



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

(11) PI 1007900-9 B1

(22) Data do Depósito: 26/01/2010

(45) Data de Concessão: 15/05/2018



* B R P I 1 0 0 7 9 0 0 B 1 *

(54) Título: MATERIAL CARBONÁCEO PARA SINTERIZAR MINÉRIO DE FERRO

(51) Int.Cl.: C10L 5/00; C10B 47/30; C22B 1/16

(30) Prioridade Unionista: 02/02/2009 JP 2009-021204

(73) Titular(es): NIPPON STEEL & SUMITOMO METAL CORPORATION

(72) Inventor(es): SEIJI NOMURA; SHUNJI KASAMA

Relatório Descritivo da Patente de Invenção para **"MATERIAL CARBONÁCEO PARA SINTERIZAR MINÉRIO DE FERRO"**.

Campo Técnico

A presente invenção refere-se a um material carbonáceo que
5 pode ser usado como combustível na sinterização de minério de ferro para produzir minério sinterizado.

Antecedentes da técnica

Na produção de minério sinterizado, primeiramente, materiais misturados que têm minério de ferro pulverizado como material principal, e
10 incluindo calcário, sílica, serpentina e outros materiais secundários, combustível sólido, minério retornado, etc, são misturados por um misturador de tambor etc e são granulados para se obter pseudopartículas, sendo que as pseudopartículas do material misturado são carregadas em uma pálete de sinterização em forma de camada, então o combustível sólido nos materiais
15 misturados na camada de superfície é inflamado e o ar é sugado abaixo da pálete de sinterização para gradualmente fazer a combustão se mover sucessivamente para as camadas inferiores e inflamar os materiais misturados carregados para obter um minério sinterizado.

No passado, como combustível sólido na produção de minério
20 sinterizado, coque pulverizado era usado. Coque pulverizado é obtido pela classificação dos blocos de coque que são produzidos por uma coqueira, os quais apresentam tamanhos de partículas pequenos e não podem ser alimentados no alto-forno. .

Além disso, como combustível sólido para a sinterização de mi-
25 nério de ferro diferente de coque pulverizado, por exemplo, aqueles que se referem aos seguintes PLTs 1 e 2 são conhecidos.

O documento PLT 1 descreve a formulação de carvão obtido pelo craqueamento térmico a 300°C a 900°C em faixa de temperatura 10% em peso ou mais do combustível (material carbonáceo combustível) que é mis-
30 turado quando se produz minério sinterizado.

Além disso, o documento PLT 2 descreve o aquecimento e a manutenção de uma mistura de minério de ferro pulverizado e carvão a

300°C a 900°C o suficiente para que o carvão seja termicamente craqueado e o uso da substância sólida obtida composta de "char" e minério de ferro parcialmente reduzido como combustível para uso em sinterização.

Lista de Citação

5

Literatura de Patente

PLT 1: Publicação de Patente Japonesa (A) No. 5-230558

PLT 2: Publicação de Patente Japonesa (A) No. 5-230557

Sumário da Invenção

Problemas Técnicos

10

Recentemente, o preço de antracito e de carvão aglomerado que formam o material para coque pulverizado tem aumentado. Portanto, um combustível sólido mais barato alternativo que possa ser usado para a produção de minério sinterizado está sendo buscado.

15

Além disso, devido às questões ambientais, a redução da quantidade de emissão de dióxido de carbono está sendo buscada. Para alcançar esse objetivo, a redução das unidades primárias de combustível está sendo buscada. Portanto, como combustível sólido alternativo, um superior em eficiência de combustão, se comparado ao combustível sólido convencional, é desejado.

20

Ademais, um aumento na quantidade de escoamento de um alto forno e a melhoria da razão de escoamento estão sendo buscados. Por esta razão, o aumento da produção de minério sinterizado e a melhoria da qualidade do minério sinterizado se tornam essenciais. Portanto, um novo método de produção de minério sinterizado é buscado, o qual permita a melhoria da produtividade e o rendimento de produto do minério sinterizado, se comparado com o caso do uso de combustível sólido. Nesse ponto, o PLT 1 ou 2 não apresenta nada que diga respeito à melhoria da produtividade e rendimento de produto do minério sinterizado.

25

30

Além disso, da mesma forma que dióxido de carbono, a redução dos óxidos de nitrogênio (NOx) no gás de exaustão de uma máquina de sinterização está sendo buscada.

A presente invenção foi feita levando em consideração essa si-

5 tuação e tem como seu objeto a provisão de combustível sólido para sinterizar minério de ferro, ou seja, um material carbonáceo que é menos caro do que o combustível para uso em sinterização convencionalmente usado e excelente em eficiência de combustão e que permite a melhoria da produtividade e rendimento de produto do minério sinterizado e a redução da quantidade de exaustão de óxidos de nitrogênio no momento da produção do minério sinterizado.

Solução para o Problema

10 A presente invenção foi feita levando em consideração o problema acima e tem como fundamento o seguinte:

(1) Um material carbonáceo para uso como combustível sólido para sinterizar minério de ferro, sendo que o material carbonáceo é caracterizado por ter as seguintes propriedades:

15 (i) uma temperatura inicial de reação de 550°C ou menos,
(ii) matéria volátil (VM) de 1,0% ou mais
(iii) uma razão de número de átomo de hidrogênio e carbono (H/C) de 0,040 ou mais, e

(iv) uma quantidade de poros de um tamanho de poro de 0,1 a 10 µm medida por porosimetria por mercúrio de 50 mm³/g ou mais

20 (2) Um material carbonáceo conforme descrito em (1), caracterizado pelo fato de que o material carbonáceo tem, ainda, as seguintes propriedades:

(v) uma temperatura máxima de velocidade de reação de 600°C ou menos e

25 (vi) uma velocidade de reação a 1000°C de 0,19 min⁻¹ ou mais

(3) Um material carbonáceo, conforme apresentado em (1) ou (2), caracterizado pelo fato de que o material carbonáceo tem, ainda, a seguinte propriedade:

(viii) um índice de microforça (MSI_{0,21}) de 20 ou mais

30 (4) Um material carbonáceo conforme apresentado em (1) ou (2), caracterizado pelo fato de que o material carbonáceo é produzido com o uso de carvão subaglomerado ou de lignito como um material.

(5) Um material carbonáceo conforme apresentado em (3), caracterizado pelo fato de que o material carbonáceo é produzido com o uso de carvão subaglomerado ou de lignito como um material.

