após a adição de um agente neutralizante em uma lixiviação ácida sob pressão atmosférica, ou uma combinação de processo de lixiviação em pressão elevada e na pressão atmosférica, ou uma lixiviação em grande quantidade dos minérios de laterita. Um exemplo de tal processo é apresentado por Liu na WO 03/093517 e especificações relacionadas.

Durante tais processos de recuperação de níquel, os valores de magnésio contidos nos silicatos saprolíticos de minérios de laterita contendo níquel geralmente são descartados como rejeito. O magnésio solubilizado a partir do óxido de magnésio utilizado no processo é também descartado como rejeito. O magnésio dissolvido, geralmente se refere a poços de salmoura associados com a refinaria como salmoura de sulfato de magnésio ou de cloreto de magnésio.

O material do poço de salmoura geralmente é considerado como um produto de rejeito do processo. Os valores de metal no material rejeitado são perdidos quando descartados como resíduos e poderão também causar preocupações ambientais.

Uma característica dos vários processos de lixiviação ácida de laterita de níquel, é a produção local de ácido sulfúrico a partir de enxofre elementar utilizando uma planta de ácido. Tipicamente, uma planta de ácido produz o calor do subproduto, na forma de vapor, e ácido sulfúrico com a concentração de 98%, peso/peso. O uso de ácido sulfúrico a 98% para operar autoclaves de lixiviação ácida em pressão elevada (HPAL) significa que ambos os produtos são incluídos no processo de lixiviação de níquel. No entanto, os processos de lixiviação em grande quantidade e atmosféricos, que operam em temperaturas menores do que a HPAL, não necessitam do calor de diluição do ácido ou do calor latente do sub-produto de vapor para manter a temperatura de operação. As correntes de ácido diluídas podem ser utilizadas para a lixiviação de minérios de laterita de níquel em lixiviação em grande escala e atmosférica, sem prejuízo do processo.

Assim sendo, um processo que utiliza de forma útil o ácido sulfúrico concentrado de uma planta de ácido, ao mesmo tempo fornecendo o mesmo na forma diluída para uma lixiviação atmosférica ou em grande escala, apresentaria uma vantagem econômica.

A invenção atual visa produzir um processo novo

onde o magnésio que poderia estar presente como uma solução salina de subproduto, é recuperado como hidrato de sulfato de magnésio sólido. O hidrato de sulfato de magnésio sólido pode então ser utilizado em outros processos, por exemplo, na produção de óxido de magnésio de boa qualidade o qual, por seu lado, pode ser usado como um agente de neutralização em um processo de recuperação de níquel e cobalto.

A invenção atual visa a superar o pelo menos aliviar um ou mais dos problemas associados com a necessidade de se descartar o magnésio potencialmente útil em Poços de salmoura ou outros métodos de controle potencialmente dispendiosos durante os processos de recuperação e de metal.

A invenção atual visa ainda a produzir uma fonte econômica de sulfato de magnésio sólido, que é útil para a produção de óxido de magnésio de boa qualidade para o uso em processos de recuperação de metal.

A discussão acima sobre processos anteriores é incluída na especificação apenas com o fim de apresentar um contexto para a invenção atual. Não se sugere nem se considera que estes processos representam ou formam parte da base da arte anterior ou do conhecimento geral comum no campo relevante da invenção atual antes da data de prioridade.

Sumário da invenção

A invenção atual refere-se a um processo para a recuperação de hidrato de sulfato de magnésio sólido em uma forma cristalina a partir de uma fonte que contém sulfato de magnésio em solução. Geralmente, a fonte de sulfato de magnésio é a solução descartada em um processo para recuperação

de metal a partir de um minério contendo metal, ou concentrado, mas o processo é especialmente aplicável ao tratamento da solução descartada em um processo de recuperação de níquel e cobalto, onde o ácido sulfúrico foi utilizado para a lixiviação de minérios contendo níquel e cobalto. No processo da invenção, os cristais de hidrato de sulfato de magnésio sólidos são recuperados pela salgadura de cristais sólidos de uma solução contendo sulfato de magnésio através da adição de ácido sulfúrico concentrado.

