



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

(11) PI 0911318-5 B1

(22) Data do Depósito: 31/03/2009

(45) Data de Concessão: 06/03/2018



(54) Título: PROCESSOS DE PRODUÇÃO DE MINÉRIO SINTERIZADO

(51) Int.Cl.: C22B 1/16; C21B 13/00

(30) Prioridade Unionista: 10/04/2008 JP 2008-102550

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

(72) Inventor(es): YASUSHI TAKAMOTO; HIDEAKI YABE

Relatório Descritivo da Patente de Invenção para "**PROCESSOS DE PRODUÇÃO DE MINÉRIO SINTERIZADO**".

Campo Técnico

[001] A presente invenção refere-se a um processo de produção de minério sinterizado em um processo de produção de aço e, mais particularmente, a um processo de produção de minério sinterizado em que os finos de minério de ferro contendo água combinada são usados como uma matéria-prima de sinterização.

Antecedentes Técnicos

[002] Em um processo de produção de minério sinterizado, uma matéria-prima principal tal como finos de minério de ferro e fontes de ferro miscelâneas e um fundente de formação de escória (matéria-prima subsidiária) são usados como matérias-primas de sinterização. As fontes de ferro miscelâneas são pós, poeira, carepa de laminação pelo crivo "minus" e similares gerados em um sistema de usina de sinterização e fora do sistema de usina de sinterização, que contém ferro. O fundente de formação de escória (matéria-prima subsidiária) é calcáreo ou similar. Como descrito acima, no processo de produção de minério sinterizado, uma pluralidade de tipos de matérias-primas de sinterização tendo diferentes componentes químicos é usada. Assim, a fim de produzir minério sinterizado tendo um componente químico apropriado para uma operação de um alto forno, uma razão das respectivas matérias-primas de sinterização é apropriadamente apresentada. Uma pluralidade de tipos de matérias-primas de sinterização é apropriadamente misturada e um agente de ligação tal como coque e carvão é ainda adicionado, para tornar em uma mistura bruta. Em um processo de sinterização de uma máquina de sinterização do tipo Dwight Lloyd (DL) geral, devido a uma pressão negativa sob uma porção inferior do leito de sínter acondicionado constituído por uma mistura bruta, o ar flui do lado superior para um lado inferior, deste modo

para queimar o agente de ligação na mistura bruta. Então, uma matéria-prima principal contendo ferro tal como finos de minério de ferro e uma matéria-prima subsidiária são sinterizadas pelo calor de combustão gerado e minério aglomerado e sinterizado é produzido. Este minério sinterizado é usado como uma matéria-prima principal no alto forno.

[003] Uma vez que carvão, que tem um alto teor volátil, não pode ser usado como é como agente de ligação no processo de produção do minério sinterizado, moinha de coque, carvão antrocitoso ou similar é misturado ao mesmo e usado como agente de ligação. O moinho de coque usado para um agente de ligação é fabricado por ainda triturar coque pequeno apropriado para uso em um alto forno em um coque fino de um tamanho apropriado para uso como um agente de ligação. Deverá ser notado que uma quantidade de coque de pequeno tamanho de partículas considerado como impróprio para uso no alto forno é pequeno em relação a uma quantidade de agente de ligação necessário para um processo de sinterização. Conseqüentemente, uma desvantagem é complementada pelo carvão antracitoso.

[004] Como finos de minério de ferro que são uma matéria-prima principal do processo de produzir minério sinterizado, o minério de hematita ou similar tem sido usado. Todavia, recentemente, uma quantidade fornecida de minério de hematita ou similar está sendo reduzida e, como finos de minério de ferro, uma quantidade de uso de minério pisolita tal como minério de Robe River ou minério Yandicoojina, e minério de Marra Mamba tal como minério de De West Angelas está sendo aumentada. Tais finos de minério de ferro contêm água combinada. Quando os finos de minério de ferro contendo água combinada são usados como matéria-prima principal de um processo de produção de minério sinterizado, uma quantidade de uso de um agente de ligação que é uma fonte de fornecimento de calor é aumentada uma vez que um grande calor é requerido para pirólise de água combinada em

finos de minério de ferro. Em outras palavras, a fim de aumentar uma quantidade de uso dos finos de minério de ferro contendo água combinada em um processo de produção de minério sinterizado, uma proporção de um agente de ligação (uma taxa de agentes de ligação) é aumentada.

[005] Todavia, a taxa de agentes de ligação elevada aumenta um valor calorífico gerado pela combustão do agente de ligação e em um processo em que uma reação de sinterização se processa em um leito acondicionado constituído por uma mistura bruta, ocorre a ampliação de uma região de alta temperatura formada no leito acondicionado pela geração de calor de combustão do agente de ligação e fusão é excessivamente gerada. Consequentemente, uma resistência a permeabilidade no leito de sinterização eleva-se e um fornecimento de ar necessário para combustão do agente de ligação é prejudicado, de modo que uma produtividade do minério sinterizado é reduzida. Ainda, um volume de poro no minério sinterizado é reduzido devido à fusão excessivamente gerada e uma redutibilidade do minério sinterizado é reduzida, conduzindo a uma elevação de uma proporção de um agente redutor (taxa de agentes de redução) necessária para um processo de fabricação de ferro de alto forno, e uma eficiência econômica é deteriorada.

[006] O Documento de Patente 1 descreve uma técnica de utilizar ferro reduzido preparado pela redução de minério de ferro contendo água combinada como matéria-prima de alto forno, como um processo de operação de alto forno irrelevante para um processo de produção de minério sinterizado.

[007] Todavia, não é possível aplicar esta técnica do processo de operação de alto forno a um processo de produção de minério sinterizado. Ainda, nesta técnica, é necessário usar gás redutor com uma alta capacidade redutora para produção de ferro reduzido de um grau

de redução de 30% ou mais contendo ferro metálico. Consequentemente, um custo para produzir o gás redutor é alto e um preço de ferro reduzido a ser produzido torna-se alto.

[008] Além do mais, a elevação da taxa de agentes de ligação também conduz a um aumento de uma quantidade de uso do carvão antracitoso. Todavia, reserva de carvão antracitoso é pequena em comparação com carvão betuminoso ou carvão sub-betuminoso e um seu mercado é pequeno, tornando difícil uma compra estável e uma sua quantidade absoluta é considerada inatingível no futuro. Se a quantidade de fornecimento do carvão antracitoso não for suficiente, é considerado assegurar uma quantidade de agente de ligação pela trituração de coque de um tamanho originalmente utilizável em um alto forno. Todavia, em tal caso, torna-se necessário aumentar um volume de produção de coque pela nova construção de um forno de coque ou pelo aumento de uma quantidade de uso de carvão de matéria-prima caro tendo uma alta propriedade de aglutinação ou adquirir coque caro. Em outras palavras, uma elevação substancial de um custo é gerada e assim o uso de coque com um tamanho utilizável em um alto forno como um agente de ligação não é econômico.

