



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

(21) PI 0715404-6 A2



* B R P I 0 7 1 5 4 0 4 A 2 *

(22) Data de Depósito: 10/08/2007

(43) Data da Publicação: 02/07/2013
(RPI 2217)

(51) Int.Cl.:

C21B 13/00

(54) Título: EQUIPAMENTO E MÉTODO DE PRODUÇÃO DE FERRO FUNDIDO

(30) Prioridade Unionista: 11/08/2006 KR 10-2006-0076147

(73) Titular(es): Posco

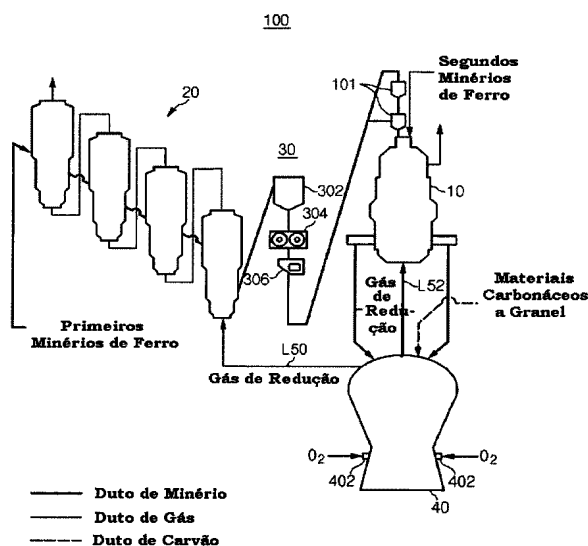
(72) Inventor(es): Hak-Dong Kim, Hang-Goo Kim, Hoo Geun Lee, Jin-Chan Bae, Myoung-Kyun Shin, Nam-Suk Hur

(74) Procurador(es): Hugo Silva, Rosa & Maldonado-Prop. Int

(86) Pedido Internacional: PCT KR2007003852 de 10/08/2007

(87) Publicação Internacional: WO 2008/018774 de 14/02/2008

(57) Resumo: EQUIPAMENTO E MÉTODO DE PRODUÇÃO DE FERRO FUNDIDO. A presente invenção relaciona-se com um equipamento de produção de ferro fundido e um método de produção de ferro fundido que usa o mesmo. O método de produção de ferro fundido de acordo com a presente invenção inclui reduzir primeiros minérios de ferro carregando os primeiros minérios de ferro num reator de redução de leito fluidizado; fabricar ferro compactado compactando os primeiros minérios de ferro reduzidos; reduzir os segundos minérios de ferro em conjunto com os ferros compactados carregando os segundos minérios de ferro e os ferros compactados num reator de redução de leito compactado, em que um tamanho dos segundos minérios de ferro é maior do que um tamanho dos primeiros minérios de ferro; carregar o ferro compactado reduzidos e os segundos minérios de ferro num fusor-gasificador conectado ao reator de redução de leito compactado; preparando materiais carbonáceos a granel como fonte de aquecimento para fundir o ferro compactado reduzido e os segundos minérios de ferro; carregar os materiais carbonáceos a granel no fusor-gasificador e, depois, formar um leito de carvão compactado; e injetar oxigênio através de um alcaraviz instalado no fusor-gasificador e depois, produzir ferro fundido a partir do ferro compactado e dos segundos minérios de ferro.



**“Equipamento e Método
de Produção de Ferro Fundido”**

Relatório Descritivo

Campo técnico

5 A presente invenção relaciona-se com um equipamento de produção de ferro fundido e um método de produção de ferro fundido usando o mesmo. Mais especificamente, a presente invenção relaciona-se com um equipamento de produção de ferro fundido e um método de produção de ferro fundido usando o mesmo para reduzir minérios de
10 ferro finos com uma grande variedade de tamanho de grão dos mesmos.

Técnica Antecedente

 A indústria do ferro e do aço é uma indústria de núcleo que supre os materiais básicos necessários para a construção e o fabrico de automóveis, navios, eletrodomésticos e muitos outros produtos que usamos. Também é uma indústria com uma das mais longas
15 histórias que progrediu junto com humanidade. Numa fundição de ferro, que desempenha um papel de articulação na indústria do ferro e do aço, depois que o ferro fundido, que é o ferro fundido num estado derretido, é produzido usando minério de ferro e carvão como matérias-
20 primas, o aço é produzido a partir do ferro fundido e é, então, fornecido para os clientes.

 No momento, aproximadamente 60% da produção de ferro mundial é realizada usando o processo do altoforno desenvolvido a partir do século 14. No processo do altoforno, os coques produzidos
25 usando carvão betuminoso e o minério de ferro que sofreu um processo de sinterização são carregados num altoforno e é fornecido oxigênio para o altoforno para reduzir o minério de ferro a ferro, produzindo,

assim, ferro fundido.

O método do altoforno, que é o mais popular em plantas de produção de ferro fundido, exige que as matérias-primas tenham uma resistência de pelo menos um nível predeterminado e tenham
5 tamanhos de grão que consigam assegurar a permeabilidade no forno, levando em conta as características da reação. Por estas razões, os coques que são obtidos por processamento específico de carvões brutos são necessários como fontes de carbono a serem usados como combustível e como agente de redução. Também os minérios sinterizados que
10 sofreram um processo de aglomeração sucessivo são necessários como fontes de ferro.

Em consequência, o método moderno do altoforno exige equipamento de processamento de matéria-prima preliminar tal como equipamento de fabrico de coques e equipamento de sinterização. Isto
15 é, exige-se estar equipado com instalações subsidiárias além do altoforno e também ter equipamento para prevenir e minimizar a poluição gerada pelas instalações subsidiárias. Portanto, um investimento pesado nas instalações e equipamento adicionais leva ao aumento dos custos de fabrico.

20 A fim de resolver estes problemas do método do altoforno, muita pesquisa está sendo conduzida no processo de redução de fusão para o fabrico de ferro fundido em muitos países. No processo de fusão de redução, o ferro fundido é fabricado num fusor-gasificador usando diretamente carvão geral como combustível e um agente de redução e
25 minério de ferro como fonte de ferro.

Visto que se forma um leito de carvão compactado de carvões no fusor-gasificador, os materiais que incluem ferro e aditivos são fundidos e formam escórias no leito de carvão compactado, sendo, assim, descarregados como ferro fundido e escórias. O oxigênio é

injetado no fusor-gasificador por uma pluralidade de alcaravizes instalados numa parede exterior, combustando, deste modo, um leito compactado de carvão no fusor-gasificador. O oxigênio é convertido num gás quente de redução e é transferido para o reator de redução.