5 (6) Um método de produção de minério sinterizado caracterizado pelo uso do material carbonáceo conforme determinado em (1) ou (2) como combustível sólido.

(7) Um método de produção de minério sinterizado caracterizado pelo uso do material carbonáceo conforme definido em (3) como combustível sólido.

10 (8) Um método de produção de minério sinterizado caracterizado pelo uso do material carbonáceo conforme determinado em (4) como combustível sólido.

Na presente descrição, a temperatura de início de reação significa a seguinte temperatura. Ou seja, um peso predeterminado (10 a 20 mg) de uma amostra ajustada para um tamanho de partícula predeterminado (0,15 a 0,25 mm) é colocado em um balanço térmico, a temperatura é aumentada em uma atmosfera de ar por uma taxa de elevação de temperatura predeterminada (10°C/min), então a redução de peso é medida. Aqui, a temperatura em que a taxa de redução de peso excede de maneira estável 0,002 (1/min) é chamada de "temperatura inicial de reação".

Além disso, na presente descrição, a temperatura em que a inclinação da curva de redução de peso se torna máxima (temperatura em que a redução de peso por unidade tempo se torna máxima) é chamada de "temperatura máxima de velocidade de reação".

25 Ademais, na presente descrição, a velocidade de reação a 1000°C indica a razão de redução de peso por unidade de tempo no início quando se coloca um peso predeterminado (10 a 20 mg) de uma amostra ajustada a um tamanho de partícula predeterminado (0,15 a 0,25 mm) em um balanço térmico, aumentando a temperatura em uma atmosfera de nitrogênio até 1000°C, e, então, mudando a atmosfera para uma atmosfera de ar (razão de redução de peso e peso inicial) (1/min).

Além disso, a matéria volátil (VM) da presente descrição pode

ser medida pelo método descrito em JISM8812.

Além disso, a razão de número de átomo de hidrogênio e carbono (H/C) pode ser encontrada por $H/C = (H\%/1)/(C\%/12)$ com base nos percentuais de peso C% e H% de carbono e hidrogênio medidos por análise elementar.

Ademais, na presente descrição, a quantidade de poros é medida por porosimetria por mercúrio. Porosimetria por mercúrio é a técnica de impregnar os poros finos com mercúrio enquanto se aplica pressão a uma amostra de partículas porosas etc e se obtém informações como a distribuição de tamanhos de poro fino a partir da relação da pressão e da quantidade de mercúrio impregnado. A distribuição da quantidade de poros obtida por porosimetria por mercúrio pode ser determinada com o uso de um porosímetro por mercúrio usado normalmente, que mede a distribuição de quantidades de poros de um tamanho de poro de 0,01 a 100 μm na substância sólida.

Além disso, na presente descrição, o índice de microforça ($MSI_{0,21}$) significa o percentual de peso em relação à amostra de +0,21 mm (0,21 mm ou mais) quando se coloca 2 g de uma amostra de esferas de ferro de 0,5 a 1,0 mm e 12 $\phi 7,9$ mm em um recipiente cilíndrico de $\phi 24,2 \times L300$ mm, aplicando impacto a 25 rpm por 800 rotações, então classificando o resultado por uma peneira de rede 70 (0,21 mm).

Efeito Vantajoso da Invenção

De acordo com a presente invenção, é possível fornecer combustível para sinterizar minério de ferro que seja mais barato do que o combustível para uso em sinterização convencionalmente usado e excelente em eficiência de combustão e que permita uma melhoria da produtividade e rendimento de produto do minério sinterizado e a redução da quantidade de exaustão de óxidos de nitrogênio no momento da produção do minério sinterizado.

Breve Descrição dos Desenhos

A figura 1 é uma vista esquemática de um processo de produção de um material carbonáceo de uma modalidade da presente invenção.

A figura 2 é um gráfico mostrando a distribuição das quantidades de poros do Exemplo H e Exemplo Comparativo A.

A figura 3 é um gráfico que mostra as relações entre o peso e a temperatura do Exemplo H e Exemplo Comparativo A.

5 A figura 4 é um gráfico mostrando as relações entre a taxa de redução de peso e a temperatura do Exemplo H e Exemplo Comparativo A.

A figura 5 é uma vista esquemática de um processo de produção de minério sinterizado com o uso do material carbonáceo de uma modalidade da presente invenção.

10 A figura 6 é uma vista esquemática que mostra o estado de um material de sinterização em um processo de sinterização.

Descrição das Modalidades

O material carbonáceo de uma modalidade da presente invenção é produzido com o uso, por exemplo, de carvão subaglomerado ou de
15 lignito como um material e craqueamento térmico termicamente com o uso de, por exemplo, um forno rotatório ou outro forno craqueador. Carvão subaglomerado e lignito podem ser adquiridos de maneira extremamente barata se comparado com coque pulverizado. Mesmo considerando os custos de produção, etc, o material pode ser obtido de maneira barata se comparado
20 com o combustível sólido convencional. Note que o material bruto do material carbonáceo de acordo com uma modalidade da presente invenção não é limitado a isso. Também é possível usar carvão de qualidade mais baixa do que o carvão aglomerado (carvão não ou levemente aglomerado, carvão aglomerado, carvão subaglomerado, lignito, etc.), mais especificamente carvão com uma razão de número de átomo de oxigênio e carbono (O/C) de
25 0,07 ou mais. Dentre esses, usar carvão subaglomerado ou lignito como o material bruto, quando se usa o material carbonáceo de uma modalidade da presente invenção para produzir minério sinterizado, a produtividade e rendimento de produto são ainda mais aprimorados, então isso é preferível.

30 Primeiramente, a produção de um material carbonáceo de uma modalidade da presente invenção será explicada em detalhes com o uso de um exemplo. A figura 1 é uma vista esquemática do processo de produção

de um material carbonáceo 1 de uma modalidade da presente invenção, em que 2 indica um forno termocraqueador (forno rotatório) composto de um recipiente vedado no qual é formado um espaço interior isolado da atmosfera de ar por paredes isolantes de calor. Ademais, 3 indica um forno de preaquecimento, enquanto 4 indica um refrigerador de aspersão de água. Além disso, na figura 1, as setas de linha sólida mostram o fluxo do carvão subaglomerado ou lignito ou outro material bruto do material carbonáceo e o material carbonáceo 1 produzido. Por outro lado, as setas de linha pontilhada mostram o fluxo de gás produzido pelo processo de processo de termocraqueamento etc.