[009] Documento de Patente 1: Pedido de Patente Japonês aberto à inspeção pública nº 165607/97

Sumário da Invenção

[0010] Um objetivo da presente invenção é prover um processo de produzir minério sinterizado, o processo possibilitando uma redução de uma taxa de agentes de ligação em um caso de usar minério de ferro contendo água combinada e possibilitando melhoramento de uma produtividade.

[0011] A fim de solucionar os problemas acima descritos, a presente invenção possui o seguinte objetivo.

[0012] Em outras palavras, o objetivo da presente invenção é co-

mo segue:

[0013] (1) Um processo de produzir minério sinterizado incluindo: redução do minério de ferro contendo água combinada pela utilização de um gás redutor; e utilização do minério reduzido como uma matéria-prima de sinterização, para deste modo produzir o minério sinterizado;

[0014] (2) O processo de produção de um minério sinterizado de acordo com (1), em que o minério de ferro contendo água combinada é pelo menos um de minério pisolita e minério de Marra Mamba;

[0015] (3) O processo de produção de um minério sinterizado de acordo com (1) ou (2), em que a redução é realizada pela utilização de um leito fluidizado;

[0016] (4) O processo de produção de um minério sinterizado de acordo com qualquer um de (1) a (3), em que um gás feito por oxidar parcialmente um gás do alto forno é usado como gás redutor utilizado para a redução; e

[0017] (5) O processo de redução de um minério sinterizado de acordo com (4), em que um tipo ou mais de gás selecionado de um gás de conversor, um gás de forno de coque, um gás natural, um gás de petróleo líquido e outro gás tendo um valor calorífico mais alto do que o gás de alto forno é adicionado previamente ao gás de alto forno a ser parcialmente oxidado.

Breve Descrição dos Desenhos

[0018] Figura 1 é um diagrama mostrando um exemplo de um processo de produção de minério sinterizado usando minério reduzido de acordo com uma concretização da presente invenção;

[0019] Figura 2 é um gráfico mostrando um exemplo de uma curva de elevação da temperatura de um leito de matéria-prima de sinterização em um corpo principal da máquina de sinterização na concretização da presente invenção; e

[0020] Figura 3 é um diagrama mostrando um processo de produção de minério sinterizado utilizando um minério reduzido de acordo com um exemplo de trabalho da presente invenção.

Descrição Detalhada das Concretizações Preferidas

[0021] Um tamanho de partícula de finos de minério de ferro usados em um processo de produção de minério sinterizado é usualmente igual a ou menor do que cerca de 10mm. Entre os finos de minério de ferro usados nos processos de produção de minério sinterizado, o minério pisolita tal como minério de Robe River ou minério de Yandicoojina e minério de Marra Mamba tal como minério de West Angelas contêm água combinada. O minério pisolita contém água combinada em cerca de 8% enquanto o minério de Marra Mamba contém água combinada em 3% ou mais. Tais finos de minério de ferro são produzidos em Austrália por exemplo.

[0022] Um processo de produção de um minério sinterizado de acordo a presente invenção caracterizado em que, primeiramente, o minério de ferro contendo água combinada é reduzido utilizando um gás redutor e o minério reduzido obtido deste modo é usado como matéria-prima de sinterização, para produção de minério sinterizado.

[0023] Como descrito acima, quando os finos de minério de ferro contendo água combinada são usados como é como uma matéria-prima de sinterização de um processo de produção de minério sinterizado, uma quantidade de uso de um agente de ligação que é uma fonte de fornecimento de calor aumenta, uma vez que o calor é necessário para pirólise de uma água combinada nos finos de minério de ferro. Entrementes, quando o minério de ferro tal como finos de minério de ferro é reduzido pelo uso de um gás redutor, a água combinada no minério de ferro pode ser removida simultaneamente com a redução, a uma temperatura apropriada para redução. Assim, o uso de minério reduzido tendo sido obtido como matéria prima de sinterização que

possibilita uma redução de uma taxa de agente de ligação, uma vez que a pirólise de água combinada é desnecessária. Consequentemente, comparado com um caso que os finos de minério de ferro contendo água combinada são usados como é como matéria-prima de sinterização, uma quantidade de uso de carvão antracitoso caro pode ser cortado e uma resistência a permeabilidade no leito de sinterização é reduzida, de modo que uma produtividade do minério sinterizado é melhorada. Ainda, uma vez que um volume de poro do minério sinterizado é aumentado, uma redutibilidade do minério sinterizado é melhorada.

[0024] Ainda, uma vez que o minério sinterizado produzido pelo uso do minério reduzido como matéria-prima de sinterização é bom em redutibilidade, uma taxa de agente de redução em um alto forno é reduzida, de modo que uma redução de uma quantidade de uso do coque caro ou carvão pulverizado é possível.

[0025] Ainda, é preferível utilizar minério de ferro incluindo pelo menos um de minério pisolita e minério de Marra Mamba como minério de ferro contendo água combinada que é usado como matéria-prima de sinterização.

[0026] Ainda, é preferível que a redução acima descrita seja realizada utilizando um forno de redução de leito fluidizado.

[0027] Um forno de cuba ou um forno rotativo é usado para redução de um grumo de minério de ferro de um tamanho de partícula de cerca de 10mm ou mais. Todavia, uma vez que o minério pisolita acima descrito tal como minério de Robe River ou minério de Yandicoojina e minério de Marra Mamba tal como minério de West Angelas (produzido em Austrália por exemplo) estão em formato de pó de tamanhos de partícula de cerca de 10mm ou menos, o forno de redução de leito fluidizado é apropriado para reduzir tal minério de ferro como é para produzir minério reduzido em um formato de pó utilizável como

matéria-prima de sinterização.

[0028] Aqui, uma concretização da presente invenção será descrita com referência à figura 1. Aqui, um processo utilizando um forno de redução de leito fluidizado será descrito.

[0029] Na figura 1, os finos de minério de ferro 11 sendo uma matéria-prima são fornecidos a um forno de redução de leito fluidizado 1 e a redução é realizada pelo gás de redução 15. O minério reduzido 19 obtido no forno de redução de leito fluidizado 1 é misturado com outras matérias-primas (minério de ferro, fontes de ferro miscelâneas, um material subsidiário, minério de retorno e um agente de ligação 20) para tornar em uma mistura bruta 21, que é carregada em um corpo principal de máquina de sinterização 5. O minério sinterizado 23 descarregado do corpo principal de máquina de sinterização 5 é esmagado e peneirado por um crivo 7 e então classificado em minério sinterizado acabado 24 tendo um tamanho de partícula apropriado para matéria-prima de forno de crivo "plus" e minério de retorno fino 25 de crivo "minus".