5 Então, o gás quente de redução reduz e plastifica os minérios de ferro e aditivos e é descarregado para o exterior.

Um reator de redução de leito compactado ou um reator de redução de leito fluidizado é usado como reator de redução. No reator de redução de leito compactado, os minérios contactam um gás de
10 redução que sobe por cavidades formadas entre as camadas de minério e, então, as camadas de minério são reduzidas, ao mesmo tempo em que as camadas de minério se deslocam para baixo. Portanto, no reator de redução de leito compactado, é exigido obter a ventilação nos minérios para que um gás de redução flua uniformemente nas camadas
15 de minério. Para isto, os minérios de ferro são limitados a ter um tamanho predeterminado dentro de uma faixa dos recursos, no reator de redução de leito compactado. Todavia, visto que os minérios de ferro são reduzidos para ficarem diferenciados no reator de redução de leito compactado, a relação de partículas na fornalha é aumentada. Como
20 resultado, uma ventilação é deteriorada, formando-se, deste modo, um fluxo uniforme de gás de redução nas camadas de minério. Em consequência, é impossível suprir o gás de redução, ocasionando, assim, que o processo seja parado.

Entretando, os finos de minério de ferro são reduzidos
25 para serem fluidizados usando um gás de redução com uma alta velocidade no reator de redução de leito fluidizado. Os finos de minérios de ferro devem ser reduzidos com um nível predeterminado de relação de redução, a fim de minimizar uma relação de combustível no fusor-gasificador. Para isto, é suprido um gás de redução com um baixo grau
30 de oxidação para o reator de redução de leito fluidizado.

Uma velocidade do gás de redução no reator de redução de leito fluidizado deve ser controlada a fim de formar uma camada uniforme de leito fluidizado no reator de redução de leito fluidizado, em razão disso é difícil de administrar a operação. Existe um problema no fato de que os finos de minério de ferro são dispersados para o exterior com um gás de redução de alta velocidade. Entretanto, as camadas do leito fluidizado são desmoronadas no reator de redução de leito fluidizado com um gás de redução de baixa velocidade. Além disso, se as camadas de leito fluidizado desmoronado são mantidas por muito tempo, fica impossível operar, visto que os finos de minérios de ferro são fundidos para ser ligados uns aos outros. Portanto, se os minérios de ferro com uma grande variedade de tamanho são reduzidos no reator de redução de leito fluidizado, é mais difícil operar, visto que é difícil formar uma camada uniforme fluidizada no reator de redução de leito fluidizado. Isto é, se os minérios de ferro com uma grande variedade de tamanhos forem fluidizados para serem reduzidos, uma severa carga é aplicada ao reator de redução de leito fluidizado, desse modo uma operação é mais complexada e torna-se difícil.

A Publicação de Pedido de Patente coreana 2001-0065011 revela um equipamento de fabrico de ferro fundido usando simultaneamente o reator de redução de leito compactado acima mencionado e o reator de redução de leito fluidizado. Neste equipamento de fabrico de ferro fundido, um reator de redução de leito compactado é simplesmente combinado com um reator de redução de leito fluidizado dependendo do tamanho dos minérios de ferro com base no fusor-gasificador. Aqui, primeiramente, os minérios de ferro são classificados em finos de minérios de ferro e minérios de ferro grossos com base no tamanho dos minérios de ferro. Depois que os finos de minérios de ferro são reduzidos no reator de redução de leito fluidizado, eles são supridos para o fusor-gasificador como um estado de materiais finos sem passar por um processo de compactação. Depois que os

minérios de ferro grossos são reduzidos no reator de redução de leito compactado, eles são fornecidos ao fusor-gasificador. Portanto, o problema de usar o reator de redução de leito compactado acima mencionado e o reator de redução de leito fluidizado é ainda acompanhado.

Revelação da Invenção

Problema Técnico

A fim de resolver os problemas acima descritos, é fornecido um equipamento de fabrico de ferro fundido para ser capaz de reduzir e fundir minérios de ferro com uma grande variedade de tamanhos e, depois, produzir ferro fundido.

Além disso, é proporcionado um método de fabrico de ferro fundido usando o equipamento acima descrito para produção de ferro fundido.

15

Solução Técnica

Um método de fabrico de ferro fundido de acordo com uma modalidade da presente invenção inclui i) reduzir os primeiros minérios de ferro carregando os primeiros minérios de ferro num reator de redução de leito fluidizado; ii) fabricar ferros compactados compactando os primeiros minérios de ferro reduzidos; iii) reduzir os segundos minérios de ferro em conjunto com os ferros compactados carregando os segundos minérios de ferro e os ferros compactados num reator de redução de leito compactado, em que um tamanho dos segundos minérios de ferro é maior do que um tamanho dos primeiros minérios de ferro; iv) carregar os ferros compactados reduzidos e os segundos minérios de ferro num fusor-gasificador conectado ao reator de redução de leito compactado; v) preparar materiais carbonáceos a granel como fonte de aquecimento para fundir os ferros compactados reduzidos e os

segundos minérios de ferro; vi) carregar os materiais carbonáceos a granel no fusor-gasificador e, então, formar um leito de carvão compactado; e vii) injetar oxigênio através de um alcaraviz instalado no fusor-gasificador e, depois, produzir ferro fundido a partir dos ferros compactados e dos segundos minérios de ferro.

A resistência dos ferros compactados pode ser maior do que a resistência dos segundos minérios de ferro na redução dos segundos minérios de ferro em conjunto com os ferros compactados. A resistência dos ferros compactados pode ser igual ou maior do que 200 kg/cm². A fração vazia dos segundos minérios de ferro pode ser maior do que a fração vazia dos ferros compactados. A razão de diferenciação de redução dos ferros compactados pode ser menor do que a razão de diferenciação de redução dos segundos minérios de ferro na redução dos segundos minérios de ferro em conjunto com os ferros compactados. O tamanho dos ferros compactados pode estar numa faixa de 8 mm até 40 mm. O tamanho dos segundos minérios de ferro pode ser igual ou maior do que 5 mm.

O fabrico dos ferros compactado pode, além disso, incluir esmagar os ferros compactados depois de compactar os primeiros minérios de ferro. Pode, além disso, ser incluído suprir um gás de redução gerado a partir do leito compactado de carvão para pelo menos um selecionado a partir de um grupo do reator de redução de leito fluidizado e o reator de redução de leito compactado. Arrefecer o gás de redução antes de fornecer o gás de redução para o reator de redução pode ser ainda incluído. Adicionar um gás de retorno que é gerado removendo o dióxido de carbono a partir de um gás de saída descarregado a partir do reator de redução de leito fluidizado e o reator de redução de leito compactado para o gás de redução pode ser ainda incluído. O gás de redução gerado a partir do leito de carvão compactado pode ser suprido para o reator de redução de leito fluidizado e o reator de redução de leito compactado.

O gás de retorno pode incluir um primeiro gás de retorno que é fornecido para o reator de redução de leito fluidizado e um segundo gás de retorno que é fornecido para o reator de redução de leito compactado. Uma quantidade do primeiro gás de retorno pode ser maior do que uma quantidade do segundo gás de retorno. Uma temperatura do gás de redução suprido para o reator de redução de leito fluidizado pode ser mais baixa que uma temperatura do gás de redução fornecido para o reator de redução de leito compactado. Uma temperatura do gás de redução suprido para o reator de redução de leito fluidizado pode ser igual ou mais elevada do que 700°C e é mais baixa do que 750°C. Uma temperatura do gás de redução fornecido para o reator de redução de leito compactado pode estar numa faixa de 750°C até 800°C.

