



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

(11) PI 0517545-3 B1

(22) Data do Depósito: 04/10/2005

(45) Data de Concessão: 10/07/2018



(54) Título: MÉTODO PARA TRITURAÇÃO DE MATERIAL

(51) Int.Cl.: B02C 19/18; C22B 1/00

(30) Prioridade Unionista: 04/10/2004 FI 20041284

(73) Titular(es): OUTOTEC OYJ

(72) Inventor(es): HINDSTRÖM SAMI

"MÉTODO PARA TRITURAÇÃO DE MATERIAL"

A presente invenção se refere a um método para trituração de um material, tal como, um minério, um concentrado ou uma lama mineral, em cujo método é utilizada
5 energia eletromagnética na trituração de pelo menos uma fração do material a ser triturado.

A energia eletromagnética, uma energia de alta intensidade de campo, como no caso de microondas, auxilia o processo de trituração gerando defeitos e fissuras no
10 minério antes da trituração. Com base nos estudos de S. Kingman e outros, descritos no artigo intitulado "Application of High Electric Field Strength Microwave Energy for Processing Ores and Minerals", publicado nos *Proceedings in XXII International Mineral Processing*
15 *Congress*, Cape Town, 29 de Setembro a 03 de Outubro de 2003, o mecanismo de energia eletromagnética de alta intensidade de campo induziu deficiência no desenvolvimento de esforços tangenciais nos contornos dos grãos. Nesse estudo, minérios de diversos tipos de mineralogia foram
20 tratados em cavidades de microondas de multimodo e modo único.

~~Uma microonda multimodal com cargas homogêneas~~
proporciona aquecimento mesmo no caso de formas geométricas regulares. No entanto, a carga no interior de uma cavidade
25 de multimodo influencia significativamente a distribuição do campo elétrico dentro da cavidade. Assim, a aplicação de microondas multimodais sobre partículas irregulares de múltiplas fases, como no caso dos minérios, faz com que

algumas partes da carga se aqueçam bastante rápido e outras partes recebam pouca exposição. Portanto, a eficiência da microonda multimodal é normalmente fraca.

Nas aplicações de microondas de modo único, a superposição das ondas refletidas e incidentes proporciona o surgimento de um padrão de onda permanente, o qual é bem definido no espaço e é normalmente localizado em um pequeno volume. O preciso conhecimento das configurações do campo eletromagnético possibilita ao material dielétrico ser colocado na posição de máxima intensidade de campo, permitindo máximas taxas de aquecimento serem obtidas em todos os instantes. Assim, o tratamento de minérios com microonda de modo único possibilita reduções na resistência do minério superiores a 50% em um tempo de indução mais curto (um período de tempo entre 0,1 s e 1 s), comparado ao tratamento tipo multimodo. O curto tempo de residência permite a passagem através da cavidade de uma significativa tonelagem de material. O tratamento também proporciona uma qualidade mais uniforme comparado ao tratamento tipo multimodo.

O diâmetro máximo da câmara de microondas de modo único é limitado pelas considerações eletromagnéticas. Os sistemas de aquecimento industriais convencionais por microondas utilizam uma frequência de 915 MHz, o que permite a construção de uma câmara de diâmetro máximo de 27 cm para tratamento do material. O principal problema do presente pedido de patente para trituração auxiliada por microonda de modo único, reside no tamanho da câmara de

P 10517545

microondas. Um material não-uniforme facilmente bloqueia uma câmara com um diâmetro de 27 cm. Assim, não é factível na prática o pretratamento do minério através de microondas logo após a primeira moagem/enfraquecimento, antes da trituração ou de outros processos, sem que se faça um adicional enfraquecimento mecânico, condicionamento e/ou peneiramento, antes do tratamento por microondas. Na prática, são necessários dois ou três estágios de moagem, incluindo a fase de peneiramento, para uma operação razoavelmente confiável.

Por exemplo, o documento de pedido de patente WO 03/083146 observa a necessidade de um condicionamento mecânico/tamanho do minério, antes do tratamento por microondas. Além do excessivo investimento e custos de operação devido aos equipamentos adicionais, o tratamento por microondas é o gargalo de todo o processo. O processo de trituração auxiliado por microondas descrito no pedido de patente WO 03/083146 contempla também um tratamento por microondas de modo único de materiais de múltiplas fases, como um processo de pretratamento antes da trituração. O tempo para o preferível tratamento por microondas é descrito como não sendo mais que 0,5 s. Nesse caso, a densidade típica de energia é descrita como sendo de cerca de 10^{12} watts por metro cúbico ou um valor superior, ou melhor ainda, 10^5 a 10^6 Wm^{-3} . Além disso, o pedido de patente WO 03/083146 se concentra no tratamento de minérios e um exemplo de materiais de múltiplas fases é indicado como de óxidos de metal ou sulfetos ou silicatos de metal.

