



República Federativa do Brasil
Ministério da Economia
Instituto Nacional da Propriedade Industrial

(11) BR 112012003786-2 B1



(22) Data do Depósito: 12/08/2010

(45) Data de Concessão: 16/11/2021

(54) Título: AGLOMERADO CONTENDO CARBONO NÃO QUEIMADO PARA ALTOS FORNOS E SEU PROCESSO DE PRODUÇÃO

(51) Int.Cl.: C22B 1/243; C21B 5/00.

(30) Prioridade Unionista: 21/08/2009 JP 2009-191966.

(73) Titular(es): NIPPON STEEL CORPORATION.

(72) Inventor(es): KENICHI HIGUCHI; HIROKAZU YOKOYAMA; KAZUYA KUNITOMO.

(86) Pedido PCT: PCT JP2010063726 de 12/08/2010

(87) Publicação PCT: WO 2011/021577 de 24/02/2011

(85) Data do Início da Fase Nacional: 17/02/2012

(57) Resumo: AGLOMERADO CONTENDO CARBONO NÃO QUEIMADO PARA ALTOS FORNOS E SEU PROCESSO DE PRODUÇÃO. A presente invenção refere-se aos aglomerados compósitos de carbono ligados a frio têm um teor de carbono (T.C) em uma faixa de 18 a 25% em massa, e uma razão CaO/SiO₂ entre um teor de CaO (% em massa) e um teor de SiO₂ (% em massa) em uma faixa de 1,0 a 2,0. O processo para fabricação de aglomerados compósitos de carbono ligados a frio inclui: formação de um corpo moldado através de mistura e amassamento de materiais brutos contendo ferro, materiais brutos contendo carbono, e um ligante e moldagem de uma substância amassada para obter o corpo moldado; e obtenção de aglomerados compósitos de carbono ligados a frio através de subsequente cura de corpo moldado, em que tanto uma como ambas condições de combinação de uma marca de minério de ferro e uma quantidade de combinação de ligante são ajustadas na formação do corpo moldado de modo que um teor de carbono (T.C) se torna em uma faixa de 18 a 25% em massa e uma razão de CaO/SiO₂ entre um teor de CaO (% em massa) e um teor de SiO₂ (% em massa) como constituintes minerais de (...).

Relatório Descritivo da Patente de Invenção para "AGLOMERADO CONTENDO CARBONO NÃO QUEIMADO PARA ALTOS FORNOS E SEU PROCESSO DE PRODUÇÃO".

Campo Técnico

5 A presente invenção refere-se a aglomerados contendo carbono não queimado (aglomerados compósitos de carbono ligados – frio) para altos fornos, e particularmente a presente invenção refere-se a aglomerados compósitos de carbono ligados – frio (aglomerados de minério de ferro) que são capazes de diminuir o ponto de fusão de uma escória em uma parte inferior de um alto forno de modo a reduzir uma taxa de agente de redução no alto forno.

O presente pedido de patente reivindica prioridade sobre pedido de patente Japonês 2009-191966, depositado em 21 de agosto de 2009, o conteúdo do qual é aqui incorporado por referência.

15 Antecedentes da Técnica

Convencionalmente, vários tipos de pós contendo ferro e pós contendo carbono que são coletados de vários coletores de pós em trabalhos de ferro são combinados, um ligante hidráulico baseado em cimento é adicionado, e a mistura é amassada e moldada para fabricação de aglomerados ligados a frio tendo diâmetros em uma faixa de 8 a 16 mm que são usados como materiais brutos para um alto forno.

Como um processo para fabricação de aglomerados compósitos de carbono ligados a frio, é conhecido um processo no qual pó de fabricação de ferro é granulado em pelotas e as pelotas são então curadas e endurecidas. No processo no qual o pó de fabricação de ferro é granulado nas pelotas, a distribuição de tamanho de partícula do pó é ajustado dentro de uma apropriada faixa, então um ligante tal como cal extinta, cimento, ou semelhante e 5 a 15% de água são adicionados, e a mistura é granulada por um pelotizador de disco ou semelhante para obter as pelotas.

30 No processo de fabricação de tais aglomerados compósitos de carbono ligados a frio, foi requerido aumento de teor de carbono (T.C) nos aglomerados de compósito de carbono ligados a frio para o propósito de re-

duzir a taxa de agente de redução em uma operação de alto forno.

Por exemplo, de acordo com Documento Patente 1, um material bruto contendo óxido de ferro e um material carbono baseado em carbono (material carbonáceo) são combinados, um ligante é adicionado, e a mistura

5 é amassada, moldada, e curada para fabricação de aglomerados compósitos de carbono ligados a frio. Os aglomerados compósitos de carbono ligados a frio contêm carbono, e o teor de carbono é 80 a 120% da quantidade de carbono teórica requerida para redução de óxido de ferro incluído no material bruto contendo óxido de ferro para obter ferro metálico. Em adição, o ligante

10 é selecionado de modo que a resistência a trituração em pressão normal torne-se de 7850 kN/m² ou mais, e então amassamento, moldagem, e cura são realizados. Uma vez que a reação de redução ocorre devido a carbono misturado no óxido de ferro dentro de aglomerados de compósito de carbono ligados a frio, é possível aperfeiçoar a taxa de redução.

15 Entretanto, de acordo com este processo de fabricação, o teor de carbono é limitado para manter a resistência, e não é possível obter um efeito suficiente de redução de taxa de agente redutor no alto forno. No caso onde uma grande quantidade destes aglomerados compósitos de carbono ligados a frio é usada no alto forno de modo a obter suficientemente o efeito

20 de modo que o agente redutor seja reduzido, uma de calor devido a uma reação de desidratação do ligante no alto forno se torna grande. Assim, há uma desvantagem em que uma zona de reserva térmica de baixa temperatura é formada, que promove desintegração de minérios sinterizados (sinterização de minério de ferro) durante redução.

25 Em adição, uma vez que grandes quantidades de cal extinta e cimento baseado em CaO são usadas como o ligante, o teor de Cão nos aglomerados compósitos de carbono ligados a frio torna-se grande. Por isso, a viscosidade de uma fusão gerada a partir de aglomerados compósitos de carbono ligados a frio torna-se excessivamente alta no curso da reação. Isto

30 inibe agregação e gotejamento do metal formado. Devido às razões acima, existe uma desvantagem em que permeabilidade a ar e permeabilidade líquida parte inferior do alto forno são degradadas.

Por exemplo, se os aglomerados de compósito de carbono ligados a frio são fundidos e gotejados em baixas temperaturas, os aglomerados compósito de carbono ligados a frio são fundidos em um estágio inicial em um forno vertical e escoam facilmente para baixo nas folgas de materiais brutos enchidos no forno. Em um tal caso, um período de contato com coques torna-se mais longo. Como um resultado, é possível promover uma reação de redução de minérios de ferro finos dentro de aglomerados de compósito de carbono ligado a frio e uma reação de cementação de ferro gerado.

De acordo com o Documento Patente 2, atenção foi focalizada sobre o fato de que mesmo quando SiO_2 e Al_2O_3 são concentrados na superfície de minérios de ferro finos, é possível diminuir a temperatura de fusão dos minérios de ferro finos através de revestimentos de minérios de ferro como CaCO_3 . Então, baseado no ponto deste foco, aglomerados compósitos de carbono ligados a frio onde minérios de ferro finos e fundido são combinados via carvões foram propostos.

Aqui, o Documento Patente 2 mostra aglomerados de compósito de carbono que contêm 23,3 a 24,6% em massa de carvões, e o teor de carbono dos carvões é genericamente cerca de 70%, e o restante consiste em cinzas e matéria volátil. Da mesma maneira, o teor de carbono nos aglomerados compósito de carbono corresponde a 16 a 17% em massa.

Por outro lado, muitos relatórios foram propostos referindo-se à relação entre propriedades de gotejamento e os constituintes dos minérios sinterizados.

Por exemplo, Documento Não Patente 1 reporta que uma temperatura de gotejamento dos minérios sinterizados varia em uma maneira não linear com relação a uma razão de CaO/SiO_2 , que a temperatura de gotejamento atinge o valor mais baixo na razão de CaO/SiO_2 ao redor de 1,0, e que a temperatura de gotejamento é diminuída quando um teor de MgO é aumentado.

Em adição, Documento Não Patente 2 reporta que a resistência fluxo de ar em altas temperaturas é diminuída no caso onde 2% de MgO são

adicionados a pelotas ligadas com cimento contendo 7% de carbono.

Como descrito acima, é conhecido que a razão de CaO/SiO_2 e o teor de MgO como composições minerais de ganga são otimizados de modo a aperfeiçoar propriedades de gotejamento de metal dos minérios sinteriza-

5 dos e palhetas de pós tendo um teor de carbono de menos que 10%. Entretanto, não é conhecida uma propriedade de gotejamento de metal de aglomerados de compósito de carbono tendo um alto teor de carbono (18 a 25% em massa) cujo comportamento de redução seja completamente diferente e adequadas condições de um ponto de fusão de escória na parte inferior do
10 forno que determina a propriedade de gotejamento de metal.

Assim, os presentes inventores examinaram propriedades de redução de aglomerados de compósito de carbono (teor de C total de 20%, teor de Fé total de 40%, 11% de CaO , 6% de SiO , 2,5% de Al_2O_3 , e 0,5% de MgO) com um alto teor de carbono. A figura 8 mostra relações entre tempe-
15 ratura e taxas de redução para minérios sinterizados convencionais (teor de Fé total de 58,5%, 8% de FeO , 10% de CaO , 5% de SiO_2 , 1,7% de Al_2O_3 , e 1,0% de MgO) e aglomerados de compósito de carbono tendo um alto teor de carbono. Referindo-se a figura 8, pode ser entendido que a redução progride significativamente em uma área de baixa temperatura nos aglomerados
20 de compósito de carbono comparado com o minério sinterizado convencional. Esta é uma característica importante dos aglomerados de compósito de carbono tendo um alto teor de carbono.

A seguir, uma variação em um ponto de fusão de escória ($\text{CaO-SiO}_2\text{-Al}_2\text{O}_3\text{-MgO-FeO}$) devido a um progresso da redução foi simulada por
25 um computador com o uso da taxa de redução na figura 8 que foi obtida de um resultado do teste de redução acima. Aqui, o ponto de fusão de escória foi calculado a partir da taxa de redução na assunção de que todo o ferro não reduzido estava presente como FeO entre constituintes ferro nos minérios sinterizados e os aglomerados de compósito de carbono. Os resultados
30 são mostrados na figura 9. Aqui, o ponto de fusão significa a temperatura na qual todos os constituintes tornam-se fases líquidas, e a fusão é ainda gerada mesmo em uma temperatura do ponto de fusão ou inferior. Entretanto,

uma vez que a quantidade de fusão torna-se menor quando o ponto de fusão é maior, o ponto de fusão representa a quantidade de fusão em uma maneira indireta.

Referindo-se a figura 9, o ponto de fusão de escória dos minérios sinterizados é substancialmente igual à temperatura de amostra em uma faixa de 1200 a 1400°C, e é considerado que uma grande quantidade de uma fusão é gerada nesta região de temperatura. Por outro lado, o ponto de fusão de escória dos aglomerados compósitos de carbono eleva-se significativamente de cerca de 900°C e atinge 1600°C ou maior. Da mesma maneira, é considerado que uma redução procede em um estado no qual a quantidade de fusão é extremamente pequena nos aglomerados de compósito de carbono tendo um alto teor de carbono. Por esta razão, uma fase sólida está constantemente presente; e por isso, agregação do metal é inibida, o que resulta em degradação de gotejamento. Entre o sistema de cinco componentes acima ($\text{CaO} - \text{SiO}_2 - \text{Al}_2\text{O}_3 - \text{MgO} - \text{FeO}$), a influência de FeO sobre o ponto de fusão é extremamente grande nos aglomerados de compósito de carbono tendo um alto teor de carbono, e a redução procede rapidamente em baixas temperaturas. O resultado mostrado na figura 9 é um fenômeno único para os aglomerados compósitos de carbono tendo um alto teor de carbono.

