



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

(11) PI 0704215-9 B1



(22) Data de Depósito: 22/11/2007

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

(54) Título: MÉTODO DE PREPARAÇÃO E TRATAMENTO DE CONCENTRADOS DE NÍQUEL

(51) Int.Cl.: C22B23/00; C22B1/00; B03B7/00; B03D1/02

(30) Prioridade Unionista: 22/11/2006 FI 20061026

(73) Titular(es): Norilsk Nickel Finland Oy (Fi/Fi, Empresa Finlandesa, Sede Finlândia), Norilsk Nickel Harjavalta Oy

(72) Inventor(es): Jaakko Henrik Korkiala, Lars Erik Snare, Seppo Sakari Jounela

"MÉTODO DE PREPARAÇÃO E TRATAMENTO DE CONCENTRADOS DE NÍQUEL"

Antecedentes da Invenção

5 A presente invenção se refere a um método de preparação e tratamento de concentrados sulfídicos de níquel que contêm silicatos de magnésio.

 Atualmente, nos processos pirometalúrgicos e hidrometalúrgicos é feito uso de concentrados que são
10 originários de mineração de níquel, de crescente fraca qualidade em termos de possibilidade de enriquecimento e processamento. A presença de silicatos contendo óxido de magnésio (MgO) nas minerações de níquel é freqüentemente
15 debilitam os rendimentos de metais, assim como, seus teores nos concentrados.

 Devido aos minerais de ganga, que são difíceis em termos de engenharia de enriquecimento e se acumulam facilmente em um concentrado, particularmente naqueles que
20 contêm silicato de magnésio, tais como, minerais de talco ($\text{Mg}_3(\text{OH})_2\text{Si}_4\text{O}_{10}$), clorita ($(\text{Mg}, \text{Al}, \text{Fe})_{12}(\text{Si}, \text{Al})_8\text{O}_{20}(\text{OH})_{16}$) e serpentinita ($\text{Mg}_3\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4$), como também nos chamados silicatos de expansão, tais como, piroauritas ($\text{Mg}_6\text{Fe}^{3+}_2(\text{CO}_3)(\text{OH})_{16}\text{H}_2\text{O}$), hidrotalcita ($\text{Mg}_6\text{Al}_2(\text{CO}_3)(\text{OH})_{16}4\text{H}_2\text{O}$),
25 iovaíta ($\text{Mg}_4\text{Fe}^{3+}(\text{OH})_8\text{OCl}_2-4\text{H}_2\text{O}$), vodanita ($\text{Mg}_6\text{Cr}_2(\text{OH})_{16}\text{Cl}_24\text{H}_2\text{O}$) e estictita ($\text{Mg}_6\text{Cr}_2(\text{CO}_3)(\text{OH})_{16}4\text{H}_2\text{O}$), é extremamente difícil a obtenção de concentrados que sejam suficientemente puros, especialmente do ponto de vista de um tratamento

pirometalúrgico, como também de um tratamento hidrometalúrgico, e que são de teores suficientemente baixos de MgO.

Com relação a tais matérias-primas, se torna
5 difícil na engenharia de enriquecimento se encontrar condições em que concentrados de suficiente elevado teor possam ser obtidos por meio de processamento direto.

Os concentrados considerados de qualidade insatisfatória são de baixo teor de ferro (Fe) e altos
10 teores de MgO, resultantes de altos teores de MgO em gangas. Em particular, a proporção de Fe/MgO é normalmente baixa, na medida em que os concentrados possuem baixos teores de sulfetos de ferro, tais como, por exemplo, pirrotita (FeS) e pirita (FeS₂) ou minerais valiosos
15 contendo ferro, como a pentlandita ((Fe,Ni)₉S₈). Minerações como esta, normalmente, contêm magnetita (Fe₃O₄). No estágio de enriquecimento, o concentrado desenvolve grãos de magnetita misturados com metais valiosos, cujo teor de ferro para a maior parte normalmente consiste de
20 magnetita. A baixa proporção de Fe/MgO leva a problemas em um tratamento pirometalúrgico, uma vez que, caso o teor de MgO da escória produzida na fusão seja superior a 11%, a escória irá desenvolver uma viscosidade suficientemente alta, o que irá impedir a remoção da escória do forno. Em
25 um tratamento hidrometalúrgico, por outro lado, os silicatos de magnésio consomem muito oxigênio, o que constitui um principal fator de custo.

Quando o enriquecimento é conduzido mediante flotação, um rendimento normal de elevado teor de minérios ou de minérios definidos claramente do ponto de vista mineralógico, através de um suficiente número de
5 repetições, consiste de concentrados que são considerados bons para posterior processamento.

A expressão minérios de elevado teor ou definidos claramente do ponto de vista mineralógico, é aqui usada com referência a minérios que não contêm substanciais
10 quantidades ou contém apenas uma pequena quantidade de minerais de ganga problemáticos, particularmente, silicatos de magnésio. Nesses concentrados, a proporção de Fe/MgO não causa problemas. Uma redução do teor de MgO nos concentrados tem sido buscada mediante submissão dos
15 concentrados a diversas sucessivas operações de repetição de lavagem, usando diversos agentes depressores químicos, tais como, por exemplo, carboximetilcelulose (CMC).