O processo da invenção atual é especialmente aplicável ao tratamento de salmoura que resulta de uma refinaria de processamento de níquel e cobalto, onde a salmoura inclui sulfato de magnésio dissolvido. Os solicitantes descobriram que o sulfato de magnésio pode ser recuperado como hidrato de sulfato de magnésio sólido útil através do tratamento da solução com o ácido sulfúrico para recuperar um hidrato de sulfato de magnésio na forma sólida cristalizada. O hidrato de sulfato de magnésio sólido poderá então ser desidratado pela adição de mais ácido sulfúrico concentrado para produzir um produto sólido de sulfato de magnésio.

Assim sendo, a invenção atual se refere a um processo para a recuperação de hidrato de sulfato de magnésio sólido de uma fonte de sulfato de magnésio em solução, o referido processo incluindo as etapas de:

(a) fornecimento de uma fonte de sulfato de magnésio em solução que é derivada de parte de um processo associado com a lixiviação de um minério ou concentrado contendo metal;

(b) a adição de ácido sulfúrico na solução de sulfato de magnésio para produzir o sal de sulfato de magnésio como cristais de hidrato de sulfato de magnésio em um processo salgadura, e diluindo parcialmente o ácido sulfúrico;

5 e

(c) a reciclagem do ácido sulfúrico diluído para o uso no processo de lixiviação do minério ou concentrado contendo metal; e

(d) a recuperação dos cristais sólidos de sulfato
10 de magnésio.

É mais preferível que a fonte de sulfato de magnésio em solução seja derivada de parte de um processo de recuperação de níquel e cobalto que utiliza ácido para lixiviar minério contendo níquel e cobalto, mais de preferência, o
15 processo sendo aplicável ao uso de ácido sulfúrico para lixiviar o minério contendo níquel e cobalto.

Embora a invenção seja especialmente aplicável a um processo que utiliza ácido sulfúrico para lixiviar minérios de laterita contendo níquel e cobalto, especialmente a
20 lixiviação do componente saprolita com alto teor de magnésio e de minérios de laterita, poderá também ser aplicável a outros processos de lixiviação, tais como a lixiviação ácida oxidativa de minérios ou concentrados de sulfeto contendo níquel, ou processos que envolvem a lixiviação amoniacal de
25 minérios de laterita ou a lixiviação combinada amoniacal/ácida de minérios. Em cada um destes processos, existe geralmente uma quantidade de sulfato de magnésio que poderá corresponder aos poços de descarte, devido ao teor inerente

de magnésio e de enxofre dentro do minério, ou magnésio e enxofre que é introduzido durante o processo de lixiviação.

Descrição detalhada da invenção

Em uma realização preferida, a fonte de sulfato de magnésio é uma salmoura que é associada com uma refinaria de recuperação de níquel e cobalto, onde o minério de níquel e cobalto é submetido a um processo de lixiviação com o ácido sulfúrico, e será conveniente descrever a invenção em relação a tal processo. Geralmente, em tais processos, a recuperação de níquel e cobalto incluirá uma ou mais etapas onde um ou mais dos ferro, alumínio, níquel, cobalto e manganês são precipitados, geralmente como hidróxidos, através da adição de um agente neutralizante como um álcali contendo magnésio em uma solução de lixiviação abundante contendo tais espécies. De preferência, o álcali contendo magnésio será escolhido de óxido de magnésio, hidróxido de magnésio, carbonato de magnésio ou dolomita. Em tal processo de precipitação, o magnésio geralmente seria dissolvido e relatado como uma solução de sulfato de magnésio e é descartado como um subproduto de salmoura.

Em outra fonte de magnésio, os minérios contendo níquel e cobalto geralmente incluiriam quantidades significativas de magnésio, especialmente de minerais de magnésio, tais como serpentina associada com os componentes saprolíticos do minério de laterita ou saprocha. Este teor de magnésio geralmente é lixiviado em conjunto com os íons de níquel e cobalto desejados pelo ácido sulfúrico, mas são descartados como sulfato de magnésio na salmoura.