Como descrito acima, a redução dos aglomerados de compósito de carbono tendo um alto teor de carbono procede significativamente em uma região de baixa temperatura como comparada com o minério sinterizado, e a redução procede em um estado no qual a quantidade de fusão é extremamente pequena. Por isso, conhecimento sobre as propriedades de gotejamento no progresso de redução da redução de minérios sinterizados não pode ser diretamente aplicado ao caso dos aglomerados de compósito de carbono com alto teor de carbono.

Se o ponto de fusão de escória é alto quando os aglomerados de compósito de carbono são usados no alto forno, uma superfície inferior de uma zona coesiva é diminuída, e uma área de zona de gotejamento inferior é estreitada. Em adição, quantidades retidas de escória e um "deadman"

são aumentadas. Especificamente, a fusão não flui uniformemente na zona de gotejamento e o "deadman" (zona na qual metais e escórias são separadas devidos aos pesos específicos e fluem para baixo em um cadinho), e a fusão permanece em uma parte de folga (caminho de fluxo). Por esta razão,

- 5 fluxo de gás se torna de um-lado, e aquecimento uniforme de gás não pode ser obtido. Por isso, parte menos aquecida é gerada localmente, e torna-se difícil operar com permeabilidade de ar estável na parte de forno.

Documento de Técnica Anterior

Documento Patente

- 10 Documento Patente 1: Pedido de patente japonês não examinado, primeira publicação N° 2003-342646

Documento Patente 2: Pedido de patente japonês não examinado, primeira publicação N° 2005-325412

Documento Não Patente

- 15 Documento não patente 1: ISIJ International 44 (2004), p. 2057

Documento não patente 2: Iron and Steel, 70 (1984), p. 825

Exposição da Invenção

Problemas a serem resolvidos pela invenção

- 20 De acordo com a presente invenção, condições constituintes dos aglomerados de composto de carbono tendo um ótimo ponto de fusão de escória para o uso no alto forno são especificadas. Então, baseado nos resultados de pesquisa, a presente invenção objetiva provimento de aglomerados compostos de carbono ligados a frio que permitem reduzir uma taxa de agente redutor em um alto forno através de diminuição de ponto de fusão
- 25 de escória, e um processo para fabricação dos mesmos.

Meios para resolução de problemas

- Os presentes inventores verificaram que foi possível reduzir um ponto de fusão de escória em uma parte inferior de um forno através de fixação de uma razão de CaO/SiO_2 como constituintes minerais de ganga nos
- 30 aglomerados compostos de carbono para estar em uma faixa específica (1,0 a 2,0) e verificaram aglomerados compostos de carbono ligados a frio capazes de obter uma excelente propriedade de gotejamento de metal. Os inven-

tores também verificaram que é preferível ajustar quantidades de combinação em minérios de ferro tendo um alto teor de SiO_2 e um material fundido contendo MgO , como será descrito mais tarde, de modo a fixar a razão de CaO/SiO_2 como constituintes minerais de ganga nos aglomerados compósitos de carbono ligados a frio para estar em uma faixa de 1,0 a 2,0.

Aglomerados compósitos de carbono ligados a frio para altos fornos de acordo com uma realização da presente invenção são fabricados através de mistura e amassamento de materiais brutos contendo ferro, materiais brutos contendo carbono, e um ligante, moldagem de uma substância amassada para obter um corpo moldado, e então curando o corpo moldado, onde um teor de carbono (T.C.) está em uma faixa de 18 a 25% em massa, e uma razão de CaO/SiO_2 entre um teor de CaO (% em massa) e um teor de SiO_2 (% em massa) como constituintes minerais de ganga está em uma faixa de 1,0 a 2,0.

Nos aglomerados compósitos de carbono ligados a frio para altos fornos de acordo com a realização da presente invenção, uma quantidade de ganga ($(\text{CaO} + \text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{MgO}) / (100 - \text{teor de carbono (T.C.)})$) representada pelo teor de CaO (% em massa), o teor de SiO_2 (% em massa), um teor de Al_2O_3 (% em massa), um teor de MgO (% em massa), e o teor de carbono (T.C) (% em massa) nos aglomerados de compósito de carbono ligados a frio podem estar em uma faixa de 0,25 ou menos, e o teor de MgO pode estar em uma faixa de 0,5% em massa ou mais.

Um teor do ligante pode estar em uma faixa de 5 a 10% em massa.

Um processo para fabricação de aglomerados compósitos de carbono ligados a frio para altos fornos de acordo com uma realização da presente invenção inclui: formação de um corpo moldado através de mistura e amassamento de materiais brutos contendo ferro, materiais brutos contendo carbono, e um ligante e moldagem de uma substância amassada para obter o corpo moldado; e obtenção de aglomerados compósitos de carbono ligados a frio através de subsequente cura de corpo moldado, onde uma ou mais condições de combinação selecionadas de um grupo consistindo em

uma marca de minério de ferro e uma quantidade de combinação de ligante são ajustados na formação do corpo moldado de modo que um teor de carbono (T.C) se torna em uma faixa de 18 a 25% em massa e uma razão de CaO/SiO_2 entre um teor de CaO (% em massa) e um teor de SiO_2 (% em massa) como constituintes minerais de ganga torna-se em uma faixa de 1,0 a 2,0 no aglomerados compósitos de carbono ligados a frio.

No processo para fabricação de aglomerados compósitos de carbono ligados a frio para altos fornos de acordo com a realização da presente invenção, a condição de combinação pode ser ajustada na formação do corpo moldado de modo que uma quantidade de ganga ($(\text{CaO} + \text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{MgO}) / (100 - \text{teor de carbono (T.C)})$) representado pelo teor de CaO (% em massa), o teor de SiO_2 (% em massa), um teor de Al_2O_3 (% em massa), um teor de MgO (% em massa), e o teor de carbono (T.C) (% em massa) torna-se em uma faixa de 0,25 ou menos, e o teor de MgO torna-se em uma faixa de 0,5% em massa ou mais nos aglomerados compósitos de carbono ligados a frio.

Uma quantidade de combinação de ligante pode ser ajustada dentro de uma faixa de 5 a 10% em massa.

Na formação do corpo moldado, tanto um ou ambos material fundidos e minérios de ferro tendo um alto teor de SiO_2 pode ser ainda combinado, e o material fundido pode ser selecionado do grupo consistindo em pedra sílica, serpentina, peridotita, dolomita, escória de níquel, magnesita, e brucita, e as quantidades de combinação do material fundido e os minérios de ferro tendo um alto teor de SiO_2 podem ser ajustados de modo que o teor de carbono (T.C) torne-se em uma faixa de 18 a 25% em massa e a razão de CaO/SiO_2 entre o teor de CaO e o teor de SiO_2 torne-se em uma faixa de 1,0 a 2,0 nos aglomerados compósitos de carbono ligados a frio.

Efeitos da Invenção

Os aglomerados compósitos de carbono ligados a frio para altos fornos de acordo com uma realização da presente invenção contêm um suficiente teor de carbono de modo a aperfeiçoar não somente uma reduzida taxa dos aglomerados compósitos de carbono ligados a frio, mas também

reduzidas taxas de principais materiais brutos contendo ferro para altos fornos tais como minérios sinterizados e semelhantes. Além disso, é possível suprimir o ponto de fusão de escória para ser menor em uma operação do alto forno como comparado com um caso convencional e obter uma excelente propriedade de escória formada durante redução (propriedade de gotejamento de metal).

Por isso, é possível realizar satisfatória permeabilidade de ar na parte inferior do forno na operação do alto forno se os aglomerados compósitos de carbono ligados a frio de acordo com a realização da presente invenção são usados como uma parte dos materiais brutos contendo ferro para o alto forno. Em adição, é possível reduzir grandemente a taxa de agente redutor (razão de coques).

Uma vez que um processo não sinterização (não queima) é aplicado ao processo para fabricação de aglomerados de compósitos de carbono ligados a frio para altos fornos de acordo com uma realização da presente invenção, é possível economizar energia e reduzir CO_2 comparado com um processo de sinterização (queima). Em adição, é possível reciclar pós gerados no processo de fabricação de ferro como materiais brutos contendo ferro e materiais carbono (material carbonáceo) através de um processo relativamente barato e simples.

Breve Descrição dos Desenhos

A figura 1 é um diagrama mostrando uma relação entre uma quantidade de combinação de ligante (cimento) (e uma razão de CaO/SiO_2) e resistência de trituração fria.

A figura 2 é um diagrama mostrando relações entre uma razão de CaO/SiO_2 e pontos de fusão de escória de minérios sinterizados e aglomerados compósitos de carbono ligados a frio no caso onde um teor de MgO é de 1,5%.

A figura 3 é um diagrama mostrando relações entre um teor de MgO e pontos de fusão de escória de minérios sinterizados e aglomerados de compósito de carbono ligados a frio no caso onde uma razão de CaO/SiO_2 é de 1,5.

A figura 4 é um diagrama mostrando relação entre uma razão de CaO/SiO_2 e taxas de gotejamento de metal de aglomerados compósito de carbono ligados a frio e minério sinterizado.

5 A figura 5 é um diagrama mostrando relações entre um teor de MgO e taxas de gotejamento de metal de aglomerados de compósito de carbono ligados a frio e minério sinterizado.

A figura 6 é um diagrama mostrando relações entre uma quantidade de ganga $(\text{CaO} + \text{SiO}_2 + \text{MgO} + \text{Al}_2\text{O}_3) / (100 - \text{T.C})$ e uma taxa de gotejamento de metal.

10 A figura 7 é um diagrama mostrando uma relação entre um teor de carbono (T.C) e uma taxa de gotejamento de metal de aglomerados de compósito de carbono ligados a frio.

A figura 8 é um diagrama mostrando relações entre uma temperatura e taxas de redução de minérios sinterizados convencionais e aglomerados compósitos de carbono ligados a frio tendo um alto teor de carbono.

A figura 9 é um diagrama mostrando relações entre uma temperatura e valores calculados de pontos de fusão de escória de minérios sinterizados convencionais e aglomerados compósitos de carbono ligados a frio com alto teor de carbono.

20 Melhor Modo Para Realização da Invenção

Aglomerados compósitos de carbono ligados a frio para altos fornos de acordo com a presente realização são fabricados através de um processo no qual materiais brutos contendo ferro, materiais brutos contendo carbono, e um ligante são misturados e amassados, uma substância amassada é moldada para obter um corpo moldado, e o corpo moldado é então curado. O teor de carbono (T.C) está em uma faixa de 18 a 25% em massa, e uma razão de CaO/SiO_2 dos constituintes minerais ganga está em uma faixa de 1,0 a 2,0. Pelo que, um ponto de fusão de escória ótimo para uso no alto forno pode ser obtido.

30 Na realização, o teor de carbono (T.C) dos aglomerados compósitos de carbono ligados a frio está em uma faixa de 18 a 25% em massa, e preferivelmente em uma faixa de 20 a 23% em massa.

No caso onde o teor de carbono é menos que 18%, um efeito de redução de taxa de agente redutor é diminuído mesmo se a quantidade dos constituintes minerais de ganga é ajustada. No caso onde o teor de carbono excede 25% em massa, não é possível manter a resistência a trituração fria mínima necessária para ser usado para o alto forno.

