



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

**(11) BR 112012003768-4 B1**

**(22) Data do Depósito: 12/08/2010**

**(45) Data de Concessão: 05/06/2018**



---

**(54) Título:** AGLOMERADOS COMPÓSITOS DE CARBONO LIGADOS A FRIO PARA ALTOS FORNOS E O MÉTODO PARA A SUA FABRICAÇÃO

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

**(30) Prioridade Unionista:** 21/08/2009 JP 2009-192273

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

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

Relatório Descritivo da Patente de Invenção para  
**"AGLOMERADOS COMPÓSITOS DE CARBONO LIGADOS A FRIO  
PARA ALTOS FORNOS E O MÉTODO PARA A SUA  
FABRICAÇÃO".**

Campo Técnico

[001] A presente invenção refere-se a aglomerados contendo carbono não queimado (aglomerados compósitos de carbono ligados – frio) para altos fornos, que são produzidos por mistura e moldagem de matérias-primas não processadas contendo carbono e matérias-primas não processadas contendo ferro e então curando um corpo moldado. Particularmente a presente invenção refere-se a aglomerados compósitos de carbono ligados – frio (aglomerados de minério de ferro) tendo um teor de carbono (T.C.) em uma faixa de 18 a 25% em massa e uma porosidade em uma faixa de 20 a 30%.

[002] O presente pedido de patente reivindica prioridade sobre pedido de patente Japonês 2009-192273, depositado em 21 de agosto de 2009, o conteúdo do qual é aqui incorporado por referência.

Antecedentes da Técnica

[003] 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 e briquetes tendo diâmetros em uma faixa de 8 a 16 mm que são usados como matérias-primas não processadas para um alto forno.

[004] Como um método 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 pelletizador de disco ou semelhante para obter as pelotas.

[005] No método 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 reduzir a taxa de agente de redução em uma operação de alto forno.

[006] Por exemplo, de acordo com Documento Patente 1, um matéria-prima não processada contendo óxido de ferro e um material carbono baseado em carbono (material carbonáceo) são combinados, um ligante é adicionado, e a mistura 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 matéria-prima não processada contendo óxido de ferro para obter ferro metálico. Em adição, o ligante é selecionado de modo que a resistência a trituração em pressão normal torne-se de 7850 kN/m<sup>2</sup> 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.

[007] Entretanto, com relação aos aglomerados compósitos de carbono ligados a frio de Documento Patente 1, o teor de carbono é limitado para segurar 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 de modo de que a taxa de agente redutor seja reduzida, uma quantidade de absorção de calor devido a uma reação de desidratação do ligante no alto forno se torna grande. Pelo que, uma zona reserva térmica de baixa temperatura é formada. Há uma desvantagem em que desintegração de minérios sinterizados (sinterizado de minério de ferro) durante redução é facilitada pela zona de reserva térmica de baixa temperatura.

[008] Em Documento Patente 2, uma atenção é dada ao fato de que tamanhos de partículas e teores de carbono de materiais de carbono (materiais carbonáceos) afetam grandemente resistência quente em uma área de redução de temperatura assim como resistência fria dos aglomerados compósitos de carbono ligados a frio.

[009] A partir de ponto de vista, Documento Patente 2 propõe um processo para fabricação de aglomerados compósitos de carbono ligados a frio para altos fornos tendo uma resistência de trituração fria de 50 kg/cm<sup>2</sup> ou mais. Este processo de fabricação inclui: adição de um ligante hidráulico a pulverizado fino de material contendo ferro que contem 40% em massa ou mais de ferro e pulverizado fino de material de carbono (material carbonáceo) que contem 10% em massa ou mais de carbono; misturando a mistura enquanto um teor de água é ajustado, e granulando. No processo de fabricação, os tamanhos de partículas de todos os matérias-primas não processadas são fixados para 2 mm ou menos, a razão de combinação do pulverizado fino de material de carbono (material carbonáceo) é ajustada de modo que a razão de carbono contido (T.C) em todos os matérias-primas não processadas torne-se em uma faixa de 15 a 25% em massa, e o tamanho médio do pulverizado fino de material de carbono (material carbonáceo) é fixado para estar em uma faixa de 100 a 150 micrometros.

[0010] Como descrito acima, com relação aos aglomerados

compósitos de carbono ligados a frio para altos fornos, aperfeiçoamento de teor de carbono, aperfeiçoamento da taxa de redução, e aperfeiçoamento de resistência fria e resistência quente (que afetam um grau de desintegração no forno) têm sido questões. Em adição, os aglomerados ligados a frio para altos fornos requerem um apropriado teor de água em processos de granulação e moldagem. Além disso, uma vez que a resistência do ligante baseado em cimento é desenvolvida por uma reação de hidratação, a quantidade de água combinada (água de cristalização) é maior que aquelas nos outros matérias-primas não processadas, e por isso, há uma desvantagem em que uma propriedade de arrebetamento no alto forno é pobre.

[0011] Por outro lado, pó de conversor gerado em trabalhos de ferro é coletado por uma aparelhagem de processamento de gás tipo não-combustão e o pó de conversor como matérias-primas não processadas de ferro é misturado com pulverizado de carbono, e pelotas são produzidas. As pelotas são parcialmente reduzidas em ferro reduzido em um forno de redução com soleira rotatória e são reutilizadas. O pó de conversor a ser coletado contém uma grande quantidade de água e tem uma pobre propriedade de manuseio e uma pobre propriedade de mistura com outros pulverizados. Por isso, o pó de conversor é secado e então é usado. Entretanto, ferro metálico tendo uma grande área de superfície específica está contido em um estado pulverizado fino no pó de conversor, e há um problema em que o ferro metálico reage com ar e gera calor devido a oxidação no caso onde o pó de conversor é excessivamente secado.

[0012] O Documento Patente 3 mostra um processo para reciclagem de pó de conversor. O processo inclui: mistura de pulverizado contendo óxido de ferro e pulverizado contendo carbono no pó de conversor que é coletado por um coletor de pó tipo não combustão de gás de conversão; ajuste de um teor de água da mistura

para 17 a 27% em massa; moldagem de mistura para produzir um corpo moldado tendo uma porosidade de 40 a 54%; e redução de corpo moldado através de um forno de redução com soleira rotatória. De acordo com este processo, geração de calor devido a oxidação de ferro metálico é prevenida, e uma satisfatória taxa de redução também pode ser obtida.

[0013] De acordo com este processo, há um efeito de prevenção de geração de calor devido a oxidação quando o corpo moldado é reduzido no forno de redução com soleira rotatória. Por isso, este processo não auxilia diretamente o aperfeiçoamento da propriedade de arrebentamento em um alto forno que tem diferentes condições de operação tal como uma temperatura de operação e semelhantes.

[0014] Em adição, Documento Patente 4 mostra um processo para redução de óxido de ferro através de uso de um forno de redução com soleira rotatória. Este processo inclui: colocação de um corpo moldado contendo óxido de metal e carbono sobre uma soleira móvel; e aquecimento de corpo moldado através de calor de gás de combustão de uma parte superior para realizar redução de queima. No processo, uma porosidade do corpo moldado contendo óxido férrico é ajustada para um valor específico. Através de ajuste de porosidade do corpo moldado para o valor específico, expansão de volume gerada em redução do óxido de ferro de hematita para magnetita é absorvida por buracos de ar. Por isso, redução estável com menos desintegração pode ser realizada.

[0015] Este método também é efetivo para prevenção de desintegração durante a redução do corpo moldado no forno de redução com soleira rotatória. Entretanto, este processo não auxilia diretamente prevenção de desintegração em um alto forno que tem diferentes condições de operação como uma temperatura de operação, padrão de redução, e semelhantes.

[0016] De modo a aperfeiçoar resistência de desintegração com relação a estouro devido a vapor de água, desintegração durante redução (desintegração devida a redução, desintegração de redução), e similares, uma capacidade de redução de óxido de ferro nos aglomerados compósitos de carbono ligados a frio, resistência de trituração fria, e resistência de trituração quente de modo a prover aglomerados compósitos de carbono ligados a frio para altos fornos capazes de realizar eficientes operações em alto forno, é necessário manter o teor de carbono nos aglomerados compósitos de carbono para altos fornos em um nível constante e fixar uma morfologia estrutural em detalhes para a porosidade.

[0017] Entretanto, se a porosidade é alta, gaseificação dos materiais carbonáceos e a taxa de redução do óxido de ferro são promovidas enquanto a resistência fria e resistência quente são degradadas. Em adição, se a porosidade é excessivamente baixa, há um problema em que a desintegração no forno tal como estouro devido a vapor d'água, desintegração durante redução, e semelhantes tornam-se mais notáveis.

#### Documento da Técnica Anterior

#### Documento Patente

Documento Patente 1: Pedido de patente não examinado Japonês, primeira publicação N<sup>o</sup> 2003-342646

Documento Patente 2: Pedido de patente não examinado Japonês, primeira publicação N<sup>o</sup> 2008-95177

Documento Patente 3: Pedido de Patente Não examinado Japonês, primeira publicação N<sup>o</sup> 2003-82418

Documento Patente 4: Pedido de patente não examinado Japonês, primeira publicação N<sup>o</sup> 2003-89813

#### Exposição da Invenção

#### Problemas a serem resolvidos pela invenção

[0018] A presente invenção tem por objeto especificar a porosidade e o teor de carbono de aglomerados compósitos de carbono que são apropriados para eficientes operações de alto forno; e pelo que, a presente invenção objetiva prover aglomerados compósitos de carbono ligados a frio para altos fornos que tornam possível realizar eficientes operações de alto forno, e um processo para fabricação dos mesmos.