O hidrato de sulfato de magnésio sólido poderá então ser recuperado do sulfato de magnésio descartado em solução que é contido dentro do subproduto de salmoura associado com uma refinaria de recuperação de níquel e cobalto.

5 O processo de recuperação de níquel e cobalto, de preferência, é uma lixiviação ácida sob pressão, uma lixiviação na pressão atmosférica, uma lixiviação amoniacaal ou um processo de lixiviação em grande quantidade. O processo mais preferível é aplicável ao processamento de minério de late-
10 rita sob pressão atmosférica, ou nas condições de lixiviação em grande quantidade; no entanto, deve ser entendido que o processamento de outros minérios contendo metais é considerado dentro da invenção, quando o processo resulta na produção pelo menos de algum sulfato de magnésio em solução.

15 Em uma forma preferida, o processo de recuperação de níquel e cobalto é um processo de lixiviação em grande quantidade, onde o ácido sulfúrico é percolado através de uma ou mais quantidades de minério de laterita para produzir um licor de lixiviação. O licor de lixiviação, geralmente é
20 reciclado através de um ou mais amontoados, para construir os níveis de ambos o níquel e o cobalto desejados e também os níveis de magnésio, no licor de lixiviação resultante. De preferência, o nível de magnésio no licor de lixiviação resultante é construído até um nível maior do que 20 g/L, de
25 preferência, maior do que 40 g/L, para fazer com que seja possível produzir-se cristais de hidrato de sulfato de magnésio sólido.

O processo de recuperação de níquel e cobalto po-

derá também ser um processo de lixiviação atmosférico, onde o ácido sulfúrico é utilizado para a lixiviação de minério de laterita para produzir o licor de lixiviação. Outra vez, o licor de lixiviação poderá ser reciclado para o processo de lixiviação atmosférica para produzir os níveis de magnésio juntamente com o níquel e cobalto no licor de lixiviação resultante.

O ácido sulfúrico pode então ser adicionado na salmoura contendo sulfato de magnésio para a salga de sulfato de magnésio. De preferência, a concentração de ácido sulfúrico utilizada no processo de salgadura é em excesso de 100 g/l, mais de preferência, mais de 200 g/litro. O resfriamento da solução poderá ser utilizado para ajudar a recuperação dos cristais de hidrato de sulfato de magnésio, e para aumentar o rendimento.

Um reagente orgânico solúvel poderá também ser adicionado na solução de sulfato de magnésio para reduzir a solubilidade do sal de sulfato de magnésio, dessa forma permitindo que sejam utilizadas concentrações menores de ácido sulfúrico no processo de salgadura. O reagente orgânico solúvel permanecerá na salmoura após o processo de salgadura e poderá ser recuperado da salmoura por destilação, e reciclado para uso no processo de salgadura. De preferência, o reagente orgânico solúvel é metanol, etanol, acetona ou uma mistura dos mesmos.

A solução contendo o sulfato de magnésio poderá ser resfriada depois da adição de ácido sulfúrico concentrado para auxiliar na cristalização de hidrato de sulfato de

magnésio sólido, e para aumentar o rendimento, se requerido. A temperatura na qual o processo de salgadura é executado poderá ser qualquer temperatura, da temperatura ambiente até o ponto de congelamento da solução. Os cristais de sulfato de magnésio são recuperados como hidrato de sulfato de magnésio sólido.

Uma etapa adicional poderá então ser executada, através da qual o ácido sulfúrico concentrado é utilizado em uma etapa de desidratação para desidratar o hidrato de sulfato de magnésio cristalizado para produzir cristais de sulfato de magnésio substancialmente desidratados e um ácido sulfúrico diluído residual. O ácido sulfúrico concentrado, de preferência, deve ser pelo menos ácido sulfúrico a 80%. Mais de preferência, o ácido sulfúrico concentrado deve ser o ácido sulfúrico comumente produzido no comércio a 98%. O processo de desidratação resulta em uma corrente diluída de ácido e cristais de sulfato de magnésio desidratados. O ácido sulfúrico diluído residual poderá então ser reciclado para o processo de recuperação de níquel e cobalto, ou poderá ser reutilizado no processo de salgadura. O ácido sulfúrico utilizado no processo de salgadura poderá também ser reciclado para o processo de recuperação de níquel e cobalto.