No caso de minerais valiosos estarem presentes no minério que pode ser explorado, existentes na forma de
20 depósitos finamente disseminados e grãos misturados, é difícil de se obter um concentrado de elevado teor com um rendimento economicamente viável. A produção de um concentrado de pureza de elevado teor requer a moagem em uma forma extremamente fina, isto é, com um grau bastante
25 alto de liberação.

Na maioria dos casos, o concentrado é satisfatório para processamento, especialmente, satisfatório para fundição, na medida em que o minério

contenha minerais de sulfeto que contêm ferro, tais como, por exemplo, pirita magnética (FeS), pirita (FeS_2), pentlandita ($(\text{Fe}, \text{Ni})_9\text{S}_8$), etc. e esses minerais de sulfeto possam ser incluídos no concentrado. Os silicatos presentes
5 em um depósito de minério podem também exibir propriedades que fazem com que os mesmos relutem em se concentrar ou em serem removidos do concentrado em processos repetitivos.

No caso em que os minérios com um teor de minerais valiosos não conterem ferro, como, por exemplo,
10 minérios de milerita (NiS), mas conterem facilmente concentração de silicatos de magnésio, tais como, talco e serpentina, será extremamente difícil proporcionar o concentrado com um valor da proporção de Fe/MgO requerido por um tratamento pirometalúrgico. Nesse caso, o ferro deve
15 ser extraído dos minerais totalmente diferentes dos assim chamados minerais valiosos, tais como, por exemplo, pirita, pirrotita ou magnetita.

Descrição da Invenção

20 A presente invenção proporciona um método conforme descrito na reivindicação 1. Algumas outras modalidades preferidas da invenção são apresentadas nas outras reivindicações.

De acordo com a invenção, partículas de silicato
25 de magnésio são removidas das superfícies de partículas de mineral de níquel mediante dissolução em um pH ácido. Dessa forma, uma menor quantidade de silicato de magnésio irá migrar juntamente com as partículas do mineral de

níquel, especialmente em vista de um posterior enriquecimento por flotação. As partículas removidas podem também formar aglomerados com partículas de silicato de sinal oposto ou podem se dispersar. O material de silicato de magnésio carregado positivamente pode conter, especialmente, serpentina, e o material carregado negativamente, especialmente, talco.

O minério é preferivelmente moído em uma faixa de tamanho de partícula de $D_{50} = 10 \mu\text{m} \pm 5 \mu\text{m}$. Assim, em particular, a quantidade de silicatos com fraca solubilidade pode ser reduzida.

Uma faixa preferida de pH é de 3-6, sendo particularmente preferida a faixa de 3,5-4,5.

O método de acordo com a invenção possibilita melhorar a exeqüibilidade dos concentrados para processamento. Isso possibilita fazer uso de um minério ou concentrado que, de outro modo, é econômica e tecnicamente inadequado ou fracamente exeqüível para processamento. O método possibilita o enriquecimento do minério conforme anteriormente, em um primeiro estágio de enriquecimento, para se tornar mais exeqüível para posterior processamento ou para tornar a enriquecer o concentrado resultante, de modo a tornar o concentrado com uma maior qualidade em termos de sua exeqüibilidade para processamento.

O método possibilita melhorar a exeqüibilidade para processamento, mediante processamento de matérias-primas diretamente, fazendo uso da solubilidade dos silicatos de magnésio ou mediante combinação de minérios de

características mineralógicas diferentes ou concentrados de diferentes características mineralógicas derivados de diferentes minérios, de modo a tornar os mesmos mais adequados para processamento.

5 Os problemas correlacionados à qualidade dos concentrados resultam das propriedades dos minerais. Os minerais de ganga, normalmente, contêm não apenas quartzo (SiO_2), como também compostos variados de ferro (Fe), alumínio (Al), manganês (Mn) e magnésio (Mg), os quais, 10 freqüentemente, envolvem hidróxidos alcalinos (OH), carbonatos (CO_3) e sulfatos (SO_4) e, possivelmente, também magnetita (Fe_3O_4). Particularmente problemáticos, em termos de pirometalurgia e hidrometalurgia, são os diversos silicatos de magnésio.

15 Os minerais de ganga são normalmente macios e possuem uma alta área superficial específica e uma alta solubilidade. Em muitas ocasiões, são também facilmente expansíveis, isto é, absorventes de água, potencialmente carregados eletricamente, tendo, dessa forma, uma alta 20 inclinação para uma concentração conjunta com minerais valiosos. A concentração conjunta é também resultado de aspectos estruturais e de uma granulometria mista com minerais valiosos. Uma potente floculação e efeitos de adsorção entre minerais valiosos e também com outros 25 minerais de ganga, como vários silicatos, são características da mesma.

Muitos desses silicatos contendo magnésio, tais como, por exemplo, serpentina e clorita, são inerentemente

hidrofílicos, enquanto o talco, por exemplo, é hidrofóbico. Esses minerais contendo óxido de magnésio hidrofílico podem conjuntamente migrar dentro do concentrado na forma de partículas bastante finas, juntamente com as partículas de
5 minerais valiosos em questão. Tais minerais podem existir como inclusões em partículas de minerais valiosos e podem se ativar em conjunção com a ativação do cobre, na medida em que o cobre é adicionado para ativar a lenta flotação da pentlandita. A forte razão para isso é, por sua vez,
10 normalmente, a adsorção de silicatos eletricamente ativos às superfícies das partículas de pentlandita.