#### Meios para solução dos problemas

[0019] Os presentes inventores examinaram uma porosidade e um teor de carbono de aglomerados compósitos de carbono para altos fornos. Como um resultado, os presentes inventores verificaram que é possível prover aglomerados compósitos de carbono ligados a frio capazes de obter as seguintes propriedades através de controle de condições de combinação e condições produção de modo que a porosidade se torne em uma faixa de 20 a 30% e o teor de carbono se torne em uma faixa de 18 a 25% em massa nos aglomerados compósitos de carbono ligados a frio.

(a) Excelente resistência desintegração com relação a arrebatamento devido a vapor d'água e desintegração durante redução (desintegração devido a redução, desintegração de redução)

(b) Alta capacidade de redução de óxido de ferro em aglomerados compósitos de carbono ligados a frio

(c) Promoção de redução para minérios de ferro periféricos (substância carregada baseada em ferro)

[0020] As condições de combinação a serem controladas são tamanhos de partículas (distribuições de tamanho de partículas) de matérias-primas não processadas, uma quantidade de pulverizado fino de carbono, uma quantidade de combinação de minérios tendo um alto teor de água combinada, uma quantidade de cimento, e semelhantes.

[0021] Aglomerados compósitos de carbono ligados a frio para

altos fornos de acordo com uma realização é fabricado através de mistura e amassamento de matérias-primas não processadas contendo ferro, matérias-primas não processadas 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 porosidade está em uma faixa de 20 a 30%.

[0022] Um método 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 e mistura e amassamento de matérias-primas não processadas contendo ferro, matérias-primas não processadas contendo carbono, e um ligante e moldando uma substância amassada para obter um corpo moldado; e obtenção de aglomerados compósitos de carbono ligados a frio através e subsequentemente cura de corpo moldado, onde na formação de corpo moldado, uma ou mais condições de combinação selecionadas do grupo consistindo em um teor de água nos matérias-primas não processadas, um tamanho de partícula dos matérias-primas não processadas, um quantidade de coques finos, uma quantidade de combinação de minérios tendo um alto teor de água combinada, e uma quantidade de combinação de ligante são ajustadas de modo que um teor de carbono (T.C) esteja em uma faixa de 18 a 25% em massa e uma porosidade esteja em uma faixa de 20 a 30% nos aglomerados compósitos de carbono ligados a frio.

#### Efeitos da Invenção

[0023] Os aglomerados compósitos de carbono ligados a frio para altos fornos de acordo com uma realização da presente invenção Têm suficiente teor de carbono de modo a aperfeiçoar não somente uma taxa de redução dos aglomerados compósitos de carbono ligados a frio, mas também taxas de redução de principais matérias-primas não

processadas contendo ferro para altos fornos como minérios sinterizados (sinterizado de minério de ferro) e similares. Além disso, a resistência de trituração fria de 100 kg/cm<sup>2</sup> ou mais que é requisitada para matérias-primas não processadas para altos fornos é mantida, e resistência quente em uma região de temperatura de redução é superior àquela de aglomerados de minério de ferro convencionais.

[0024] Por isso, é possível suprimir desintegração dos aglomerados compósitos de carbono ligados a frio tal como arrebentamento devido a vapor d'água, desintegração durante redução, e similares nas operações de alto forno. Em adição, é possível reduzir grandemente a taxa de agente redutor (razão de coques) durante operações de alto forno. Como um resultado, eficientes operações de alto forno podem ser realizadas.

[0025] Uma vez que um processo não sinterização (sem queima) é aplicado ao processo para fabricação de aglomerados compósitos de carbono ligados a frio para altos fornos de acordo com uma realização da presente invenção, é possível economizar energia e reduzir CO<sub>2</sub> como comparado com um processo de sinterização (queima). Em adição, é possível reciclar pós gerados no processo de fabricação de ferro como matérias-primas não processadas contendo ferro e materiais de carbono (materiais carbonáceos) através de um processo relativamente simples e barato.

#### Breve Descrição dos Desenhos

[0026] A figura 1 é um diagrama mostrando relações entre graus de porosidades e desintegração durante redução de aglomerados de compósitos de carbono ligados a frio.

[0027] A figura 2 é um diagrama mostrando relações entre porosidades e propriedades de arrebentamento de aglomerados de compósito de carbono ligados a frio.

[0028] A figura 3 é um diagrama mostrando uma relação entre um

grau de desintegração durante redução e um valor K superior de aglomerados compósitos de carbono ligados a frio.

[0029] A figura 4 é um diagrama mostrando relações entre teores de carbono (T.C) e propriedades de arrebatamento de aglomerados compósitos de carbono ligados a frio.

[0030] A figura 5 é um diagrama mostrando uma relação entre uma propriedade de arrebatamento e um valor K superior de aglomerados compósitos de carbono ligados a frio.

[0031] A figura 6 é um diagrama mostrando relações entre porosidades e resistências de trituração fria de aglomerados compósitos de carbono ligados a frio com diferentes teores de carbono.

[0032] A figura 7 é um diagrama mostrando relações entre porosidades e taxas de agente redutor em um forno BIS de aglomerados compósitos de carbono ligados a frio com diferentes teores de carbono.

[0033] A figura 8 é um diagrama mostrando relações entre porosidades e as taxas de redução a 1000°C de aglomerados compósitos de carbono ligados a frio com diferentes teores de carbono.

#### Melhor Modo Para Realização da Invenção

[0034] Os aglomerados compósitos de carbono ligados a frio para altos fornos da presente realização são produzidos através de um processo no qual matérias-primas não processadas contendo ferro, matérias-primas não processadas 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 a porosidade está em uma faixa de 20 a 30%. Pelo que, é possível suprimir desintegração dos aglomerados compósitos de carbono

ligados a frio tal como arrebentamento devido a vapor d'água, desintegração durante redução, e semelhantes em operações de alto forno e a taxa de agente de redução em um alto forno também pode ser reduzida.

[0035] Nesta realização, o teor de carbono (T.C) dos aglomerados compósitos de carbono ligados a frio é fixado para estar em uma faixa de 18 a 25% em massa.

[0036] Como será descrito mais tarde em Exemplos, no caso onde o teor de carbono (T.C) excede 25% em massa, não é possível manter a resistência de trituração fria mínima que é necessária para uso em um alto forno (figura 6). Em adição, uma propriedade de arrebentamento torna-se notável, e torna-se impossível a realização de operações estáveis em um real alto forno (figuras 4 e 5).

[0037] No caso onde o teor de carbono (T.C) é menos que 18% em massa, um efeito de aperfeiçoamento de taxa de redução torna-se pequeno (figuras 7 e 8). Por isso não é possível obter o efeito de aperfeiçoamento de operações de alto forno.

[0038] O teor de carbono (T.C) dos aglomerados compósitos de carbono ligados a frio está preferivelmente em uma faixa de 20 a 23% em massa, e mais preferivelmente em uma faixa de 22 a 23% em massa.

[0039] Nesta realização, a porosidade dos aglomerados compósitos de carbono ligados a frio é fixada para estar em uma faixa de 20 a 30%.

[0040] Como será descrito mais tarde nos Exemplos, no caso onde a porosidade é menos que 20%, o efeito de aperfeiçoamento de taxa de redução é limitado (figuras 7 e 8). Em adição, o grau de desintegração no alto forno é aumentado e podem haver casos onde o grau de desintegração excede o limite superior requerido para os matérias-primas não processadas usados no alto forno (figura 1).

[0041] No caso onde a porosidade excede 30%, o efeito de aperfeiçoamento de taxa de redução é saturado (figuras 7 e 8). Em adição, a resistência de trituração fria é diminuída, e torna-se impossível manter a resistência de trituração a frio mínima que é necessária para uso no alto forno (figura 6).

[0042] A porosidade dos aglomerados compósitos de carbono ligados a frio está preferivelmente em uma faixa de 23 a 27%, e mais preferivelmente em uma faixa de 24 a 26%.

[0043] O método 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 matérias-primas não processadas contendo ferro, matérias-primas não processadas contendo carbono, e um ligante são misturados e amassados, e uma substância amassada é moldada para obter o corpo moldado, e uma etapa de subsequente cura de corpo moldado. Na formação do corpo moldado, uma ou mais condições de combinação selecionadas de um grupo consistindo em um teor de água nos matérias-primas não processadas, um tamanho de partícula dos matérias-primas não processadas, uma quantidade de coques finos (coques pulverizados finos), uma quantidade de combinação de minérios tendo um alto teor de água combinado, e uma quantidade de combinação de ligante são ajustadas de modo que o teor de carbono (T.C) encontra-se em uma faixa de 18 a 25% em massa e a porosidade encontra-se em uma faixa de 20 a 30% nos aglomerados compósitos de carbono ligados a frio.

[0044] Como os matérias-primas não processadas contendo ferro usados nesta realização, um pó de sinterização gerado em processo de fabricação de ferro, um pó contendo ferro tal como um pó queimado obtido por lama contendo óleo de queima, minérios de ferro finos como uma pelota de alimentação ou semelhantes tendo tamanhos de

partículas menores que aqueles de minério de ferro pulverizado para sinterização, minérios tendo um alto teor de água combinada que contêm uma grande quantidade de água combinada (água de cristalização), e semelhantes são exemplificados.