A razão de CaO/SiO_2 (também referida como uma basicidade) entre um teor de CaO (% em massa) e um teor de SiO_2 (% em massa) como constituintes minerais de ganga dos aglomerados compósitos de carbono ligados a frio está em uma faixa de 1,0 a 2,0, e preferivelmente em uma faixa de 1,4 a 1,7.

Através de fixação de razão de CaO/SiO_2 para um pequeno valor dentro de uma faixa de 1,0 a 2,0, é possível aperfeiçoar a taxa de gotejamento de metal. No caso onde a razão de CaO/SiO_2 excede 2,0, a taxa de gotejamento de metal torna-se menos que 50%. No caso onde a razão de CaO/SiO_2 é menos que 1,0, um efeito de que a taxa de gotejamento de metal é aperfeiçoado é saturado.

Nesta realização, a quantidade de ganga está preferivelmente em uma faixa de 0,25 ou menos, e mais preferivelmente em uma faixa de 0,22 a 0,25. Aqui, a quantidade de ganga é um valor calculado pela seguinte equação.

Quantidade ganga = $(\text{CaO} + \text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{MgO}) / (100 - \text{teor de carbono (T.C)})$

Aqui, CaO , SiO_2 , Al_2O_3 , e MgO na equação respectivamente representam um teor de CaO (% em massa), um teor de SiO_2 (% em massa), um teor de Al_2O_3 (% em massa), e um teor de MgO (% em massa) nos aglomerados de compósito de carbono ligados a frio.

Através de fixação de quantidade de ganga estando em uma faixa de 0,25 ou menos, é possível reduzir a quantidade de escória e ainda aperfeiçoar a propriedade de gotejamento.

O teor de MgO está preferivelmente em uma faixa de 0,5% em massa ou mais, e mais preferivelmente em uma faixa de 0,6 a 2,0% em massa. Pelo que, o ponto de fusão de uma escória de FeO baixa (escória

tendo um teor de FeO baixo) é diminuído por MgO, e é possível ainda aperfeiçoar a propriedade de gotejamento de metal.

O processo para fabricação de aglomerados compósitos de carbono ligados a frio para altos fornos de acordo com a presente realização inclui: uma etapa de formação de um corpo moldado no qual materiais brutos contendo ferro, materiais brutos contendo carbono, e um ligante são misturados e amassados, e uma substância amassada é moldada para obter o corpo moldado; e uma etapa de subsequentemente cura de corpo moldado para obter aglomerados compósitos de carbono ligados a frio. Na formação do corpo moldado, qualquer um ou ambos de marca de minério e uma quantidade de combinação de ligante são ajustadas de modo que um teor de carbono (T.C) dos aglomerados de compósito de carbono ligados a frio se torna em uma faixa de 18 a 25% em massa e uma razão de CaO/SiO_2 entre um teor de CaO (% em massa) e um teor de SiO_2 (% em massa) como constituintes minerais de ganga está em uma faixa de 1,0 a 2,0.

Como os materiais brutos contendo ferro usados nesta realização, um pó sinterizado gerado em um processo de fabricação de ferro, um pó contendo ferro tal como um pó de alto forno, uma alimentação de pelotas tendo tamanhos de partículas menores que aqueles dos minérios de ferro finos para sinterização, minérios de ferro finos produzidos por fratura e/ou granulação de minérios de ferro finos para sinterização são exemplificados.

Os teores de ferro e constituintes minerais de ganga como SiO_2 e semelhantes são completamente diferentes dependendo da marca de minério a ser usada. Da mesma maneira, é possível a ajustar uma razão de CaO/SiO_2 através de seleção de marca de minério a ser usada. Particularmente, a razão de CaO/SiO_2 é grandemente influenciada por uma quantidade de combinação de minérios de ferro tendo um alto teor de SiO_2 .

Como a marca de minério usada na realização, Indian High Siliceous, Robe River, Yandicoogina, Rio Doce (Itabira), Marra Mambra, e semelhantes são exemplificados.

Como materiais brutos contendo carbono usados na realização, um pó primário de alto forno, um pó de coque, finos de coque, antracita, e

semelhantes são exemplificados.

Como o ligante usado na realização, um ligante de envelhecimento incluindo pulverizado fino contendo escória de alto forno granulada como um principal constituinte e um estimulante alcalino, que é genericamente usado, cal extinta, cimento Portland, bentonita, e semelhantes são exemplificados. A quantidade de combinação (quantidade aditiva) do ligante pode ser apropriadamente determinada em consideração de outras condições de combinação e semelhantes. No caso onde a quantidade de combinação do ligante é excessivamente pequena, é difícil manter suficientemente uma resistência de laminação fria dos aglomerados compósitos de carbono ligados a frio. Em adição, no caso onde a quantidade de combinação do ligante é excessivamente grande, a quantidade de escória nos aglomerados compósitos de carbono ligados a frio é aumentada, e a permeabilidade a ar da parte inferior de um forno torna-se instável. Pelo que, não é possível obter estavelmente um efeito de redução de taxa de agente redutor.

Assim, a resistência fria dos aglomerados compósitos de carbono ligados a frio nos quais uma razão de CaO/SiO_2 foi variada através de ajuste de quantidade de combinação de ligante foi examinada. Os resultados obtidos são mostrados na Tabela 1 e figura 1.

20 Tabela 1

CaO/SiO_2 (-)	Resistência a trituração fria (kg/cm^2)	Quantidade de combinação de cimento (% em peso)
0,5	20	2,3
0,74	50	3,2
0,99	102	4,2
1,1	105	5,1
1,3	120	6,3
1,5	130	7,4
1,7	140	8,5
1,9	162	9,6
2,1	192	10,8
2,3	194	11,6
2,5	198	12,5

A resistência fria foi diminuída quando a quantidade de combinação de ligante (cimento) foi diminuída (CaO/SiO_2 foi diminuída). Em adição, no caso onde a razão de CaO/SiO_2 foi de menos que 1,0 (a quantidade de combinação de ligante (cimento) foi menos que 5% em massa), foi difícil manter a resistência de trituração fria de 100 kg/cm^2 . No caso onde a resistência de trituração fria dos aglomerados compósitos de carbono ligados a frio torna-se menos que 100 kg/cm^2 , uma mudança dos aglomerados compósitos de carbono ligados a frio em pulverizado pode ocorrer em alguns casos durante transporte e carga no alto forno. De modo a manter a resistência de trituração fria em igual a ou mais que 100 kg/cm^2 , a quantidade de combinação de ligante (cimento) é preferivelmente fixada para estar em uma faixa de 5% em massa ou mais. Em adição, no caso onde a quantidade de combinação de ligante (cimento) excede 10% em massa, um aumento na quantidade de ganga pode ocorrer em alguns casos. Por esta razão, a quantidade de combinação de ligante (cimento) é preferivelmente fixada para estar em uma faixa de 10% em massa ou menos. Da mesma maneira, é preferível que a quantidade de combinação de ligante esteja em uma faixa de 5 a 10% em massa.

Aqui, água livre é tomada em hidratos nos aglomerados de compósito de carbono devido a uma reação de hidratação do cimento durante a cura a partir de entre os processos de fabricação incluindo mistura, amassamento, moldagem, e cura. Embora a quantidade de combinação total dos materiais brutos seja levemente variada sobre os processos de fabricação pela razão acima, a quantidade de variação é extremamente pequena, e é possível considerar que a quantidade de combinação total seja dificilmente alterada. Por isso, por exemplo, a quantidade de combinação de ligante é substancialmente a mesma como o teor de ligante nos aglomerados compósitos de carbono ligados a frio fabricados. O mesmo é verdade para os outros constituintes, e as suas quantidades de combinação durante os processos de fabricação são substancialmente as mesmas como os conteúdos nos aglomerados compósitos de carbono ligados a frio.

Da mesma maneira, o teor de ligante nos aglomerados de com-

pósito de carbono ligados a frio da realização está preferivelmente em uma faixa de 5 a 10% em massa; e pelo que, é possível obter a resistência de trituração fria de 100 kg/cm² ou mais como descrito acima

- Na realização, é preferível que os materiais fundidos e minérios de ferro tendo um alto teor de SiO₂ sejam ainda combinados. Pelo que, é possível ajustar mais precisamente os teores de constituintes. Particularmente, é possível ajustar a razão de CaO/SiO₂ independente da quantidade de ligante.

Como os materiais fundidos, pedra de sílica contendo SiO₂ como um constituinte principal, serpentina contendo MgO como um constituinte principal, peridotita, dolomita, escória de níquel, magnesita, brucita, e semelhantes são exemplificados. Em adição, os minérios de ferro tendo um alto teor de SiO₂ são minérios tendo um teor de SiO₂ de 3,5% em massa ou mais.

- Genericamente, quando constituintes químicos dos aglomerados de compósito de carbono ligados a frio alvos são definidos, as quantidades de combinação dos materiais fundidos e os minérios de ferro tendo um alto teor de SiO₂ são automaticamente determinados. Da mesma maneira, as quantidades de combinação dos materiais fundidos e os minérios de ferro tendo um alto teor de SiO₂ não são particularmente limitadas e apropriadamente determinadas de acordo com os constituintes químicos dos aglomerados compósitos de carbono ligados a frio.

A seguir, um processo de ajuste de razão de CaO/SiO₂, o teor de MgO, e a quantidade de ganga será descrito em mais detalhes.

- A razão de CaO/SiO₂ é determinada de acordo com a quantidade de CaO e a quantidade de SiO₂ contida nos materiais brutos a serem combinados.

CaO está contido principalmente no ligante, um pó primário de alto forno usado como um material bruto contendo carbono, um pó de sinterização, e semelhantes usados como materiais brutos contendo ferro, e é possível ajustar o teor de CaO através de ajuste apropriado de suas quantidades de combinação. Entretanto, no caso onde um ligante baseado em ci-

mento tendo um alto teor de CaO é usado como um ligante, é necessário reduzir a própria quantidade de combinação de ligante de modo a ajustar o teor de CaO de modo que a razão de CaO/SiO₂ entre em uma faixa de 1,0 a 2,0. Por isso, é necessário considerar se ou não suficiente resistência a trituração fria pode ser obtida.

SiO₂ e MgO são principalmente contidos no ligante, um pó primário de alto forno usado como o material bruto contendo carbono, um pó de sinterização usado como o material bruto contendo ferro, cinzas contidas em materiais baseados em carbono, e similares.

Na presente realização, é possível obter um certo efeito independente de um estado de adição de SiO₂ (um estado de materiais brutos contendo SiO₂) se a razão de CaO/SiO₂ nos aglomerados compósitos de carbono ligados frios está em uma faixa de 1,0 a 2,0. Em relação também a MgO, também é possível obter um certo efeito independente de um estado de adição de MgO (um estado de materiais brutos contendo MgO) se o teor de MgO está em uma faixa de 0,5% em massa ou mais.

No caso onde a razão de CaO/SiO₂ é reduzida ou o teor de MgO é fixado para estar em uma faixa de 0,5% em massa ou mais em uma maneira positiva, é preferível combinar materiais fundidos tais como pedra de sílica, serpentina, peridotita, dolomita, escória de níquel, magnesita, brucita, e semelhantes e minérios de ferro tendo um alto teor de SiO₂. Pelo que, é possível ajustar a razão de CaO/SiO₂ e o teor de MgO independente da quantidade de ligante como descrito acima. Entretanto, se grandes quantidades dos materiais fundidos e os minérios de ferro tendo um alto teor de SiO₂ são combinados, a quantidade de ganga é aumentada. Por isso, é preferível ajustar a razão de CaO/SiO₂ e o teor de MgO de modo que a quantidade de ganga entre em uma faixa de 0,25 ou menos.