O pedido de patente WO 03/102250 descreve um tratamento de minérios por microondas de único modo. O tratamento por microondas é colocado após o moedor principal, antes da trituração ou etapa de lixiviação e da
5 quantidade total de minério ser tratada. Essa referência de documento WO contempla o tratamento de minérios.

O objeto da presente invenção é de eliminar alguns dos inconvenientes do estado da técnica e de obter um método mais eficiente de trituração de material, tal
10 como, de um minério, um concentrado ou uma lama mineral, através do tratamento de pelo menos uma fração do material em pelo menos um estágio de um circuito de moagem com energia eletromagnética, tal como, energia de microondas. As características fundamentais da invenção são
15 relacionadas nas reivindicações anexas.

Um material a ser tratado em um método da invenção é primeiro moído em uma instalação de moagem com um meio de moagem. As partículas moídas são depois alimentadas em um classificador, a fim de se classificar as
20 partículas em classes de diferentes tamanhos de partículas. O classificador, por exemplo, pode ser um ciclone, uma peneira ou dispositivo similar, que é usado para classificar o material conforme os tamanhos das partículas. As partículas grossas provenientes do classificador, tendo
25 um tamanho de partícula maior que o desejado predeterminado tamanho de partícula no posterior processamento das partículas são, de acordo com a invenção, alimentadas dentro de uma câmara, em que as partículas grossas são

P 10517545

alvejadas com radiação com energia eletromagnética, tal como, energia de microondas. O tratamento com energia eletromagnética pode ser repetido uma ou mais vezes para as partículas, caso após o primeiro tratamento o tamanho da partícula for ainda maior que o tamanho de partícula desejado. Após o desejado tratamento com energia eletromagnética, as partículas são retornadas para trituração em um moinho. O moinho pode ser o mesmo moinho em que a moagem preliminar foi realizada ou o moinho pode ser um moinho separado da etapa de moagem preliminar.

Numa modalidade preferida da invenção, o classificador de partículas moídas é um ciclone de onde as partículas grossas a serem tratadas com energia eletromagnética são removidas na forma de um fluxo subjacente, através de um conduto conectado dentro da parte inferior do ciclone. As partículas grossas são depois conduzidas, vantajosamente, para a parte superior de uma câmara, a qual é provida de ou é conectada a pelo menos uma fonte de energia eletromagnética. As partículas grossas a serem irradiadas se encontram circulando através da câmara numa direção essencialmente vertical, de modo que as partículas irradiadas são removidas da câmara, a partir da sua parte inferior. Entretanto, qualquer direção de fluxo entre as direções vertical e horizontal e mesmo a direção essencialmente horizontal é conveniente para o material a ser tratado pela energia eletromagnética de acordo com a invenção. As partículas irradiadas são depois alimentadas a uma instalação de moagem para posterior trituração. Após a

P 10517845

moagem, as partículas são ainda classificadas e em caso de ainda existirem partículas com um tamanho de partícula maior que o tamanho desejado, essas partículas são conduzidas de volta ao tratamento de radiação com energia eletromagnética, como energia de microondas. O tratamento com energia eletromagnética pode ser repetido duas ou mais vezes, se necessário.

O tratamento das partículas mediante irradiação com energia eletromagnética, tal como, energia de microondas, de acordo com a invenção, é realizado mediante uso de uma radiação de modo único, de multimodo ou de modo pulsado. A radiação é provocada por pelo menos uma fonte de radiação. No caso de uma fonte, a fonte irá utilizar uma radiação de modo único, de multimodo ou de modo pulsado. Se forem usadas duas ou mais fontes de radiação, as fontes serão dispostas entre si, de modo que, preferivelmente, a distância entre as duas fontes seja essencialmente igual. As fontes podem ser dispostas para operar de modo que radiações de diferentes modos sejam utilizadas.

As frequências preferidas da energia eletromagnética usada na invenção são de 433 MHz, 896 MHz, 915 MHz ou 2,5 GHz, em cujas circunstâncias são usadas microondas. O tempo de operação sob a influência da energia eletromagnética se situa entre 0,01 e 1,0 s, preferivelmente, entre 0,05 e 0,5 s. A intensidade de energia para os diferentes materiais se situa entre 10^7 e 10^9 W/m³, preferivelmente, entre 6×10^7 e 8×10^8 W/m³.