Um método de fabrico de ferro fundido de acordo com outra modalidade da presente invenção inclui injetar um combustível auxiliar no leito de carvão compactado através do alcaraviz. O combustível auxiliar pode ser injetado no leito de carvão compactado para ser separado do oxigênio. O combustível auxiliar pode ser um carvão fino que é pré-secado de modo a ter uma umidade cuja quantidade é igual ou menor do que 1,0% em peso. O combustível auxiliar pode ser um carvão fino e um tamanho do carvão fino é igual ou menor do que 3,0 mm. O combustível auxiliar pode ser um gás que contém hidrocarboneto.

Um método de fabrico de ferro fundido de acordo com outra modalidade da presente invenção inclui carregar pelotas ou sinterizar minérios para dentro do reator de redução de leito compactado e reduzi-los. Uma relação de redução dos primeiros minérios de ferro pode ser igual ou maior do que 45% na redução dos primeiros minérios de ferro. Um tempo exigido para reduzir os ferros compactados em conjunto com os segundos minérios de ferro no reator de redução de leito compactado pode ser mais longo do que um tempo

exigido para reduzir os primeiros minérios de ferro no reator de redução de leito fluidizado. Uma quantidade dos segundos minérios de ferro pode ser igual ou menor do que quarenta por cento de uma soma dos primeiros e segundos minérios de ferro. Uma relação de redução dos
5 ferros compactados e dos segundos minérios de ferro é igual ou maior do que setenta por cento na redução dos ferros compactados e os segundos minérios de ferro.

Um equipamento de fabrico de ferro fundido de acordo com uma modalidade da presente invenção inclui i) um reator de
10 redução de leito fluidizado que reduz os primeiros minérios de ferro; ii) um dispositivo para fabricar ferros compactados conectados ao reator de redução de leito fluidizado e que compacta os primeiros minérios de ferro reduzidos e fabrica ferros compactados; iii) um reator de redução de leito compactado conectado ao dispositivo de fabrico de ferros
15 compactados, o reator de redução de leito compactado em que são carregados e reduzidos em conjunto os ferros compactados e os segundos minérios de ferro cujo tamanho é maior do que um tamanho dos primeiros minérios de ferro; iv) um fusor-gasificador conectado ao reator de redução de leito compactado, o fusor-gasificador em que os segundos
20 minérios de ferro, os ferros compactados e materiais carbonáceos são carregados e que fabrica ferro fundido injetando gás de oxigênio através de um alcaraviz instalado num lado do fusor-gasificador.

Uma resistência dos ferros compactados pode ser maior do que uma resistência dos segundos minérios de ferros. A resistência
25 dos ferros compactados pode ser igual ou maior do que 200 kg/cm². A fração vazia do segundo minério de ferro pode ser maior do que a fração vazia dos ferros compactados. A razão de diferenciação de redução dos ferros compactados pode ser menor do que a razão de diferenciação de redução dos segundos minérios de ferro na redução dos segundos
30 minérios de ferro em conjunto com os ferros compactados. O tamanho dos ferros compactados está numa faixa de 8 mm até 40 mm. O tama-

nho dos segundos minérios de ferro pode ser igual ou maior do que 5 mm.

Um equipamento de produção de ferro fundido de acordo com uma modalidade da presente invenção pode incluir, além disso, um primeiro tubo de suprimento de gás de redução que conecta o fusor-gasificador ao reator de redução de leito fluidizado; e um segundo tubo de suprimento de gás de redução que conecta o fusor-gasificador ao reator de redução de leito compactado. Um equipamento de fabricação de ferro fundido de acordo com uma modalidade pode incluir, além disso, um dispositivo para remover dióxido de carbono que supre um gás de retorno que é gerado removendo o dióxido de carbono a partir de um gás de saída descarregado a partir do reator de redução de leito fluidizado e o reator de redução de leito compactado para o gás de redução. Um equipamento de produção de ferro fundido de acordo com uma modalidade pode incluir, além disso, um gás de saída de arrefecimento que arrefece um gás de saída descarregado a partir de pelo menos um selecionado dentre um grupo do reator de redução de leito fluidizado e o reator de redução de leito compactado.

Um equipamento de produção de ferro fundido de acordo com uma modalidade da presente invenção pode incluir, além disso, um primeiro e um segundo tubos de suprimento de gás de retorno que são conectados ao dispositivo para remover dióxido de carbono; e o primeiro tubo de suprimento de gás de retorno é conectado ao reator de redução de leito fluidizado; e o segundo tubo de suprimento de gás de retorno é conectado ao reator de redução de leito compactado. Uma quantidade de um gás de retorno fornecido pelo primeiro tubo de suprimento de gás de retorno é maior do que uma quantidade de um gás de retorno fornecido pelo segundo tubo de suprimento de gás de retorno. Uma temperatura do gás de redução suprido para o reator de redução de leito fluidizado pode ser mais baixa do que uma temperatura do gás de redução fornecido para o reator de redução de leito compactado.

O alcaraviz pode incluir uma linha de injeção de oxigênio através da qual é injetado oxigênio; e uma linha de injeção de combustível auxiliar que é separadamente espaçada da linha de injeção de oxigênio e que injeta combustível auxiliar no fusor-gasificador. O oxigênio e o combustível auxiliar podem encontrar-se um com o outro e, então, podem ser combustos num canal adutor do fusor-gasificador; e o oxigênio é separadamente espaçado a partir do alcaraviz. A linha de injeção de combustível auxiliar pode ser instalada para penetrar através de uma extremidade frontal do alcaraviz. O combustível auxiliar pode ser um gás que contém gás de hidrocarboneto ou finos de materiais carbonáceos.

Um equipamento de produção de ferro fundido de acordo com uma modalidade da presente invenção pode incluir, além disso, um gás que arrefece o gás de redução antes que o gás de redução no fusor-gasificador seja fornecido para o reator de redução de leito fluidizado e o reator de redução de leito compactado. Uma relação de redução dos primeiros minérios de ferro no reator de redução de leito fluidizado pode ser igual ou maior do que quarenta e cinco por cento. O reator de redução de leito fluidizado pode incluir uma pluralidade de reatores de redução de leito fluidizado que são conectados uns aos outros numa forma de estágios múltiplos.

Efeitos Vantajosos

Num método de produção de ferro fundido de acordo com a presente invenção, o fenômeno da perda de difusão e adesão no reator de redução de leito fluidizado pode ser prevenido. Portanto, a produção de uma quantidade do ferro fundido pode ser aumentada e a perda de detritos pode ser reduzida.

Os segundos minérios de ferro e ferros compactados são carregados no reator de redução de leito compactado e reduzidos em

conjunto. Portanto, ainda que os segundos minérios de ferro sejam diferenciados pelo gás de redução, ventilação apropriada pode ser assegurada devido aos ferros compactados.