Primeiro, o carvão subaglomerado ou lignito de material bruto é carregado no interior de um funil (não mostrado) a partir do qual é alimentado através de uma primeira válvula rotatória 5a para uma transportadora helicoidal 3a do forno de preaquecimento 3. O carvão subaglomerado ou lignito carregado através da transportadora helicoidal 3a para o interior do forno de preaquecimento 3 é aquecido no forno de preaquecimento 3 como pré-tratamento a por exemplo 490°C através do qual a umidade é removida.

O carvão subaglomerado ou lignito pré-tratado é descarregado do forno de preaquecimento 3, e, então, alimentado através de uma segunda válvula rotatória 5b à transportadora helicoidal 2a do forno rotatório 2 e carregado no interior do forno rotatório 2. No forno rotatório 2, o material do carvão subaglomerado ou lignito é agitado e movido a qualquer velocidade enquanto é craqueado termicamente a 650 a 850°C. Devido a isso, parte da matéria volátil (VM: hidrocarbonetos, CO, H₂, e outros ingredientes gasosos) e alcatrão é liberada do carvão subaglomerado ou lignito. Por outro lado, o ingrediente sólido que permanece no forno rotatório é chamado "carvão". Isso se torna o material carbonáceo de uma modalidade da presente invenção que tem suas propriedades explicadas adiante. O carvão pode ser alimentado para fora a partir do interior do forno rotatório 2, e, então, resfriado pelo refrigerador de aspersão de água 4 e armazenado para uso no forno de sinterização.

O material carbonáceo (carvão) que é produzido pelo termocra-

queamento no forno rotatório 2 se difere, em geral, do coque endurecido no que é um material carbonáceo que se pulveriza facilmente. Conforme é bem conhecido, coque é carbonizado em um forno para coque a 1100 a 1200°C. As partículas de carvão se juntam para formar blocos. No caso do material carbonáceo da presente invenção, tal habilidade de aglomeração é desnecessária. O material precisa apenas ser um produto termicamente craqueado composto de carvão a partir do qual parte da matéria volátil e alcatrão foi removida.

Note que, na presente modalidade, o material é pré-tratado pelo forno de preaquecimento 3, então carregado no forno rotatório 2 e termicamente craqueado, mas também é possível realizar o termocraqueamento enquanto se omite o pré-tratamento.

Além disso, o método de resfriamento não é particularmente limitado. Além do refrigerador de aspersão de água, também é possível usar um refrigerador rotatório do tipo de resfriamento externo.

Ademais, o gás que é produzido por termocraqueamento (gás VM) pode ser reutilizado ao alimentá-lo do forno para uma instalação de utilização de gás. Especificamente, também é possível alimentar o gás que é produzido por termocraqueamento como combustível para o forno rotatório 1 e craquear termicamente o carvão subaglomerado ou lignito. Além disso, também é possível queimar o gás em um forno de combustão 6, e então alimentar o gás de exaustão de combustão ao forno de preaquecimento 2 para utilizá-lo de maneira eficaz no processo de preaquecimento.

O material carbonáceo de uma modalidade da presente invenção (carvão) que é produzido por termocraqueamento de carvão subaglomerado ou lignito a 650 a 850°C, dessa forma, tem matéria volátil (VM) de 1,0% ou mais, uma razão de número de átomo de hidrogênio e carbono (H/C) de 0,040 ou mais, uma quantidade de poros de tamanho 0,1 a 10 μm medida por porosimetria por mercúrio de 50 mm^3/g ou mais, e uma temperatura inicial de reação de 550°C ou menos.

Ou seja, o material carbonáceo, de acordo com uma modalidade da presente invenção que tem matéria volátil (VM) de 1,0% ou mais, é sus-

cetível ao rompimento da estrutura química e começa a reagir a uma temperatura mais baixa do que quando carregado juntamente ao minério de ferro etc em um forno de sinterização. Além disso, ao fazer a razão de número de átomo (H/C) 0,040 ou mais, a estrutura acaba incluindo uma grande quantidade de átomos de hidrogênio, há políciclicização insuficiente dos grupos aromáticos, a estrutura química se rompe facilmente e as estruturas que comecem a reagir a uma baixa temperatura são incluídas.

Além disso, ao fazer a quantidade de poros de um tamanho de 0,1 a 10 μm medidos por porosimetria por mercúrio 50 mm^3/g ou mais, a temperatura inicial de combustão se torna mais baixa e a taxa de combustão se torna maior se comparada com quando o valor é menor do que 50 mm^3/g , de modo que a reação de sinterização seja mais promovida. Note que os poros de um tamanho menor que 0,1 μm têm uma taxa de difusão de oxigênio relativamente mais lenta se comparada à taxa de combustão sob as condições atmosféricas de reação na camada de sinterização, de modo que o tamanho da pequena quantidade de poros não se torne um fator determinante na combustibilidade. Ademais, poros maiores que 10 μm têm áreas de superfícies de poro pequenas, tendo, então, pouco efeito da combustibilidade. Portanto, no material carbonáceo, de acordo com uma modalidade da presente invenção, a quantidade de poros com um tamanho de poro de 0,1 a 10 μm tem uma grande influência na combustibilidade. Aqui, para facilitar a compreensão, a figura 2 mostra a distribuição da quantidade de poros do material carbonáceo do Exemplo H explicado posteriormente e o coque pulverizado do Exemplo comparativo A. Conforme mostrado na figura 2, no Exemplo H, há muito mais poros de um tamanho de 0,1 a 10 μm se comparado com o Exemplo comparativo A.

Além disso, um material carbonáceo que tem as propriedades acima de matéria volátil (VM), a razão de número de átomo (H/C), e a quantidade de poros de um tamanho de 0,1 a 10 μm medida por porosimetria por mercúrio, tem a temperatura inicial de reação de 550°C ou menos e começa a reagir a uma temperatura mais baixa que coque pulverizado. Aqui, para facilidade de compreensão, a figura 3 mostra as curvas de redução de peso

do Exemplo H e do Exemplo comparativo A, enquanto a figura 4 coloca em diagramas os primeiros diferenciais da figura 3 na ordenada e mostra as curvas de taxa de redução de peso que expressam a relação entre a temperatura e velocidade de reação. Conforme mostrado na figura 3 e figura 4, o material carbonáceo do Exemplo H tem uma temperatura inicial de reação mais baixa do que aquela do coque pulverizado do Exemplo comparativo A ou menor que 550°C.