[0045] Como os matérias-primas não processadas contendo carbono usados na realização, um pó primário de alto forno, um pó de coque, coques finos, antracita, são exemplificados.

[0046] Na realização, "teor de água em matérias-primas não processadas" é também referido como água livre e significa um teor de água incluída em matérias-primas não processadas em um corpo moldado bruto após moldagem (antes de cura). Através de aumento de teor de água nos matérias-primas não processadas, é possível aumentar a porosidade. Entretanto, se o teor de água nos matérias-primas não processadas é excessivamente alto, o grau de desintegração (propriedade de arrebentamento) torna-se maior. Por isso, é preferível ajustar o teor de água nos matérias-primas não processadas dentro de uma faixa de 8 a 15%.

[0047] Na realização, o tamanho de partícula dos matérias-primas não processadas significa um valor médio pesado de tamanhos medianos de massa d50 dos matérias-primas não processadas contendo ferro e os matérias-primas não processadas contendo carbono a serem usados. Através de redução de tamanho de partícula dos matérias-primas não processadas, é possível diminuir a porosidade. Entretanto, no caso onde o tamanho de particulados matérias-primas não processadas é excessivamente pequeno, o grau de desintegração (propriedade de arrebentamento) torna-se maior, e problemas tais como adesão no momento de produção e semelhantes ocorrem. Por isso, é preferível ajustar o valor médio pesado dos tamanhos medianos de massa d50 dentro de uma faixa de 10 a 50 micrometros.

[0048] Na realização, os coques finos significam coques pulverizados finos tendo um tamanho mediano de massa d50 de 100 micrometros ou menos. Através de aumento de quantidade dos coques finos como os matérias-primas não processadas contendo carbono, é possível aumentar a porosidade. Entretanto, se a quantidade de coques finos é excessivamente pequena, ocorre um problema em que o grau de desintegração (propriedade de arrebetamento) torna-se maior. Por isso, é preferível ajustar a quantidade de coques finos dentro de uma faixa de 10 a 30%.

[0049] Na realização, os minérios tendo um alto teor de água combinada significam minérios que contêm 5% ou mais de água combinada (água de cristalização) tais como Robe River, Yandicoogina, Marra Mamba, ou semelhantes. Através de aumento de quantidade dos minérios tendo um alto teor de água combinada, é possível aumentar a porosidade dos aglomerados compósitos de carbono ligados a frio. Entretanto, se a quantidade de minérios tendo um alto teor de água combinada é excessivamente grande, o grau de desintegração (propriedade de arrebetamento) torna-se maior. Por isso, é preferível ajustar a quantidade de combinação dos minérios tendo um alto teor de água combinada dentro de uma faixa de 5 a 20%.

[0050] 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 de aditivo) 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 a frio 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 de forno torna-se instável. Pelo que, não é possível obter estavelmente um efeito de redução de taxa de agente redutor. A partir dos pontos de vista acima, uma faixa particularmente preferível da quantidade de combinação de ligante está em uma faixa de 5 a 19% em massa.

[0051] Na etapa de formação de corpo moldado, os matérias-primas não processadas contendo ferro e os matérias-primas não processadas contendo carbono cortados a partir de uma tremonha de matéria-prima não processada são carregados e misturados com um ligante tal como cimento ou semelhante em um moinho de bolas úmido, um misturador Lödige, ou semelhantes. A seguir, água é adicionada, e então, a mistura é amassada. A substância amassada dos matérias-primas não processadas obtida após suficiente amassamento é moldada por um pelletizador Pan, uma máquina de briquete, ou semelhantes. Então, na etapa de cura de corpo moldado, o corpo moldado é curado no sol por vários dias até a resistência necessária para manuseio aparecer em um terreno de cura primária. A seguir, o corpo moldado é curado no sol em um terreno de cura secundária para permitir suficientemente a resistência devida ao ligante tal como cimento ou semelhante surgir. Pelo que, os aglomerados compósitos de carbono ligados a frio para altos fornos são produzidos. Então, os aglomerados compósitos de carbono ligados a frio para alto forno são supridos para, e usados no alto forno.

[0052] Na presente realização, é possível fixar o teor de carbono (T.C) para estar em uma faixa de 18 a 25% em massa e fixar a porosidade para estar em uma faixa de 20 a 30% dos aglomerados

compósitos de carbono ligados a frio através de ajuste de processos de produção (pelotas, briquetes) e condições de combinação (um teor de água em matérias-primas não processadas, um tamanho de partícula de matérias-primas não processadas, uma quantidade de coques finos, uma quantidade de combinação de minérios tendo um alto teor de água combinada, e uma quantidade de combinação de ligante). Particularmente, é possível assim fazer através de ajuste de uma ou mais condições de combinação selecionadas do grupo consistindo em um teor de água em matérias-primas não processadas, um tamanho de partícula de matérias-primas não processadas, uma quantidade de coques finos, uma quantidade de combinação de minérios tendo um alto teor de água combinada, e uma quantidade de combinação de ligante.

[0053] Embora um corpo moldado em pelota seja mais poroso que um corpo moldado em briquete, qualquer um dos mesmos pode ser selecionado dependendo das condições de matérias-primas não processadas.

[0054] Como descrito acima, quanto maior a quantidade de combinação de cimento (quantidade de combinação de ligante) é, mais finos se tornam os aglomerados compósitos de carbono ligados a frio. Se um do teor de água em matérias-primas não processadas, a quantidade de pulverizado fino de carbono (quantidade de coques finos), ou a quantidade de combinação de minérios tendo um alto teor de água combinada aumenta, a porosidade aumenta. Entretanto, é preferível ajustar os mesmos em consideração de rendimento de moldagem, adesão no momento de produção, e constituintes de produtos.

[0055] Embora carbono nos aglomerados compósitos de carbono ligados a frio da presente realização reduza óxido de ferro nos aglomerados compósitos de carbono ligados a frio, excesso de

carbono ainda reduz minérios de ferro na periferia no alto forno. Da mesma maneira, é possível aperfeiçoar a taxa de redução (figuras 7 e 8).

[0056] Em operações sequenciais do alto forno, gás CO (gás de redução) reduz minérios de ferro enquanto elevando-se a partir de uma camada inferior para uma camada superior no alto forno. Entretanto, no caso onde o alto forno foi operado somente com o uso de coques como um material de redução, força de redução do gás de redução é enfraquecida na parte de camada superior das camadas de minério, e existiram casos onde redução de minérios não procede suficientemente.

[0057] Por outro lado, quando os aglomerados compósitos de carbono ligados a frio da presente realização são usados, é possível aperfeiçoar grandemente a eficiência de redução particularmente na camada superior das camadas de minério devido à presença dos aglomerados compósitos de carbono ligados a frio da presente realização junto com os minérios de ferro no alto forno. Uma vez que é possível aperfeiçoar grandemente a eficiência de redução na camada superior das camadas de minério nas quais a redução é difícil proceder, a eficiência de redução do alto forno inteiro é grandemente aperfeiçoada. Por isso, é possível reduzir uma quantidade maior de materiais de redução que a quantidade de coques que é a mesma como o excesso de quantidade de carbono nos aglomerados compósitos de carbono ligados a frio da presente realização (figura 7).

[0058] Em adição, uma vez que a eficiência de redução do alto forno inteiro pode ser grandemente aperfeiçoada, é possível reduzir a taxa de agente redutor em relação às operações de alto forno, o que também inclui carvão pulverizado injetado através de uma ventaneira. Uma vez que a taxa de agente redutor pode ser reduzida, também é possível reduzir a quantidade de CO<sub>2</sub> gerada no processo de

fabricação de ferro e pelo que reduzir carga ambiental.

### Exemplos

[0059] Daqui por diante, serão dadas descrições de realizações da presente invenção baseadas em específicos Exemplos. Estas são somente realizações, e a presente invenção não é limitada às mesmas.

(Exemplo 1)

(Produção de aglomerados compósitos de carbono ligados a frio)

[0060] Matérias-primas não processadas contendo ferro, matérias-primas não processadas contendo carbono, e um ligante foram usados, e mistura, adição de água, amassamento, moldagem (granulação) foram realizadas enquanto ajustando as quantidades de combinação de matérias-primas não processadas, um tamanho de partícula, e um teor de água como mostrado na Tabela 1 para produzir aglomerados compósitos de carbono ligados a frio.

[0061] Com relação aos aglomerados compósitos de carbono ligados a frio obtidos, porosidades foram medidas através de um processo de água (baseado em JIS K2151) no qual deslocamento de água foi realizado para medir um peso específico aparente.