Um conveniente método de enriquecimento na implementação da invenção é, por exemplo, o altamente avançado método de flotação seletiva, o qual pode incluir
15 diversos processos de moagem e classificação de produtos intermediários, assim como, de estágios de repetição. A moagem pode ser efetuada mediante uso de diversos métodos conhecidos do estado da técnica, tais como, moagem por meio de barras ou por meio de bolas.

20 De acordo com uma implementação preferida da invenção, foi agora descoberto uma faixa de tamanho de grãos diferentemente mais fina, $D_{50} = 10 \mu\text{m} \pm 5 \mu\text{m}$ (D_{50} indica que 50% das partículas apresentam um diâmetro menor que o valor dado), diferente da faixa de tamanho de grão
25 convencional usada na flotação. Outro aspecto preferido é utilizar favoráveis condições químicas correlacionadas com a solução e especiais características (pH, estado da carga de sinal oposto), resultantes da mineralogia dos minerais,

particularmente, dos assim chamados minerais de refugo contidos nos concentrados, que são empregadas para possibilitar o processamento.

Uma implementação do método presentemente
5 inventado compreende a preparação de um concentrado, na qual a quantidade de silicatos de magnésio foi reduzida com sucesso a um tal baixo nível que o concentrado é exeqüível de posterior processamento e de uso em um posterior tratamento pirometalúrgico ou hidrometalúrgico, o
10 concentrado se dispondo como tal ou mediante composição do concentrado com um concentrado de teor mais elevado ou ainda, mediante aumento do teor de ferro do concentrado, por exemplo, por meio da adição de pirita. Assim, em geral, a proporção de Fe/MgO satisfatória em um concentrado para
15 tratamento pirometalúrgico deve ser de pelo menos cerca de 2,6. O dito limite da proporção Fe/MgO é um limite considerado básico e, com relação à exeqüibilidade para o tratamento, quanto maior for a proporção melhor será a exeqüibilidade. Com relação ao concentrado para tratamento
20 hidrometalúrgico, não existe tal limite.

Uma outra maneira de determinar a proporção de Fe/MgO de um concentrado é aquela em que a escória produzida em um tratamento pirometalúrgico deve apresentar um teor de MgO não superior a 11%. Se o teor de MgO da
25 escória for superior a este valor, a escória deverá ter uma viscosidade tão alta que a remoção da mesma do forno irá causar problemas para a temperatura, diferente da normalmente usada para efetivar o tratamento

pirometalúrgico do níquel. Ao se elevar a temperatura, naturalmente se aumenta a fluidez da escória, ainda que isso não seja economicamente sensível e afete a longevidade do equipamento. O concentrado de níquel, de qualidade
5 diferentemente aperfeiçoada, produzido de acordo com a presente invenção e contendo menos MgO , pode ser processado mais facilmente, tanto pelo método pirometalúrgico (por exemplo, fundição) como pelo método hidrometalúrgico (por exemplo, solução pressurizada).

10 O refugo, que surge de um processo de re-enriquecimento, aumentando o teor de metal valioso de um concentrado, é baixo em seu teor de metal valioso e rico em minerais de ganga e silicatos prejudiciais, como os silicatos de magnésio. Dependendo da qualidade do refugo e,
15 principalmente, dos minerais de refugo (por exemplo, serpentina, talco, etc.) contidos no mesmo, é ainda possível se fazer o tratamento hidrometalúrgico (especialmente por meio de solução pressurizada) e prover um processo economicamente viável. Ao se enriquecer o
20 material de silicato finamente dividido presente nos concentrados originais em um grau significativo dentro do minério de refugo em corretas condições químicas da solução, é possível se obter um concentrado de superior qualidade em termos de sua exeqüibilidade para
25 processamento, o tornando mais adequado para processamento.

A invenção pode também ser implementada mediante exploração dos estados opostos de carga elétrica dos minerais de silicato presentes no minério ou concentrado ou

serem adicionados intencionalmente na forma de minério ou concentrado. Assim, os silicatos com uma carga de sinais opostos se desvia da influência que ocorre entre si, acabando em refugo, com a qualidade do concentrado melhorando. Com relação aos silicatos prejudiciais mais comumente encontrados em concentrados de níquel, a serpentina e o anfíbolo são positivos (sinal +) com relação ao seu potencial zeta e o talco, assim como, a clorita, são negativos (sinal -) numa ampla faixa de pH. Com relação aos minerais valiosos, por exemplo, a pentlandita, apresenta um potencial zeta de sinal negativo também sobre uma ampla faixa de pH, mas, na medida em que a acidez aumenta, o valor do potencial zeta da pentlandita diminui, se aproximando de zero. As superfícies da pentlandita são cobertas em um grau significativo por partículas de serpentina, com uma potente carga positiva em termos de seu potencial zeta e a flotação da pentlandita é lenta. A cinética de flotação desacelera e o rendimento metalúrgico da pentlandita diminui. Por outro lado, o talco sempre sofre a flotação facilmente devido a sua hidrofobicidade. Assim, combinações de vários minérios podem ser preparadas para proporcionar uma lama apropriadamente com silicatos de sinais opostos.