O ácido sulfúrico concentrado para a etapa de desidratação poderá ser fornecido desviando-se o ácido que se destina a ser utilizado na etapa de lixiviação de níquel e cobalto. Embora o ácido sulfúrico possa ser diluído até um certo ponto após a etapa de desidratação, ele ainda terá uma concentração suficiente para ser adequado na etapa de lixi-

viação de níquel e cobalto, ou na salgadura de cristais de hidrato de sulfato de magnésio. Assim sendo, o ácido sulfúrico parcialmente diluído, de preferência, é reciclado para a etapa de lixiviação, especialmente uma etapa de lixiviação
5 na pressão atmosférica ou em grande quantidade, ou a etapa de salgadura, seguida da desidratação do produto de sulfato de magnésio.

Os cristais de sulfato de magnésio substancialmente desidratados são especialmente úteis para o uso em um
10 processo na produção de óxido de magnésio. O sulfato de magnésio sólido poderá ser calcinado para produzir o óxido de magnésio, o qual poderá ser útil para uso como um agente de neutralização no processo de recuperação de níquel e cobalto. Tal processo é apresentado por Aman na patente britânica
15 GB 793700. Mais de preferência, o sulfato de magnésio sólido poderá ser calcinado em uma atmosfera redutora para produzir MgO reativo e dióxido de enxofre gasoso, que poderá ser convertido em ácido sulfúrico utilizando uma planta de ácido.

Um benefício especial da invenção atual é que um
20 produto comercialmente útil é recuperado de uma fonte de magnésio, que de outra forma, no máximo, seria simplesmente descartada como um produto de rejeito.

Uma outra vantagem especial é que qualquer ácido sulfúrico utilizado no processo pode ser obtido rapidamente
25 de outras etapas do processo de recuperação de níquel e cobalto, e reciclado para aquela etapa. Assim sendo, não existe substancialmente nenhum consumo líquido de ácido sulfúrico no processo de recuperação de sulfato de magnésio, porque

qualquer ácido utilizado é rapidamente reciclado para uso na sua finalidade original de lixiviação de níquel e cobalto a partir de minério de laterita.

É ainda uma outra vantagem, que a conversão do sulfato de magnésio solubilizado em um produto sólido, o produto sólido poderá ser utilizado de forma útil para a produção de outros produtos para uso em um processo de recuperação de níquel e cobalto, dessa forma aliviando algumas das preocupações ambientais que poderiam resultar pelo simples descarte do sulfato de magnésio como um produto de rejeito.

Em uma vantagem adicional, a água é recuperada da salmoura, através da remoção da solução de sulfato de magnésio, que de outra forma evitaria o retorno da água para as etapas de lixiviação, com a adição de mais ácido sulfúrico da planta de ácido. Na ausência desta vantagem, a água teria que ser fornecida ao processo, e a água seria rejeitada e perdida com a salmoura.

Breve descrição dos desenhos

A figura 1 ilustra um processo para a produção de sulfato de magnésio substancialmente anidro a partir de sulfato de magnésio em solução.

Descrição detalhada da invenção

A invenção será descrita com referência aos desenhos anexos; no entanto, deverá ser visto que os desenhos são ilustrativos de realizações preferidas da invenção e a invenção não pretende ser limitada aos mesmos.

Na figura 1, o sulfato de magnésio aquoso (1) é

fornecido a partir de uma solução de salmoura que foi rejeitada como um produto descartado de um processo de recuperação de níquel e cobalto. O ácido sulfúrico concentrado (3) é adicionado ao magnésio em solução em um processo de salgadura (5), para produzir uma concentração de ácido pelo menos de 100 g/L, mais de preferência, 200 g/L, como H_2SO_4 . O processo de salgadura produz um hidrato de sulfato de magnésio sólido na forma cristalina (7). A solução poderá ser resfriada para auxiliar a cristalização, e para aumentar o rendimento. Os cristais poderão ser separados através de meios convencionais conhecidos por aqueles familiarizados com a arte, tais como decantação, filtração ou centrifugação. O ácido sulfúrico poderá ser recuperado do processo de salgadura em uma forma parcialmente diluída, tendo uma concentração de aproximadamente 100- 200 g/L (9). Este ácido sulfúrico parcialmente diluído poderá ser reciclado para a etapa de lixiviação no processo de recuperação de níquel e cobalto, diretamente, ou com diluição adicional, se desejado.