5 Além disso, uma quantidade do gás de redução é aumentada à medida que o combustível auxiliar é injetado, dessa maneira tempo de permanência dos segundos minérios de ferro e dos ferros compactados no fusor-gasificador pode ser aumentado. Portanto, os segundos minérios de ferro e os ferros compactados podem ser completamente reduzidos e, então, facilmente fundidos.

10 Além disso, visto que um gás de retorno gerado removendo o dióxido de carbono do gás de saída é reutilizado como gás de redução, uma quantidade do gás de redução pode ser eficazmente aumentada e a temperatura do gás de redução pode ser adequadamente controlada.

15 **Breve Descrição dos Desenhos**

A **Figura 1** é uma vista esquemática de um equipamento de produção de ferro fundido de acordo com a primeira modalidade exemplificativa da presente invenção.

20 A **Figura 2** é uma vista aumentada esquemática de camadas de minério de ferro no reator de redução de leito compactado da Figura 1.

A **Figura 3** é uma vista esquemática de um equipamento de produção de ferro fundido de acordo com a segunda modalidade exemplificativa da presente invenção.

25 A **Figura 4** ilustra esquematicamente uma parte IV aumentada da Figura 3.

A **Figura 5** é uma vista esquemática de um equipamento

de produção de ferro fundido de acordo com a terceira modalidade exemplificativa da presente invenção.

A **Figura 6** é uma vista esquemática de um equipamento de produção de ferro fundido de acordo com a quarta modalidade exemplificativa da presente invenção.

A **Figura 7** é uma vista esquemática de um equipamento de produção de ferro fundido de acordo com a quinta modalidade exemplificativa da presente invenção.

Melhor Modo

de Execução da Invenção

Modalidades exemplificativas da presente invenção serão explicadas abaixo com referência às Figuras de 1 a 7. As modalidades exemplificativas são para meramente ilustrar a presente invenção e a presente invenção não fica limitada a elas.

A Figura 1 ilustra esquematicamente um equipamento de fabrico de ferro fundido 100 de acordo com a primeira modalidade exemplificativa da presente invenção. O equipamento de produção de ferro fundido 100 ilustrado na Figura 1 é meramente para ilustrar a presente invenção e a presente invenção não fica limitada a ele. Portanto, uma estrutura do equipamento de produção de ferro fundido 100 pode ser modificada para outras formas.

Na Figura 1, um tubo de minério através do qual são passados os minérios de ferro é indicado por uma linha a cheio por conveniência e um tubo de gás através do qual é passado um gás é indicado por uma linha fina. Além disso, um tubo de carvão através do qual são passados carvões é indicado por uma linha pontilhada.

Na Figura 1, embora o gás de redução seja ilustrado

como sendo fornecido para o reitor de redução do leito fluidizado 20 e o reator de redução de leito compactado 10 do fusor-gasificador 40, isto é meramente para ilustrar a presente invenção e a presente invenção não fica limitada a isso

5 No equipamento de produção de ferro fundido 100 ilustrado na Figura 1, o ferro fundido pode ser fabricado usando finos de minérios de ferro. Os materiais carbonáceos a granel são usados para a produção de ferro fundido. Os carvões com um grande tamanho ou briquetes de carvão são usados como materiais carbonáceos a granel. Os minérios de ferro reduzidos são carregados no fusor-gasificador 40, ao passo que os materiais carbonáceos a granel são carregados no fusor-gasificador 40, deste modo pode ser fabricado ferro fundido.

15 O equipamento de fabrico de ferro fundido inclui o reator de redução de leito compactado 10, o reator de redução de leito fluidizado 20, o dispositivo de produção de ferros compactados 30 e o fusor-gasificador 40. Além disso, outros equipamentos podem ser ainda incluídos, se necessário.

20 Dois tipos de minérios de ferro podem ser usados no equipamento de produção de ferro fundido 100. Dois tipos de minérios de ferro são classificados e referenciados como primeiros e segundos minérios de ferro. Um tamanho dos segundos minérios de ferro é maior do que um tamanho dos primeiros minérios de ferro. Os primeiros minérios de ferro são fluidizados enquanto passam no reator de redução de leito fluidizado 20. Se o tamanho dos minérios de ferro e a velocidade de fluxo do gás de redução no reator de redução de leito fluidizado 20 forem grandes, os primeiros minérios de ferro não são bem fluidizados no reator de redução de leito fluidizado. Portanto, os primeiros minérios de ferro podem ficar caídos no fundo do reator de redução de leito fluidizado 20, ficando, assim, agregados. Os primeiros minérios de

30

ferro devem ter um tamanho capaz de não difundir e permanecer no reator de redução de leito fluidizado 20. Depois que os primeiros minérios de ferro são reduzidos no reator de redução de leito fluidizado 20, eles são compactados no dispositivo de produção de ferros compactados 30. A seguir, os primeiros minérios de ferro são carregados no reator de redução de leito compactado 10 e, depois, mais reduzidos.

Enquanto isso, os segundos minérios de ferro são carregados no reator de redução de leito compactado 10 com os ferros compactados (materiais reduzidos dos primeiros minérios de ferro) que foram compactados no dispositivo de produção de ferros compactados 30. Os segundos minérios de ferro e os ferros compactados reduzidos no reator de redução de leito compactado 10 são carregados no fusor-gasificador 40 e, depois, fundidos. Um tamanho dos segundos minérios de ferro carregados no reator de redução de leito compactado 10 é determinado ser baseado numa condição na faixa em que a deterioração de ventilação não fica acima de um limite de operação. Por exemplo, um tamanho dos segundos minérios de ferro pode ser igual ou maior do que 5 mm. Se um tamanho dos segundos minérios de ferro for de menos do que 5 mm, uma cavidade para passagem do gás de redução que sobe a partir de uma parte mais baixa do reator de redução de leito compactado 10 é muito pequena, quando os segundos minérios de ferro são carregados. Portanto, um fluxo do gás de redução é bloqueado e, então, uma operação fica instável. As pelotas ou minérios sinterizados podem ser carregados no reator de redução de leito compactado 10 ao lado dos segundos minérios de ferro. Portanto, uma operação usando o equipamento de fabrico de ferro fundido 100 pode ficar mais estabilizada.

Cada um dos dispositivos incluídos no equipamento de produção de ferro fundido 100 é explicado em seguida. Uma estrutura do dispositivo explicado abaixo é meramente para ilustrar a presente invenção e a presente invenção não fica limitada a ela.

Múltiplos reatores de redução de leito fluidizado 20 são conectados uns aos outros numa maneira de estágios múltiplos. Na Figura 1, são ilustrados reatores de redução de leito fluidizado 20 com quatro etapas, isto é meramente para ilustrar a presente invenção e a presente invenção não fica limitada a eles. Portanto, o número dos reatores de redução de leito fluidizado 20 pode ser variado. Os primeiros minérios de ferro carregados nos reatores de redução de leito fluidizado 20 são reduzidos, ao mesmo tempo em que passam através dos reatores de redução de leito fluidizado 20. Os aditivos podem ser carregados nos reatores de redução de leito fluidizados 20 com os primeiros minérios de ferro, se necessário. O gás de redução gerado no fusor-gasificador 40 passa sequencialmente através dos reatores de redução de leito fluidizado de estágios múltiplos 20 e, então, descarregado para fora. Os primeiros minérios de ferro carregados nos reatores de redução de leito fluidizado 20 são pré-aquecidos, pré-reduzidos, reduzidos finalmente e, depois, supridos ao dispositivo de produção de ferros compactados 30. Depois que os primeiros minérios de ferro são reduzidos em reatores de redução de leito fluidizado 20, eles são reduzidos novamente no reator de redução de leito compactado 10. Portanto, não é necessário que a relação de redução nos reatores de redução de leito fluidizado 20 seja alta.