Tabela 1

		Exemplo Inventivo 1	Exemplo Inventivo 2	Exemplo Inventivo 3	Exemplo Comparativo
Matérias-primas não processadas contendo ferro (% em massa)		75	63	71	65
Detalhes	Pó de sinterização (% em massa)	55	40	35	30
	Minérios de ferro finos (% em massa)	10	5	30	10
	Minérios tendo um alto teor de água combinada (% em massa)	10	18	6	25
Marca de minérios tendo alto teor de água combinada		Robe River	Yandi-coogina	Marra Mamba	Robe River
Matérias-primas não processadas contendo carbono (% em massa)		15	29	11	31
Detalhes	Pó primário de alto forno (% em massa)	0	1	0	12
	Pó de coque (% em massa)	1	0	0	8
	Coques finos (% em massa)	12	27	11	8
	Antracita (% em massa)	2	1	0	3
Ligante (% em massa)		10	8	18	4
Detalhes	Escória de alto forno granulada	2	0	4	0
	Cimento Portland	8	7	12	4
	Bentonita	0	1	2	0
Quantidade total de materiais em bruto combinados (% em massa)		100	100	100	100
Teor de água em materiais em bruto (% em massa)		12	14	9	16
Tamanho de partículas de matérias-primas não processadas, d50 (µm)		20	35	12	55
Aglomerados compósitos de carbono ligados a frio	Teor de carbono (% em massa)	20	24	19	26
	Porosidade (%)	25	29	21	31

[0062] A Tabela 1 mostra tipos específicos dos matérias-primas não processadas contendo ferro usados, os tipos de matérias-primas não processadas contendo carbono, os teores de água em matérias-primas não processadas, os tamanhos de partículas dos matérias-primas não processadas (valores médios), os tipos de as quantidades de combinação dos minérios incluindo água combinada (água de cristalização), os tipos e as quantidades de combinação dos ligantes, os teores de carbono e as porosidades dos aglomerados de compósitos de carbono ligados a frio.

[0063] Foi verificado que os aglomerados de compósitos de carbono ligados a frio da realização podem ser produzidos através de ajuste de teor de água em matérias-primas não processadas, o tamanho de partícula de matérias-primas não processadas, a quantidade de combinação de minérios tendo um alto teor de água combinado, e a quantidade de ligante dentro da faixa mostrada na Tabela 1.

[0064] Aqui, não é necessário limitar o equipamento de granulação, e qualquer equipamento de granulação com funções de amassamento de matérias-primas não processadas, adição de água, granulação e peneiramento de um corpo moldado é aplicável e uma máquina de amassamento, um granulador, e semelhantes não são particularmente limitados.

(Exemplo 2)

(Influência de Porosidade)

[0065] Aglomerados compósitos de carbono ligados a frio tendo diferentes porosidades foram preparados para examinar a influência de porosidade sobre um fenômeno de desintegração dos aglomerados compósitos de carbono ligados a frio no forno.

[0066] Os matérias-primas não processadas contendo ferro e os matérias-primas não processadas contendo carbono que foram os mesmos como aqueles no Exemplo 1 foram fraturados e misturados

com cimento (ligante). A mistura foi amassada, e uma substância amassada foi moldada. O corpo moldado obtido foi curado por um período predeterminado para produzir aglomerados compósitos de carbono ligados a frio tendo um teor de carbono (T.C) de 15% em massa ou 25% em massa.

[0067] Aqui, as quantidades de combinação dos materiais em bruto contendo ferro e os materiais em bruto contendo carbono foram fixadas para valores constantes, e a pressão de moldagem para moldagem de compressão e a quantidade de cimento foram ajustadas para produzirem aglomerados compósitos de carbono ligados a frio tendo uma porosidade de 5%, 10%, 15%, 20%, 25%, 30%, 35%, ou 40%. Em adição, através de ajuste fino de marca dos matérias-primas não processadas contendo carbono de acordo com a mudança na quantidade de combinação de cimento, o teor de carbono foi feito ser constante em 15% em massa ou 25% em massa.

[0068] Uma propriedade de desintegração (propriedade de desintegração durante redução) foi avaliada através do seguinte processo no qual um teste para desintegração durante redução (JIS M8720) foi aplicado. A temperatura de uma amostra de 500 g foi elevada em N<sub>2</sub> e mantida em 550°C em gás de redução contendo 30% de CO por um período predeterminado. Neste momento, um tempo de redução a 550°C foi fixado para 1 minuto, 10 minutos, 30 minutos, ou 60 minutos; e pelo que, amostras para medição foram produzidas. Então, impacto de rotação de 900 rotações foi aplicado à amostra para medição em uma máquina de teste de rotação. A razão de partículas tendo tamanhos de 2,8 mm ou menos na amostra para medição após aplicação de impacto de rotação (grau de desintegração (-2,8 mm%)) foi medida, e a propriedade de desintegração durante redução foi avaliada baseado no grau de desintegração (-2,8 mm%). Os resultados para os aglomerados compósitos de carbono ligados a frio

tendo o teor de carbono (T.C) de 25% em massa são mostrados na Tabela 2 e figura 1. Aqui, o grau de desintegração (-2,8 mm%) medido através de aplicação de teste para desintegração durante redução também será referido como o grau de desintegração durante redução neste relatório descritivo.

Tabela 2

Propriedade de desintegração durante redução (grau de desintegração durante redução); Grau de Desintegração (-2,8 mm %)				
Porosidade (%)	Tempo de Redução (minutos)			
	1 minuto	10 minutos	30 minutos	60 minutos
5,1%	10	20	40	80
10%	7,5	15	30	60
15,6%	6,25	12,5	25	50
20,2%	5	10	20	40
24,8%	4,75	9,5	19	38
30%	4.5	9	18	36
33.9%	4	8	16	32
39.4%	3,75	7,5	15	30

[0069] Em adição, a propriedade de arrebatamento no alto forno, que é a maior fraqueza dos aglomerados ligados a frio, também foi avaliada.

[0070] A propriedade de arrebatamento foi medida através do seguinte processo com referência a um processo teste de crepitação de minérios de ferro (ISO 8371): Minério de ferro – Determinação de índice de descrição). 500 g de uma amostra foram rapidamente aquecidos para a temperatura máxima de 700°C em N<sub>2</sub>. Neste momento, de modo a examinar a influência de velocidade de aquecimento (velocidade de elevação de temperatura), a velocidade de aquecimento foi fixada para 5°C / minuto, 50°C / minuto, 500°C /

minuto, ou 1000°C / minuto; e pelo que, amostras para a medição foram produzidas. Então, a razão de partículas tendo tamanhos de 6,3 mm ou menos na amostra para medição (grau de desintegração (-6,3 mm%)) foi medida, e o grau de desintegração foi avaliado como a propriedade de arrebetamento. Os resultados para os aglomerados compósitos de carbono ligados a frio tendo o teor de carbono (T.C) de 15% em massa são mostrados na Tabela 3 figura 2.

Tabela 3

Propriedade de arrebetamento; Grau de desintegração (-6,3 mm%)				
Porosidade (%)	Velocidade de elevação de temperatura (°C/minuto)			
	5°C/minuto	50°C/minuto	500°C/minuto	1000°C/minuto
5,1%	10	20	40	80
10%	10	20	40	80
15,6%	8,75	17,5	35	70
20,2%	7,5	15	30	60
24,8%	6,875	13,75	27,5	55
30%	6,25	12,5	25	50
33,9%	5,625	11,25	22,5	45
39,4%	5	10	20	40

[0071] Em geral, um fenômeno de desintegração causado por geração de gás devido a evaporação e gaseificação de água contida e água combinada (água de cristalização) (derivada de minérios de ferro e cimento) é chamado arrebetamento. Em adição, um fenômeno de desintegração causado por geração de folga, expansão de volume, e tensão interna que ocorre em conexão com a redução é chamado desintegração durante redução. No presente relatório descritivo, os inventores têm por alvo definir condições através de consideração de grau de desintegração no forno independente das causas dos fenômenos; e por isso, "desintegração" pode ser usada para ambas

em alguns casos na descrição que se segue.

[0072] Referindo-se a figura 1, pode ser entendido que o tempo de redução tem uma grande influência enquanto o grau de desintegração é pretendido ser diminuído quando a porosidade é aumentada. A desintegração durante redução é causada por expansão de volume e tensão interna no momento de redução a partir de hematita para magnetita, e a desintegração mais ativa é observada ao redor de 550°C. Por esta razão, é conhecido que a desintegração durante redução depende de tempo de residência ao redor de 550°C. Ou seja, na redução em temperaturas de 550°C ou mais, a desintegração é de fato diminuída. Por isso, o tempo de residência em 550°C assim como a porosidade afetam a desintegração durante redução.

[0073] No forno de redução com soleira rotatória, a velocidade de elevação de temperatura é de 1000°C / minuto que é alta, e o tempo de residência em 550°C é de cerca de 1 minuto. Por isso, a desintegração durante redução é pequena em escala. Por outro lado, no alto forno, o tempo de residência a 550°C está em uma faixa de 10 minutos (parte central) a 60 minutos (parte periférica); e por isso, existe um problema de que a taxa de desintegração durante redução torna-se maior.

(Exemplo 3)

(Faixa permissível de grau de desintegração durante redução)

[0074] De modo a realizar operações estáveis em um alto forno real, é necessário fixar um valor K superior estando na faixa de 0,4 ou menos em geral. A partir do limite superior do valor superior de K, uma faixa permissível do grau de desintegração durante redução dos aglomerados compósitos de carbono ligados a frio foi examinada.

[0075] As quantidades de combinação de matérias-primas não processadas foram ajustadas de modo que o teor de carbono (T.C)

tornou-se 25% em massa, e aglomerados compósitos de carbono ligados a frio tendo diferentes porosidades foram produzidos na mesma maneira como no Exemplo 2.

[0076] Os graus de desintegração (-2,8 mm%) foram medidos na mesma maneira como no processo de avaliação para a propriedade de desintegração durante redução no Exemplo 2.