Os cristais de hidrato de sulfato de magnésio sólido (7) então sofrem uma etapa de desidratação (11) adicionando-se ácido sulfúrico a 98% (13). O ácido sulfúrico concentrado utilizado na etapa de desidratação poderá ser recuperado e utilizado na etapa de salgadura (5).

Geralmente, o ácido sulfúrico a 98% utilizado na etapa de desidratação foi desviado da lixiviação em grande quantidade ou da lixiviação atmosférica do minério contendo níquel e cobalto. Não existe, portanto, nenhuma perda líquida de ácido sulfúrico, porque ele pode ser rapidamente recu-

perado e utilizado no processo de lixiviação após a salgadura e a desidratação dos cristais de sulfato de magnésio.

Após a etapa de desidratação (11) é produzido um sulfato de magnésio substancialmente desidratado (15), e é separado do ácido diluído através de meios convencionais, como filtração ou centrifugação. Este produto de sulfato de magnésio sólido pode então ser utilizado em um processo para a produção de óxido de magnésio, que pode então ser utilizado no processo de recuperação de níquel e cobalto como um agente neutralizante.

Exemplos

Exemplos 1-4

Foi preparada uma solução de estoque contendo 40 g/litro de Mg como sulfato de magnésio. Esta solução e ácido sulfúrico a 98% foram adicionados em quatro becheres diferentes, conforme indicado na tabela abaixo, para produzir soluções com um volume total de 250 ml contendo, nominalmente, 100, 200, 300 e 400 g/L de ácido, respectivamente.

Exemplo número	Concentração nominal g/L	ml de H ₂ SO ₄ a 98%	ml de 40g de Mg/L	Vol. Total (ml)
1	400	56,7	193,3	250,0
2	300	42,5	207,5	250,0
3	200	28,3	221,7	250,0
4	100	14,2	235,8	250,0

As soluções foram então resfriadas a -2 ° C e mantidas nesta temperatura durante cerca de 30h. Os cristais

formados foram separados da solução através de filtração, deixados secarem ao ar e pesados para a determinação do rendimento de MgSO_4 hidratado. Os rendimentos obtidos para cada uma das soluções são mostrados abaixo:

Exemplo número	g de MgSO_4 obtidas	% de precipitação	% de Mg	% de S
1	37,3	47,6	10,0	13,3
2	44,9	53,3	11,1	14,6
3	29,3	32,5	10,4	13,8
4	12,7	13,3	10,1	13,6

5 As análises XRF dos cristais mostraram que a composição de hidrato de MgSO_4 é $\text{MgSO}_4 \cdot x\text{H}_2\text{O}$ onde x está na faixa de 5 - 7.

Exemplo 5

10 Hidrato de sulfato de magnésio (20 g) preparado conforme descrito no exemplo 2, foi contatado com 50 mL de H_2SO_4 a 98% durante 2h a 50 ° C. Os cristais foram então separados do ácido através de filtração utilizando-se meio de filtração de fibra de vidro. O ácido foi diluído 20 vezes e foram titulados 5 ml com NaOH 1M, requerendo 7,9 ml do titulante,
15 lante, o que corresponde a uma acidez de 1.550 g/L no filtrado.

Os cristais foram então lavados com etanol e então deixados em repouso na temperatura ambiente para a evaporação do excesso de metanol. O sólido resultante foi então analisado por intermédio de XRF e descobriu-se que continha
20 14,3% de Mg e 22,0% de enxofre. Isto corresponde à fórmula

$\text{MgSO}_4 \cdot x\text{H}_2\text{O} \cdot \text{H}_2\text{O}$ onde $x = 1,8$ (depois da correção do teor residual de H_2SO_4).