Enquanto isso, a relação de redução dos primeiros minérios de ferro nos reatores de redução de leito fluidizado 20 pode ser suficientemente minimizada para compactar os primeiros minérios de ferro no dispositivo de produção de ferros compactados 30. Por exemplo, se a relação de redução dos primeiros minérios de ferro for menor do que 45 por cento nos reatores de redução de leito fluidizado 20, é difícil compactar os primeiros minérios de ferro no dispositivo de fabricação de ferros compactados 30. Isto é porque uma quantidade de ferros puros, que podem funcionar como ligantes durante a compressão, é muito menor. Como resultado, os primeiros minérios de ferro não são

bem compactados e, então, são facilmente quebrados. Portanto, uma relação de redução dos primeiros minérios de ferro no reator de redução de leito fluidizado 20 pode ser igual ou maior do que 45%. Uma estrutura detalhada do reator de redução de leito fluidizado 20 pode ser
5 facilmente entendida pelo técnico especializado, razão por que é omitida a descrição detalhada da mesma.

Os primeiros minérios de ferro passados pelos reatores de redução de leito fluidizado 20 são compactados no dispositivo de produção de ferros compactados 30. O dispositivo de produção de
10 ferros compactados 30 é conectado ao reator de redução de leito fluidizado 20. O dispositivo de fabrico de ferros compactados 30 inclui uma tremonha 302, um par de roletes 304 e uma britadeira 306. Outros dispositivos podem ser ainda incluídos, se necessário.

O dispositivo de produção de ferros compactados 30
15 comprime os primeiros minérios de ferro reduzidos usando um par de roletes 204 e, depois, fabrica ferros compactados longos conectados. Os ferros compactados são esmagados pela britadeira 206 e, então, são transferidos para um dispositivo de equalização de pressão a quente 101. Os ferros compactados podem ser fabricados de forma a ter uma
20 resistência à compressão igual ou maior do que 200kg/cm^2 , a fim de ser diferenciado no reator de redução de leito compactado 10. Uma estrutura detalhada do dispositivo de produção de ferros compactados 30 pode ser facilmente entendida pelo especialista na técnica, razão pela qual é omitida a descrição detalhada da mesma.

25 O ferro compactado fabricado no dispositivo de produção de ferros compactados 30 é carregado no reator de redução de leito compactado 10 através do dispositivo de equalização de pressão a quente 101. Os segundos minérios de ferro também são carregados no reator de redução de leito compactado 10. Os segundos minérios de
30 ferro e os ferros compactados podem ser simultaneamente carregados

no reator de redução de leito compactado 10 ou alternadamente nele carregados.

Os segundos minérios de ferro e os ferros compactados, que são carregados no reator de redução de leito compactado 10, são
5 reduzidos em conjunto com tempo suficiente. Um tempo exigido para reduzir os ferros compactados em conjunto com os segundos minérios de ferro no reator de redução de leito compactado 10 pode ser mais longo do que aquele exigido para reduzir os primeiros minérios de ferro no reator de redução de leito fluidizado 20. Portanto, os ferros compac-
10 tados e os segundos minérios de ferro são reduzidos com uma relação de redução igual ou maior do que 70%, desse modo pode ser minimizada uma relação de combustível do fusor-gasificador 40.

Os ferros compactados e os segundos minérios de ferro são reduzidos no reator de redução de leito compactado 10, uma
15 quantidade dos segundos minérios de ferro é igual ou menor do que quarenta por cento de uma soma dos primeiros e dos segundos minérios de ferro. Como tal, quantidades dos primeiros e dos segundos minérios de ferro são controladas de forma a otimizar um processo de produção de ferro fundido. Se uma quantidade dos segundos minérios
20 de ferro não reduzidos for de mais de quarenta por cento, a ventilação pode ser deteriorada devido à diferenciação de redução no reator de redução de leito compactado. Além disso, pode ser baixada uma relação de redução no reator de redução de leito compactado.

Uma estrutura detalhada do reator de redução de leito
25 compactado 10 pode ser facilmente entendida pelo especialista na técnica, razão pela qual é omitida a descrição detalhada da mesma. O mecanismo de redução do reator de redução de leito compactado 10 será descrito em detalhe com referência à Figura 2.

Os segundos minérios de ferro e ferros compactados, que

foram reduzidos no reator de redução de leito compactado 10, são carregados no fusor-gasificador 40. Enquanto isso, os materiais carbonáceos que contêm matérias voláteis como fonte de aquecimento para fundir os segundos minérios de ferro e os ferros compactados são
5 carregados no fusor-gasificador 40. Os briquetes de carvão ou carvões a granel podem ser usados como material carbonáceo a granel. Os briquetes de carvão ou carvões a granel são carregados no fusor-gasificador 40 e então formam um leito de carvão compactado.

O gás de redução gerado por combustão dos materiais
10 carbonáceos a granel é suprido para o reator de redução de leito fluidizado 20 e o reator de redução de leito compactado 10 através de um tubo de suprimento de gás de redução L50, respectivamente. Portanto, os minérios de ferro podem ser reduzidos usando um gás de redução no reator de redução de leito fluidizado 20 e o reator de redu-
15 ção de leito compactado de carvão 10.

Uma estrutura detalhada do fusor-gasificador 40 pode ser facilmente entendida pelo especialista na técnica, razão pela qual é omitida a descrição detalhada da mesma.

A Figura 2 ilustra uma vista aumentada de ferros compactados 800 e os segundos minérios de ferro 900 carregados no reator
20 e redução de leito compactado 10. Um estado de uma mistura dos ferros compactados 800 e os segundos minérios de ferro 900 ilustrados na Figura 2 são meramente para ilustrar a presente invenção e a presente invenção não fica limitada a eles.

25 Uma pluralidade de ferros compactados 800 e uma pluralidade de minérios de ferro 900 são carregadas no reator de redução de leito compactado 10. Visto que os ferros compactados 800 são manualmente fabricados pelo dispositivo de produção de ferros compactados ilustrados na Figura 1, eles têm um tamanho semelhante.

Visto que os ferros compactados 800 são fabricados para serem esmagados, eles podem ter uma forma irregular. Pelo contrário, visto que os segundos minérios de ferro 900 são minérios de ferro coletados a partir de um lugar de produção, os tamanhos dos mesmos são não uniformes e são variados.