[0077] Em adição, de modo a avaliar permeabilidade de ar de uma parte de eixo durante uso do alto forno, os valores de K superiores foram medidos através do seguinte processo. Em um alto forno tendo um volume interno de 4500 m<sup>3</sup>, vários tipos de aglomerados compósitos de carbono ligados a frio tendo diferentes porosidades (por exemplo, graus de desintegração) foram usados para realização de testes de curto período. Aglomerados compósitos de carbono ligados a frio em um teor de 10% em peso do teor total de substâncias carregadas baseadas em ferro foram misturados e carregados em uma camada de minério. De acordo com especificações de operação para o alto forno sob condições de base, a taxa de agente redutor foi de 480 kg/tp, e uma razão em peso entre minérios e coque foi de 5,0. Um valor de resistência de fluxo de ar (valor K superior) na parte superior do eixo foi calculada a partir de um valor de medição de uma sonda de pressão instalada sobre uma parede de forno. Os resultados obtidos são mostrados na Tabela 4 e figura 3.

Tabela 4

Porosidade (%)	Grau de desintegração durante redução (-2,8mm%)	Valor K superior (-)
5,1	22	0,3
10	39	0,39
15,6	50	0,45
20.2	55	0,51
24,8	58	0,52

30	43	0,43
33,9	20	0,28
39,4	25	0,35

[0078] A figura 3 mostra uma relação entre o grau de desintegração e o valor K superior dos aglomerados compósitos de carbono ligados a frio. Como descrito acima, de modo a realizar operações estáveis no alto forno real, é necessário fixar o valor K superior para estar em uma faixa de 0,4 ou menos. A partir da relação entre o grau de desintegração (grau de desintegração durante redução) e o valor K superior dos aglomerados compósitos de carbono ligados a frio mostrados na figura 3, pode ser entendido que com relação aos aglomerados compósitos de carbono ligados a frio tendo o teor de carbono de 25% em peso, o valor K superior é elevado para acima de 0,4 e torna-se difícil realizar operações estáveis quando o grau de desintegração (grau de desintegração durante redução) excede 40%. Por isso, é importante diminuir o grau de desintegração (grau de desintegração durante redução) para 40% ou menos para os aglomerados compósitos de carbono ligados a frio tendo o teor de carbono de 25% em peso.

[0079] Referindo-se a figura 1, os graus de desintegração são valores relativamente baixos no caso onde as porosidades estão em uma faixa de 20% ou mais. Por outro lado, os graus de desintegrações são limitados em 20% e subitamente aumentaram quando as porosidades estão em uma faixa de 20% ou mais. Particularmente, esta tendência é notável no caso onde o tempo de redução é de 30 minutos ou mais. Por outro lado, no caso onde a porosidade é fixada para uma faixa de 20% ou mais, é possível suprimir o grau de desintegração (grau de desintegração durante redução) para 40% ou menos mesmo no caso onde o tempo de redução é de 60 minutos. Isto é considerado ser devido a tensão interna causada pela expansão de

volume dos aglomerados compósitos de carbono ligados a seco ser dispersada devido a buracos de ar quando a porosidade é aumentada e pelo que a desintegração durante redução é considerada ser suprimida. Da mesma maneira, de modo a resolver o problema da desintegração (desintegração durante redução) dos aglomerados compósitos de carbono ligados a frio para altos fornos, é necessário fixar o tempo de redução para ser tão curto quanto possível e fixar a porosidade para estar em uma faixa de 20% ou mais.

[0080] Referindo-se a figura 2, a desintegração (propriedade de arrebatamento) tende a ser reduzida quando a porosidade é aumentada; entretanto, a influência da velocidade de elevação de temperatura é notável. Isto é considerado ser porque a quantidade de geração e a quantidade de descarga de vapor d'água não são balanceadas dentro de amostra por tempo quando a velocidade de elevação de temperatura é maior e pelo que a pressão interna é aumentada. No forno de redução com soleira rotatória, a velocidade de elevação de temperatura é de 1000°/minuto a qual é alta, e os aglomerados compósitos de carbono ligados a seco explodem facilmente. Por outro lado, a velocidade de elevação de temperatura no alto forno está em uma faixa de 5°C/minuto (parte periférica) a 50°C (parte central). Por isso, com referência a figura 2, é possível considerar que o problema de desintegração (propriedade de arrebatamento) não ocorre quando os aglomerados compósitos de carbono ligados a frio tendo o teor de carbono de 15% em massa são usados no alto forno.

(Exemplo 4)

(Influência de teor de carbono)

[0081] A seguir, a influência do teor de carbono |(T.C) de aglomerados compósitos de carbono ligados a frio foi examinada.

[0082] Os aglomerados compósitos de carbono ligados a frio tendo

diferentes teores de carbono (T.C) e porosidades foram preparados para examinar a influência do teor de carbono (T.C) sobre a desintegração (propriedade de arrebentamento).

[0083] Na mesma maneira como no processo para Exemplo 2 sendo que as quantidades de combinação dos matérias-primas não processadas contendo ferro e os matérias-primas não processadas contendo carbono, pressão de moldagem para moldagem de compressão, e a quantidade de cimento foram ajustadas, aglomerados compósitos de carbono ligados a frio foram produzidos nos quais o teor de carbono (T.C) foi de 15% em massa, 18% em massa, 25% em massa, ou 30% em massa e a porosidade foi de 10%, 20%, 30%, ou 40%.

[0084] Da mesma maneira como no processo de avaliação para a propriedade de arrebentamento no Exemplo 2 exceto que a velocidade de aquecimento (velocidade de elevação de temperatura) foi fixada para 50°C/minuto, os graus de desintegrações (-6,3 mm%) foram medidos para avaliar as propriedades de arrebentamento. Aqui, a velocidade de aquecimento de 50°C / minuto é a condição de elevação de temperatura mais severa no alto forno. Os resultados obtidos são mostrados na Tabela 5 e figura 4.

Tabela 5

Propriedade de Arrebentamento; Grau de Desintegração (-6,3mm%)				
Teor de Carbono (% em massa)	Porosidade (%)			
	10%	20%	30%	40%
15	20	15	10	5
18	30	20	15	10
25	40	30	25	20
30	50	35	30	25

[0085] Como mostrado na figura 4, pode ser entendido que a desintegração devido a arrebentamento é aumentada quando o teor

de carbono (T.C) nos aglomerados compósitos de carbono ligados a frio é aumentado. Isto é considerado ser devido a resistência de matriz dos aglomerados compósitos de carbono ligados a frio ser diminuída quando o teor de carbono (T.C) é aumentado e pelo que resistência contra a pressão de gás gerado internamente é diminuída. Por isso é necessário considerar a propriedade de arrebetamento no caso onde o teor de carbono (T.C) está em uma faixa de 18% em massa ou mais como na realização.

(Exemplo 5)

(Faixa permissível de propriedade de arrebetamento)

[0086] Como descrito acima, é necessário fixar o valor K superior para estar em uma faixa de 0,4 ou menos de modo a realizar operações estáveis no real alto forno. A partir de limite superior do valor K superior, a faixa permissível para a propriedade de arrebetamento dos aglomerados compósitos de carbono ligados a frio foi examinada.

[0087] Na mesma maneira como no processo para Exemplo 2, exceto que as quantidades de combinação dos matérias-primas não processadas contendo ferro e os matérias-primas não processadas contendo carbono, pressão de moldagem para moldagem de compressão, e a quantidade de cimento foram ajustadas, aglomerados compósitos de carbono ligados a frio foram produzidos nos quais o teor de carbono (T.C) foi de 20% em massa e as porosidades foram de vários valores.

[0088] Da mesma maneira como no processo de avaliação para a propriedade de arrebetamento no Exemplo 2, exceto que a velocidade de aquecimento (velocidade de elevação de temperatura) foi fixada para 50°C / minuto, os graus de desintegrações (-6,3 mm%) foram medidos para avaliação de propriedades de arrebetamento.

[0089] Os valores K superiores foram medidos da mesma maneira

como no Exemplo 3 com o uso dos aglomerados compósitos de carbono ligados a frio em um teor de 10% em massa do teor total de substâncias carregadas baseadas em ferro. Os resultados obtidos são mostrados na Tabela 6 e figura 5.

Tabela 6

Propriedade de Arrebetamento, Grau de Desintegração; (-6,3mm%)	Valor K superior (-)
10	0,28
20	0,32
30	0,4
40	0,51
50	0,6

[0090] A figura 5 mostra uma relação entre a propriedade de arrebetamento e o valor K superior dos aglomerados compósitos de carbono ligados a frio tendo o teor de carbono (T.C) de 20% em massa. A partir da figura 5, a influência da propriedade de arrebetamento sobre a permeabilidade de ar do alto forno foi examinada no caso onde os aglomerados compósitos de carbono ligados a frio foram usados em um teor de 10% em massa do teor total de substâncias carregadas baseadas em ferro no alto forno.

[0091] A partir da relação entre a propriedade de arrebetamento e o valor K superior dos aglomerados compósitos de carbono ligados a frio usados no alto forno mostrado na figura 5, pode ser entendido que o valor K superior é elevado acima de 0,4 e torna-se difícil realizar operações estáveis quando a propriedade de arrebetamento excede 30%. Da mesma maneira, é importante diminuir a propriedade de arrebetamento para 30% ou menos.