Na presente realização, faixas para o teor de carbono (T.C), a razão de CaO/SiO₂, a quantidade de ganga, e o teor de MgO são definidos como descrito acima. Resultados experimentais mostrando criticalidades das faixas serão mostrados abaixo.

A taxas de redução em 1400°C dos minérios sinterizados e os

aglomerados compósitos de carbono ligados a frio, nos quais a razão de CaO/SiO_2 é 1,5 e o teor de MgO é 1,5% foram medidas. Então, concentrações de FeO nas escórias foram calculadas a partir das taxas de redução obtidas na assunção de que todos os ferros não reduzidos estavam presentes como FeO nas escórias. Como um resultado, foi verificado que a concentração de FeO na escória foi de 34% no caso onde os minérios sinterizados foram usados enquanto a concentração de FeO foi 2% no caso onde os aglomerados compósitos de carbono ligados a frio foram usados. Através de utilização de concentrações de FeO , uma relação entre o ponto de fusão de escória e tanto uma da razão de CaO/SiO_2 ou o teor de MgO foi examinada para os minérios sinterizados e os aglomerados compósitos de carbono ligados a frio. Aqui, os pontos de fusão de escória ($\text{CaO} - \text{SiO}_2 - \text{Al}_2\text{O}_3 - \text{MgO} - \text{FeO}$) foram obtidos de uma simulação de computador.

A figura 2 mostra relações entre a razão de CaO/SiO_2 e o ponto de fusão de escória no caso onde o teor de MgO é 1,5%. A figura 3 mostra relações entre o teor de MgO e o ponto de fusão de escória no caso onde a razão de CaO/SiO_2 é de 1,5.

Como pode ser entendido a partir de figura 2, graus de influências da razão de CaO/SiO_2 sobre o ponto de fusão de escória são diferentes nos minérios sinterizados e os aglomerados compósitos de carbono ligados a frio. Isto é causado por uma diferença nas taxas de redução (por exemplo, as concentrações de FeO na escória) em altas temperaturas. Especificamente, no minério sinterizado, o ponto de fusão de escória é diminuído por 278°C no caso onde a razão de CaO/SiO_2 ser diminuída por 1,0. Por outro lado, nos aglomerados compósitos de carbono ligados a frio, o ponto de fusão de escória é diminuído por 620°C no caso onde a razão de CaO/SiO_2 é diminuída por 1,0. Por isso, a influência da razão de CaO/SiO_2 nos aglomerados compósitos de carbono ligados a frio é duas vezes tão grande como a influência da razão de CaO/SiO_2 no minério sinterizado.

Nos aglomerados compósitos de carbono ligados a frio, a taxa de redução em baixas temperaturas é alta. No caso onde os aglomerados compósitos de carbono ligados a frio tendo um alto teor de carbono são usa-

dos, uma redução é rapidamente realizada na parte superior do alto forno comparado com o caso onde os aglomerados queimados tendo um menor teor de carbono são usados. Por isso, uma quantidade de um constituinte ferro não-reduzido (quantidade de FeO) permanecendo na escória que é

5 reduzida na parte superior e move para a parte inferior torna-se pequena. Se a quantidade de FeO na escória é diminuída, o ponto de fusão da escória é elevado. Como descrito acima, o ponto de fusão de escória também depende de uma basicidade (CaO/SiO_2). Por esta razão, é considerado que o ponto de fusão de escória é grandemente variado devido à basicidade nos a-

10 glomerados compósitos de carbono ligados a frio. Em adição, é considerado que o ponto de fusão de escória torna-se extremamente alto se a basicidade nos aglomerados compósitos de carbono queimados é alta.

Referindo-se a figura 3, no minério sinterizado, o ponto de fusão de escória é diminuído por 50°C no caso onde o teor de MgO é aumentado

15 por 1,0%. Por outro lado, nos aglomerados compósitos de carbono ligados a frio, o ponto de fusão de escória é diminuído por 22°C no caso onde o teor de MgO é aumentado por 1,0%. Por isso, a influência do teor de MgO nos aglomerados compósitos de carbono ligados a frio é cerca de metade da influência do teor de MgO no minério sinterizado.

20 Entretanto, em um senso preciso, um comportamento de gotejamento depende não somente do ponto de fusão de escória, mas também da quantidade de escória e outras propriedades físicas da escória (viscosidade, capacidade de umedecimento com metal, e semelhantes). Por isso, o comportamento de gotejamento é um fenômeno complicado e não comple-

25 tamente entendido mesmo no presente. Entretanto, é óbvio que uma condição constituinte para diminuição de ponto de fusão de escória para promoção de gotejamento de metal nos minérios sinterizados é diferente daquela nos aglomerados compósitos de carbono ligados a frio.

Assim, as propriedades de gotejamento dos aglomerados com-

30 pósitos de carbono ligados a frio contendo vários constituintes minerais de ganga foram examinadas por uma aparelhagem de teste de fusão – amolecimento sobcarga.

5 Materiais brutos contendo ferro e materiais brutos contendo carbono foram fraturados, e misturados com um ligante e materiais fundidos, então a mistura foi amassada para obter uma substância amassada. Então, a substância amassada foi moldada, e um corpo moldado foi curado por um período predeterminado para fabricar os aglomerados compósito de carbono ligados a frio. O teor de carbono T.C (carbono total) dos aglomerados de compósito de carbono ligados a frio foi fixado para 20% em massa. Em adição, as razões de combinação dos materiais brutos contendo ferro e os materiais fundidos foram ajustadas de modo que a razão de CaO/SiO_2 e o teor de MgO tornaram-se valores predeterminados. A quantidade de combinação de ligante (cimento) foi fixada para 10% em massa.

15 Especificamente, a quantidade de ganga ($(\text{CaO} + \text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{MgO}) / (100 - \text{teor de carbono (T.C)})$) foi fixada para um valor constante de 0,22, o teor de MgO foi fixado para um valor constante de 0,9% em massa, e as quantidades de combinação do cimento Portland e o pulverizado fino de pedra de sílica foram ajustadas de modo que uma razão de CaO/SiO_2 tornou-se um valor predeterminado em uma faixa de 0,5 a 2,5. Como descrito acima, os aglomerados compósitos de carbono ligados a frio nos quais as razões de CaO/SiO_2 dos constituintes minerais de ganga foram diferentes umas das outras dentro de uma faixa de 0,5 a 2,5 foram produzidos.

20 Em adição, os aglomerados compósitos de carbono ligados a frio nos quais a razão de CaO/SiO_2 foi um valor constante de 2,0 e os teores de MgO foram vários valores foram produzidos.

25 Primeiramente, um teste de fusão – amolecimento sob carga foi realizado sobre os aglomerados compósitos de carbono ligados a frio nos quais a razão de CaO/SiO_2 dos constituintes minerais de ganga foi diferente uma da outra dentro de uma faixa de 0,5 a 2,5. Na assunção de real utilização do alto forno, os aglomerados compósitos e carbono ligados a frio foram misturados em uma razão de 10% com um minério sinterizado comum (30 $\text{CaO/SiO}_2 = 1,8$). Em um estágio no qual aquecimento foi realizado a 1600°C e uma redução foi conduzida, a quantidade (razão) de metal gotejado a partir de um cadinho foi medida. Então, a taxa de gotejamento de metal

(%) definida pela seguinte fórmula foi calculada.

Taxa de gotejamento de metal (%) = quantidade de metal gotejada / (quantidade total de Fe carregado x 0,95) x 100

- Em adição, a taxa de gotejamento de metal também foi medida da mesma maneira para uma amostra consistindo somente em minérios sinterizados. No caso onde a taxa de gotejamento de metal dos minérios sinterizados torna-se menos que 50%, a superfície inferior de uma zona coesiva é diminuída, e a área de zona de gotejamento inferior é estreitada. Por isso, permeabilidade de ar na parte inferior é degradada, e torna-se difícil realizar operações estáveis.

Os resultados obtidos são mostrados na Tabela 2 e figura 4.

Tabela 2

Taxa de gotejamento de metal (%)		
CaO/SiO ₂ (-)	Aglomerados compósitos de carbono ligados a frio	Somente minérios sinterizados
0,51	0	-
0,74	20	-
1,15	66	-
1,4	79	-
1,58	72	79
1,77	62	80
2	50	72
2,1	40	64
2,3	0	55
2,4	0	45
2,5	0	-

- Como pode ser entendido da figura 4, no caso onde a razão de CaO/SiO₂ dos aglomerados compósitos de carbono ligados a frio é maior, a taxa de gotejamento de metal é diminuída. Particularmente, no caso onde a razão de CaO/SiO₂ dos aglomerados compósitos de carbono ligados a frio excede 2,0, torna-se difícil manter a taxa de gotejamento de metal de 50%. Uma vez que redução indireta procede a partir de uma região de baixa temperatura através de uso de aglomerados compósitos de carbono ligados a

frio, o teor de FeO na escória que está presente junto com metal em uma camada coesiva é diminuído, e o ponto de fusão da escória é elevado. Genericamente, uma fusão de ferro gerada por redução de capturas de carbono de coques quando caindo para a parte inferior do alto forno, e o teor de carbono é aumentado (carburação de metal produzido por redução). Pode ser considerado que agregação de fusões de ferro após a carburação de metal produzido por redução é evitada devido ao aumento no ponto de fusão de escória; e pelo que, o resultado mostrado na figura 4 é obtido. No caso onde a razão de CaO/SiO_2 é menos que 1,0, a taxa de gotejamento de escória é de menos que 50% independente do fato de que o ponto de fusão de escória coexistente foi suficientemente baixo. Isto se deve à razão de SiO_2 como formador de rede ser aumentada; e pelo que, a viscosidade da escória coexistente é elevada, e a agregação dos metais é inibida.

Em adição, a figura 4 também mostra um resultado de medição representando uma relação entre a razão de CaO/SiO_2 e a taxa de gotejamento de metal dos minérios sinterizados tendo o teor de MgO de 1,5%. Mesmo no minério sinterizado, uma tendência pode ser observada na qual a taxa de gotejamento de metal é diminuída quando a razão de CaO/SiO_2 é elevada. Entretanto, a variação é gradual. É possível confirmar mesmo a partir de resultado na figura 4 que condições constituintes a serem satisfeitas para obtenção de uma excelente propriedade de gotejamento de metal nos aglomerados compósitos de carbono ligados a frio são diferentes daquelas no minério sinterizado.

Como descrito acima, é necessário que a razão de CaO/SiO_2 esteja em uma faixa de 1,0 a 2,0 de modo a aperfeiçoar a taxa de gotejamento de metal. A razão de CaO/SiO_2 está preferivelmente em uma faixa de 1,4 a 1,7; e pelo que, é possível obter a taxa de gotejamento de metal de mais que 60%.

O teste de fusão – amolecimento sob carga foi realizado da mesma maneira sobre os aglomerados compósitos de carbono ligados a frio onde a razão de CaO/SiO_2 foi de 2,0, e os teores de MgO foram vários valores. Então, uma relação entre o teor de MgO e a taxa de gotejamento de

metal no caso onde os aglomerados compósitos de carbono ligados a frio foram misturados em uma razão de 10% com os minérios sinterizados foi examinada. Os resultados obtidos são mostrados na Tabela 3 e figura 5.