Exemplo 6

Uma solução de sulfato de magnésio (40 g/litro de magnésio) foi misturada com etanol e/ou ácido sulfúrico com um volume constante total, de acordo com as condições apresentadas na tabela abaixo. As soluções resultantes foram refrigerada a -3°C durante um mínimo de 40h. Depois da refrigeração, as amostras foram filtradas e o material cristalino presente foi lavado com etanol, deixado secar e então pesado.

Teste	Concentração de etanol (% v/v)	Concentração de Ácido sulfúrico (g/L)	% de precipitação de magnésio (como $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$)
1	0	200	25,6
2	5	200	26,7
3	15	200	36,1
4	30	200	57,5
5	15	0	25,2
6	30	0	70,1

Resultaram concentrações aumentadas de etanol com o aumento da precipitação de magnésio. Isto ocorre na presença e na ausência de ácido sulfúrico.

Exemplo 7

Uma solução de sulfato de magnésio (40 g/litro de magnésio) foi misturada com acetona e/ou ácido sulfúrico com um volume constante total de acordo com as condições apre-

sentadas na tabela abaixo. As soluções resultantes foram refrigerada a -3°C durante um mínimo de 40h. Depois da refrigeração, as amostras foram filtradas e o material cristalino presente foi lavado com metanol, deixado secar e então

5 pesado.

Teste	Concentração de acetona (% v/v)	Concentração de ácido sulfúrico (g/L)	% de precipitação de magnésio (como $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$)
1	0	200	36,7
2	5	200	34,1
3	15	200	41,2
4	30	200	47,3
5	30	0	52,5

A precipitação de magnésio na presença de acetona ocorre tanto na presença como na ausência de ácido sulfúrico, no entanto, são requeridas concentrações mais elevadas de acetona para provocar a precipitação na ausência de ácido

10 sulfúrico.

As descrições acima são ilustrativas do âmbito da invenção e com referência à realização preferida. Devem ser consideradas variações, sem se afastarem do espírito ou âmbito da invenção, como formando parte também da invenção

15 descrita aqui.

REIVINDICAÇÕES

1. Processo para a recuperação de hidrato de sulfato de magnésio de uma fonte de sulfato de magnésio em solução, o referido processo sendo **CARACTERIZADO** pelo fato de
5 incluir as etapas de:

(a) fornecimento de uma fonte de sulfato de magnésio em solução que é derivada de uma parte de um processo associado com a lixiviação de um minério ou concentrado contendo metal;

10 (b) adição de ácido sulfúrico na solução de sulfato de magnésio para a salgadura de sulfato de magnésio como cristais de hidrato de sulfato de magnésio em um processo de salgadura, e a diluição parcial do ácido sulfúrico;

(c) a reciclagem do ácido sulfúrico diluído para
15 uso no processo de lixiviação do minério ou concentrado contendo metal; e

(d) a recuperação dos cristais de sulfato de magnésio sólido.

2. Processo, de acordo com a reivindicação 1,
20 **CARACTERIZADO** pelo fato da fonte de sulfato de magnésio em solução ser derivada de um processo de recuperação de níquel e cobalto.

3. Processo, de acordo com a reivindicação 2,
CARACTERIZADO pelo fato da fonte de sulfato de magnésio em
25 solução ser uma solução de salmoura.

4. Processo, de acordo com a reivindicação 3,
CARACTERIZADO pelo fato da solução de salmoura ser produzida como parte de um processo de recuperação de níquel e cobalto

que inclui a etapa de lixiviação de minerais contendo magnésio dentro do minério contendo níquel e cobalto, com ácido sulfúrico.

5 5. Processo, de acordo com a reivindicação 4, **CARACTERIZADO** pelo fato do processo de recuperação de níquel e cobalto incluir uma ou mais etapas de precipitação de ferro, alumínio, níquel, cobalto e manganês, através da adição de um álcali contendo magnésio para produzir uma solução contendo sulfato de magnésio como um subproduto.