[0030] Deverá ser notado que é preferível usar gás fabricado pela oxidação parcial de gás de alto forno como o gás redutor para uso em redução. Como gás redutor para uso em redução, o gás preparado por parcialmente oxidar o gás do conversor, gás do forno de coque, gás natural ou gás de petróleo líquido podem ser usados, porém é preferível em particular usar gás preparado por parcialmente oxidar o gás de alto forno que é menos caro do que o gás do conversor, gás de forno de coque, gás natural ou gás de petróleo líquido. Quando o gás de alto forno for parcialmente queimado, o gás redutor de alta temperatura é obtido, de modo que é fácil elevar uma temperatura de reação de leito fluidizado para uma temperatura necessária para a redução de minério de ferro. Embora o uso de gás de alto forno como é como gás redutor seja tanto quanto possível, em tal caso torna-se necessário elevar uma

temperatura de preaquecimento de gás de alto forno ou preaquecer minério de ferro até uma alta temperatura a fim de elevar a temperatura de reação de leito fluidizado para uma temperatura necessária para redução de minério de ferro, de modo que uma carga de equipamento torna-se grande. Conseqüentemente, em comparação com um caso de usar gás preparado pela combustão parcial (oxidação parcial) do gás de alto forno, um custo de equipamento é aumentado e é antieconômico. Ainda, não apenas em um caso de gás de alto forno mas também em um caso de usar o gás de conversor acima descrito, o gás de forno de coque ou similar é o preferível para realizar a combustão parcial similarmente que no caso de gás de alto forno de modo que tal gás é usado como gás redutor de alta temperatura.

[0031] Em um exemplo mostrado na figura 1, um gás de alto forno 12 é preaquecido em um trocador de calor 2 pela utilização de calor sensível de gás de exaustão de forno de redução de leito fluidizado 16. O gás de alto forno preaquecido 13 é ainda parcialmente queimado em um forno de combustão parcial pelo ar 24, pelo que o gás redutor 15 é obtido. O gás redutor 15 é principalmente composto de gás CO, gás CO₂ e gás N₂. O gás de redução 15 obtido deste modo é fornecido ao forno de redução de leito fluidizado 1 e os finos de minério de ferro 11 contendo água combinada tal como minério pisolita ou minério de Marra Mamba são reduzidos no forno de redução de leito fluidizado 1.

[0032] O gás de exaustão do forno de redução de leito fluidizado 16 descarregado de uma parte superior do forno de redução do leito fluidizado 1 é utilizado para preaquecimento do gás de alto forno 12 no trocador de calor 2 como acima descrito e, a seguir, o calor sensível do gás de exaustão de trocador de calor 17 que ainda permanece é utilizado para recuperação de vapor em um aparelho de recuperação de calor residual 4 e o gás de exaustão do aparelho de recuperação de calor residual 18 é processado fora do sistema.

[0033] Ainda, em um caso que é preferível elevar uma temperatura do gás redutor 15 ou melhorar uma capacidade de redução, é preferível adicionar um tipo ou mais selecionado do gás de conversor, gás de forno de coque, gás natural, gás de petróleo líquido e outro gás com um valor calorífico mais alto do que o gás do alto forno pelo menos a um do gás de alto forno 12 e gás de alto forno preaquecido 13.

[0034] Uma vez que a taxa de redução é lenta a uma temperatura mais baixa do que cerca de 700°C, uma temperatura de redução de 700°C ou mais alta é benéfica para obtenção de um alto grau de redução. Uma vez que água combinada de minério pisolita, minério de Marra Mamba e similar começa a ser decomposta a cerca de 350°C, pela realização de um processamento de redução a uma temperatura de 700°C ou mais alta, a água combinada é também removida ao mesmo tempo. Uma vez que o minério é parcialmente fundido e as partículas ligadas pela fusão entre si quando aquecidas até cerca de 1200°C ou mais alto em uma atmosfera redutora, é desejável realizar um processamento de redução a uma temperatura mais baixa do que cerca de 1200°C. O gás de alto forno 12 que é a matéria-prima é aquecido no trocador de calor 2 para se tornar no gás de alto forno preaquecido 13 e é ainda parcialmente queimado no forno de combustão parcial 3 para uma elevação de temperatura, para, deste modo tornar-se em um gás redutor 15 de alta temperatura e, assim, é possível fornecer um valor calorífico a um tempo de assegurar a temperatura de redução acima descrita como calor sensível do gás redutor 15.

[0035] Uma vez que o gás redutor 15 produzido por queimar parcialmente o gás do alto forno 12 possui uma alta razão de fração de gás CO₂ em relação à sua fração de gás CO e uma alta razão de fração de gás de H₂O em relação à fração de gás de H₂, o gás redutor 15 não tem uma capacidade redutora para reduzir o minério de ferro para ferro metálico, porém a redução para wustita é possível. Deverá ser

notado que uma velocidade de redução é lenta a uma baixa temperatura de redução, e, embora a redução da hematita para magnetita seja rápida, a redução da magnetita para wustita toma tempo. Consequentemente, quando os finos de minério de ferro 11 contendo água combinada, tal como minério pisolita ou minério de Marra Mamba, são reduzidos no forno de redução em leito fluidizado 1 pelo gás redutor 15 produzido pela combustão parcial do gás de alto forno 12, a água combinada é removida e o minério reduzido 19 principalmente reduzido para intermediário de magnetita e wustita pode ser obtido (ferro metálico pode algumas vezes existir).

[0036] Como descrito acima, o forno de redução de leito fluidizado é apropriado para produção de minério reduzido em um formato de pó utilizável como matéria-prima de sinterização pela redução de minério pisolita tal como minério de Robe River ou minério de Yandicoojina e minério de Marra Mamba tal como minério de West Angelas que estão em um formato de pó de um tamanho de partícula de cerca de 10mm ou menos que são. Todavia, o minério de tamanhos de partícula de cerca de 10mm ou mais a 20mm ou menos podem ser algumas vezes misturados, embora em uma pequena quantidade, no minério pisolita e minério de Marra Mamba produzido em Austrália por exemplo. Como um forno de redução de leito fluidizado para reduzir finos de minério de ferro tendo uma ampla distribuição de tamanho de partículas como acima, um forno de redução de leito fluidizado circulante é mais apropriado do que um forno de redução de leito fluidizado de bolha. No forno de redução de leito fluidizado de bolha, pode se tornar necessário controlar uma velocidade de fluxo de gás para ser igual ou mais rápido do que uma velocidade de fluidificação mínima de uma partícula e igual a ou mais lenta do que uma velocidade terminal para manter deste modo um estado de fluidificação da partícula em um leito fluidizado e suprimir a dispersão da partícula do leito fluidizado. Portanto, o forno

de redução de leito fluidizado de bolha pode algumas vezes não ser capaz de fazer face aos finos de minério de ferro com uma ampla distribuição de tamanhos de partícula. Por outro lado, no forno de redução de leito fluidizado circulante, uma vez que um ciclone captura partículas dispersas para circular as partículas em um leito fluidizado, é possível operar a uma grande velocidade de gás. O por que da razão do forno de redução de leito fluidizado circulante ser apropriado é que as partículas (finos de minério de ferro) de uma ampla distribuição de tamanhos de partícula podem ser usadas uma vez que o forno de redução de leito fluidizado circulante pode processar partículas, das partículas finas em um limite de coleta do ciclone até uma partícula grosseira correspondente a uma grande velocidade de fluxo de gás.