Quando a faixa de pH é diferentemente acídica, é também possível se explorar as solubilidades diferentes dos silicatos no processo de melhoria de qualidade dos concentrados. A serpentina, por exemplo, se dissolve e gradualmente se decompõe em resposta a um ácido em

condições acídicas. Na medida em que o nível de acidez aumenta, as partículas de serpentina com um potencial zeta positivo se descolam das superfícies da pentlandita e se tornam aglomeradas com as partículas de talco de um potencial zeta negativo, estes aglomerados acabando no minério de refugo. As partículas de serpentina também começam parcialmente a se romper mediante dissolução, na medida em que a acidez aumenta. Assim, por exemplo, a exeqüibilidade de um concentrado contendo serpentina e talco para processamento pode ser substancialmente melhorada mediante redução da quantidade de teor de MgO que aumenta nos silicatos de magnésio, tais como, serpentina e talco, presentes no concentrado.

A processabilidade dos concentrados contendo silicatos de magnésio, como, por exemplo, serpentina, solúveis em ácido, pode ser melhorada mediante elevação do nível de acidez da lama, pelo que as partículas de silicato de magnésio solúveis em ácidos se descolam das superfícies das partículas de minerais valiosos e começam a se romper em resposta à dissolução. Dessa forma, o concentrado melhora em termos de sua exeqüibilidade para processamento e a proporção de Fe/MgO aumenta de valor. Entretanto, não é absolutamente necessário dissolver completamente os silicatos, pelo fato de que, dependendo da carga dos mesmos, pode ser mais fácil para os mesmos acabarem no minério de refugo.

O refino e enriquecimento de um concentrado contendo silicatos de magnésio facilmente possíveis de

flotação, mas de difícil dissolução, tais como, talco e clorita, não é possível em nenhum grau significativo simplesmente por meio de uma elevação de acidez, pelo fato de que o talco e a clorita, realmente, não se dissolvem ou
5 se dissolvem fracamente em ácidos. Nesse caso, em particular, em vista da elevação do teor do metal valioso de um concentrado, é preferido se ter um grau suficientemente fino de liberação. Desse modo, os minerais valiosos podem ser efetivamente separados dos silicatos e
10 outras impurezas.

Exemplos

A invenção será adicionalmente ilustrada por meio dos exemplos seguintes, o primeiro dos quais descrevendo a
15 melhoria de qualidade de NiS de um concentrado de milerita, o qual apresenta um teor bastante alto de MgO e foi enriquecido a partir de um minério de níquel contendo serpentina, o segundo exemplo descrevendo uma tentativa de melhorar convencionalmente a processabilidade de um
20 concentrado de pentlandita, o qual apresenta um alto teor de talco e foi enriquecido a partir de minério de níquel e o terceiro exemplo descrevendo um processo conjunto de enriquecimento do acima mencionado concentrado de pentlandita de alto teor de talco e do concentrado de
25 milerita de alto teor de serpentina.

Os minérios de níquel, o milerita de origem e os concentrados de talco, os quais foram enriquecidos por flotação, foram submetidos a tratamentos convencionalmente

iniciais mediante uso de flotação seletiva altamente avançada, envolvendo além da flotação preliminar, um número de flotações repetitivas que são realizadas mediante uso de produtos químicos, tais como, carboximetilcelulose (CMC),
5 com um efeito depressivo sobre os silicatos. O objetivo foi de reduzir o máximo possível da quantidade de silicatos de magnésio indicadas para flotação em um concentrado, por meio de métodos convencionais.

Exemplo 1 - Melhoria da Processabilidade de NiS de um
10 Concentrado de Milerita.

As análises químicas são apresentadas na Tabela 1, as análises mineralógicas na Tabela 2 e os resultados de enriquecimento na Tabela 3. O rendimento de Ni, como função do teor de Ni, é mostrado na Figura 1.

15 O minério de níquel (0,558% de Ni, 2,8% de Fe, 0,11% de pentlandita e 0,13% de milerita), o qual continha 78,85% de serpentina e 1,19% de talco, foi primeiro submetido à flotação para obter um concentrado de níquel (concentrado de milerita, NiS). O concentrado continha
20 12,4% de Ni (15,52% de pentlandita e 12,07% de milerita), 7,08% de Fe e 28,1% de MgO, este último consistindo de serpentina (47,36%) e talco (2,62%) presentes no concentrado.

Os experimentos conduzidos envolveram um
25 tratamento de flotação desse concentrado contendo serpentina e talco extremamente difícil de ser enriquecido, cuja fonte predominante de teor de silicato de magnésio foi a serpentina. O objetivo foi de melhorar, de acordo com a

invenção, a exeqüibilidade do concentrado para processamento, em vista do posterior tratamento piro- ou hidrometalúrgico, com um rendimento o mais alto possível.