Conforme ilustrado na Figura 2, visto que os ferros compactados 800 são suficientemente grandes, é fácil assegurar a ventilação no reator de redução de leito compactado 10. O tamanho dos ferros compactados 800 pode ser aquele de uma pelota ou um minério sinterizado. Isto é, um tamanho pode estar numa faixa de 8 mm até 40 mm. Enquanto isso, visto que os ferros compactados 800 não são diferenciados, o tamanho pode ser minimizado para 3 mm. Como descrito acima, o tamanho dos segundos minérios de ferro 900 pode ser igual ou maior de que 5 mm.

A resistência dos ferros compactados 800 é mais alta do que aquela dos segundos minérios de ferro 900. Visto que os segundos minérios de ferro 900 são coletados a partir de um lugar de produção e são usados diretamente, a resistência à compressão dos mesmos é baixa. Pelo contrário, os ferros compactados 800 são formados de maneira a serem comprimidos com uma pressão de 200 MPa pelo dispositivo de produção de ferros compactados. Portanto, os ferros compactados 800 têm resistência igual ou maior do que 200 kg/cm². Visto que os ferros compactados 800 têm essa resistência, não são bem diferenciados no reator de redução de leito compactado 10.

O gás de redução fornecido para o reator de redução de leito compactado 10 reduz os ferros compactados 800 e os segundos minérios de ferro 900. Neste caso, os segundos minérios de ferro 900 são reduzidos pelo gás de redução e são diferenciados. Pelo contrário, visto que os primeiros minérios de ferro, isto é, um recurso dos ferros compactados 800 já sofreu um processo de pré-redução, os ferros

compactados não são bem diferenciados, enquanto estão sendo reduzidos pelo gás de redução. Nomeadamente, a razão de diferenciação de redução dos ferros compactados 800 é menor do que aquela dos segundos minérios de ferro 900 numa etapa de redução dos segundos minérios de ferro 900 em conjunto com os ferros compactados 800. Portanto, ainda que os segundos minérios de ferro 900 sejam diferenciados no reator de redução de leito compactado 10, a ventilação do reator de redução de leito compactado 10 pode ser estavelmente assegurada devido aos ferros compactados 800. Isto é possível visto que os ferros compactados 800 carregados com os segundos minérios de ferro 900 têm uma baixa relação de diferenciação de redução. Como resultado, visto que pode ser mantida uma cavidade no reator de redução de leito compactado 10, a ventilação pode ser mantida de modo estável.

Como ilustrado numa circunferência aumentada da Figura 2, o segundo minério de ferro 900 tem uma pluralidade de vazios 9001 numa superfície da mesma. Como resultado, os segundos minérios de ferro 900 são bem reduzidos. Pelo contrário, visto que os ferros compactados 800 são fabricados comprimindo parcialmente os primeiros minérios de ferro reduzidos, o número dos vazios formados numa superfície dos mesmos é relativamente pequeno. Isto é, uma fração vazia dos segundos minérios de ferro 900 é maior do que aquela dos ferros compactados 800. Portanto, os segundos minérios de ferro 900 são reduzidos mais facilmente do que os ferros compactados 800. Todavia, visto que os ferros compactados são reduzidos a certo nível, uma diferença entre a relação de redução final dos ferros compactados 800 e os segundos minérios de ferro 800 é muito pequena.

A Figura 3 ilustra um equipamento de produção de ferro fundido 200 de acordo com uma segunda modalidade da presente invenção. Uma estrutura do equipamento de produção de ferro fundido 200 ilustrado na Figura 3 é meramente para ilustrar a presente inven-

ção e a presente invenção não fica limitada a ela. Além disso, visto que uma estrutura de equipamento de produção de ferro fundido 200 é semelhante àquela do equipamento de produção de ferro fundido 200 de acordo com uma primeira modalidade da presente invenção, elementos semelhantes referem-se a números de referência semelhantes e é omitida a descrição detalhada da mesma.

Como ilustrado na Figura 3, um combustível auxiliar pode ser injetado no fusor-gasificador 40 com oxigênio pelo alcaraviz 402 numa segunda modalidade da presente invenção. O gás natural líquido (LNG) pode ser um exemplo do gás de hidrocarboneto.

Os materiais carbonáceos a granel carregados no fusor-gasificador 40 incluem materiais voláteis, carbono fixo e cinzas. Os materiais carbonáceos a granel são decompostos termicamente, enquanto estão afundando através de um leito de carvão compactado. A maior parte dos materiais voláteis contidos nos materiais carbonáceos a granel são convertidos num gás numa parte superior do leito de carvão compactado. Os carbonos fixos a partir dos quais os materiais voláteis e as cinzas foram removidos são apenas descidos para uma parte mais baixa do leito de carvão compactado.

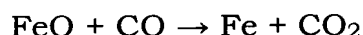
Enquanto isso, um alcaraviz 402 está instalado num plano lateral do fusor-gasificador 40 e numa parte mais baixa do leito de carvão compactado. O oxigênio é injetado no fusor-gasificador 40 pelo alcaraviz 40. O oxigênio injetado através do alcaraviz combusta o carvão fixo acima descrito que desce para a parte mais baixa do leito de carvão compactado pela Fórmula Química 1 e, então, é gerado gás quente de redução.

Fórmula Química 1



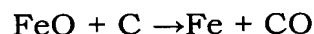
Um monóxido de carbono quente sobe através do leito de carvão compactado, ao mesmo tempo em que transfere calor para os materiais carbonáceos a granel e ferros compactados no leito de carvão compactado. Portanto, uma temperatura dos segundos minérios de ferro e os ferros compactados é elevada de forma a fundir. Num processo de temperatura em elevação, o óxido ferro (FeO) não reduzido contido nos segundos minérios de ferro e os ferros compactados são parcialmente reduzidos a partir do estado sólido através de uma reação indireta da seguinte Fórmula Química 2.

10 Fórmula Química 2



Além disso, durante o processo de fusão acima, os óxidos de ferro não reduzidos nos ferros compactados e os segundos minérios de ferro são finalmente reduzidos com alguns carvões fixos com alguns carbonos fixos por uma reação de redução direta da seguinte Fórmula Química 3.

Fórmula Química 3

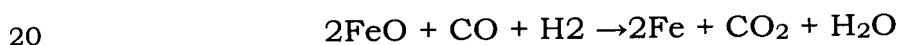


Aqui, uma reação de redução direta é uma reação exotérmica e uma reação de redução indireta é uma reação endotérmica. Portanto, é vantajoso aumentar a redução indireta em relação à redução direta no leito de carvão compactado, a fim de reduzir uma quantidade dos materiais carbonáceos a granel consumidos no fusor-gasificador 40. Nomeadamente, pode ser reduzida uma relação de combustível. A fim de aumentar uma redução indireta, deve ser aumentado o tempo de queda (tempo de permanência) dos segundos minérios de ferro e os ferros compactados. Além disso, visto que os segundos minérios de ferro e os ferros compactados podem ser carregados no fusor-

gasificador 40 como num estado sendo parcialmente reduzido, o tempo de permanência no leito de carvão compactado deve ser aumentado em a fim de simultaneamente e ainda reduzir e fundir. . Além disso, deve ser aumentada uma quantidade do gás quente combustada no alcaraviz
 5 402 e que sobe através do leito de carvão compactado.