[0037] Em um caso que a redução é realizada em um forno de redução de leito fluidizado circulante pelo uso de minério pisolita ou minério de Marra Mamba em um formato de pó de cerca de 10mm ou menos, se uma velocidade superficial de gás redutor for muito lenta, uma partícula grosseira é irregularmente depositada em uma parte inferior de um leito fluidizado e um estado de flutuação de grande pressão (estado lamacento) é gerado, pelo que uma eficiência da redução é algumas vezes deteriorada. Por outro lado, se a velocidade superficial do gás redutor for muito alta, o interior do leito fluidizado torna-se em um estado fraco em que uma quantidade existente das partículas de minério de ferro é pequena, pelo que a eficiência da redução é algumas vezes deteriorada. Conseqüentemente, a fim de obter um estado fluidificante estável, é desejável que a velocidade superficial do gás redutor seja de cerca de 4m/s a cerca de 15m/s.

[0038] Na concretização da presente invenção, como ilustrado na figura 1, o minério de ferro 11 contendo água combinada é reduzido utilizando o gás redutor 15 e com o minério reduzido 19 obtido, o mesmo é usado como uma matéria-prima de sinterização, de modo

que a sinterização do minério reduzido 19 é realizada, pelo que o minério sinterizado 23 é produzido. Quando o minério reduzido 19 for usado como matéria-prima de sinterização, a matéria-prima de sinterização é exposta à atmosfera de gás de alta temperatura contendo oxigênio em um processo de sinterização, deste modo o minério reduzido 19 é oxidado e gera o calor. Portanto, é possível reduzir um valor calorífico gerado pela combustão de um agente de ligação por uma quantidade equivalente a um valor calorífico fornecido como calor de oxidação pela oxidação de minério reduzido. Em outras palavras, o uso de minério reduzido como matéria-prima de sinterização possibilita uma redução de uma quantidade de uso do agente de ligação na sinterização. Um valor calorífico gerado na oxidação por massa unitária de minério reduzido torna-se maior, a medida que um grau de redução do minério reduzido torna-se mais alto e assim um efeito de redução da quantidade de uso do agente de ligação torna-se maior a medida que o grau de redução torna-se mais alto quando a quantidade de uso do minério reduzido é constante. Ainda, no caso que os graus de redução do minério reduzido são os mesmos, quando uma quantidade de uso do minério reduzido é grande, uma quantidade de geração de calor de oxidação torna-se grande, um efeito de redução da quantidade de uso do agente de ligação é grande. Ainda, uma vez que água combinada é removida em um processo de produção de minério reduzido, o uso de minério reduzido torna o uso de um agente de ligação para fornecer um valor calorífico requerido para decomposição de água combinada desnecessário. Assim, torna-se possível reduzir também uma quantidade de uso de um agente de ligação equivalente ao mesmo.

[0039] Na oxidação de minério reduzido no processo de sinterização, devido à geração de calor do minério de ferro em si, o calor de reação de oxidação atua diretamente na elevação da temperatura do minério de ferro, enquanto que na combustão de um agente de liga-

ção, o minério de ferro é aquecido pelo calor de transmissão do gás de combustão de alta temperatura e de uma partícula de agente de ligação de alta temperatura em um processo de combustão. Portanto, toma-se mais valor calorífico do agente de ligação e tempo de aquecimento do que em um caso de um valor calorífico pela oxidação do minério reduzido.

[0040] Conseqüentemente, em um caso que o minério reduzido não é usado, em comparação com um caso que o minério reduzido é usado, uma região sinterizada de alta temperatura formada pela sinterização de uma matéria-prima de sinterização em um leito de sinterização torna-se grande. Em outras palavras, com relação a um padrão de elevação da temperatura em um leito de matéria-prima de sinterização, como ilustrado na figura 2, um padrão de elevação da temperatura 31 de um caso de utilizar minério reduzido tem uma velocidade de elevação da temperatura maior e uma velocidade de resfriamento maior do que um padrão de elevação de temperatura 32 de um caso de não usar minério reduzido. Como um resultado, a geração de uma fusão excessiva é suprimida e o entupimento de um poro pela fusão gerada pode ser suprimido e assim, o uso de minério reduzido possibilita a produção de minério sinterizado com uma alta redutibilidade.

[0041] Ainda, se o minério reduzido 19 for usado ao invés daquele minério pisolita ou minério de Marra Mamba contendo água combinada for usado como é como uma matéria-prima de sinterização, uma quantidade de geração de vapor originado em água combinada é reduzida durante a sinterização e com uma redução de uma quantidade de uso de um agente de ligação necessária para pirólise da água combinada, uma região sinterizada de alta temperatura formada pela combustão do agente de ligação e oxidação do minério reduzido é decrescida, pelo que a geração de uma fusão excessiva é suprimida. Conseqüentemente, uma perda de pressão do leito de sinterização 22 mostrado na

figura 1 é decrescido. Assim, sob uma certa condição de uma pressão negativa de sucção de um insuflador de sucção de gás de exaustão principal de sinterização 6, uma quantidade de ar sugado pelo leito de sinterização o 22 por tempo unitário é aumentada, de modo que uma quantidade de gás de exaustão principal de sinterização 26 é aumentada. Ainda, em um padrão de uma elevação de temperatura no leito de sinterização 22, devido ao uso de minério reduzido 19, um tempo completo de sinterização torna-se curto uma vez que a velocidade de elevação de temperatura é grande e a velocidade de resfriamento torna-se grande como ilustrado na figura 2. Como um resultado do acima, uma velocidade de grelha do corpo principal da maquina de sinterização 5 pode ser elevada. Assim, uma produtividade do minério sinterizado pode ser melhorada.

[0042] Quando um grau de redução do minério reduzido excede 30%, usualmente o minério reduzido tende a conter muito ferro metálico. Em um caso que o minério reduzido contendo muito ferro metálico e com um grau de redução de acima de 30% é produzido pela redução em uma temperatura mais alta do que cerca de 800°C, o ferro metálico gerado no minério reduzido possui uma densa formação com uma baixa taxa de poro e uma velocidade de reoxidação do minério reduzido é lenta, um padrão de calor no leito de sinterização 22 algumas vezes tornando-se amplo.