Os materiais a serem tratados de acordo com o

P10517545

método da invenção podem ser minérios ou materiais concentrados à base de óxidos, minérios ou concentrados sulfídicos ou mistos. Além de minérios ou concentrados, os materiais podem também se apresentar na forma de lama mineral com teor de umidade de até 35%.

Ao tratar em conformidade com a invenção apenas aquela parte de material que não foi triturada na etapa de moagem preliminar dentro do tamanho desejado de partícula, é possível que o dispositivo do estado da técnica, com a referida limitação dimensional, possa ser fixado ao classificador. A energia adicional provocada pelo tratamento eletromagnético será aplicada apenas à fração mais dura, pelo fato de que as partículas não trituradas na etapa de moagem preliminar serem mais duras que as partículas trituradas naquela etapa. Ao se alvejar o componente mais duro do minério, a energia adicionada irá proporcionar a melhor resposta na redução da dureza aparente do minério e irá permitir uma trituração mais eficiente em meios de maior rendimento no nível almejado de trituração, com inferior consumo total de energia. A nova abordagem permite também mais opções para selecionar a moagem e principal estágio de trituração, antes da aplicação da energia específica ao mineral almejado, para intensificar a eficiência da trituração.

A invenção será descrita em maiores detalhes pelos desenhos seguintes, em que a figura 1 ilustra uma modalidade preferida da invenção na forma de um fluxograma esquemático e a figura 2 ilustra uma outra modalidade

P 10517543

preferida da invenção na forma de um fluxograma esquemático.

De acordo com a figura 1, um minério sulfídico (1) a ser triturado é misturado com água e alimentado em uma instalação de moagem (2) para trituração na forma de moagem a úmido. O material moído é descarregado do moinho (2) dentro de um barrilete (3) e posteriormente alimentado a um ciclone (4), para ser classificado. A parte do material que está vindo do ciclone (4) na forma de um fluxo subjacente (9) proveniente da parte inferior do ciclone (4), é transportada para dentro de uma câmara (5), para tratamento com energia eletromagnética. A câmara (5) é provida de pelo menos uma fonte (6) para microondas com a frequência de 2,45 GHz. A câmara (5) é de formato tipo tubo e a parede da câmara (5) é provida de aberturas, através das quais a radiação de microondas proveniente da fonte (6) é focada dentro do interior da câmara (5). O material que está circulando no interior da câmara (5) circula essencialmente na direção vertical, a partir da parte superior da câmara (5) para a parte inferior da câmara (5). A câmara (5) é de tal modo dimensionada que o tempo de demora para o material que se encontra sob a influência da radiação de microondas é de 0,1 s.

O material que circula fora da câmara (5) é posteriormente alimentado em uma instalação secundária de moagem (7), na qual o material é triturado e após a moagem, o material é transportado para posterior processamento no barrilete (3) ou separadamente. Se necessário, é possível

se dispor entre a câmara (5) e a instalação secundária de moagem (7) um outro classificador (8), tal como, uma peneira, de modo que o fluxo que transborda (10) do segundo classificador (4) é retornado para o fluxo de alimentação da câmara (5), para um novo tratamento de radiação por microondas, em conformidade com a presente invenção.

Na figura 2, o material (21) a ser tratado é alimentado a uma instalação de moagem (22), de onde o material triturado proveniente da instalação de moagem (22) é descarregado dentro de um barrilete (23). O material proveniente do barrilete (23) é conduzido para um ciclone (24), para ser classificado. A partícula circula na medida em que o fluxo subjacente (25) do ciclone (24) é posteriormente conduzido para dentro de uma câmara (26) provida de uma fonte de microondas na frequência de 915 MHz. A câmara (26) é do formato tipo tubo e a parede da câmara (26) é feita de um material transparente para submissão à radiação de microondas e, dessa forma, as microondas são irradiadas através da parede da câmara (26). O fluxo de partículas (27), tratado com radiação por microondas é alimentado dentro da mesma instalação de moagem (22), junto com o material não-triturado (21).

Assim, a trituração do material principal (21) e do material (27) irradiado por microondas é realizada na mesma instalação principal de moagem (22).