Numa segunda modalidade da presente invenção, um combustível auxiliar é injetado pelo alcaraviz 402, aumentando, assim, uma quantidade de gás quente. Uma parte dos materiais carbonáceos a granel pode ser reposta pelo combustível auxiliar que contém materi-
 10 ais voláteis. O combustível auxiliar é combustado com oxigênio que é injetado em direção ao canal adutor formado de maneira a ficar separadamente espaçado do alcaraviz 402, sendo, assim, convertido em gases quentes de monóxido de carbono e hidrogênio. Os gases quentes de monóxido de carbono e hidrogênio sobem através do leito de carvão
 15 compactado, ao mesmo tempo em que reduzem os segundos minérios de ferro e os ferros compactados na reduzidos que caem através do leito de carvão compactado por uma reação de redução indireta da Fórmula Química 4 a seguir.

Fórmula Química 4



Portanto, a maior parte dos componentes de carvão e dos componentes de hidrogênio incluídos no combustível auxiliar é gasificada. Uma quantidade do gás gerado no alcaraviz injetando um combustí-
 25 vel auxiliar é significativamente aumentada em relação a uma quantidade do gás gerada através apenas da combustão do carvão fixo nos materiais carbonáceos a granel. Além disso, quando é injetado um combustível auxiliar, os materiais carbonáceos a granel carregados a partir de uma parte superior do fusor-gasificador 40 são combustados no alcaraviz, desse modo a velocidade de término é reduzida. Portanto,

um tempo para os materiais carbonáceos a granel, os reduzidos segundos minérios de ferro e os ferros compactados caírem através do leito de carvão compactado com um volume predeterminado para o alcaraviz, nomeadamente o tempo de residência é aumentado.

5 Como descrito acima, se for injetado o combustível auxiliar, a quantidade de gás combustado no alcaraviz e que sobe no leito de carvão compactado é aumentada. Além disso, visto que o tempo de permanência dos segundos minérios de ferro reduzidos e ferros compactados no leito de carvão compactado, fica aumentada uma
10 relação de redução indireta. Como resultado, pode ser reduzida a quantidade de combustível consumido no fusor-gasificador 40.

 A Figura 4 ilustra esquematicamente uma estrutura interna do alcaraviz 402 que é a parte aumentada IV da Figura 3. Como ilustrado na Figura 4, o alcaraviz 402 inclui uma linha de injeção
15 de oxigênio 4021 e uma linha de injeção de combustível auxiliar 4023. A linha de injeção de oxigênio 4021 é formada no centro do alcaraviz 402 e a linha de injeção de combustível auxiliar 4023 é separadamente espaçada da linha de injeção de oxigênio 4021, injetando, assim, combustível auxiliar no fusor-gasificador. Uma quantidade de combust
20 tível auxiliar pode ser controlada operando uma válvula 4025 instalada numa linha de injeção de combustível auxiliar 4023. Uma linha de injeção de combustível auxiliar 4023 está instalada de forma a penetrar uma extremidade frontal do alcaraviz 402.

 A linha de injeção de oxigênio 4021 e a linha de injeção
25 de combustível auxiliar 4023 podem ser separadamente espaçadas uma da outra. Quando o combustível auxiliar e o oxigênio são misturados e, depois, são injetados apenas pela linha de injeção de oxigênio 4021, o combustível auxiliar é combustado na linha de injeção de oxigênio 4021 através de um calor de radiação de uma região quente formada numa
30 extremidade frental do alcaraviz 402. Portanto, a linha de injeção de

oxigênio 4021 é fundida de modo a ficar danificada. Para prevenir este fenômeno, como ilustrado na Figura 4, o oxigênio e um combustível auxiliar são injetados separadamente. Neste caso, os materiais carbonáceos finos e o oxigênio são separadamente espaçados um do outro, encontrando-se, assim, um com o outro num canal adutor formado numa extremidade frontal do alcaraviz 402. Os materiais carbonáceos finos e o oxigênio são combustados no canal adutor.

A Figura 5 ilustra um equipamento de produção de ferro fundido 300 de acordo com uma terceira modalidade da presente invenção. Uma estrutura do equipamento de produção de ferro fundido 300 ilustrada na Figura 5 é meramente para ilustrar a presente invenção e a presente invenção não fica limitada a ela.. Além disso, visto que uma estrutura do equipamento de produção de ferro fundido 300 é semelhante àquela de acordo com uma segunda modalidade da presente invenção, elementos semelhantes referem-se a números de referência semelhantes e é omitida a descrição detalhada dos mesmos.

O gás de redução é gerado por combustão dos materiais carbonáceos a granel e um combustível auxiliar que são supridos para o fusor-gasificador 40. Portanto, uma quantidade dos materiais carbonáceos a granel carregados no fusor-gasificador 40 pode ser reduzida injetando o combustível auxiliar. Como tal, como uma quantidade dos materiais carbonáceos a granel é reduzida, uma quantidade do gás de redução gerado no fusor-gasificador 40 é reduzida. Essa quantidade do gás de redução é menor do que é necessário para reduzir os minérios de ferro no reator de redução de leito fluidizado 20 e o reator de redução de leito compactado 10. Portanto, na terceira modalidade da presente invenção, uma parte de um gás de saída descarregado a partir do reator de redução de leito fluidizado 20 e o reator de redução de leito compactado 10 é recuperada para ser gerada e, então, é ressuprida, mantendo, assim, adequadamente a quantidade do gás de redução.

Conforme ilustrado na Figura 5, é arrefecido o gás de saída descarregado a partir do reator de redução de leito fluidizado 20 e o reator de redução de leito compactado 10, ao mesmo tempo em que passa através do gás de saída 52 e, então, é recuperado para suprimento para um dispositivo para remoção de dióxido de carbono 50. Um gás de saída parcialmente arrefecido pode ser descarregado para o exterior. O dispositivo para remover dióxido de carbono 50 supre um gás de retorno que é gerado por remoção do dióxido de carbono a partir do gás de saída até o reator de redução de leito fluidizado 20 e o reator de redução de leito compactado 10. O dióxido de carbono é removido pelo uso do dispositivo de remoção de dióxido de carbono 50, deste modo, a redução da energia do gás de redução é aumentada. Visto que uma estrutura detalhada do dispositivo para remover dióxido de carbono 50 pode ser facilmente entendida pelo técnico especialista, é omitida descrição detalhada da mesma.

O gás de retorno é misturado com o gás de redução gerado a partir do fusor-gasificador 40. Como tal, o gás de redução é reformado para ser circulado, assegurando, assim, uma quantidade do gás de redução para o reator de redução de leito fluidizado 20 e o reator de redução de leito compactado 10 independente de uma quantidade do gás de redução gerada a partir do fusor-gasificador 40. Portanto, a reação de redução pode ser adequadamente ocorrida no reator de redução de leito fluidizado 20 e o reator de redução de leito compactado 10.