Tabela 3

Taxa de gotejamento de metal (%)		
MgO (% em peso)	Aglomerados compósitos de carbono ligados a frio	Somente minérios sinterizados
0,2	40	0
0,3	45	10
0,4	48	19
0,5	50	20
0,72	55	37
1,06	60	54
1,63	65	80
1,97	73	82
2,51	71	84
2,8	72	-
3	73	-

- 5 Como pode ser entendido a partir da figura 5, é efetivo elevar-se o teor de MgO nos aglomerados compósitos de carbono ligados a frio de modo a aperfeiçoar a taxa de gotejamento de metal. A partir de variação na taxa de gotejamento de metal no caso onde os aglomerados compósitos de carbono ligados a frio tendo uma razão de CaO/SiO_2 de 2,0 são misturados
- 10 em uma razão de 10% com o minério sinterizado, é entendido que a taxa de gotejamento de metal de 50% pode ser mantida no caso onde o teor de MgO é 0,5% em massa ou mais. Quando o teor de MgO é maior, a taxa de gotejamento de metal é elevada. Entretanto, o efeito é saturado a partir de cerca de teor de MgO de 2,0%. Isto porque o ponto de fusão da escória de FeO
- 15 inferior mencionada anteriormente (escória tendo um baixo teor de FeO) é diminuído devido a MgO, e é possível obter mais efetivamente o efeito devido a MgO sob uma condição em que a razão de CaO/SiO_2 é maior.

Da mesma maneira, é preferível que o teor de MgO esteja na faixa de 0,5% em massa ou mais. O seu limite superior não é particularmen-

te fixado.

Em adição, a figura 5 também mostra um resultado de medição representando uma relação entre o teor de MgO e a taxa de gotejamento de metal (%) dos minérios sinterizados onde a razão de CaO/SiO_2 é de 2,0.

- 5 Mesmo no minério sinterizado, a tendência pode ser observada onde a taxa de gotejamento de metal é elevada quando o teor de MgO é elevado. Entretanto, a variação (influência) é maior que aquela dos aglomerados de compósito de carbono ligados a frio. Pode ser mesmo confirmado a partir do resultado na figura 5 que as condições constituintes a serem satisfeitas para
10 obtenção de uma excelente propriedade de gotejamento de metal nos aglomerados compósitos de carbono ligados a frio são diferentes daquelas no minério sinterizado.

- Em adição, a quantidade de escória coexistente (quantidade de ganga + quantidade de FeO não reduzido) é também um importante fator a
15 ser satisfeito para obtenção de propriedade de gotejamento. Por isso, aglomerados compósitos de carbono ligados a frio foram produzidos nos quais a razão de CaO/SiO_2 foi 1,5, o teor de MgO foi 1,0%, e as quantidades de ganga foram diferentes. Então, as taxas de gotejamento de metal foram medidas, e as propriedades de gotejamento foram examinadas.

- 20 Como descrito acima, as quantidades de ganga foram calculadas através da seguinte equação:

Quantidade de ganga = $(\text{CaO} + \text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{MgO}) / (100 - \text{teor de carbono (T.C)})$.

Os resultados obtidos são mostrados na Tabela 4 e Figura 6.

25 Tabela 4

Quantidade de ganga (%)	Taxa de gotejamento de metal (%)
0	72
0,05	68
0,1	75
0,15	60
0,2	63
0,25	68
0,3	40

Quantidade de ganga (%)	Taxa de gotejamento de metal (%)
0,35	20
0,4	8
0,45	0
0,5	0

Como descrito acima, a concentração de FeO na escória é já diminuída para 2% em uma parte de temperatura relativamente baixa; e por isso, a influência da concentração de FeO é pequena. Como um resultado, independente da quantidade de escória, uma satisfatória propriedade de gotejamento de metal é observada no caso onde a quantidade de ganga é 0,25 ou menos. É considerado que as propriedades físicas da escória como uma razão de fase sólida, viscosidade, capacidade de umedecimento com metal, e semelhantes são fatores mais dominantes que a quantidade de escória, com relação às propriedades de gotejamento de metal no caso onde a quantidade de ganga está em uma faixa de 0,25 ou menos. Entretanto, no caso onde a quantidade de ganga excede 0,25, a influência da quantidade de escória não pode ser ignorada, e as propriedades de gotejamento são degradadas. Além disso, no caso da quantidade de ganga neste nível (mais que 0,25), uma quantidade de escória de soleira é significativamente aumentada quando uma grande quantidade de aglomerados compósitos de carbono ligados frio é usada no alto forno, e vazamento de escória torna-se instável, o que causa uma variação em sopro de ar.

Baseado nos resultados acima, é preferível que os constituintes dos aglomerados compósitos de carbono ligados a frio sejam ajustados de modo que a quantidade de ganga $((\text{CaO} + \text{SiO}_2 + \text{MgO} + \text{Al}_2\text{O}_3) / (100 - \text{TC}))$ se torne em uma faixa de 0,25 ou menos.

Além disso, uma influência do teor de carbono (T.C) nos aglomerados compósitos de carbono ligados a frio sobre a taxa de gotejamento de metal foi examinada.

Os aglomerados compósitos de carbono ligados a frio foram produzidos através de ajuste de razões de combinação de materiais brutos de modo que o teor de MgO foi constante em 1,0% em massa, a quantidade de ganga foi constante em 0,22, a razão de CaO/SiO_2 foi 0,5, 1,0, 1,5, 2,0,

ou 2,5, e o teor de carbono (T.C) foi 10, 15, 18, 25, ou 30% em massa.

A quantidade (razão) de gotejamento de metal foi medida da mesma maneira como no processo mencionado anteriormente. Os resultados obtidos são mostrados na Figura 7.

5 Tabela 5

Taxa de gotejamento de metal (%)					
Teor de carbono (T.C) (% em massa)	CaO/SiO ₂ (-)				
	0,5	1	1,5	2	2,5
10	55	80	75	70	52
15	47	80	75	65	45
18	42	80	70	60	40
25	25	75	60	50	20
30	10	70	50	40	0

Baseado nos resultados na Figura 7, pode ser entendido que a taxa de gotejamento de metal é diminuída quando o teor de carbono (T.C) é aumentado. Isto porque a concentração de FeO na escória que está presente junto com o metal é diminuída quando o teor de carbono (T.C) é aumentado como descrito acima.

Como descrito acima, é necessário que a taxa de gotejamento de metal seja de 50% ou mais de modo a realizar uma operação estável no alto forno. Com relação ao caso onde a razão de CaO/SiO₂ está em uma faixa de 1,0 a 2,0, pode ser entendido que a taxa de gotejamento de metal de 50% ou mais pode ser obtida quando o teor de carbono (T.C) está em uma faixa de 25% em massa ou menos. Por isso, é necessário fixar um limite superior do teor de carbono (T.C) para 25% em massa.

Embora as quantidades de combinação dos constituintes e o mineral ganga dos aglomerados compósitos de carbono ligados a frio sejam ajustados dentro de faixas predeterminadas, processos de moldagem, formas, e estruturas físicas (perfurações, porosidades, e semelhantes) não são limitados de acordo com a realização. É possível aplicar várias configurações de aglomerados compósitos de carbono ligados a frio para altos fornos tais como pelotas, briquetes, e semelhantes. Em adição, vários processos de moldagem como moldagem de extrusão e semelhantes podem ser aplica-

dos, e os mesmos efeitos podem ser obtidos.

No alto forno, uma substância carregada move-se da parte superior para a parte inferior, e gás de redução se move da parte inferior para a parte superior. Pelo que, procedem reação e troca térmica. Por isso, o alto

5 forno é um reator em contracorrente. Genericamente em operações sequenciais do alto forno, existiram casos onde força de redução do gás de redução foi perdida na camada superior das camadas de minério e redução não procedeu suficientemente. Particularmente, aglomerados queimados não contêm carbonos; e por isso, os aglomerados queimados não têm uma habilida-

10 de de autorredução. Como um resultado, no caso de uso de aglomerados queimados, os aglomerados queimados não são suficientemente reduzidos na parte superior das camadas de minério. No caso onde os aglomerados queimados se movem da parte inferior do alto forno em um estado no qual a redução não é completada, redução ocorre na zona de gotejamento e o deadman do alto forno, o que resulta em redução direta. Em um tal caso, existem

15 problemas em que a carga sobre o alto forno é aumentada e permeabilidade de ar é degradada.

Por outro lado, se os aglomerados compósitos de carbono ligados a frio da presente realização são usados, é possível aumentar grande-

20 mente a eficiência de redução particularmente na camada superior das camadas de minério uma vez que os aglomerados compósitos de carbono ligados a frio da presente realização estão presentes junto com os minérios de ferro no alto forno.

Entretanto, com relação aos aglomerados compósitos de carbono ligados a frio tendo um alto teor de carbono, a basicidade (CaO/SiO_2), em

25 particular, tem uma grande influência sobre o ponto de fusão de escória como descrito acima (figura 2). De acordo com a presente realização, o teor de carbono (T.C) e a razão de CaO/SiO_2 são definidos baseado nos resultados de pesquisa dos inventores mencionados anteriormente. Pelo que, uma satisfatória

30 propriedade de gotejamento de metal é obtida. Por isso, as quantidades retidas de escória na zona de gotejamento e o deadman são diminuídos, e a satisfatória permeabilidade de ar pode ser mantida.

Além disso, os aglomerados compósitos de carbono ligados a frio da presente realização estão presentes junto com os minérios de ferro no alto forno como descrito acima; e pelo que, em particular, é possível aumentar grandemente a eficiência de redução na camada superior das camadas de minério. Uma vez que é possível aumentar grandemente a eficiência de redução na camada superior das camadas de minério onde a redução é difícil de proceder, a eficiência de redução no alto forno inteiro é grandemente aumentada. Por isso, é possível reduzir uma maior quantidade de materiais redutores que a quantidade de coques que é a mesma como a quantidade em excesso de carbono nos aglomerados compósitos de carbono ligados a frio da presente realização.

5 das de minério. Uma vez que é possível aumentar grandemente a eficiência de redução na camada superior das camadas de minério onde a redução é difícil de proceder, a eficiência de redução no alto forno inteiro é grandemente aumentada. Por isso, é possível reduzir uma maior quantidade de materiais redutores que a quantidade de coques que é a mesma como a quantidade em excesso de carbono nos aglomerados compósitos de carbono ligados a frio da presente realização.

Exemplos

15 Materiais brutos contendo ferro pulverizados finos (pó queimado e minérios de ferro) foram preparados como os materiais brutos contendo ferro, e materiais de carbono (materiais carbonáceos) (pó de coque, pulverizado de coque, e pó primário de alto forno) foram preparados como os materiais brutos contendo carbono. Em adição, cimento (cimento Portland alta resistência inicial) foi preparado como o ligante. Além disso, materiais fundidos tendo altos teores de SiO_2 também foram usados em alguns exemplos.

20 As quantidades de combinação dos materiais brutos foram ajustadas de modo que a razão de combinação do cimento (cimento Portland de alta resistência inicial) estava em uma faixa de 4 a 9% em massa e as razões de combinação dos materiais de carbono (material carbonáceo) e os materiais brutos contendo ferro pulverizados tornaram-se vários valores. Estes materiais brutos foram misturados com água e a mistura foi amassada por um misturador Eirich. A substância amassada obtida foi granulada (moldada ou conformada) por um pelletizador⁵ Pan, e pelo que, pelotas brutas foram obtidas. Então, as pelotas brutas foram curadas no sol por duas semanas; e pelo que, os aglomerados compósitos de carbono ligados a frio foram produzidos. Aqui, a quantidade de água nas pelotas brutas foi ajustada para estar em uma faixa de 10 a 14% em massa de acordo com a quantidade de cimento combinada.