[0043] Por outro lado, em um caso que o minério reduzido contendo muito ferro metálico e com um grau de redução de acima de 30% é produzido pela redução a uma temperatura mais baixa que cerca de 800°C, o ferro metálico gerado no minério reduzido possui uma formação com muitos poros, sendo fácil para ser reoxidado e há uma possibilidade que o minério reduzido queima-se antes do mesmo ser carregado no corpo principal da máquina de sinterização 5.

[0044] Em outras palavras, quando o minério reduzido com um

grau de redução de acima de 30% for produzido a uma temperatura de redução mais alta do que cerca de 800°C, um padrão de calor no leito de sinterização 22 algumas vezes torna-se amplo em um processo de produção de minério sinterizado e quando o minério reduzido com um grau de redução de acima de 30% é produzido a uma temperatura mais baixa do que cerca de 800°C, o minério reduzido pode ser queimado antes de ser carregado no corpo principal da máquina de sinterização 5 em um processo de produção de minério sinterizado. Portanto, é desejável que um grau de redução de minério reduzido seja igual a ou menos que 30%. Deverá ser notado que, como descrito no Documento de Patente 1, o uso de minério reduzido contendo ferro metálico com um grau de redução de acima de 30% em um alto forno possibilita uma redução da quantidade de coque usada no alto forno. Portanto, é economicamente melhor usar minério reduzido contendo ferro metálico com um grau de redução de acima de 30% em um alto forno do que usar em um processo de produção de minério sinterizado.

[0045] Um grau de oxidação (OD: %) do gás redutor 15 pode ser definido pelo uso de uma concentração de H₂ (H₂%: % em vol.), uma concentração de H₂O (H₂O% : % em vol.), uma concentração de CO (CO%: % em vol.), e uma concentração de CO₂ (CO₂%: % em vol) no gás redutor como segue:

$$OD = (H_2O\% + CO_2\%) / (H_2\% + H_2O\% + CO\% + CO_2\%) \times 100$$

[0046] Quando o grau de oxidação OD do gás redutor 15 for baixo, uma soma da concentração de H₂ e concentração de CO no gás redutor 15 é grande e assim uma capacidade redutora do gás redutor 15 é grande. Quando o grau de oxidação OD do gás redutor 15 for mais baixo do que cerca de 20%, muito ferro metálico fica contido no minério reduzido 19. Portanto, a fim de inibir a geração de uma grande quantidade de ferro metálico no minério reduzido 19, evadir um padrão de calor estendido no leito de sinterização 22 ou evadir a combustão

do minério reduzido 19 antes de carregar no corpo principal da máquina de sinterização 5 é desejável para tornar o grau de oxidação OD do gás redutor 15 em torno de 20% ou mais, para deste modo tornar pequena a quantidade de ferro metálico contido no minério reduzido 19.

[0047] Uma vez que um grau de oxidação OD do gás de alto forno 12 sendo 40% ou 50% em média, quando o gás redutor 15 for produzido pela combustão parcial do gás de alto forno 12, um grau de oxidação do gás redutor 15 torna-se mais alto do que o grau de oxidação OD do gás do alto forno 12, não se tornando menor do que cerca de 20%. Ainda, a mistura de gás de subproduto de fabricação de aço tendo um valor calorífico mais alto do que o gás do alto forno 12 no gás de alto forno 12 possibilita a produção de gás de redução que possui um grau de oxidação OD menor e uma capacidade de redução melhor do que na produção de gás redutor 15 apenas do gás de alto forno 12. Como resultado, uma produtividade de minério reduzido 19 no forno de redução de leito fluidizado 1 pode ser elevada. Todavia, a fim de não levar o grau de redução a exceder 30% e não gerar muito ferro metálico, é desejável que um grau de oxidação OD do gás redutor 15 seja de cerca de 20% ou mais. Por outro lado, se o grau de oxidação OD do gás redutor 15 for mais alto do que cerca de 70%, um avanço na redução é reduzido, deteriorando um grau de redução do minério reduzido ou deteriorando uma produtividade de minério reduzido. Portanto, é desejável que o grau de oxidação OD do gás redutor 15 seja cerca de 70% ou menos.

[0048] Em seguida, a produção de minério sinterizado efetivamente realizada pelo inventor do presente pedido será descrita. Aqui, um exemplo de comparação fora da faixa da presente invenção e um exemplo de operação de acordo com a concretização acima será descrito. No exemplo, cujos detalhes sendo descritos mais tarde, parte de finos de minério de ferro contendo água combinada é pré-reduzida,

deste modo para remover água combinada nos finos de minério de ferro e hematita nos finos de minério de ferro é reduzida principalmente para magnetita ou wustita e, então, os finos de minério de ferro reduzidos são usados para produzir minério sinterizado. Tanto no exemplo de comparação como no exemplo de trabalho, é usada uma mistura bruta composta de finos de minério de ferro contendo água combinada, fontes de ferro miscelâneas, um material subsidiária, minério de retorno e um agente de ligação. Ainda, como finos de minério de ferro contendo água combinada, finos de minério de ferro de Robe River que é um tipo de minério pisolita são usados tanto no exemplo de comparação como no exemplo de trabalho. Os finos de minério de ferro de Robe River compõem 16% em massa de mistura bruta. Ainda, como um índice indicando uma redutibilidade de minério sinterizado, um grau de redução é medido de acordo com JISM 8713.

Exemplo de Comparação

[0049] No exemplo de comparação, a redução como na presente invenção não é realizada para finos de minério de ferro e os finos de minério de ferro são usados como é como uma matéria-prima de sinterização para um processo de sinterização. Uma mistura bruta usada para produção de uma tonelada de minério sinterizado acabado era 1477 kg. Um agente de ligação usado por ton de minério sinterizado acabado era 60,2 kg. Entre os acima, uma quantidade de uso de carvão antracitoso era 18,4kg por ton de minério sinterizado acabado.

[0050] Um grau de redução era 65% e uma produtividade de minério sinterizado por hora unitária e área de sinterização unitária era 1,50t/h/m².

[0051] Quando produzir metal quente em um alto forno, 1620 kg de uma matéria-prima principal constituída por minério sinterizado, um grumo de minério e pelota foram utilizados por ton de metal quente, o minério sinterizado compondo 1245kgs dos mesmos. Neste momento,

1402kg de minério sinterizado acabado foram produzidos por ton de metal quente, uma diferença sendo pó de minério sinterizado de crivo menor, peneirado antes de ser carregado no alto forno e o pó de minério sinterizado de crivo menor foi reutilizado como matéria-prima de sinterização.

[0052] Para produção de 4 milhões de ton. de metal quente no alto forno por ano, 5,61 milhões de ton. de minério sinterizado acabado foram produzidos por ano, 0,103 milhão de ton. de carvão antracitoso foram usados por ano e 1.078 milhão ton. de finos de minério de ferro de Robe River foram usados por ano. Neste momento, uma quantidade de uso de agente redutor usado no alto forno, coque e carvão pulverizado, no total, era 490 kg por ton. de metal quente.