[0092] Nos Exemplos 2 e 3, pode ser entendido a partir da figura 2 que a propriedade de arrebetamento torna-se menos notável na

medida em que a porosidade torna-se maior. Em adição, também pode ser entendido a partir da figura 1 que é necessário fixar a porosidade para estar em uma faixa de 20% ou mais. Referindo-se a figura 4, pode ser entendido que a propriedade de arrebentamento torna-se 30% ou menos no caso onde o teor de carbono (T.C) está em uma faixa de 25% em massa ou menos nos aglomerados compósitos de carbono ligados a frio tendo a porosidade de 20% ou mais. Da mesma maneira, pode ser entendido que é necessário fixar o teor de carbono (T.C) para estar em uma faixa de 25% em massa ou menos.

(Exemplo 6)

(Resistência de trituração fria, taxa de redução a 1000°C e taxa de agente redutor em forno BIS)

[0093] Da mesma maneira como no processo para o Exemplo 2 exceto que as quantidades de combinação dos matérias-primas não processadas contendo ferro e os matérias-primas não processadas contendo carbono, pressão de moldagem para moldagem de compressão, e a quantidade de cimento foram ajustadas, aglomerados compósitos de carbono ligados a frio foram produzidos nos quais o teor de carbono (T.C) foi de 15% em massa, 18% em massa, 25% em massa, ou 26% em massa e a porosidade foi de 5%, 10%, 15%, 20%, 25%, 30%, 35%, ou 40%.

[0094] Para os matérias-primas não processadas carregados para os altos fornos, resistência para tolerar manuseio até carga em um alto forno tal como transporte, granulação, e semelhantes. Como um índice de tal resistência, resistência de trituração fria dos aglomerados compósitos de carbono ligados a frio foi medida neste exemplo.

[0095] A resistência de trituração fria foi medida como se segue baseado em JIS M8718 "processo de teste de resistência de pelota de minério de ferro". Carga de compressão foi carregada sobre uma amostra em uma velocidade de caçarola de pressão prescrita, um

valor de carga quando a amostra se rompe foi medido, e um valor médio de 100 amostras foi avaliado como a resistência de trituração fria. Os resultados obtidos são mostrados na Tabela 7 e figura 6.

Tabela 7

Resistência de trituração fria (kg/cm <sup>2</sup> )				
Porosidade (%)	Teor de Carbono (% em massa)			
	15% em massa	18% em massa	25% em massa	26% em massa
5,1%	450	400	450	300
10%	470	420	420	250
15,6%	460	410	380	160
20,2%	342	292	300	95
24,8%	220	170	200	60
30%	156	106	100	40
33,9%	88	38	50	0
39,4%	99	49	30	0

[0096] A figura 6 mostra uma relação entre a porosidade e a resistência de trituração fria dos aglomerados compósitos de carbono ligados a frio.

[0097] Referindo-se a figura 6, pode ser entendido que a resistência de trituração fria não depende do teor de carbono e é substancialmente determinada dependendo de uma diferença em porosidades no caso onde os teores de carbono (18% em massa, 25% em massa) estão na faixa de teor de carbono de acordo com a realização. Com relação a ambos aglomerados compósitos de carbono tendo os teores de carbono descritos acima, no caso onde as porosidades estiveram em uma faixa de 30% ou mais, foi difícil manter 100 kg/cm<sup>2</sup> que é o limite inferior da resistência de trituração fria para uso no alto forno. Da mesma maneira, é necessário que a porosidade seja fixada para estar em uma faixa de 30% ou menos do ponto de

vista da resistência de trituração fria.

[0098] Com relação aos aglomerados compósitos de carbono ligados a frio tendo o carbono de 26% em massa (que excede o limite superior de 25% em massa da faixa prescrita na realização), a resistência de trituração fria é de menos que  $100 \text{ kg/cm}^2$  (o limite inferior para o uso no alto forno) quando a porosidade é 20% ou mais. Da mesma maneira, é necessário que o teor de carbono seja fixado para estar em uma faixa de 25% em massa ou menos. Se a quantidade de coques combinados é excessivamente grande, a quantidade de ligante que penetra nas aberturas nos coques é aumentada. Da mesma maneira, é considerado que se torna difícil obter a resistência em uma maneira eficiente através de ligante no caso onde o teor de carbono excede 25% em massa.

[0099] A seguir, para os aglomerados compósitos de carbono ligados a frio obtidos, a taxa de agente redutor em um forno BIS e a taxa de redução a  $1000^\circ\text{C}$  foram medidas como se seguiu e baseado em um processo teste de avaliação de propriedade no momento de uso no alto forno (forno BIS: ver Iron and Steel, 72 (1984), 1529).

[00100] Aglomerados compósitos de carbono ligados a frio em um teor de 10% em massa do teor total de substâncias carregadas baseadas em ferro foram uniformemente misturados nas camadas de minério e carregados no forno BIS de modo a formarem uma estrutura de camadas com uma camada de coque. O forno BIS é uma aparelhagem teste para simulação de uma reação em contracorrente de uma parte de eixo no alto forno, e o forno BIS inclui uma tubulação de reação na qual minérios sinterizados (sinterização de minério de ferro) e coques são carregados em uma estrutura de camada e um forno elétrico de tipo movimento vertical. A quantidade de carga foi ajustada de modo que a razão em peso entre óxido de ferro e carbono tornou-se 5,0. Gás tendo uma quantidade de gás Bosch e uma

composição correspondendo a uma operação, na qual a taxa de agente redutor foi de 480 kg/tp e uma taxa de sopro de carbono pulverizado fino (carvão pulverizado) foi de 150 kg/tp, foi suprida para o forno BIS para realização de redução de minérios.

[00101] Eficiência de eixo e temperatura de zona de reserva térmica no forno BIS foram medidas, e balanço de calor e material foi calculado baseado nos valores medidos. A taxa de agente redutor no forno BIS foi obtida baseada no balanço de calor e material.

[00102] Além disso, após a redução de minérios pelo forno BIS ser completada, minérios sinterizados e aglomerados compósitos de carbono ligados a frio em uma posição de 1000°C foram coletados. Então, análises química foram realizadas sobre os minérios sinterizados coletados e os aglomerados compósitos de carbono ligados a frio, e a taxa de redução a 1000°C foi obtida dos valores de análises. Aqui, a taxa de redução a 1000°C representa uma propriedade de redução das substâncias carregadas baseadas em ferro totais incluindo os aglomerados compósitos de carbono ligados a frio carregados.

[00103] Os resultados obtidos são mostrados em Tabelas 8 e 9 e figuras 7 e 8.

Tabela 8

Taxa de agente redutor em forno BIS (kg/tp)			
Porosidade (%)	Teor de Carbono (% em massa)		
	15% em massa	18% em massa	25% em massa
5,1%	501	500	481
10%	500	495	477
15,6%	499	483	473
20,2%	498	471	461
24,8%	498	463	453

Taxa de agente redutor em forno BIS (kg/tp)			
Porosidade (%)	Teor de Carbono (% em massa)		
	15% em massa	18% em massa	25% em massa
30%	497	461	451
33,9%	497	460	450
39,4%	497	460	450

Tabela 9

Taxa de Redução a 1000°C (%)				
Porosidade (%)	Teor de Carbono (% em massa)			
	15% em massa	18% em massa	25% em massa	26% em massa
5,1%	50	55	69	70
10%	51	58	73	74
15,6%	52	62	77	78
20,2%	53	74	89	90
24,8%	54	82	97	98
30%	54	84	99	100
33,9%	55	85	100	100
39,4%	55	85	100	100

[00104] As figuras 7 e 8 mostram respectivamente a taxa de agente redutor e a taxa de redução a 1000°C no forno BIS no caso onde os aglomerados compósitos de carbono ligados a frio em um teor de 10% em peso do teor total das substâncias carregadas baseadas em ferro foram uniformemente misturados nas camadas de minério. Referindo-se a figuras 7 e 8, pode ser entendido que a taxa de redução a 1000°C é aumentada enquanto a taxa de agente redutor é diminuída quando o teor de carbono torna-se maior. Quando o teor de carbono é de 15%, a taxa de redução a 1000°C é acentuadamente diminuída, e a eficiência das operações de alto forno é diminuída. Da mesma maneira, o limite

inferior do teor de carbono (T.C) é fixado para 18%.

[00105] Em adição, a taxa de redução a 1000°C é aperfeiçoada quando a porosidade é aumentada. Mesmo nos aglomerados compósitos de carbono ligados a frio tendo o teor de carbono (T.C) de 18% em massa, a taxa de redução alcança 75% e a taxa de agente redutor atinge 470 kg/tp quando a porosidade é de 20%. Entretanto, no caso onde a porosidade é de menos que 20%, um efeito de aperfeiçoamento de taxa de redução a 1000°C e redução de taxa de agente redutor é limitada, e substancialmente o mesmo resultado é obtido como aquele em um caso sem os aglomerados compósitos de carbono ligados a frio. Em adição, foi verificado que o efeito de aperfeiçoamento de taxa de redução a 1000°C e redução de taxa de agente redutor foi saturado no caso onde a porosidade excede 30%. Por isso, pode ser entendido que a porosidade pode ser fixada para estar em uma faixa de 20% ou mais a 30% ou menos para os aglomerados compósitos de carbono tendo o teor de carbono (T.C) de 18% em massa e 25% em massa.