5 Tabela 1 - Análises Químicas do Minério e Concentrado de Milerita.

Elementos	% de Minério de Milerita - 1mm	% de Concentrado de Milerita
Ni	0,552	12,4
Cu	0,018	0,076
Co	0,015	0,348
Fe	2,81	7,08
S	0,39	8,89
MgO	41,1	28,1
SiO ₂	34,7	25,2

Tabela 2 - Análises Mineralógicas do Minério e Concentrado de Milerita

Minerais	% de Minério de Milerita	% de Concentrado de Milerita
Pentlandita	0,11	15,52
Heazlewodita	0,07	0,85
Milerita	0,13	12,7
Valerita		0,18
Pirrotita		0,06
Pirita		1,32
Magnetita	1,37	5,64

Magnesita	7,69	9,69
Serpentina	78,85	47,36
Talco	1,19	2,62
Clorita	4,24	1,12

Tabela 3 - Resultados do Enriquecimento do Concentrado de Milerita

Elemento	% de Concentrado original	% de Pré-concentrado ER1-4	% de Rendimento do Pré-concentrado ER1-4	% de Repetição do Concentrado KR4	% de Rendimento c/ Repetição Concentrado KR4	% de Refugo
Ni	12,4	26,5	97,6	40,9	93,1	0,59
Co	0,35	0,7	97,0	1,1	91,9	0,02
Cu	0,08	0,1	79,6	0,1	62,6	0,02
Fe	7,08	10,4	55,3	11,9	39,1	7,6
Mg	10,09	8,6	26,2	2,2	4,1	22,0
MgO	16,9	14,3	26,2	3,65	4,1	36,5
Ca	0,2	0,2	39,4	0,13	16,9	0,26
Fe/MgO	0,42	0,73		3,22		0,208

Pelo fato de que o silicato de magnésio contido
5 no concentrado se encontra predominantemente (47,36%) na forma de serpentina, o enriquecimento foi conduzido em condições ácidas em um pH de 4,0 (a faixa de pH mais funcional sendo de 3,0-6,0), na qual as partículas de

serpentina se descolam das superfícies dos minerais valiosos, como, por exemplo, da pentlandita, e dependendo do nível do pH, se tornam pelo menos parcialmente dissolvidas, perdendo sua capacidade de flotação, acabando no minério de refugo. Isso é claramente evidente da Tabela 3. Depois de quatro repetições, o teor de níquel foi elevado de 12,4% para 40,9%, com um nível de rendimento bastante alto (93,1%). O pré-concentrado apresentou um teor, sem repetição, de 26,5% de Ni e um rendimento de 97%. O teor de Fe se elevou de 7,08% para 10,4% do pré-concentrado, com um rendimento de 55,3% e nas quatro vezes de repetição, o concentrado apresentou um teor de 11,9% de Fe e um rendimento de 39%. O teor de MgO no pré-concentrado foi de 14,3% e nas quatro vezes de repetição foi de 3,65%, enquanto o rendimento foi tão baixo quanto 4,1%. A proporção de Fe/MgO cresceu de 0,42 no concentrado original para 3,22 nas quatro vezes de repetição do concentrado, em que o concentrado, por exemplo, é exequível para fundição.

Uma acentuada melhoria na exequibilidade do concentrado original para posterior processamento foi proporcionada fazendo-se uso da solubilidade do silicato do mineral de serpentina dentro de uma ampla faixa acídica de pH, tendo sido possível se descolar a serpentina das superfícies de um mineral valioso, no presente caso, a pentlandita. Conseqüentemente, isso possibilitou, por exemplo, tornar o concentrado satisfatório para a fundição.

Exemplo 2 - Melhoria da Processabilidade de Concentrado de Talco Convencionalmente (Exemplo de Referência).

As análises químicas são apresentadas na Tabela 4, as análises mineralógicas na Tabela 5 e os resultados de enriquecimento na Tabela 6. O rendimento de Ni, em função do teor de Ni, é mostrado na Figura 2, com referência ao
5 Exemplo 3.

O minério de talco (0,492% de Ni, 3,15% de Fe, 0,95% de pentlandita e 0,27% de violarita), que continha 47,56% de serpentina, 19,56% de talco e 3,45% de clorita, foi primeiro submetido à flotação para se obter um
10 concentrado de níquel. O concentrado continha 6,8% de Ni, 3,85% de pentlandita, 3,91% de violarita, 17,7% de Fe e 18,07% de MgO, estando presentes no concentrado, serpentina (3,31%), talco (32,59%) e clorita (13,11%).

Os experimentos conduzidos envolveram um
15 tratamento de flotação que foi extremamente difícil para enriquecimento do concentrado de níquel contendo serpentina e talco, cujo teor de silicato de magnésio consistia predominantemente de talco. O objetivo consistia de melhorar a qualidade do concentrado e de sua exequibilidade
20 para posterior processamento piro- e hidrometalúrgico, com um rendimento o mais alto possível.

Tabela 4 - Análises Químicas do Minério e Concentrado de Talco

Elementos	% de Minério de Talco - 1mm	% do Concentrado
Ni	0,492	6,8
Cu	0,028	0,29
Co	0,019	0,23
Fe	3,15	17,7
Mg	22,56	10,9
MgO	37,28	18,07
Ca		0,29
S	0,84	14,5
Fe/MgO	0,08	0,98

Table 5 - Distribuições do Mineral Relevantes para o Minério de Talco, Concentrado de Talco, assim como, uma
5 Mistura de Concentrado de Talco e Concentrado de Milerita.