Exemplo de Trabalho

[0053] A figura 3 mostra uma vista geral de um exemplo de trabalho. No exemplo de trabalho, um forno de redução de leito fluidizado circulante tendo um primeiro forno de redução de leito fluidizado 42 e um segundo forno de redução de leito fluidizado 41 foi usado como um leito fluidizado. Uma velocidade superficial era 7 m/s.

[0054] Finos de minério de ferro de Robe River 51 foram reduzidos a 900°C no primeiro forno de redução de leito fluidizado 42 para se tornar em minério reduzido 1 (52), enquanto o minério reduzido 1 (52) foi reduzido a 900°C no segundo forno de redução de leito fluidizado 41 para se tornar minério reduzido 2(53).

[0055] Gás de alto forno intensificado 54 foi preaquecido pelo trocador de calor 44 para se tornar em gás de alto forno intensificado 55 após o preaquecimento, que foi parcialmente queimado pelo uso de ar intensificador 56 em um forno de combustão parcial 45, de modo que o gás redutor 57 foi produzido e o gás redutor 57 foi fornecido ao segundo forno de redução de leito fluidizado 41. No trocador de calor acima descrito 44, o gás de alto forno intensificado 54 foi preaquecido pelo

uso de gás de combustão de exaustão 62 feito pela combustão de gás de exaustão 60 do primeiro forno de redução de leito fluidizado 42 pelo ar intensificador 61 em um combustor 43.

[0056] A água combinada dos finos de minério de ferro de Robe River 51 fornecida ao primeiro forno de redução de leito fluidizado 42 era 8% em massa em um estado de após ser seco. Este valor era um valor em um estado de nenhuma umidade (chamada umidade de adesão) existente em uma superfície de uma partícula de minério de ferro, um espaço entre partículas de minério de ferro e um poro dentro de uma partícula de minério de ferro devido à precipitação, esguicho de água ou similar e água de adesão efetiva era de 4% em massa. No exemplo de trabalho, na redução de uma massa de 1042 kg dos finos de minério de ferro de Robe River 51 contendo água de adesão a uma taxa de 4% em um leito fluidizado circulante, 1244 Nm³ de gás redutor 57 de 975°C em temperatura e 56% em grau de oxidação foi usado. O gás redutor 57 de 1244 Nm³ foi produzido por preaquecimento do gás de alto forno intensificado (1140 Nm³) 54 para 711°C pelo trocador de calor 44 e então queimando parcialmente o gás do alto forno intensificado 54 em um forno de combustão parcial.

[0057] No segundo forno de redução de leito fluidizado 41, o minério reduzido (52) foi reduzido pelo gás redutor 57, de modo que 864kgs de minério reduzido 2 (53) de grau de redução de 22% foi produzido.

[0058] No primeiro forno de redução de leito fluidizado 42, o gás de exaustão 58 do segundo forno de redução de leito fluidizado 41 foi introduzido e usado como gás redutor e os finos de minério de ferro de Robe River 51 foram reduzidos a 900°C, de modo que o minério reduzido 1 (52) foi produzido. A fim de manter uma temperatura de redução no primeiro forno de redução de leito fluidizado 42 em 900°C, 344 Nm³ de ar intensificador 59 foi introduzido no forno de redução de leito fluidizado 42 e a combustão parcial foi realizada.

[0059] O gás de exaustão 60 do primeiro forno de redução de leito fluidizado 42 incluía água combinada e umidade de adesão dos finos de minério de ferro de Robe River 51 e era de 1677 Nm³. Uma vez que o gás de exaustão 60 do primeiro forno de redução de leito fluidizado 42 continha um componente de gás não queimado, o gás de exaustão 60 foi completamente queimado por 6184 Nm³ de ar intensificador no combustor 43 como descrito acima, deste modo para ser aquecido até 989°C, e a seguir o gás de alto forno intensificado 54 foi preaquecido no trocador de calor 44 e descarregado do trocador de calor 44 como gás de exaustão do trocador de calor 63. O gás de exaustão do trocador de calor 63 foi recuperado em vapor em um aparelho de recuperação de calor residual 46 para deste modo tornar em gás de exaustão do aparelho de recuperação de calor residual 64, subseqüentemente processado em um aparelho de extração e poeira de resfriamento 47, deste modo para se tornar em gás de exaustão de aparelho de extração de poeira de resfriamento 65, ainda recuperado em força pela conversão de uma pressão em uma força elétrica em um aparelho de recuperação de pressão 48, deste modo para tornar em gás de exaustão de recuperação de pós –pressão 66 e o gás de exaustão de recuperação de pós-pressão 66 foi processado fora de um sistema.

[0060] O minério reduzido (53 foi misturado com minério de ferro, fontes de ferro miscelâneas, uma matéria-prima subsidiária, um minério de retorno e um agente de ligação 81, deste modo para tornar em uma mistura bruta 82. A mistura bruta 82 foi carregada em um corpo principal de máquina de sinterização 71, deste modo para formar um leito de sinterização 83. O minério sinterizado 84 descarregada do corpo principal de máquina de sinterização 71 foi esmagado e peneirado por um crivo 73, classificado em minério sinterizado acabado 85 com um tamanho de partícula apropriado para matéria-prima de alto forno, como sendo crivo "plus" e minério de retorno fino 86, como sen-

do crivo "minus". O gás de exaustão principal de sinterização 87 foi succionado por um insuflador de sucção de gás de exaustão principal de sinterização 72 e então um processamento de gás de exaustão tal como remoção de poeira, dessulfurização e desnitrificação foi realizado.

[0061] No exemplo de trabalho, similarmente que o exemplo de comparação, os finos de minério de ferro de Robe River compunham 16% em massa de mistura bruta. Todavia, no exemplo de trabalho, os finos de minério de ferro de Robe River foram reduzidos como acima descrito e o minério reduzido obtido deste modo foi misturado como parte da mistura bruta. Como resultado, o minério sinterizado era capaz de ser produzido sem usar carvão antracitoso porém por apenas utilizar 41,8kg do agente de ligação. Em outras palavras, uma quantidade de uso do agente de ligação por ton. de minério sinterizado acabado era 41,8kg. A quantidade de uso do agente de ligação era equivalente a uma quantidade obtida pela remoção de uma quantidade de uso do carvão antracitoso de uma quantidade de uso do agente de ligação do exemplo de comparação.