Com relação aos aglomerados compósitos de carbono ligados a frio obtidos, a resistência a trituração a frio foi medida através do seguinte processo baseado em JISM8718. Uma carga compressiva foi aplicada sobre uma amostra em uma velocidade de pressurização prescrita, e um valor de carga quando a amostra foi partida foi medido. Um valor de carga (kg/cm^2) por área de seção transversa unitária foi obtido. Então, um valor médio de 100 amostras foi calculado e usado como um índice de resistência.

Através do processo mencionado anteriormente, um ponto de fusão de escória e uma taxa de gotejamento de metal dos aglomerados compósitos de carbono ligados a frio foram medidos.

Em adição, operações do alto forno foram realizadas enquanto 50 kg/tp dos aglomerados compósitos de carbono ligados a frio foram usados como uma parte de materiais brutos no alto forno tendo um volume efetivo de 5500 m^3 . Então, um valor K superior, um valor K inferior, uma flutuação de pressão de sopro, e uma taxa de agente redutor nas operações do alto forno foram medidas, e valores médios de resultados de operação por cerca de um mês foram obtidos. Os resultados são mostrados na Tabela 6.

Tabela 6

	Exemplo 1	Exemplo 2	Exemplo 3	Exemplo 4	Exemplo 5	Exemplo Comparativo 1	Exemplo Comparativo 2	Exemplo Comparativo 3
Teor de carbono (T. C)	20	20	20	20	20	17	20	30
Teor de ferro (T. Fe)	50	50	50	50	50	52	50	46
Teor de CaO	10	10	6	6	9	9,5	11	7
Teor de SiO ₂	5,1	10	5,1	5,8	7,5	5	5	4,7
Teor de MgO	0,6	0,6	0,6	3	0,4	1,0	0,4	0,9
Teor de Al ₂ O ₃	1,8	1,8	1,8	1,8	0,7	1,8	1,8	2,8
CaO/SiO ₂	2,0	1,0	1,2	1,0	1,2	1,9	2,2	1,5
Quantidade de ganga	0,22	0,28	0,17	0,21	0,22	0,19	0,23	0,22
Quantidade de combinação de ligante	9	9	4	9	9	9	9	9

Continuação

	Exemplo 1	Exemplo 2	Exemplo 3	Exemplo 4	Exemplo 5	Exemplo Comparativo 1	Exemplo Comparativo 2	Exemplo Comparativo 3
Quantidade de combinação de material fundido	0	2	0	2	1,8	0	0	1,2
Resistência de trituração fria	125	128	85	135	112	107	120	60
Ponto de fusão de escória	1590	1502	1550	1540	1570	1540	1780	1575
Taxa de gotejamento de metal	52	38	75	78	52	80	15	65
Quantidade de uso em alto forno	50	50	50	50	50	50	50	50
Valor K em parte inferior de forno	0,9	1,29	0,9	0,9	1,13	0,9	1,35	1,62
Valor K em parte superior de forno	0,33	0,48	0,51	0,33	0,33	0,38	0,36	0,63
Flutuação de pressão de sopro	38	66	38	33	40	33	65	72
Taxa de agente reductor	470	510	502	465	498	520	500	530

Referindo-se à Tabela 6, no exemplo 1, os conteúdos de constituintes foram apropriadamente ajustados, e a razão de CaO/SiO_2 foi fixada para 2,0, e o conteúdo de MgO foi fixado para 0,6%, e a quantidade de ganga foi fixada para 0,22. No uso no alto forno, permeabilidade de ar na parte inferior do forno foi aperfeiçoada, e a taxa de agente redutor foi diminuída para 470 kg/tp. Por isso, um efeito devido ao uso dos aglomerados compostos de carbono ligados a frio tendo um alto teor de carbono foi exibido.

No Exemplo 2, os materiais fundidos tendo altos teores de SiO_2 foram combinados para elevar o teor de SiO_2 , e a razão de CaO/SiO_2 foi ainda diminuída para 1,0. Uma vez a razão de CaO/SiO_2 e o teor de MgO estejam em uma faixa própria no exemplo 2, o ponto de fusão de escória pode ser diminuído. Entretanto, uma vez que a quantidade de ganga foi aumentada até 0,28, a propriedade de gotejamento de metal torna-se relativamente baixa, e a resultante taxa de agente redutor não foi significativamente diminuída.

No Exemplo 3, a quantidade de ligante foi diminuída para 4% de modo a reduzir a quantidade de ganga. Uma vez os conteúdos de constituintes químicos fossem adequados, a taxa de gotejamento de metal foi aperfeiçoada. Entretanto, uma vez que a quantidade de ligante foi pequena, a resistência de trituração fria foi insuficiente em 85 kg/cm^2 . Por isso, a quantidade de pulverizado no forno foi aumentada quando usado no alto forno; e pelo que, a permeabilidade de ar na parte superior foi degradada, e a taxa de agente redutor estava em um nível relativamente alto.

No exemplo 4, os conteúdos de constituintes químicos foram ajustados através de combinação de materiais fundidos sem diminuição de quantidade de ligante. Como um resultado, foi possível produzir os aglomerados compostos de carbono ligados a frio tendo uma satisfatória propriedade de gotejamento de metal sem deterioração de resistência de trituração a frio. Quando usados no alto forno, a taxa de agente redutor foi diminuída para uma extensão máxima.

No exemplo 5, a razão de CaO/SiO_2 e a quantidade de ganga estavam nas faixas prescritas de acordo com a presente realização

(Cão/SiO₂: 1,0 a 2,0, quantidade de ganga: 0,25 ou menos); entretanto, o teor de MgO foi fixado para ser 0,4% que foi baixo. Por isso, a taxa de gotejamento de metal permaneceu em 52%, e a taxa de agente redutor foi reduzida; entretanto, o efeito de redução de taxa de agente redutor foi pequeno.

5 Por outro lado, em exemplo Comparativo 1, aglomerados compósitos de carbono ligados a frio foram produzidos nos quais o teor de carbono (T.C) foi de 17% em massa que foi baixo, a razão de CaO/SiO₂ foi 1,9 que foi baixa, e o teor de MgO foi 1,0% que foi alto. Uma vez que o teor de carbono (T.C) foi baixo, o ponto de fusão de escória foi suficientemente baixo,
10 e não houve problema na propriedade de gotejamento. Entretanto quando usados no alto forno, foi difícil diminuir a taxa de agente redutor porque o teor de carbono foi baixo.

Em exemplo Comparativo 2, aglomerados compósitos de carbono ligados a frio foram produzidos nos quais o teor de carbono (T.C) foi elevado até 20% e a razão de Cao/SiO₂ foi elevada para 2,2. Uma vez que a
15 taxa de redução em baixas temperaturas foi aperfeiçoada, o ponto de fusão de escória foi significativamente elevado. Além disso, uma vez que a razão de CaO/SiO₂ foi de mais que 2,0, a propriedade de gotejamento de metal foi diminuída. Entretanto, quando usados no alto forno, a permeabilidade de ar
20 na parte inferior do forno foi degradada, e uma variação em pressão de ar foi acentuadamente aumentada. Pelo que, as operações tornaram-se instáveis. Por isso, não foi possível obter suficientemente o efeito devido ao alto teor de carbono, e a taxa de agente redutor permaneceu em um nível de 500 kg/tp.

25 Em Exemplo Comparativo 3, aglomerados compósitos de carbono ligados a frio foram produzidos os quais tiveram um teor de carbono de 30% que foi mais que o limite superior de 25% em massa da faixa prescrita na realização. Uma vez que os conteúdos dos outros constituintes estiveram em faixas apropriadas, a taxa de gotejamento foi aperfeiçoada para 65%.
30 Entretanto a resistência fria foi de 60 kg/cm² que foi muito baixa, e não foi possível obter uma resistência mínima necessária para o uso no alto forno. Por isso, uma quantidade de carga de pulverizado no alto forno foi aumenta-

da, e tornou-se difícil operar estavelmente por um longo período.

Como descrito acima, pode ser entendido que a propriedade de gotejamento de metal é satisfatória e a taxa de agente redutor quando usando no alto forno pode ser diminuída no caso onde o teor de carbono (T.C) é fixado para estar em uma faixa de 18 a 25% em massa e a razão de CaO/SiO_2 é fixada para estar em uma faixa de 1,0 a 2,0 nos aglomerados compósitos de carbono ligados a frio. Particularmente, no caso onde a quantidade de ganga $(\text{CaO} + \text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{MgO}) / (100 - \text{teor de carbono (T.C)})$ está em uma faixa de 0,25 ou menos e o teor de MgO está em uma faixa de 0,5% em massa ou mais, os efeitos podem ser acentuadamente observados. Em adição, no caso onde tal ajuste de constituinte é realizado pela adição dos materiais fundidos e a quantidade de combinação de ligante é fixada para estar em uma faixa de 5 a 10%, também é possível manter a resistência de trituração fria.

15 Aplicabilidade Industrial

Os aglomerados compósitos de carbono ligados a frio para altos fornos de acordo com uma realização da presente invenção têm um teor de carbono suficiente para aperfeiçoar não somente a taxa reduzida dos aglomerados compósitos de carbono ligados a frio mas também a reduzida taxa dos principais materiais brutos contendo ferro para altos fornos tais como minérios sinterizados e semelhantes. Além disso, é possível suprimir o ponto de fusão de escória para ser menor comparado com um caso convencional nas operações do alto forno, e uma excelente propriedade de escória formada durante redução (propriedade de gotejamento de metal).

Por isso, se os aglomerados compósitos de carbono ligados a frio de acordo com uma realização da presente invenção são usados como uma parte dos materiais brutos contendo ferro para os altos fornos, é possível realizar satisfatória permeabilidade de ar na parte inferior do forno em operações do alto forno, e a taxa de agente redutor (taxa de coque) pode ser grandemente diminuída.

No processo para fabricação de aglomerados compósitos de carbono ligados a frio para altos fornos de acordo com uma realização da

presente invenção, um processo não queima é aplicado; e por isso, é possível economizar energia e reduzir CO_2 comparado com um processo de queima. Em adição, é possível reciclar pó gerado no processo de fabricação de ferro como materiais brutos contendo ferro e materiais de carbono (material carbonáceo) através de um processo simples e relativamente barato.

Por isso, a realização da presente invenção pode ser preferivelmente aplicada a um campo técnico relacionando-se aos aglomerados compostos de carbono usados nos altos fornos.

REIVINDICAÇÕES

1. Aglomerados compósitos de carbono ligados a frio para altos fornos que são fabricados através de mistura e amassamento de materiais brutos contendo ferro, materiais brutos contendo carbono, e um ligante, moldagem de uma substância amassada para obter um corpo moldado, e então curando o corpo moldado,

caracterizados pelo fato de que um teor de carbono (T.C) está em uma faixa de 20 a 25% em massa, e uma razão de CaO/SiO_2 entre um teor de CaO (% em massa) e um teor de SiO_2 (% em massa) como constituintes minerais de ganga está em uma faixa de 1,4 a 2,0.

2. Aglomerados compósitos de carbono ligados a frio para altos fornos, de acordo com a reivindicação 1, caracterizados pelo fato de que uma quantidade de ganga $((\text{CaO} + \text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{MgO})/(100 - \text{teor de carbono (T.C)}))$ representada pelo teor de CaO (% em massa), o teor de SiO_2 (% em massa), um teor de Al_2O_3 (% em massa), um teor de MgO (% em massa), e o teor de carbono (T.C) (% em massa) nos aglomerados compósitos de carbono ligados a frio está em uma faixa de 0,25 ou menos, e o teor de MgO está em uma faixa de 0,5% em massa ou mais.