Mineral	Talco		Concentrado de Talco		Talco + Milerita	
	% de	% de	Teste 3		Teste 4	
	Minério 1 mm	Concent. Original	% de Concent. KR2	% de Refugo	% de Concent. KR2	% de Refugo
Pentlandita	0,95	3,85	26,44	6,42	26,02	0,54
Outras Pentlanditas	0,02	6,90	1,68	2,08	0,33	0,13
Violarita	0,27	3,91	12,94	2,48	36,43	0,13
Heazlewodita			0,24	0,00	0,06	

Milerita		0,03	11,11	2,52	5,94	0,34
Polidimita	0,00	0,03	2,73	0,57	2,71	0,03
Gersdorfit	0,01	0,06	0,07	0,02	0,05	0,03
Sulfato FeNi	0,00	0,86	0,62	1,86	0,48	0,07
Calcocita						
Bornita		0,00	0,00	0,00	0,01	
Calcopirita	0,01	0,83	0,79	0,10	0,39	
Valerita	0,00	0,44	0,28	0,26	1,96	0,35
Pirrotita	0,81	12,39	9,69	6,54	15,25	1,87
Pirita	0,17	2,68	4,03	1,01	3,15	0,08
Esfalerita		0,02	0,04	0,01	0,03	0,01
Arsenopirita		0,05	0,00	0,01	0,03	
Magnetita	1,28	2,48	3,30	8,63	0,21	10,62
Cromita	0,03	0,22	0,08	0,27	0,01	0,38
Muscovita	0,24	0,08	0,00	0,04	0,00	0,02
Goetita	0,06	2,42	0,57	3,86	0,04	4,79
Ilmenita	0,06	0,00	0,00	0,01		0,01
Rutilo	0,00	0,00		0,01		
Magnesita	16,49	4,59	0,19	5,53	0,06	4,32
Dolomita	0,97		0,01	0,09		0,19
Calcita	0,00	0,00	0,00	0,01		0,00
Serpentina	47,56	3,31	0,52	44,29	0,04	52,73
Talco	19,56	32,59	19,30	3,05	3,06	17,89
Clorita	3,45	13,11	2,57	7,39	0,30	2,98
Biotita	0,58	3,60	0,62	0,47	0,57	0,07
Quartzo	0,06	0,04	0,01	0,03	0,01	0,02
Plagioclase	0,49	0,03	0,02	0,02	0,01	0,01
Ortoclase	0,02	0,00	0,02		0,00	

Tremolita	0,55	0,08	0,01	0,01	0,01	0,10
Epídoto	0,02	0,02		0,01		
Titanita	0,00					
Apatita	0,03			0,01		
Não Determinado	6,31	5,39	2,11	2,37	2,86	2,31
TOTAL	100	100	100	100	100	100

Os resultados do enriquecimento revelam diretamente (Tabela 6) que os teores de metais valiosos e a proporção de Fe/MgO não melhoraram. O teor de Ni no concentrado original é praticamente o mesmo que depois do re-enriquecimento, como também a proporção de Fe/MgO. O talco dificilmente se dissolve nem reage com o oxigênio dentro de uma faixa de pH ácido de 4,0 (a faixa mais funcional de pH é de 3,0-6,0) usada na flotação convencional. Como resultado, a flotação do talco ocorre especificamente no concentrado. O teor de serpentina varia de 3,31% a 0,52%, o teor de clorita de 13,11% a 2,57%, porém, o teor de talco varia somente de 32,59% a 19,30%. Os minérios de serpentina e clorita prosseguem para o estágio de refugo dentro da faixa ácida, mas, o talco é ainda facilmente suscetível de se juntar ao concentrado e flotar (Tabela 5). O concentrado original não inclui uma quantidade suficiente de talco (32,59%) que seja depressiva ou que se ligue a um mineral de sinal oposto (sinal +), tal como, serpentina (3,31%). Assim, a qualidade do concentrado não pode ser melhorada mediante um método convencional sem uma significativa perda de rendimento.

Tabela 6 - Resultados de Enriquecimento do Concentrado de Talco.

Elemento	% de Concentrado Original	% de Pré-concentrado ER1-3	% de Rendimento de Pré-concentrado ER1-3	% de Refugo	% de Rendimmento de Refugo
Ni	6,8	7,3	41,2	6,9	58,8
Co	0,23	0,23	42,3	0,21	57,7
Cu	0,29	0,39	46,7	0,29	53,3
Fe	17,7	23,6	55,3	12,6	44,7
Mg	10,9	3,0	22,4	6,9	77,6
MgO	18,4	5,1	22,4	11,6	77,6
Ca	0,29	0,2	29,0	0,3	71,0
Fe/MgO	0,96	1,28		1,07	

Exemplo 3 - Co-flotação de uma Mistura de Concentrado de Pentandlita e Concentrado de Milerita contendo Talco, usando um Método da Invenção.

A suscetibilidade à flotação de um concentrado original de talco pode ser melhorada mediante introdução no mesmo de um concentrado de milerita contendo serpentina, pelo fato de que o talco é negativo (sinal -) em seu potencial zeta e a serpentina é positiva (sinal +) em uma ampla faixa de pH ácido (a faixa mais funcional de pH sendo de 3,0-6,0). As partículas de serpentina podem ser trazidas para descolar das superfícies das partículas de mineral valioso, como, por exemplo, da pentandlita, cuja

carga negativa já enfraqueceu na discutida faixa de pH, e para se ligarem a partículas de talco que apresentam uma mais potente carga negativa. Na medida em que a descolagem das partículas de serpentina é obtida das superfícies de

5 minerais valiosos de pentlandita, a flotação de minerais valiosos se acelera cineticamente e o rendimento metalúrgico é melhorado. A qualidade e rendimento do concentrado se tornam melhores e os aglomerados de serpentina-talco acabam no minério de refugo.