10 6. Processo, de acordo com a reivindicação 5, **CARACTERIZADO** pelo fato do álcali contendo magnésio ser escolhido de óxido de magnésio, hidróxido de magnésio, carbonato de magnésio ou dolomita.

15 7. Processo, de acordo com a reivindicação 4, **CARACTERIZADO** pelo fato do processo de recuperação de níquel e cobalto ser um processo de lixiviação em grande quantidade, onde o ácido sulfúrico é percolado através de um ou mais amontoados de minério de laterita para produzir um licor de lixiviação, onde o licor de lixiviação é reciclado através
20 de um ou mais amontoados, para produzir os níveis de magnésio no licor de lixiviação resultante.

25 8. Processo, de acordo com a reivindicação 4, **CARACTERIZADO** pelo fato do processo de recuperação de níquel e cobalto ser um processo de lixiviação atmosférico, onde o ácido sulfúrico é utilizado para lixiviar um minério de laterita para a produção do licor de lixiviação, onde o licor de lixiviação é reciclado para o processo de lixiviação atmosférica para produzir o nível de magnésio no licor de li-

xiviação resultante.

9. Processo, de acordo com a reivindicação 7 ou 8, **CARACTERIZADO** pelo fato do magnésio no licor de lixiviação resultante estar em um nível maior do que 20 g/L.

5 10. Processo, de acordo com a reivindicação 1, **CARACTERIZADO** pelo fato da concentração do ácido utilizado no processo de produção de sal estar em excesso de 100 g/L.

11. Processo, de acordo com a reivindicação 1, **CARACTERIZADO** pelo fato da solução contendo sulfato de magnésio ser resfriada após a adição da solução de ácido sulfúrico concentrado para auxiliar na cristalização do hidrato de sulfato de magnésio sólido.

12. Processo, de acordo com a reivindicação 1, **CARACTERIZADO** pelo fato de um reagente orgânico solúvel ser também adicionado na solução de sulfato de magnésio para reduzir a solubilidade do sal de sulfato de magnésio, dessa forma permitindo concentrações menores de ácido sulfúrico utilizado no processo de produção de sal.

13. Processo, de acordo com a reivindicação 12, **CARACTERIZADO** pelo fato do reagente orgânico solúvel permanecer na salmoura após o processo de salgadura.

14. Processo, de acordo com a reivindicação 13, **CARACTERIZADO** pelo fato do reagente orgânico solúvel ser recuperado da salmoura através de destilação, e ser reciclado para uso no processo de salgadura.

15. Processo, de acordo com a reivindicação 12, **CARACTERIZADO** pelo fato do reagente orgânico solúvel ser metanol, etanol, acetona ou uma mistura dos mesmos.

16. Processo, de acordo com a reivindicação 1, **CARACTERIZADO** pelo fato dos cristais de sulfato de magnésio serem recuperados como hidrato de sulfato de magnésio sólido.

5 17. Processo, de acordo com a reivindicação 16, **CARACTERIZADO** pelo fato do ácido sulfúrico concentrado ser utilizado em uma etapa de desidratação para desidratar o hidrato de sulfato de magnésio cristalizado para produzir cristais de sulfato de magnésio substancialmente desidratado
10 e ácido sulfúrico residual parcialmente diluído.

 18. Processo, de acordo com a reivindicação 17, **CARACTERIZADO** pelo fato do ácido sulfúrico residual, parcialmente diluído, ser reciclado para o processo de lixiviação do minério ou concentrado contendo metal, e/ou para o pro-
15 cesso de salgadura.

 19. Processo, de acordo com a reivindicação 1, **CARACTERIZADO** pelo fato da solução de ácido sulfúrico restante depois da produção parcial ou completa de sal do sulfato de magnésio ser reciclada para uso do processo de lixi-
20 viação do minério ou concentrado contendo metal.

 20. Processo, de acordo com a reivindicação 17, **CARACTERIZADO** pelo fato do sulfato de magnésio substancialmente desidratado ser reduzido a um produto de óxido de magnésio.