P 10517543

EXEMPLO

O método da invenção foi usado em um trabalho de teste para um minério sulfídico em forma de lama, de tal maneira que a energia total foi mantida a mesma para um minério sulfídico, com o estabelecimento de um pretratamento do material tendo o tempo de 0,1s sob a influência de microondas, em conformidade com a presente invenção, e sem o pretratamento do material. A energia total para trituração foi, em ambos os casos, de 44 kWh/t.

Como resultado do trabalho de teste, a intensidade de energia para o material previamente tratado foi de 6×10^8 W/m³, enquanto que a intensidade de energia para o material sem o pretratamento foi entre 10^9 e 10^{14} W/m³, quando comparado ao material de teste no mesmo nível de ruptura. Dessa forma, uma redução de pelo menos 50% na intensidade de energia para trituração é obtida através do uso do método de acordo com a invenção.

P 10517545

REIVINDICAÇÕES

1. Método para trituração de um material, tal como, um minério, um concentrado mineral ou uma lama mineral, em uma instalação de moagem, em cujo método o material moído proveniente do moinho é classificado conforme o tamanho das partículas, **caracterizado** pelo fato de que após a classificação (4, 24) do material moído, pelo menos a parte do material (9, 25) que apresenta um tamanho de partícula maior que o desejado predeterminado tamanho de partícula, é almejada para um tratamento mediante energia eletromagnética (5, 26) do material a ser triturado em pelo menos um estágio, quando o tempo de operação para a energia eletromagnética se encontrar entre 0,01 e 1,0 segundo.

2. Método, de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado** pelo fato de que o material para o tratamento mediante energia eletromagnética (5, 26) é uma lama mineral apresentando um teor de umidade até 35%.

3. Método, de acordo com quaisquer das reivindicações anteriores, **caracterizado** pelo fato de que a energia eletromagnética é uma energia de microondas.

4. Método, de acordo com a reivindicação 3, ~~**caracterizado** pelo fato de que a frequência da energia eletromagnética é de 422 MHz ou 896 MHz ou 915 MHz ou de 2,5 GHz.~~

5. Método, de acordo com quaisquer das reivindicações anteriores, **caracterizado** pelo fato de que a energia eletromagnética é alimentada de modo único.