10 Uma análise química do concentrado de milerita é apresentada na Tabela 1 e uma análise mineralógica do mesmo na Tabela 2.

Uma análise química do concentrado de talco é apresentada na Tabela 4d e uma análise mineralógica é

15 mostrada na Tabela 5.

O enriquecimento resultante com relação à co-flotação do concentrado de milerita e concentrado de talco são apresentados na Tabela 7 e na Figura 2.

Tabela 7 - Resultados do Enriquecimento Conjunto de

20 Concentrados de Talco e Milerita.

Elemento	% de Concentrado Original	% de Pré-concentrado ER1-4	% de Rendimento de Pré-concentrado ER1-4	% de Concentrado Repetido de KR2	% de Rendimento de Concentrado Repetido de KR2	% de Refugo
Ni	6,8	15,5	97,5	22,6	88,1	0,59
Co	0,23	0,5	97,4	0,77	89,1	0,02
Cu	0,29	0,3	91,4	0,42	81,5	0,04

Fe	17,7	17,1	78,2	22,7	64,1	7,01
Mg	10,9	4,3	26,1	0,85	3,2	17,7
MgO	18,1	7,1	26,1	1,41	3,2	29,4
Ca	0,29	0,2	45,3	0,13	23,9	0,27
Fe/MgO	0,98	2,41		16,1		0,24

O enriquecimento conjunto foi conduzido mediante flotação de uma mistura que continha quantidades iguais de concentrado de talco (50%) e concentrado de milerita (50%), dentro de uma faixa de pH ácido de 4,0 (a faixa de pH mais funcional sendo de 3,0-6,0). O concentrado de talco continha 3,31% de serpentina, 32,59% de talco e 3,45% de clorita. Por outro lado, o concentrado de milerita continha 47,36% de serpentina, 2,62% de talco e 1,12% de clorita. Os resultados do enriquecimento conjunto (Tabelas 5 e 7) indicam que no caso de um concentrado repetido duas vezes (KR2), o concentrado apresenta um teor de Ni de 22,6% com um rendimento de 88,1%. Com relação ao pré-concentrado, o teor de Ni é de 15,5% e o rendimento de 97,5%, respectivamente. O teor de ferro (KR2) é de 22,7% de Fe e o teor de MgO (KR2) é de 1,41%, com um rendimento de 3,2%. A proporção de Fe/MgO é de 16,1, o que possibilita submeter o concentrado a um tratamento pirometalúrgico, por exemplo, fusão de minério. A proporção Fe/MgO do pré-concentrado é também de 2,41 e quase que suficientemente satisfatória para a fusão. Conseqüentemente, os silicatos com cargas elétricas de sinais opostos (serpentina, sinal + e talco, sinal -) superaram as influências entre si e a flotação dos

metais valiosos foi cineticamente acelerada, assim como, o resultado do enriquecimento foi claramente melhorado, até mesmo por cálculo aritmético.

Um procedimento como esse, isto é, fazendo uso de
5 cargas de sinais opostos de silicatos em diversas condições de pH, melhora a qualidade dos concentrados e a exeqüibilidade dos mesmos para posteriores processamentos piro- e hidrometalúrgicos.

As Tabelas 5 e 7 mostram que o concentrado
10 resultante é, sem dúvida nenhuma, um concentrado que é mais aplicável a processamentos posteriores dos tipos piro- e hidrometalúrgicos, do que o concentrado original apresentado na Tabela 5. Os teores foram apresentados em % em peso.

15 É evidente das Tabelas que ambos os concentrados, obtidos dos concentrados originais, podem ser utilizados de uma maneira técnica e economicamente sensível.

Assim, a escolha do tipo de tratamento de processo metalúrgico é simples, dependendo das exigências
20 estabelecidas por um determinado tratamento metalúrgico.

REIVINDICAÇÕES

1. Método de preparação e tratamento de concentrados sulfídicos de níquel, os quais contêm
5 silicatos de magnésio, **caracterizado** pelo fato de que são processados minérios sulfídicos pulverizados de níquel contendo silicatos de magnésio para produzir uma lama concentrada que contém tanto a matéria de silicato de magnésio com carga positiva quanto a matéria de silicato de
10 magnésio com carga negativa e que as partículas de silicato de magnésio adsorvidas nas superfícies das partículas de mineral de níquel são removidas das superfícies através de dissolução em um pH ácido, e os silicatos de magnésio de cargas opostas produzem aglomerados.

15

2. Método, conforme estabelecido na reivindicação 1, **caracterizado** pelo fato de que a matéria de silicato de magnésio carregada positivamente contém serpentina e/ou anfíbolo e/ou a matéria de silicato de magnésio carregada
20 negativamente contém talco e/ou clorita.

3. Método, conforme estabelecido na reivindicação 2, **caracterizado** pelo fato de que a matéria de silicato de magnésio carregada positivamente contém serpentina ou que a
25 matéria de silicato de magnésio carregada negativamente contém talco.