3. Aglomerados compósitos de carbono ligados a frio para altos fornos, de acordo com a reivindicação 1, caracterizados pelo fato de que um teor do ligante está em uma faixa de 5 a 10% em massa.

4. Processo para fabricação de aglomerados compósitos de carbono ligados a frio para altos fornos, o processo caracterizado pelo fato de que compreende:

formação de um corpo moldado através de mistura e amassamento de materiais brutos contendo ferro, materiais brutos contendo carbono, e um ligante e moldagem de uma substância amassada para obter o corpo moldado; e

obtenção de aglomerados compósitos de carbono ligados a frio através de subsequente cura de corpo moldado,

em que uma ou mais condições de combinação selecionadas do grupo consistindo em uma marca de minério de ferro e uma quantidade de

combinação de ligante são ajustadas na formação do corpo moldado de modo que um teor de carbono (T.C) se torne em uma faixa de 20 a 25% em massa e uma razão de CaO/SiO_2 entre um teor de CaO (% em massa) e um teor de SiO_2 (% em massa) como constituintes minerais de ganga se torna
5 em uma faixa de 1,4 a 2,0 no aglomerados compósitos de carbono ligados a frio.

5. Processo para fabricação de aglomerados compósitos de carbono ligados a frio para alto fornos, de acordo com a reivindicação 4, caracterizado pelo fato de que a condição de combinação é ajustada na formação
10 do corpo moldado de modo que uma quantidade de ganga $((\text{CaO} + \text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{MgO}) / (100 - \text{teor de carbono (T.C)}))$ representado pelo teor de CaO (% em massa), o teor de SiO_2 (% em massa), um teor de Al_2O_3 (% em massa), um teor de MgO (% em massa), e o teor de carbono (T.C) (% em massa) se torna em uma faixa de 0,25 ou menos, e o teor de MgO se torna em
15 uma faixa de 0,5% em massa ou mais nos aglomerados compósitos de carbono ligados a frio.

6. Processo para fabricação de aglomerados compósitos de carbono ligados a frio para altos fornos, de acordo com a reivindicação 4, caracterizado pelo fato de que uma quantidade de combinação de ligante é ajustada dentro de uma faixa de 5 a 10% em massa.
20

7. Processo para fabricação de aglomerados compósitos de carbono ligados a frio para altos fornos, de acordo com a reivindicação 4, caracterizado pelo fato de que na formação do corpo moldado, tanto um como ambos de material fundido e minérios de ferro tendo um alto teor de SiO_2
25 são ainda combinados, e o material fundido é selecionado do grupo consistindo em pedra de sílica, serpentina, peridotita, dolomita, escória de níquel, magnesita, e brucita, e as quantidades de combinação do material fundido e os minérios de ferro tendo um alto teor de SiO_2 são ajustadas de modo que o teor de carbono (T.C) se torna em uma faixa de 18 a 25% em massa e a
30 razão de CaO/SiO_2 entre o teor de CaO e o teor de SiO_2 se torna em uma faixa de 1,0 a 2,0 nos aglomerados compósitos de carbono ligados a frio.