[00106] A partir dos resultados acima, pode ser entendido que aglomerados compósitos de carbono ligados a frio nos quais o teor de carbono (T.C) está em uma faixa de 18 a 25% em massa e a porosidade está em uma faixa de 20 a 30% podem ser usados de modo a exibirem mais eficientemente os efeitos do grau de desintegração, a propriedade de arrebentamento, a resistência de trituração fria, a taxa de redução, e a taxa de agente redutor nas operações de alto forno.

[00107] Aqui, água livre é tomada em hidratos nos aglomerados compósitos de carbono ligados a frio 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. Por isso, a quantidade de combinação total dos matérias-primas não

processadas é levemente variada sobre os processos de fabricação pela razão acima; entretanto, a quantidade de variação é extremamente pequena, e é possível considerar a quantidade de combinação total ser 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 teores nos aglomerados compósitos de carbono ligados a frio.

#### Aplicabilidade Industrial

[00108] Os aglomerados compósitos de carbono ligados a frio de acordo com uma realização da presente invenção têm um teor de carbono suficiente para aperfeiçoar não somente a reduzida taxa dos aglomerados compósitos de carbono ligados a frio, mas também a reduzida taxa dos principais matérias-primas não processadas contendo ferro para altos fornos tais como minérios sinterizados e semelhantes no uso no alto forno. Além disso, a resistência de trituração fria de 100 kg/cm<sup>2</sup> ou mais é mantida a qual é requerida como matérias-primas não processadas para altos fornos, e superior resistência quente é obtida na faixa de temperatura de redução comparado com um caso convencional. Por isso, é possível reduzir grandemente a taxa de agente redutor (taxa de coques) em operações dos altos fornos.

[00109] Além disso, de acordo com o processo para fabricação de aglomerados compósitos de carbono ligados a frio de acordo com uma realização da presente invenção, é possível economizar energia e reduzir CO<sub>2</sub> comparado com um processo de queima. Em adição, é possível reciclar pó gerado no processo de fabricação de ferro como matérias-primas não processadas contendo ferro e materiais de

carbono (materiais carbonáceos) através de um processo relativamente simples e barato.

[00110] Por isso, a realização da presente invenção pode ser preferivelmente aplicada a um campo técnico relacionado aos aglomerados compósitos 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 matérias-primas não processadas contendo ferro, matérias-primas não processadas 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 18 a 25% em massa, e uma porosidade está em uma faixa de 20 a 30%.

2. Método para fabricação de aglomerados compósitos de carbono ligados a frio para altos fornos, o método compreendendo:

formação de um corpo moldado através de mistura e amassamento de matérias-primas não processadas contendo carbono, matérias-primas não processadas contendo ferro, e um ligante e moldagem de uma substância amassada para obter um corpo moldado; e

obtenção de aglomerados compósitos de carbono ligados a frio através de subsequente cura de corpo moldado, caracterizado pelo fato de que

na formação do corpo moldado, uma ou mais condições de combinação selecionadas de um grupo consistindo em um teor de água nos matérias-primas não processadas, um tamanho de partícula dos matérias-primas não processadas, uma quantidade de coques finos, uma quantidade de combinação de minérios tendo um alto teor de água combinada, e uma quantidade de combinação de um ligante são ajustadas de modo que um teor de carbono (T.C) torna-se em uma faixa de 18 a 25% em massa e uma porosidade torna-se em uma faixa de 20 a 30% nos aglomerados compósitos de carbono ligados a frio.