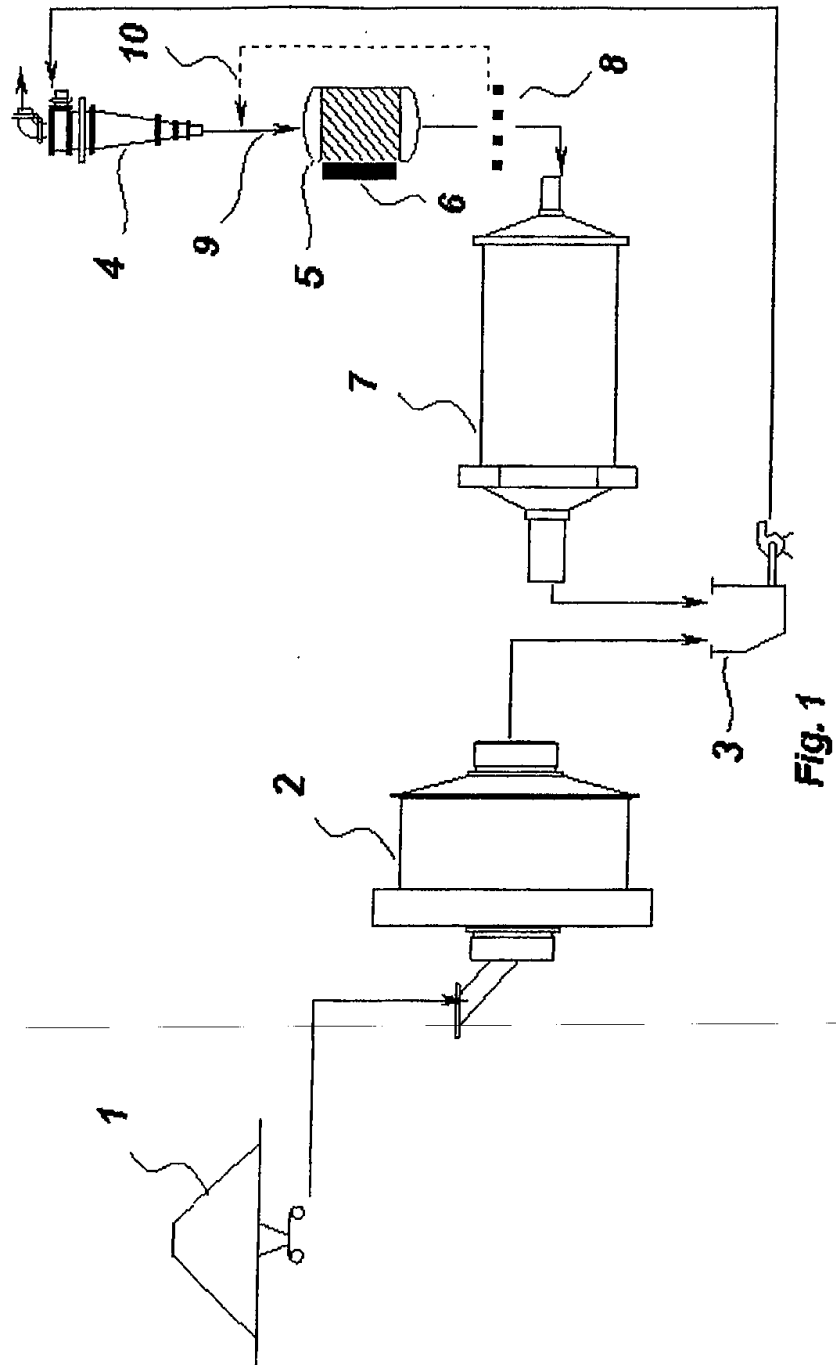
6. Método, de acordo com quaisquer das

P 1 0 5 1 7 5 4 5

reivindicações 1-4, **caracterizado** pelo fato de que a energia eletromagnética é alimentada na forma multimodal.

7. Método, de acordo com quaisquer das reivindicações 1-4, **caracterizado** pelo fato de que a energia eletromagnética é alimentada de modo pulsado.

8. Método, de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado** pelo fato de que o tempo de operação para a energia eletromagnética se situa entre 0,05 e 0,5 segundos.



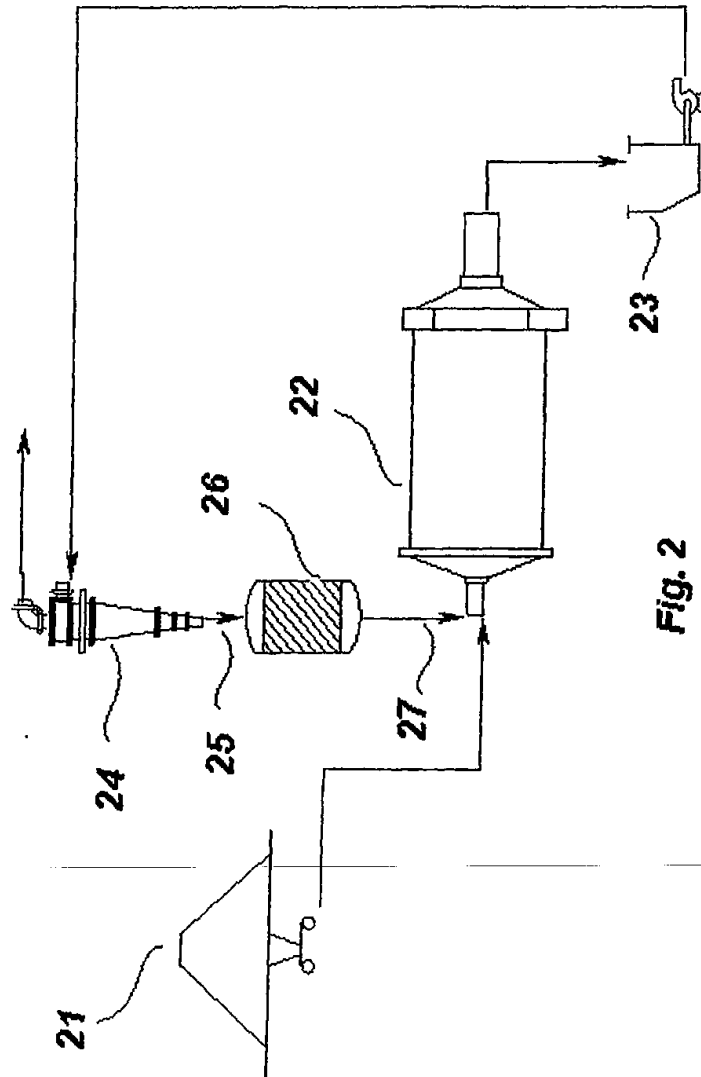


Fig. 2