Em conformidade, o combustível sólido de uma modalidade da presente invenção composto do material carbonáceo, quando incendiado em uma máquina de sinterização, emite hidrocarbonetos ou outros gases (gases de combustão) a uma temperatura mais baixa do que o coque pulverizado. O gás de combustão acelera o aumento da temperatura do material combustível para uso em sinterização e promove a reação de sinterização na zona de sinterização. A eficiência de combustão é melhorada, de modo que seja possível realizar uma redução das unidades principais de combustível para uso em sinterização e seja possível reduzir a quantidade de exaustão de dióxido de carbono no momento da produção de minério sinterizado se comparado com o anterior. Além disso, o minério sinterizado que é produzido com o uso do combustível sólido de uma modalidade da presente invenção composto do material carbonáceo tem uma força maior se comparado ao minério sinterizado que é produzido com o uso de coque pulverizado, portanto, a produtividade e o rendimento de produto do minério sinterizado podem ser melhorados.

Além disso, conforme explicado acima, já que a eficiência de combustão é melhorada, a quantidade de produção dos óxidos de nitrogênio no momento da combustão é reduzida. Acredita-se nisso porque a combustão é boa, então a concentração de CO em volta do material carbonáceo é relativamente alta e os óxidos de nitrogênio que são produzidos a partir do material carbonáceo são facilmente reduzidos. Portanto, ao usar o material carbonáceo da presente modalidade para produzir minério sinterizado, é possível reduzir a quantidade de exaustão de óxidos de nitrogênio no momento da produção de minério sinterizado se comparado com o anterior.

Nota-se que, se for usado um material carbonáceo com alta matéria volátil (VM) em uma máquina de sinterização, parte da matéria volátil (VM) que é produzida na região de baixa temperatura é sugada por um coletor e soprador de poeira sem contribuir com a combustão, de modo que, às vezes, uma manutenção mais frequente do coletor de poeira, etc se torne necessária. Isso envolve trabalho e custo. Por esta razão, o material carbonáceo de uma modalidade da presente invenção tem, de preferência, matéria volátil (VM) de 10% ou menos.

Além disso, o material carbonáceo de acordo com uma modalidade da presente invenção tem, de preferência, uma temperatura máxima de velocidade de reação de 600°C ou menos e uma velocidade de reação a 1000°C de 0,19 min⁻¹ ou mais. Por ter tais propriedades, a reação de sinterização pode ser ainda mais promovida, de modo que a produtividade e o rendimento de produto do minério sinterizado possam ser ainda melhorados.

Ainda adicionalmente, o material carbonáceo de uma modalidade da presente invenção tem, de preferência, um índice de microforça (MSI_{0,21}) de 20 ou mais além das condições acima. Se 20 ou mais, a produtividade e rendimento do minério sinterizado são melhorados ainda mais. Dessa forma, a razão pela qual, quando o índice de resistência micro é 20 ou mais, a produtividade e o rendimento são melhorados, não é clara mas no processo de misturar isso com o material de minério de ferro e granulá-los para preparar materiais misturados, a taxa do material carbonáceo de uma modalidade da presente invenção que é triturado e forma um pó fino cai, de modo que a taxa da exposição do material carbonáceo de uma modalidade da presente invenção na superfície dos grânulos dos materiais misturados se torne maior e, como consequência, a ignitabilidade dos grânulos seja aumentada e a pulverização seja suprimida. Como consequência, acredita-se que há menos dispersão e perda de função como combustível.

A seguir, a produção de minério sinterizado com o uso do material carbonáceo da presente modalidade será explicada com referência ao caso do uso de uma máquina de sinterização do tipo Dwight Loyd do tipo de sucção para baixo. A figura 5 é uma vista esquemática do processo de pro-

dução de minério sinterizado, em que 10 indica uma máquina de sinterização, 11 (11a a 11d) indica funis, e 12 (12a, 12b) indica misturadores de tambor.

Primeiramente, os materiais brutos do minério sinterizado, ou seja, o minério de ferro triturado para pó ou um tamanho de partícula adequado, o calcário, serpentina ou outros materiais secundários, o minério retornado, o material carbonáceo da presente modalidade, coque pulverizado, ou outro combustível sólido, são carregados nos interiores dos funis de minério de ferro 11a, funil de material secundário 11b, funil de minério retornado 11c, e funil de combustível sólido 11d. O minério de ferro, os materiais secundários, o minério retornado e o combustível sólido alimentados a partir dos funis são carregados em uma razão predeterminada à mistura com o uso do misturador de tambor 12a onde são triturados e misturados, então, umidade é adicionada para a granulação em um misturador de tambor de uso para granulação 12b para formar pseudopartículas (grânulos). As pseudopartículas são carregadas no interior do funil de compensação 13 e, então, são retiradas pelo alimentador de tambor 14 e são carregadas em uma forma de camada para uma espessura predeterminada (for exemplo, 500 a 700 mm) em uma pálete sem fim 10a de uma máquina de sinterização do tipo Dwight Lloyd 10 (abaixo, a camada em que as pseudopartículas são empilhadas sendo chamada de a "camada de material 31").

A seguir, uma fornalha de ignição 15 é usada para inflamar o combustível sólido nos grânulos (pseudopartículas) na camada de superfície na pálete 10a e começar o processo de sinterização. Após a ignição, caixas de vento 10b são usadas para sugar o ar em direção ao fundo, sendo que o combustível sólido e a matéria volátil que são exauridos do combustível sólido sejam queimados, e o calor da combustão seja usado para sinterizar as pseudopartículas na pálete 10a para obter os pães sinterizados 40.

A figura 6 mostra esquematicamente o estado do material de sinterização no processo de sinterização. Ela ilustra a distribuição de temperatura em um certo ponto do tempo no material de sinterização na pálete 10b quando se usa o combustível sólido da presente modalidade como combus-

tível de uso em sinterização. A fornalha de ignição 15 é usada para inflamar o material carbonáceo, etc da presente modalidade no topo da camada de material 31. A zona de sinterização 32 desce, mas, na zona de secagem 33 logo abaixo da zona de sinterização, o gás de combustão faz com que a temperatura do material e do combustível aumente. Por outro lado, a parte onde a combustão ocorreu anteriormente e terminou tem uma queda de temperatura e se torna uma zona de resfriamento 34. Ao se referir à figura 5 em adição à figura 6, será compreendido que um ponto de virada da pálete sem fim 10a está próximo, a combustão prossegue, a camada de material 31 é reduzida, a zona de resfriamento 34 é aumentada, e a massa sinterizada 40 é formada. Note que a distribuição de temperatura mostrada na figura 6 mostra substancialmente o mesmo comportamento que o caso convencional de usar coque pulverizado como combustível sólido.