FIG. 1

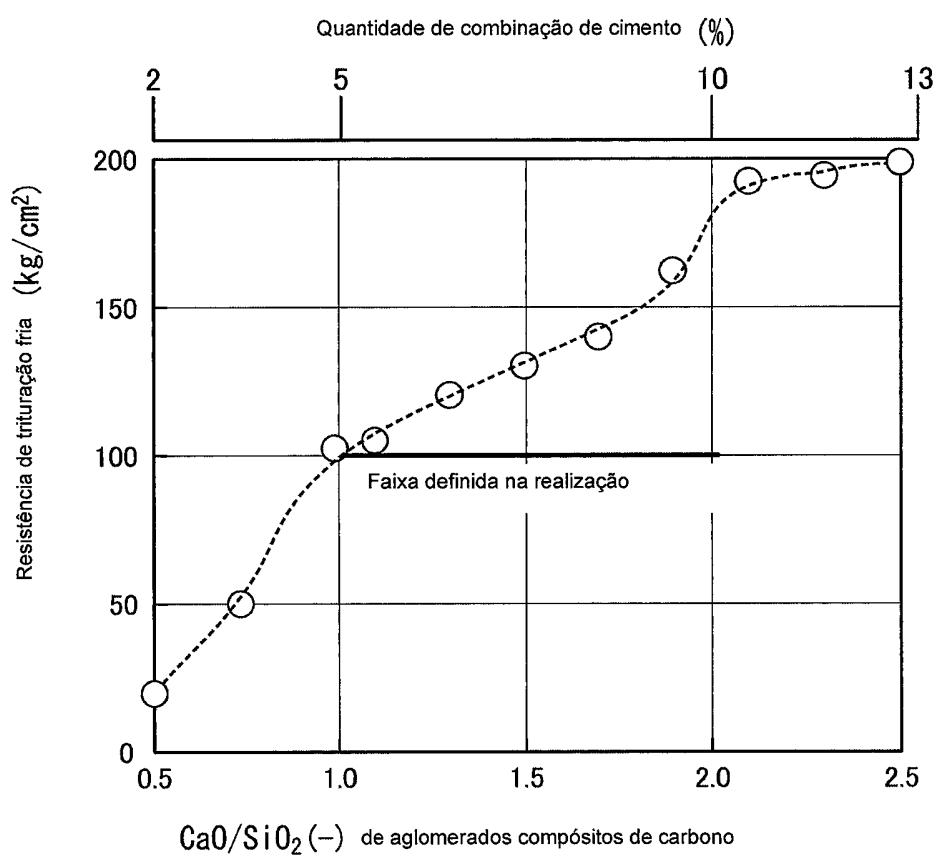


FIG. 2

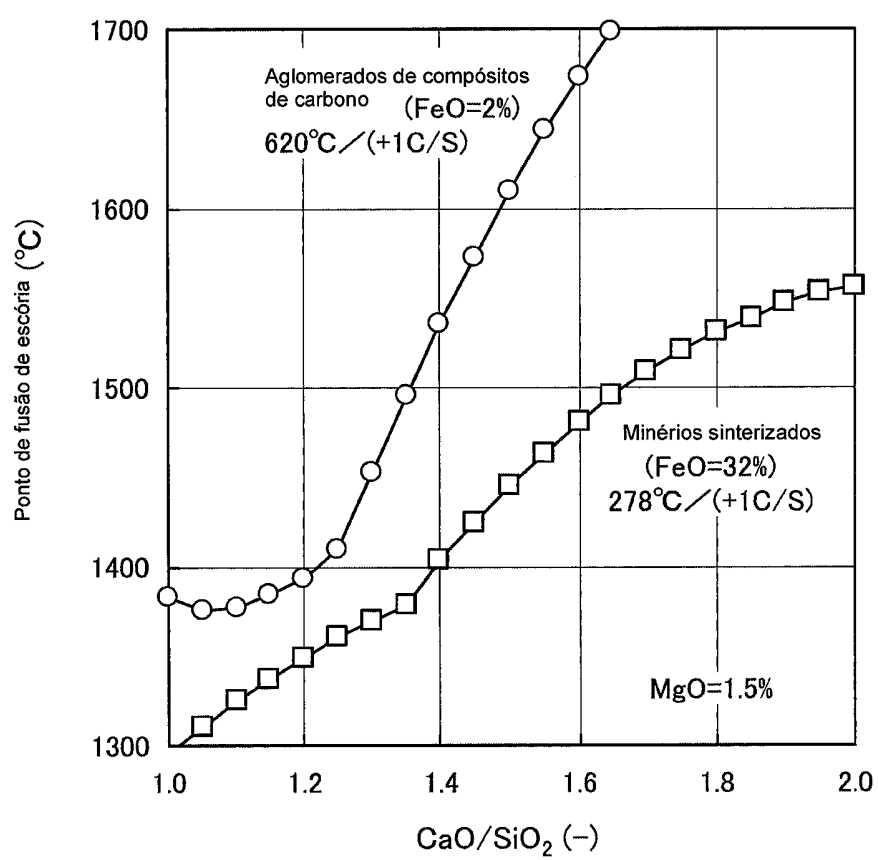


FIG. 3

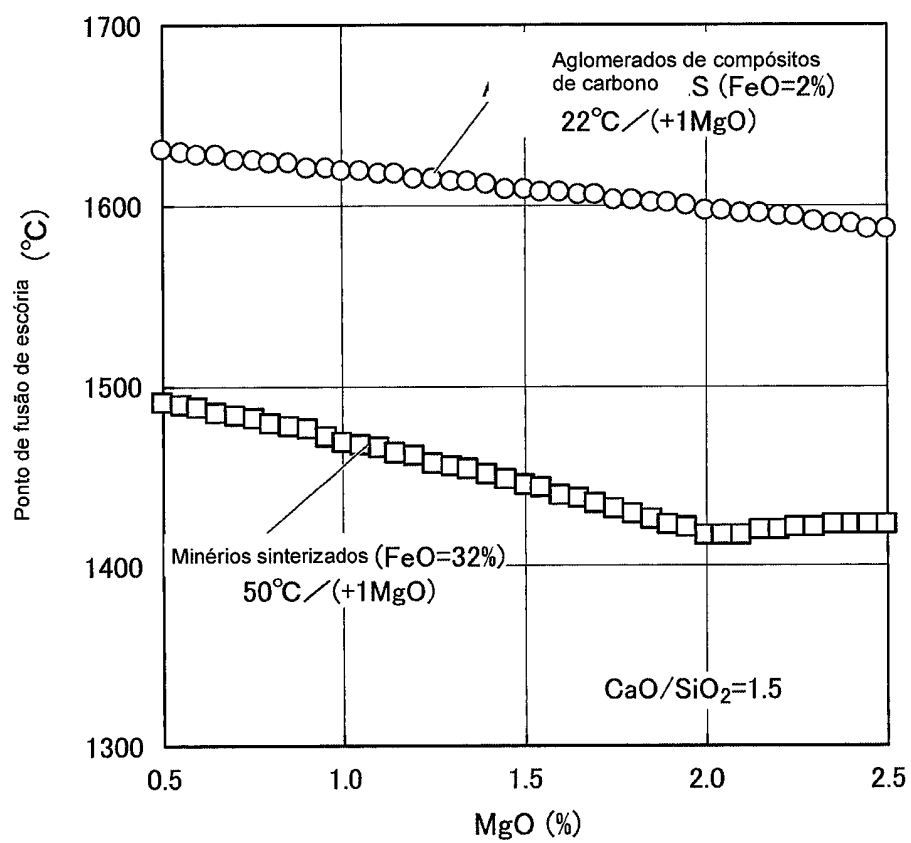


FIG. 4

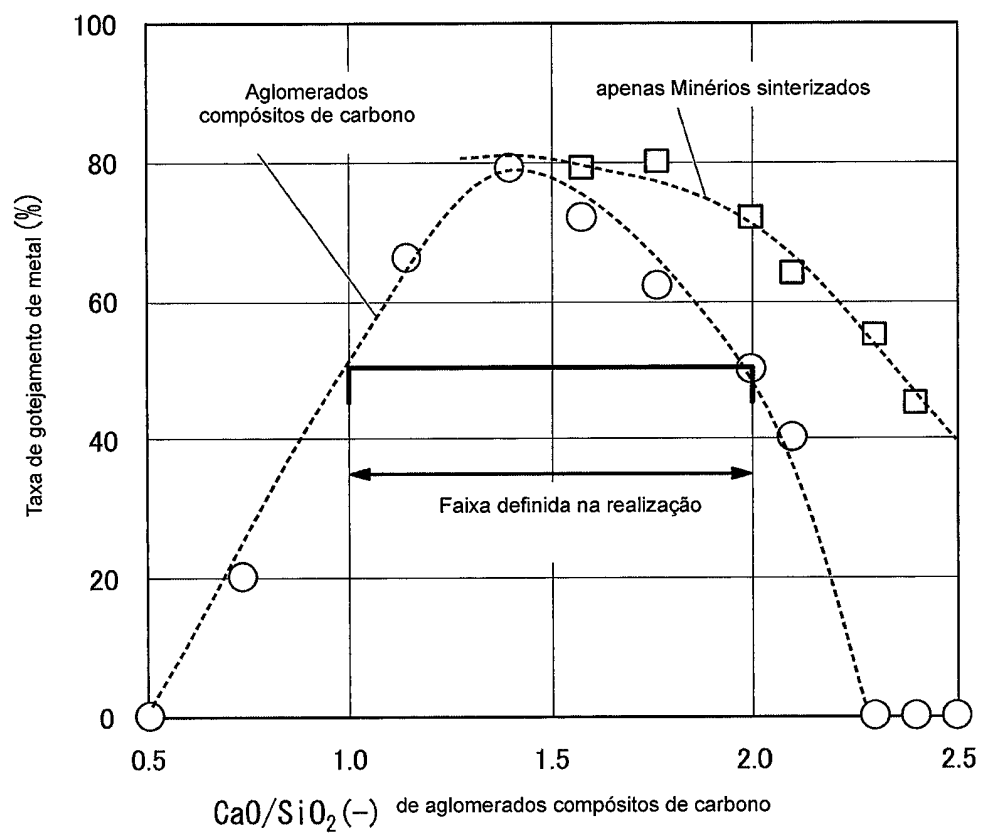


FIG. 5

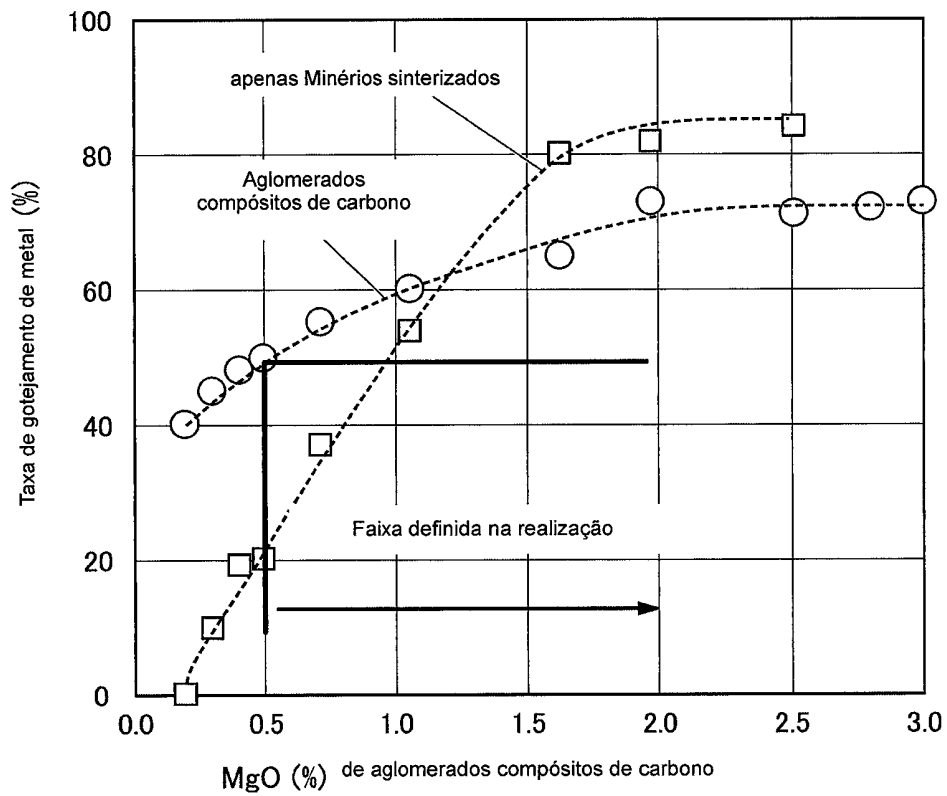


FIG. 6

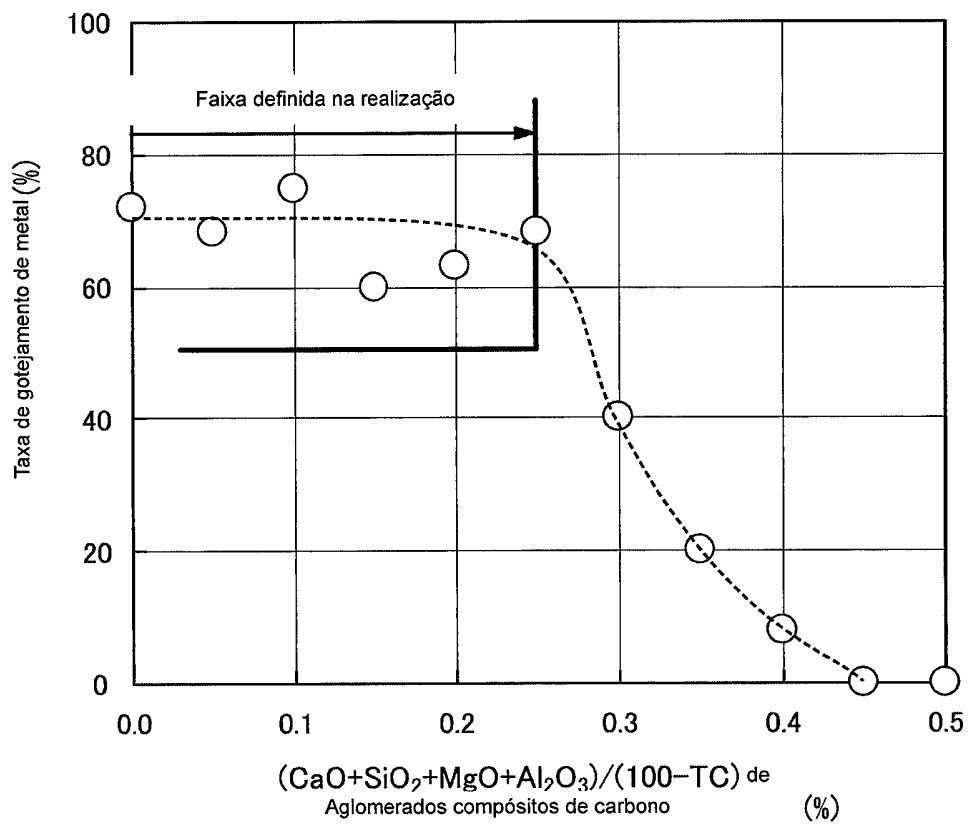


FIG. 7

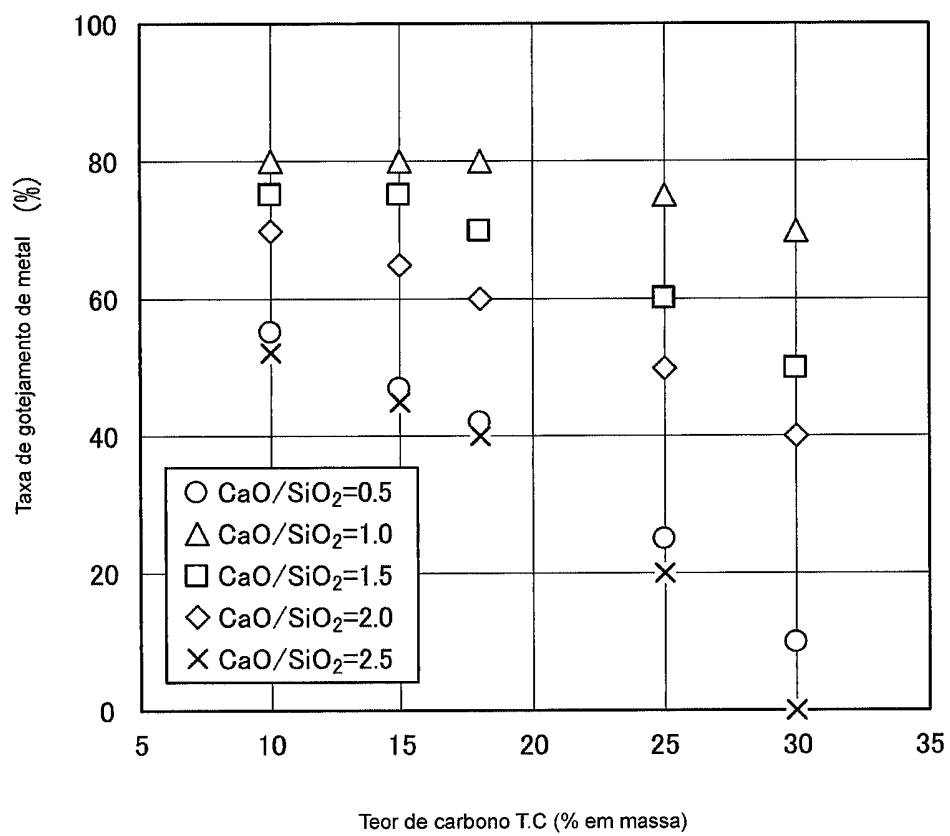


FIG. 8

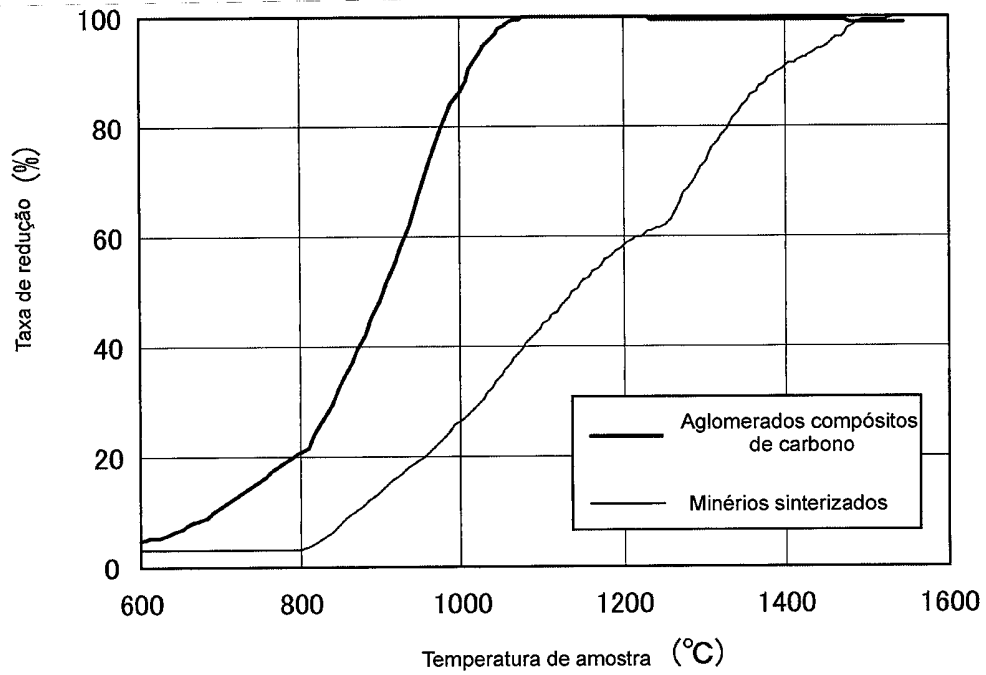


FIG. 9