[0062] Neste momento, um grau de redução medido de acordo com JISM 8713 representando uma redutibilidade de minério sinterizado era 68%, elevado do grau de redução 65% do exemplo de comparação em três pontos. Em outras palavras, a redutibilidade de minério sinterizado pôde ser melhorada. Ainda, uma produtividade de minério sinterizado por tempo unitário e por área de sinterização unitária era 1,58 t/h/m², elevada de 1,50 t/m² que é a produtividade do exemplo de comparação em 0,08 t/h/m². Em outras palavras, a produtividade era capaz de ser melhorada.

[0063] A produção de minério sinterizado pela pré-redução de 1,132 milhão de ton. de finos de minério de ferro de Robe River como acima descrito e por tornar o minério reduzido tendo sido pré-reduzido

parte da mistura bruta, foi possibilitada a produção de 5,89 milhões de ton. por ano de minério sinterizado acabado, cuja redutibilidade havia sido aperfeiçoada em três pontos.

[0064] Como resultado, a fim de produzir 4 milhões de ton. de metal quente por ano no alto forno, 1.307kg de minério sinterizado podiam ser usados por ton. de metal quente, pelo que foi possível aumentar a quantidade de uso do minério sinterizado de 1245kg, a quantidade de uso do minério sinterizado por ton. de metal quente do exemplo de comparação, e decrescer um grupo de minério de ferro que era inferior em redutibilidade.

[0065] Devido ao aperfeiçoamento da redutibilidade do minério sinterizado e elevação de uma proporção de uso de minério sinterizado, uma quantidade de uso de um agente redutor de coque e carvão pulverizado no total usado no alto forno era 482kg por ton. de metal quente, pelo que a quantidade de uso do agente redutor podia ser decrescida dos 490 kg por ton. de metal quente que é a quantidade de uso do agente redutor do exemplo de comparação em 8 kg por ton de metal quente.

[0066] No exemplo de comparação, 60,2 kg de agente de ligação foi usado por ton de minério sinterizado acabado e 5,61 milhões de ton. do minério sinterizado acabado foram produzidos por ano, 0,338 milhão de ton. de agente de ligação sendo usado por ano. Por outro lado, no exemplo de trabalho, 41,8 kg de agente de ligação foi usado por ton. de minério sinterizado acabado e 5,89 milhões de ton. de minério sinterizado acabado foram produzidos por ano, 0,246 milhão de ton. de agente de ligação sendo usados por ano. Portanto, em comparação com o exemplo de comparação, no exemplo de trabalho, a quantidade de uso do agente de ligação foi reduzidas em 0,092 milhão de ton. por ano.

[0067] No exemplo de comparação, 490 kg de agente redutor foi

usado por ton de metal quente e 4 milhões de ton. de metal quente são produzidos por ano, que era 1,96 milhão de ton. de agente redutor usado por ano. Por outro lado, no exemplo de trabalho, 482 kg de agente redutor foram usados por ton. de metal quente e 4 milhões de ton. de metal quente foram produzidos por ano, o que significa 1,928 milhão de ton. de agente redutor produzido por ano. Portanto, em comparação com o exemplo de comparação, no exemplo de trabalho, a quantidade de uso do agente redutor foi cortado em 0,032 milhão de ton. por ano.

[0068] No exemplo de trabalho, uma soma da quantidade de uso do agente de ligação e o agente redutor sendo fontes de geração de CO₂ foi reduzida em 0,124 milhão de ton. por ano em relação ao exemplo de comparação, pelo que uma quantidade de geração de CO₂ podia ser reduzida naquele grau.

Aplicabilidade Industrial

[0069] De acordo com a presente invenção, é possível reduzir a taxa de agentes de ligação e melhorar a produtividade e a redutibilidade de minério sinterizado. Em um processo de produção de minério sinterizado, pela redução da taxa de agentes de ligação, é possível reduzir uma quantidade de uso de carvão antracitoso, que é caro e cujo fornecimento é instável. Ainda, uma vez que se torna possível aumentar uma quantidade de produção de minério sinterizado com uma boa redutibilidade, uma taxa de agentes redutores é reduzida em processo de alto forno, de modo que uma quantidade de uso de coque caro e carvão pulverizado pode ser reduzida. Ainda, por uma redução da taxa de agentes de ligação no processo de sinterização e uma redução da taxa de agentes redutores no processo de alto forno, é possível inibir a quantidade de geração de CO₂ do processo de produção de ferro gusa todo para contribuir deste modo para prevenção do aquecimento global.

REIVINDICAÇÕES

1. Processo de produção de minério sinterizado compreendendo:

redução de minério de ferro contendo água combinada utilizando um gás redutor; e

utilização de minério reduzido obtido como matéria-prima de sinterização para deste modo produzir o minério sinterizado,

sendo que o dito processo é caracterizado pelo fato de que um gás feito pela oxidação parcial de um gás de alto forno é usado como gás redutor usado para a dita redução.

2. Processo de produção de um minério sinterizado de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que o minério de ferro contendo água combinada é pelo menos um de minério pisolita e minério de Marra Mamba.

3. Processo de produção de um minério sinterizado de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que a dita redução é realizada utilizando um leito fluidizado.

4. Processo de produção de minério sinterizado de acordo com a reivindicação 2, caracterizado pelo fato de que a dita redução é realizada utilizando um leito fluidizado.

5. Processo de produção de um minério sinterizado de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que um tipo ou mais de gás selecionado do gás de conversor, um gás de forno de coque, um gás natural, um gás de petróleo líquido e outros gases tendo um valor calorífico mais alto do que o gás do alto forno é adicionado previamente no gás de alto forno a ser parcialmente oxidado.

6. Processo de produção de um minério sinterizado de acordo com a reivindicação 2, caracterizado pelo fato de que um tipo ou mais de gás selecionado de um gás de conversor, um gás de forno de coque, um gás natural, um gás de petróleo líquido e outros gases

tendo um valor calorífico mais alto do que o gás de alto forno é adicionado previamente ao gás de alto forno para ser parcialmente oxidado.

7. Processo de produção de um minério sinterizado de acordo com a reivindicação 3, caracterizado pelo fato de que um tipo ou mais de gás selecionado de um gás de conversor, um gás de forno de coque, um gás natural, um gás de petróleo liquefeito e outros gases tendo um valor calorífico mais alto do que o gás de alto forno é adicionado previamente ao gás de alto forno para ser parcialmente oxidado.

8. Processo de produção de um minério sinterizado de acordo com a reivindicação 4, caracterizado pelo fato de que um tipo ou mais de gás selecionado de um gás de conversor, um gás de forno de coque, um gás natural, um gás de petróleo líquido e outros gases tendo um valor calorífico mais alto do que o gás de alto forno é adicionado previamente ao gás de alto forno para ser parcialmente oxidado.

9. Processo de produção de minério sinterizado, caracterizado pelo fato de que compreende:

redução de minério de ferro contendo água combinada por usar um gás redutor; e

sinterização de minério reduzido obtido pela dita redução, em que um gás preparado pela oxidação parcial de um gás de alto forno é usado como gás redutor usado para a dita redução.