A massa sinterizada que é formada pelo processo de sinterização é descarregada da pálete sem fim 10a, e então triturada pelo primeiro triturador 16 e o ar é resfriado no refrigerador 17. A seguir, é ainda mais triturado pelo crivo grosso 18 e pelo segundo triturador 19 e fornecido a uma peneira de múltiplos estágios 20 para se tornar minério sinterizado tendo um tamanho de partícula predeterminado. Por outro lado, o minério sinterizado não satisfazendo o tamanho de partícula predeterminado se torna minério retornado e é reutilizado como material de sinterização.

Note que o gás produzido pelo processo de sinterização é descarregado das caixas de vento 10b, corre por um coletor de poeira 21 e um ventilador 22, e é exaurido a partir de um tubo de exaustão 23.

O material carbonáceo de uma modalidade da presente invenção pode ser usado como pelo menos parte do combustível sólido que é carregado no funil. A razão de mistura do material carbonáceo da presente modalidade no combustível sólido que é usado para a produção do minério sinterizado não é particularmente limitada. Também é possível tonar o combustível sólido completamente o material carbonáceo da presente modalidade. O material carbonáceo de uma modalidade da presente invenção também pode ser usado com o coque pulverizado.

Exemplos

Abaixo, os exemplos da presente invenção serão explicados. Note que a presente invenção não é limitada às condições, etc mostradas abaixo, contanto que o objeto da presente invenção não seja prejudicado.

5 Um forno rotatório foi usado para craquear termicamente o material mostrado na Tabela 1 a 650 a 850°C para produzir os materiais carbonáceos dos Exemplos C a I. A razão da matéria volátil (VM), a razão de número de átomo de hidrogênio e carbono (H/C), a temperatura inicial de reação, a temperatura máxima de velocidade de reação, a velocidade de reação a 10 1000°C, a quantidade de poros de 0,1 a 10 μm por porosimetria por mercúrio (medido com o uso de um porosímetro de mercúrio), e o índice de microforça foram determinados para estes.

Ou seja, para a temperatura inicial de reação, 10 mg de uma amostra ajustada a um tamanho de partícula de 0,15 a 0,25 mm foram colocados em um balanço térmico, a temperatura foi aumentada em uma atmosfera de ar a uma taxa de elevação de temperatura de 10°C/min, e a redução de peso foi medida. A temperatura na qual a taxa de redução de peso nesse momento excedeu de maneira estável 0,002 (l/min) foi tida como a "temperatura inicial de reação".

20 Além disso, para a temperatura máxima de velocidade de reação, uma curva de redução de peso, como aquela mostrada na figura 1, foi preparada a partir da medição acima da redução de peso, e a temperatura na qual a inclinação da curva de redução de peso se tornou máxima (temperatura em que a redução de peso por unidade de tempo se tornou máxima) 25 foi tida como a "temperatura máxima de velocidade de reação".

Além disso, para a velocidade de reação a 1000°C, 10 mg de uma amostra ajustada a um tamanho de partícula de 0,15 a 0,25 mm foram colocados em um balanço térmico, sendo que a temperatura foi aumentada em uma atmosfera de nitrogênio até 1000°C, então a atmosfera foi transformada em uma atmosfera de ar e a razão com a redução de peso por unidade de tempo inicial (razão de redução de peso e peso inicial) (1/min) foi medida.

Além disso, a matéria volátil (VM) foi medida pelo método descrito em JISM8812.

Além disso, a razão de número de átomo de hidrogênio e carbono (H/C) foi calculada por $H/C = (H\%/1)/(C\%/12)$ com base no percentual de pesos C% e H% de carbono e hidrogênio medidos por análise elementar.

Além disso, a quantidade de poros de tamanho de poro de 0,1 a 10 μm medida por porosimetria por mercúrio foi medida com o uso de um porosímetro de mercúrio.

Além disso, o índice de microforça ($MSI_{0,21}$) foi determinado ao colocar 2 g de uma amostra de 0,5 a 1,0 mm e esferas de ferro de 12 $\phi 7.9$ mm em um recipiente cilíndrico de $\phi 24.2 \times L 300$ mm, aplicando impacto a 25 rpm por 800 rotações, classificando, então, o resultado por uma peneira de rede 70 (0,21 mm), e encontrando o percentual de peso do peso de +0,21 mm (0,21 mm ou mais) quando se mede o peso em relação do peso da amostra.

Além disso, a produtividade e o rendimento de produto do minério sinterizado quando se usa os materiais carbonáceos dos Exemplos C a I foram avaliados por um teste de teste em pote de sinterização.

Como teste em pote de sinterização, um aparelho de teste de sinterização de um diâmetro de 30 cm e uma altura de camada de 60 cm foi usado. Um teste foi realizado para produzir minério sinterizado por materiais misturados predeterminados de minério de ferro australiano: 53%, minério de ferro brasileiro: 30%, calcário: 14%, e serpentina: 3% (toda a massa%). Primeiramente, os materiais misturados foram carregados para o interior do aparelho de teste de sinterização até uma altura de 60 cm, então, o material carbonáceo na camada de superfície da camada de material foi inflamado por 90 segundos por um bico de gás propano. Depois disso, a reação de sinterização foi realizada enquanto suga-se o ar para baixo por uma pressão negativa determinada de 15 kPa. O corpo sinterizado após a completude da série de sinterização foi resfriado suficientemente e, então, deixou-se que caísse de uma altura de 2 m quatro vezes para triturá-lo. Partículas de um tamanho de partícula de 5 mm ou maior foram recuperadas como o minério

sinterizado. A produtividade e o rendimento do minério sinterizado foram medidos a partir desse balanço de material. A avaliação foi realizada pela produtividade e o rendimento de produto. O estado, quando equivalente se comparado às condições base com o uso de coque pulverizado (material carbonáceo A), foi avaliado como "Adequado", o estado, quando era bom, foi avaliado "Bom", e o estado, quando ainda melhor, foi avaliado como "Muito bom". Além disso, o NOx no gás de exaustão no teste em pote de sinterização também foi medido.