4. Método, conforme estabelecido na reivindicação 1, **caracterizado** pelo fato de que o silicato de magnésio

removido é deixado se decompor.

5 5. Método, conforme estabelecido em quaisquer das reivindicações 1-4, **caracterizado** pelo fato de que a exeqüibilidade de um concentrado para processamento em termos de produção de enriquecimento é ainda melhorada por meio de flotação.

10 6. Método, conforme estabelecido em quaisquer das reivindicações 1-5, **caracterizado** pelo fato de que o minério foi moído em uma faixa de tamanho de grãos de $D_{50} = 10 \mu\text{m} \pm 5 \mu\text{m}$.

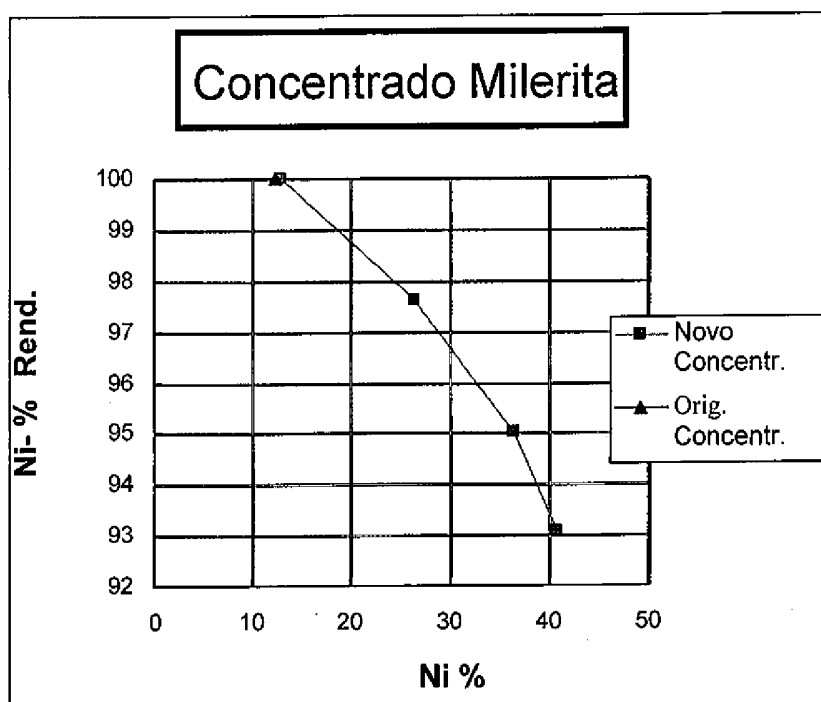


FIG. 1

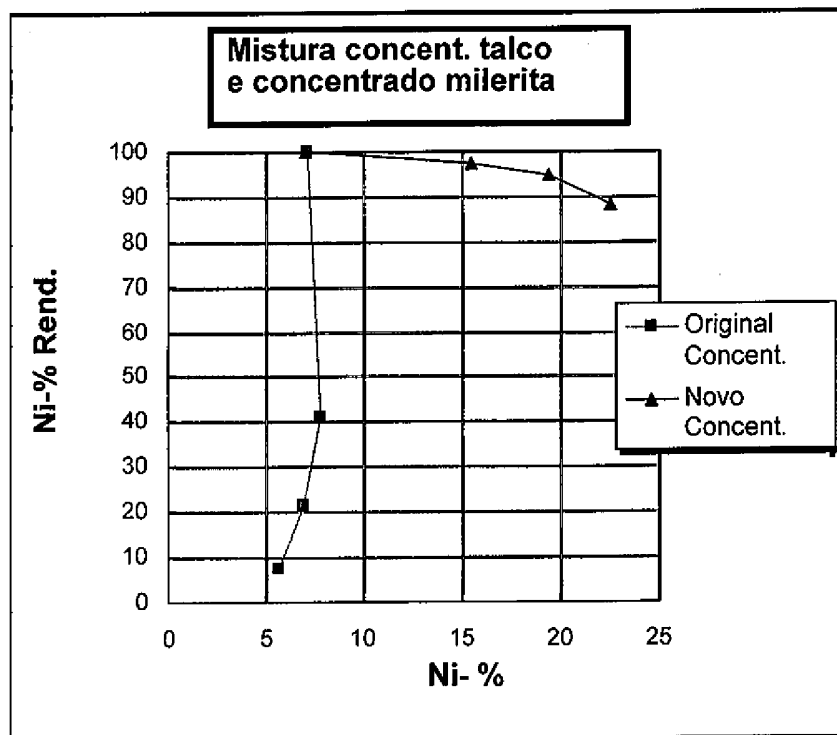


FIG. 2

RESUMO**"MÉTODO DE PREPARAÇÃO E TRATAMENTO DE CONCENTRADOS DE
NÍQUEL"**

5

A invenção se refere a um método para preparação e tratamento de concentrados sulfídicos de níquel de difícil processamento, ricos em diversos silicatos de magnésio. De acordo com a invenção, a influência adversa dos silicatos de magnésio é aliviada fazendo-se uso da sua solubilidade. A exeqüibilidade de um concentrado para processamento é, dessa forma, melhorada e se obtém um concentrado que é mais adequado para um tratamento pirometalúrgico e hidrometalúrgico.