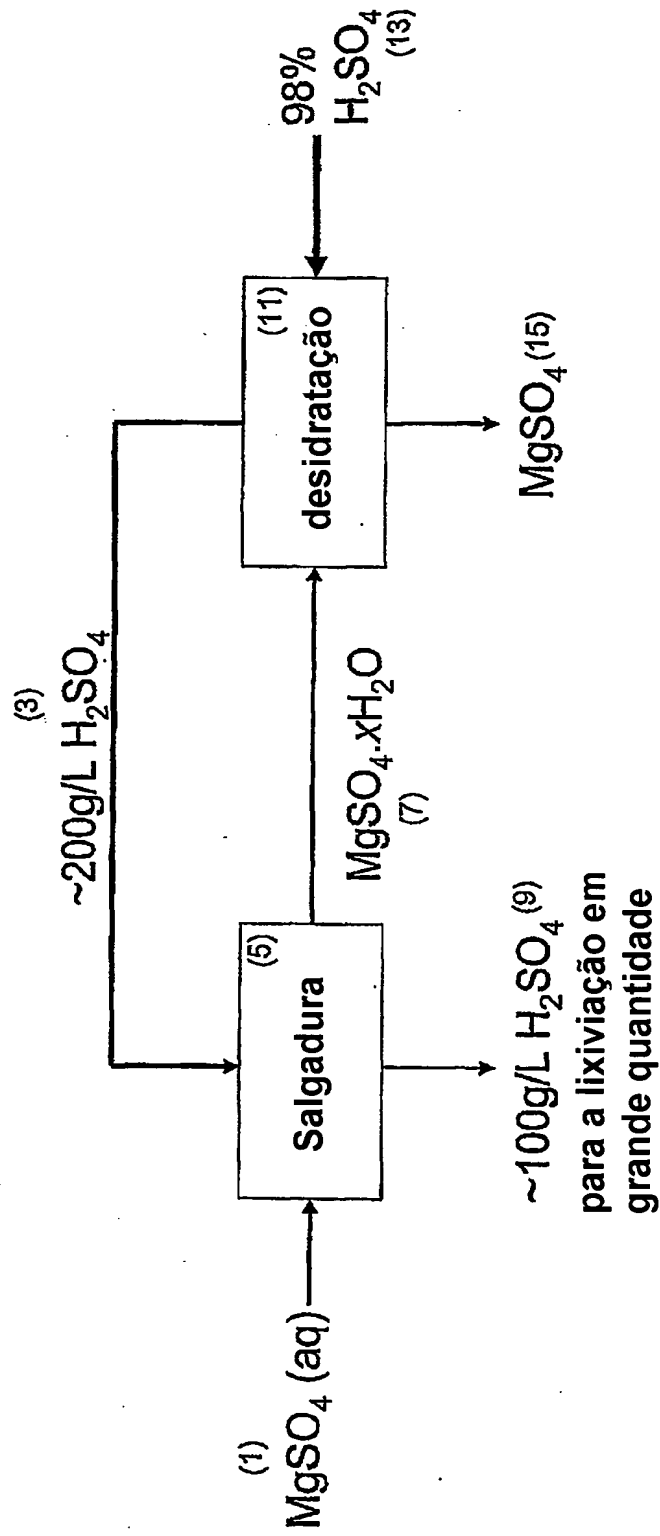


Figura 1

RESUMO

"RECUPERAÇÃO DE HIDRATO SÓLIDO DE SULFATO DE MAGNÉSIO"

Um processo para a recuperação de hidrato de magnésio sólido de uma fonte de sulfato de magnésio em solução, o referido processo incluindo as etapas de: (a) fornecimento de uma fonte de sulfato de magnésio em solução que é derivada de parte de um processo associado com a lixiviação de um minério ou concentrado contendo um metal; (b) a adição de ácido sulfúrico na solução de sulfato de magnésio para a salgadura do sulfato de magnésio como cristais de hidrato de sulfato de magnésio em um processo de conversão em sal, e parcialmente diluindo o ácido sulfúrico; (c) a reciclagem do ácido sulfúrico diluído para o uso no processo de lixiviação do minério ou concentrado contendo metal; e (d) a recuperação dos cristais sólidos de sulfato de magnésio.