Os resultados são mostrados na Tabela 1. Além disso, como Exemplo comparativo A, uma medição comparativa e uma avaliação como nos exemplos da invenção foram realizadas com o uso de coque pulverizado como o combustível sólido. Ademais, como o Exemplo comparativo B, um material carbonáceo foi produzido por um método similar aos exemplos da invenção com o uso do material para o material carbonáceo como carvão aglomerado e foi medido e avaliado da mesma forma que os exemplos da invenção.

Conforme mostrado na Tabela 1, os Exemplos C a I, os quais têm uma temperatura de início de reação menor que 550°C, são melhorados em produtividade, se comparados ao exemplo comparativo como uso de coque pulverizado e são, também, melhorados em rendimento de produto. Em particular, os Exemplos F a I que têm uma temperatura máxima de velocidade de reação menor que 600°C e uma velocidade de reação a 1000°C maior que 0,19 min⁻¹ são ainda melhorados em produtividade e rendimento de produto. Ainda adicionalmente, os Exemplos H e I que satisfazem as condições acima e têm um índice de microforça acima de 20 rendem efeitos ainda maiores de melhoria de produtividade e rendimento de produto. Além disso, a concentração de NOx no gás de exaustão também pode ser reduzida.

Tabela 1

	Material	Análise Industrial (d, %)		Razão de número de átomos (-)		Calor total gerado (kcal/kg)	Balanço térmico			Porosímetro por mercúrio 0,1-10 μm poros (m^2/g)	MS _{10,21} (-)	Avaliação de Teste em pote de sinterização		Nox (PPM)
		Cinzas	VM	H/C	O/C		Temperatura de início de reação ($^{\circ}\text{C}$)	Temperatura máxima de Velocidade de reação ($^{\circ}\text{C}$)	Velocidade de reação a 1000°C (min^{-1})			Produtividade	Rendimento de produto	
Ex. Comp. A	Coque pulverizado	11,3	0,6	0,037	0,001	6890	563	771	0,17	27	51	Adequado	Adequado	225
Ex. Comp. B	Carvão aglomerado	14,6	0,7	0,039	0,001	6630	570	797	0,15	46	44	Adequado	Adequado	215
Ex. C	carvão não aglomerado	10,9	1,0	0,042	0,001	6980	530	796	0,18	100	43	Bom	Bom	195
Ex. D	Carvão aglomerado	18,9	4,1	0,059	0,029	6125	490	672	0,17	50	23	Bom	Bom	160
Ex. E	Carvão aglomerado	7,4	1,5	0,073	0,017	6900	478	634	0,18	69	45	Bom	Bom	200
Ex. F	Carvão subaglomerado	8,2	3,0	0,092	0,006	7240	447	594	0,20	183	18	Bom a muito bom	Bom a muito bom	150
Ex. G	Carvão subaglomerado	9,2	10,6	0,321	0,073	7050	332	527	0,20	146	12	Bom a muito bom	Bom a muito bom	205
Ex. H	Carvão subaglomerado	10,4	3,7	0,227	0,032	6930	392	550	0,21	191	23	Muito bom	Muito bom	185
Ex. I	Lignito	8,4	2,8	0,255	0,064	6620	415	555	0,20	102	46	Muito bom	Muito bom	185

REIVINDICAÇÕES

1. Material carbonáceo para uso como combustível sólido para a sinterização de minério de ferro, sendo que o dito material carbonáceo é caracterizado por ter as seguintes propriedades:

- 5 (i) uma temperatura inicial da reação de 550°C ou menos,
 (ii) matéria volátil (VM) de 1,5% ou mais,
 (iii) uma razão de número de átomo de hidrogênio e carbono (H/C) de 0,040 ou mais, e
 (iv) uma quantidade de poros de um tamanho de poro de 0,1
 10 a 10 µm medido por porosimetria por mercúrio de 50 mm³/g ou mais.

2. Material carbonáceo, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que o dito material carbonáceo tem, ainda, as seguintes propriedades:

- (v) uma temperatura máxima de velocidade de reação de
 15 600°C ou menos e
 (vi) uma velocidade de reação a 1000°C de 0,19 min⁻¹ ou mais.

3. Material carbonáceo, de acordo com a reivindicação 1 ou 2, caracterizado pelo fato de que o dito material carbonáceo tem, ainda, a seguinte propriedade:

- 20 (viii) um índice de microforça (MSI_{0.21}) de 20 ou mais

4. Material carbonáceo, de acordo com a reivindicação 1 ou 2, caracterizado pelo fato de que o dito material carbonáceo é produzido com o uso de carvão subaglomerado ou de lignito como um material.

5. Material carbonáceo, de acordo com a reivindicação 3,
 25 caracterizado pelo fato de que o dito material carbonáceo é produzido com o uso de carvão subaglomerado ou lignito como um material.

6. Método para a produção de minério sinterizado caracterizado pelo uso do material carbonáceo, como definido na reivindicação 1 ou 2, como combustível sólido.

30 7. Método para a produção de minério sinterizado, caracterizado pelo uso do material carbonáceo, como definido na reivindicação 3, como combustível sólido.

8. Método para a produção de minério sinterizado, caracterizado pelo uso do material carbonáceo, como definido na reivindicação 4, como combustível sólido.