10. Processo de produção de um minério sinterizado de acordo com a reivindicação 9, caracterizado pelo fato de que o minério de ferro contendo água combinada é pelo menos um de minério pisolita e minério de Marra Mamba.

11. Processo de produção de um minério sinterizado de acordo com a reivindicação 9, caracterizado pelo fato de que a dita redução é realizada utilizando um leito fluidizado.

12. Processo de produção de um minério sinterizado de acordo com a reivindicação 10, caracterizado pelo fato de que a dita

redução é realizada utilizando um leito fluidizado.

FIG. 1

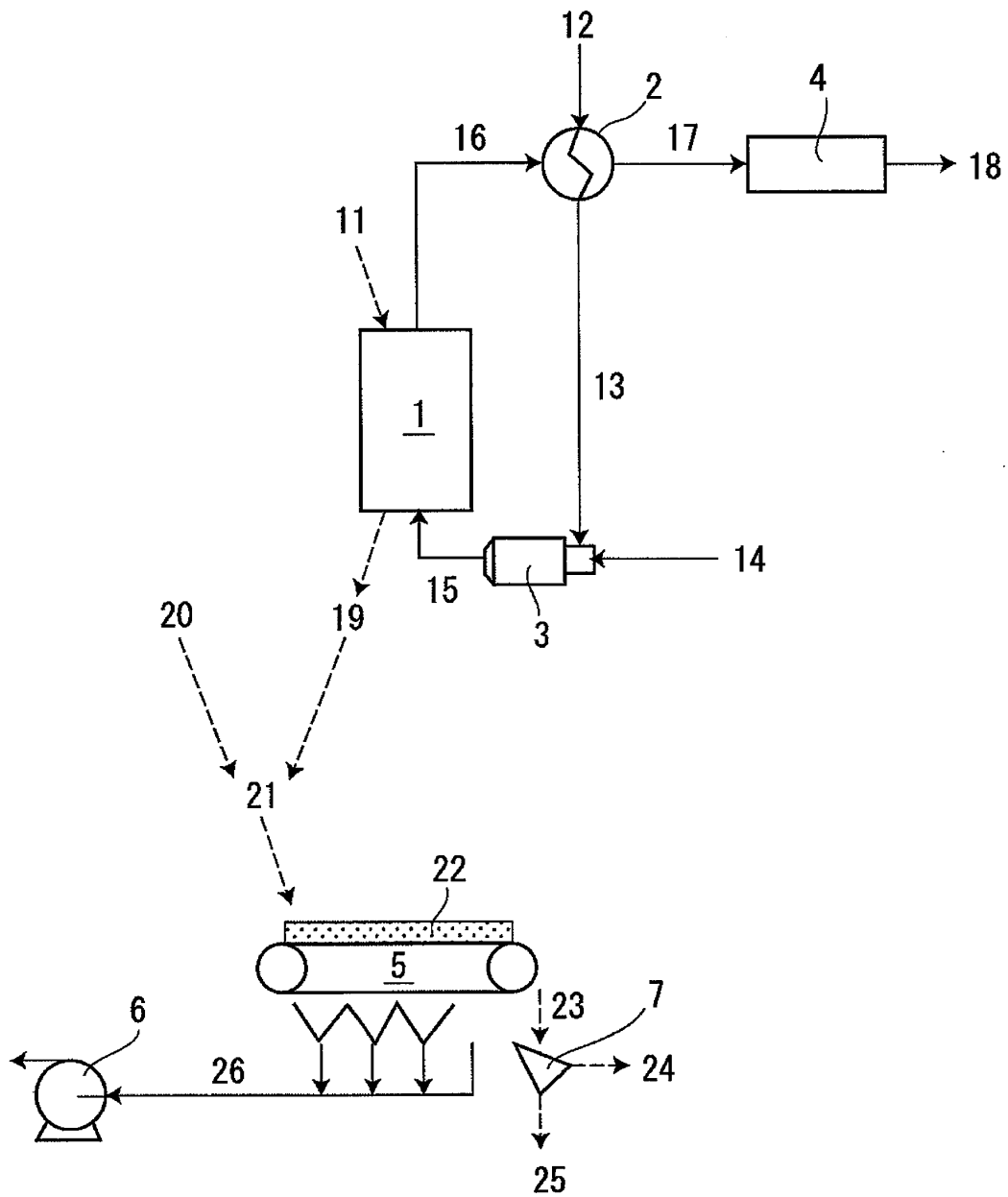


FIG. 2

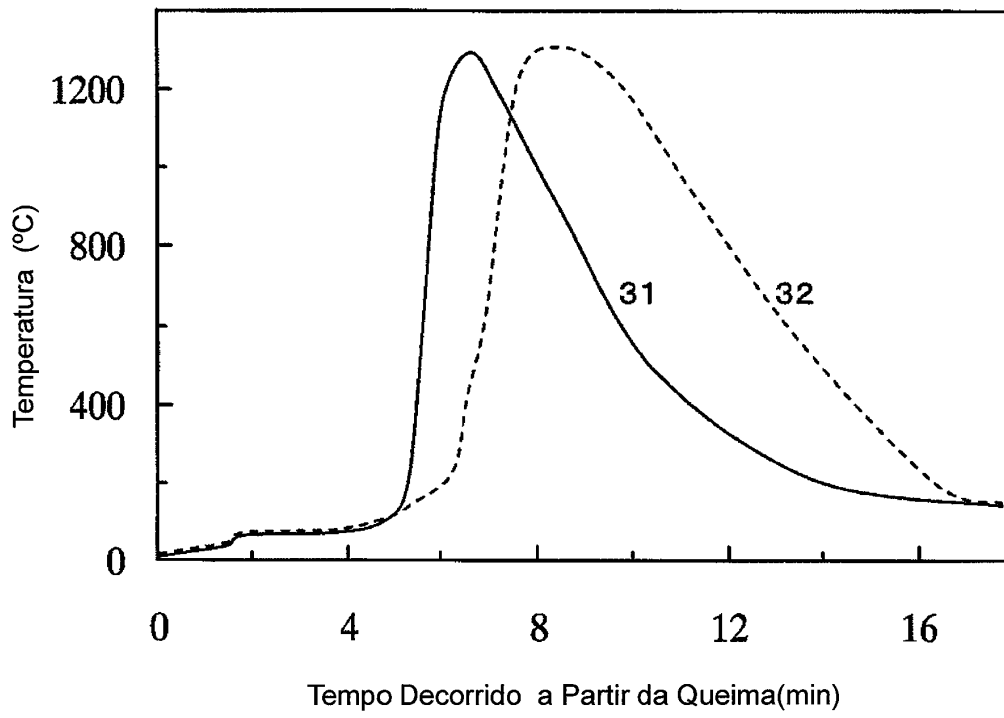


FIG. 3