FIG. 1

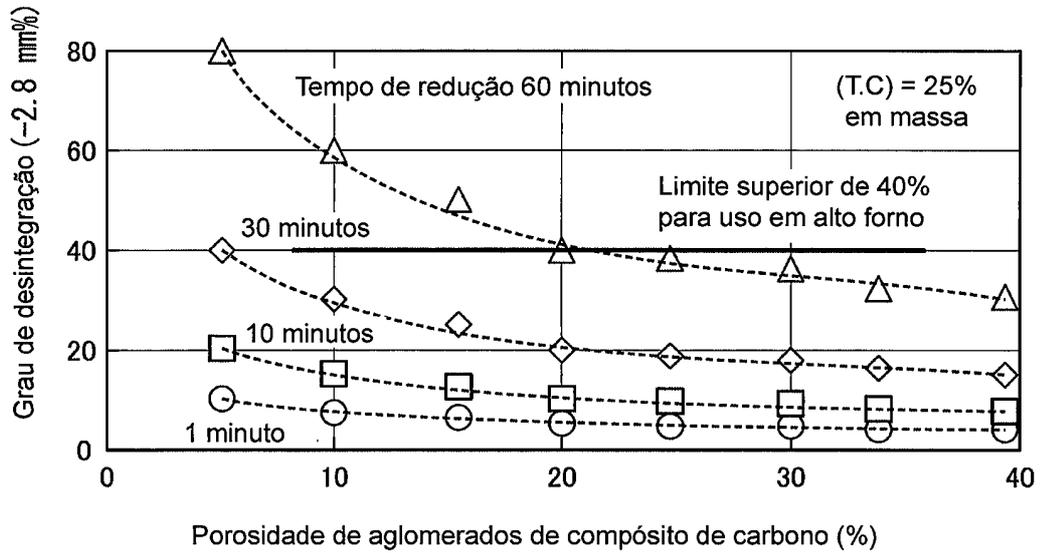


FIG. 2

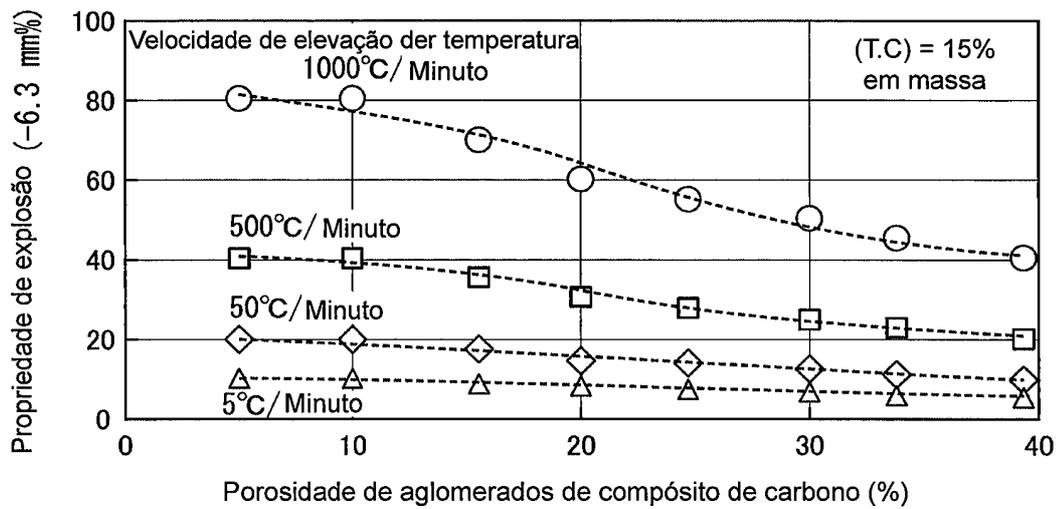


FIG. 3

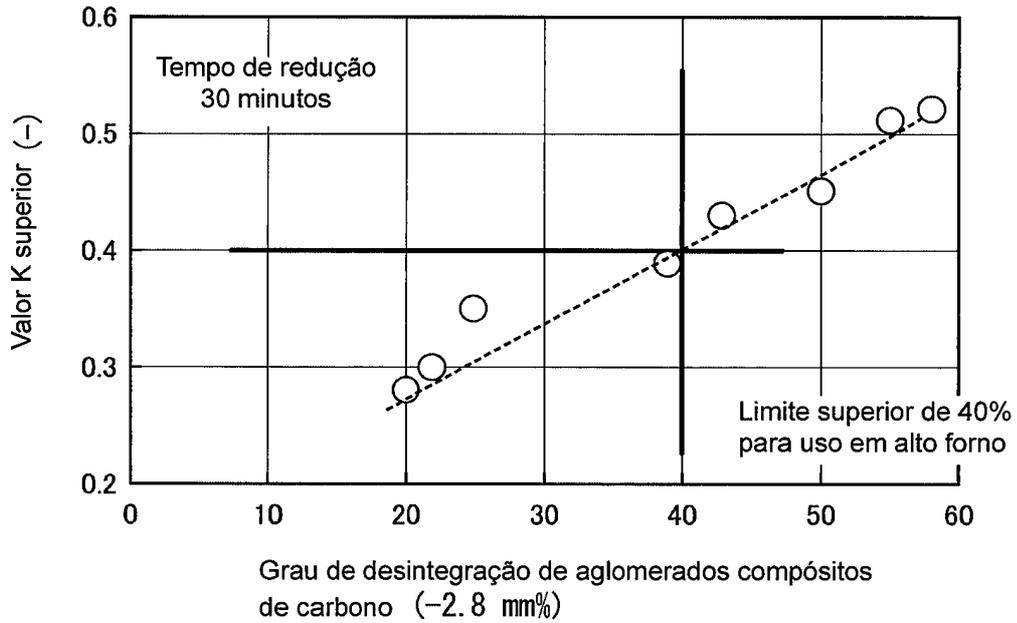


FIG. 4

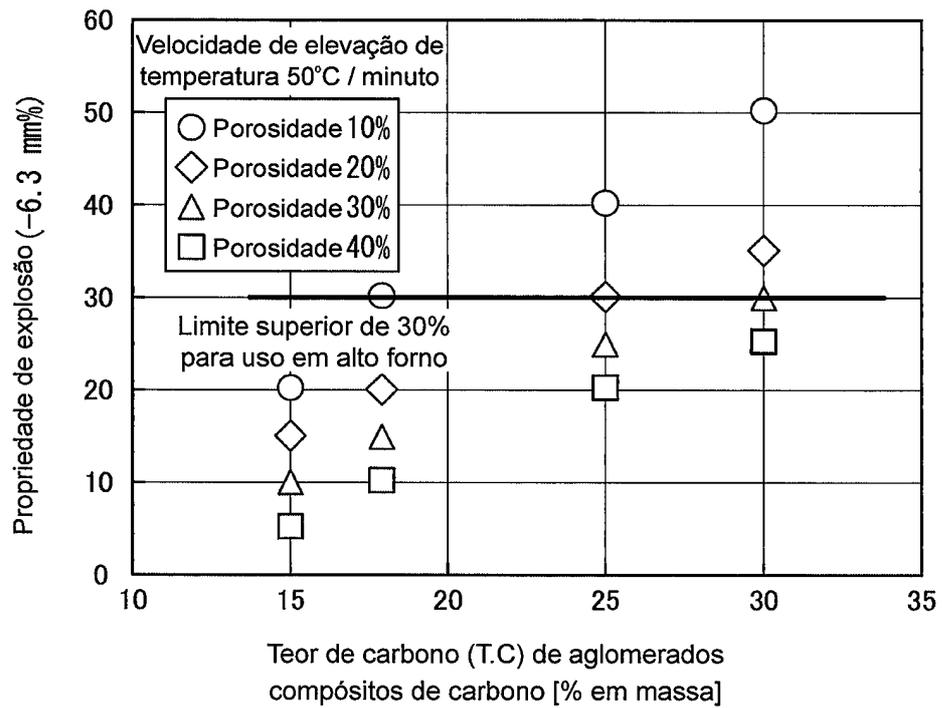


FIG. 5

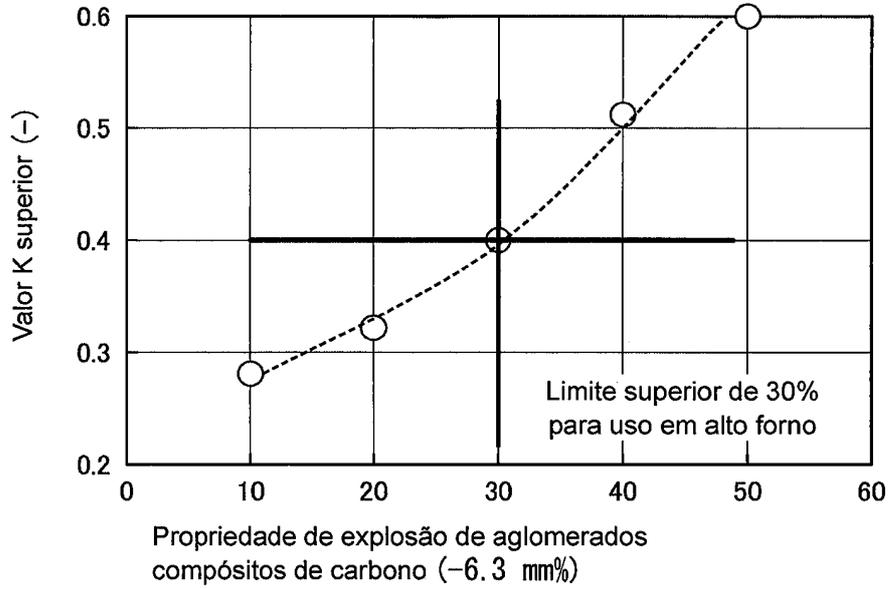


FIG. 6

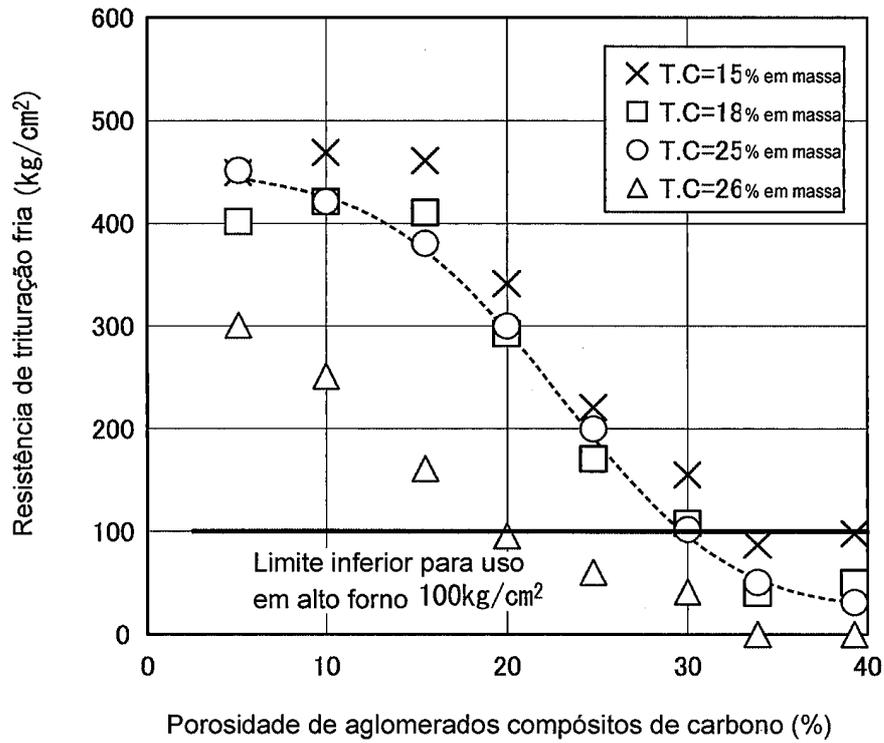


FIG. 7

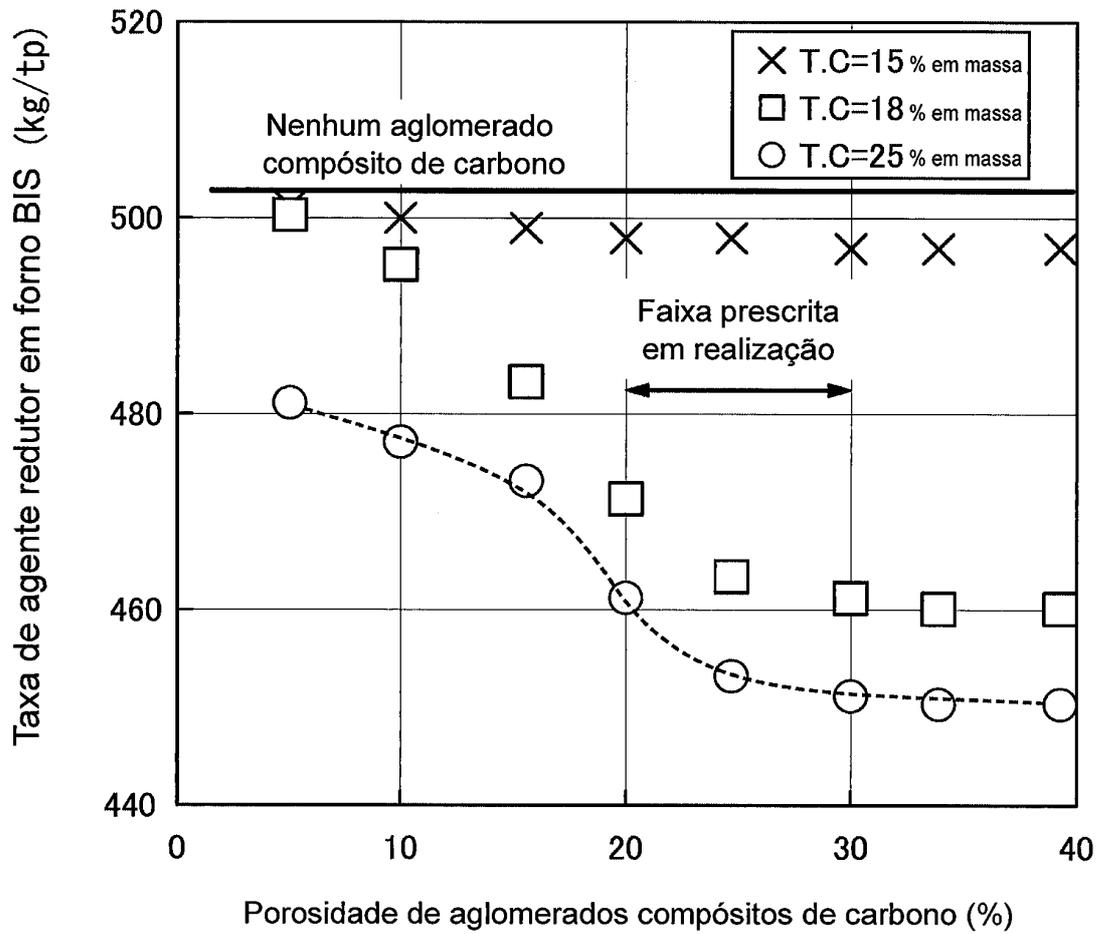


FIG. 8