FIG. 1

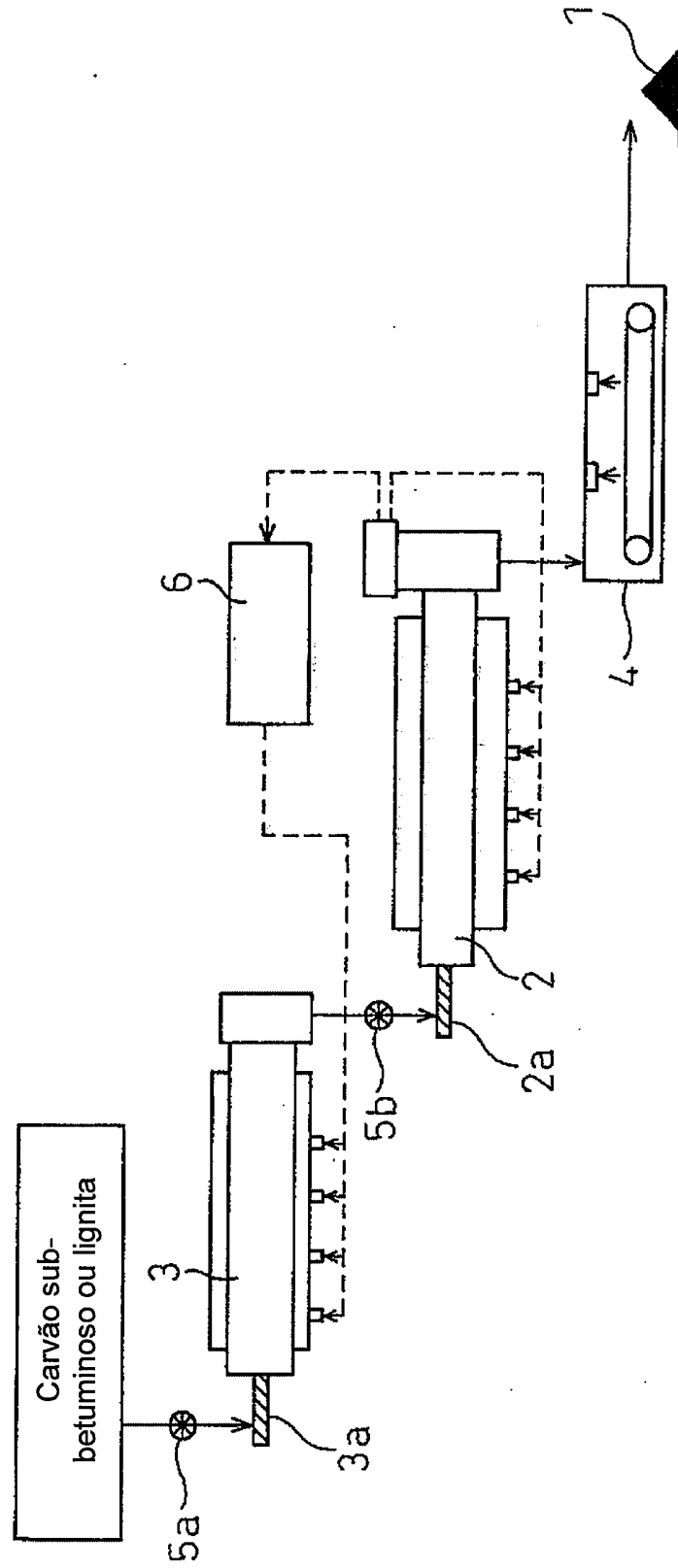


FIG.2

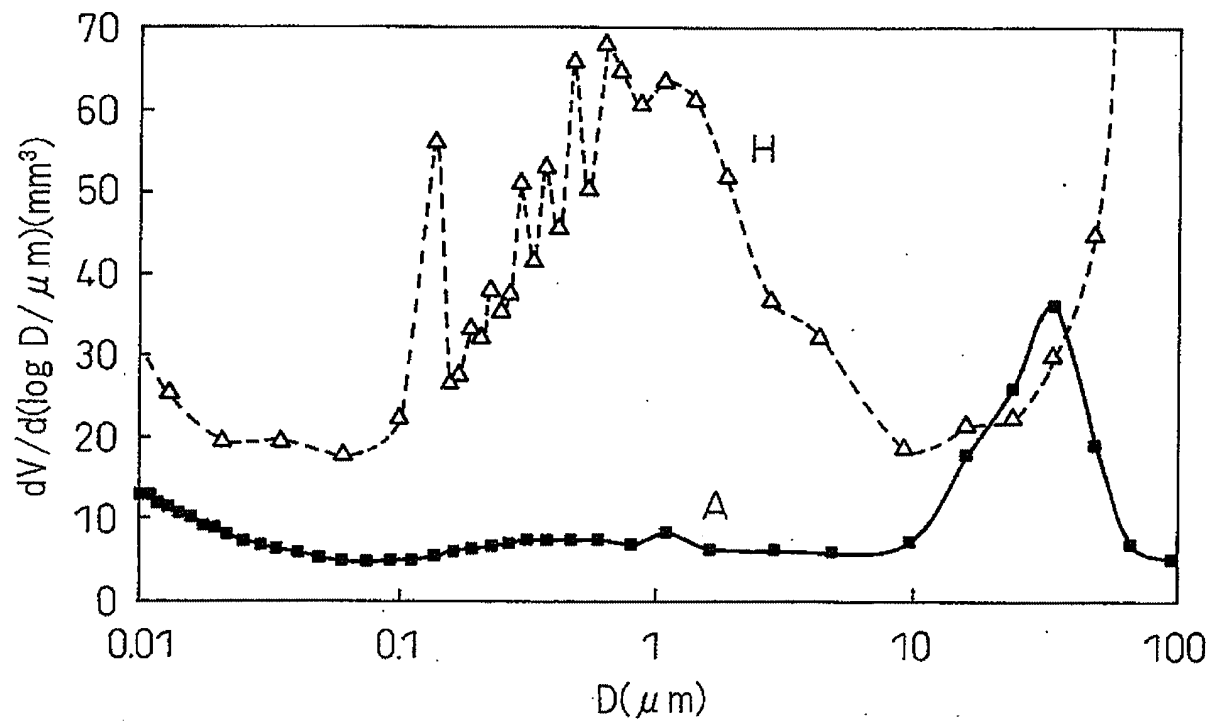


FIG.3

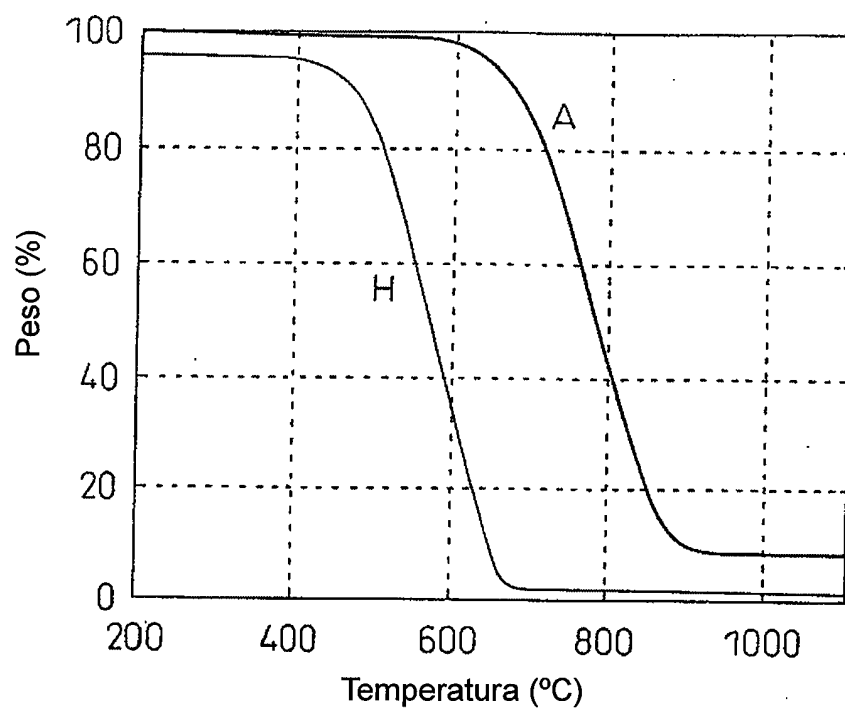


FIG.4

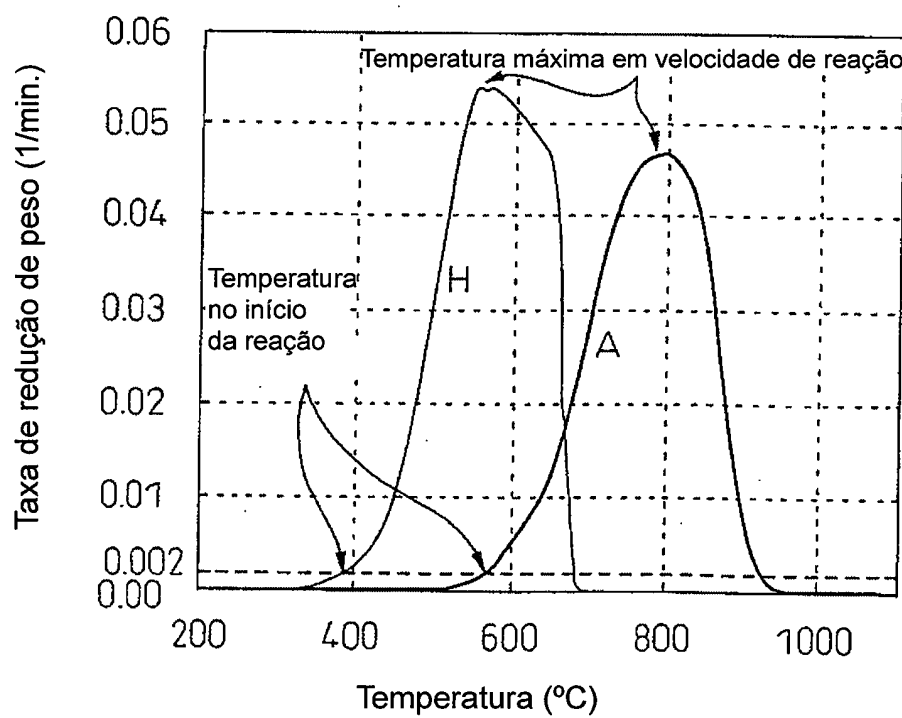


FIG.5

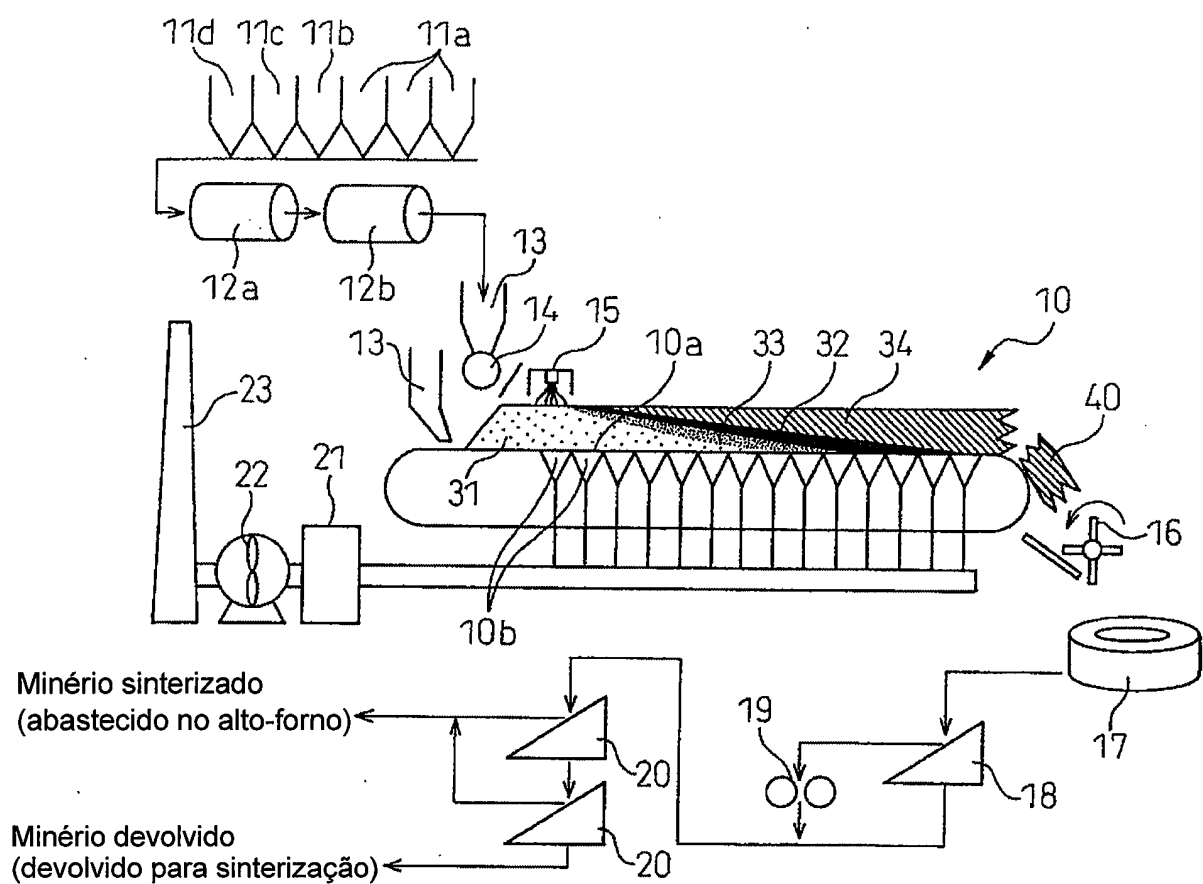


FIG.6