Mais especificamente, um primeiro tubo de suprimento de gás de retorno L54 conecta o dispositivo de remoção de dióxido de carbono 50 ao reator de redução de leito fluidizado 20, suprindo, assim, o primeiro gás de retorno para o reator de redução de leito fluidizado 20. Enquanto isso, um segundo tubo de suprimento de gás de retorno L56 conecta o dispositivo de remoção de dióxido de carbono 50 ao reator de redução de leito compactado 10, suprindo, desse modo, o

segundo gás de retorno para o reator de redução de leito compactado 10.

Como descrito acima, visto que o gás de retorno é dividido para o primeiro e o segundo gás de retorno, uma temperatura do gás de redução fornecido para o reator de redução de leito fluidizado 20 e uma temperatura do gás de redução suprido para o reator de redução de leito compactado 10 podem ser controladas de maneira a serem diferentes uma da outra. Ou seja, uma quantidade do primeiro gás de retorno é controlada de forma a ser mais do que aquela do segundo gás de retorno. Visto que uma temperatura do gás de retorno é baixa, uma temperatura do gás de redução é abaixada, quando o gás de retorno é misturado com o gás de redução. Portanto, uma temperatura do gás de redução fornecido para o reator de redução de leito fluidizado 20 pode ser controlada de modo a ser mais baixa do que aquela do gás de redução fornecido para o reator de redução de leito compactado 10.

Visto que uma quantidade relativamente pequena do primeiro gás de retorno é misturada com o gás de redução fornecido para o reator de redução de leito compactado 10, uma temperatura do gás de redução pode ser mantida alta. Portanto, uma velocidade de redução dos segundos minérios de ferro e dos ferros compactados no reator de redução de leito compactado 10 pode ser maximamente aumentada. Por outro lado, visto que uma quantidade relativamente grande do segundo gás de retorno é misturada no gás de redução fornecido para o reator de redução de leito fluidizado 20, uma temperatura do gás de redução pode ser mantida relativamente baixa. Portanto, o fenômeno de adesão a quente dos finos de minérios de ferro no reator de redução de leito fluidizado 20 pode ser prevenido.

Uma temperatura do gás de redução fornecido para o reator de redução de leito compactado 10 pode ser controlada numa

faixa de 750°C até 800°C usando o gás de retorno acima descrito. Portanto, os segundos minérios de ferro e os ferros compactados podem ser adequadamente reduzidos. Além disso, uma temperatura do gás de redução fornecido para o reator de redução de leito fluidizado 20 pode
5 ser controlada de maneira a ser igual ou mais alta do que 700°C e ser mais baixa do que 750°C. Portanto, os primeiros minérios de ferro são impedidos de aderirem ao interior do reator de redução de leito fluidizado 20.

A Figura 6 ilustra um equipamento de produção de ferro fundido 400 de acordo com uma quarta modalidade da presente invenção. Uma estrutura do equipamento de produção de ferro fundido 400 ilustrado na Figura 6 é meramente para ilustrar a presente invenção e a presente invenção não fica limitada a ele. Além disso, visto que uma estrutura do equipamento de fabrico de ferro fundido 400 é
15 semelhante àquela de acordo com a terceira modalidade da presente invenção, elementos semelhantes referem-se a números de referência semelhantes e é omitida a descrição detalhada da mesma.

O equipamento de produção de ferro fundido 400 inclui, além disso, um arrefecedor de gás 406. O arrefecedor de gás 406
20 ramifica uma parte do gás de redução gerado a partir do fusor-gasificador 40 e arrefece-o. O arrefecedor de gás 406 mistura o gás de redução com o gás de redução fornecido para o reator de redução de leito fluidizado 20 e o reator de redução de leito compactado 10, abai-
xando, desse modo, uma temperatura do gás de redução fornecido a ele.
25 A temperatura do gás de redução é controlada, assim, é controlada uma relação de redução do reator de redução de leito fluidizado 20 ou o reator de redução de leito compactado 10 e os minérios de ferro são impedidos de aderirem devido à termalização. Além disso, é injetado um combustível auxiliar pelo alcaraviz 402 no equipamento de produ-
30 ção de ferro fundido 400 e o gás de redução pode ser recuperado para ser reutilizado pelo dispositivo de remoção de dióxido de carbono 50,

dessa forma, a eficiência pode ser otimizada.

Depois do gás de saída ser arrefecido enquanto passa através do gás de saída 52, é descarregado ou fornecido para o dispositivo de remoção de dióxido de carbono 50. Visto que podem ser removi-
5 dos pós contidos no gás de saída, enquanto passa através do gás de saída 52, o fenômeno de bloqueio causado pelos pós pode ser previamente impedido.

Um ciclone 404 está instalado no fusor-gasificador 40. O ciclone 404 coleta pós dispersos a partir do fusor-gasificador 40 e
10 retorna-os para o fusor-gasificador 40. Isto é, os pós descarregados através do tubo de gás L40 são filtrados no ciclone 404 e são retornados ao fusor-gasificador 40. O gás de redução separado a partir dos pós é fornecido para o reator de redução de leito fluidizado 20 e o reator de redução de leito compactado 10 através de um tubo de fornecimento de
15 gás de redução L42.

Visto que o tubo de gás L42 é ramificado, uma parte do gás de redução é fornecida para o arrefecedor de gás 406 através do tubo de gás L44. Por exemplo, um *scrubber* pode ser usado como arrefecedor de gás 406. Depois do gás de redução ser arrefecido no
20 arrefecedor de gás 406, é transferido para o tubo de gás L40 ou um tubo de fornecimento de gás de redução L50. Portanto, uma temperatura do gás de redução suprido para o reator de redução de leito fluidizado 20 ou o reator de redução de leito compactado 10 pode ser controlada misturando o gás de retorno suprido a partir do dispositivo
25 acima descrito para remover dióxido de carbono 50 ou um gás de arrefecimento fornecido a partir do arrefecedor de gás 406 com o gás de redução gerado a partir do fusor-gasificador 40. Como descrito acima, na terceira modalidade, uma temperatura do gás de redução suprido para o reator de redução de leito compactado 10 pode ser controlada
30 numa faixa de 750°C até 800°C. Portanto, os segundos minérios de

ferros e os ferros compactados podem ser adequadamente reduzidos. Além disso, uma temperatura do gás de redução fornecido para o reator de redução de leito fluidizado 20 pode ser controlada de maneira a ser igual ou mais alta do que 700°C e mais baixa do que 750°C. Portanto, os primeiros minérios de ferro podem ser impedidos de aderirem ao interior do reator de redução de leito fluidizado 20.

A Figura 7 ilustra um equipamento de produção de ferro fundido 500 de acordo com uma quinta modalidade da presente invenção. Uma estrutura do equipamento de produção de ferro fundido é meramente para ilustrar a presente invenção e a presente invenção não fica limitada a ela. Além disso, visto que uma estrutura do equipamento de produção de ferro fundido 500 é semelhante àquela de acordo com uma primeira modalidade da presente invenção, elementos semelhantes referem-se a números de referência semelhantes e é omitida a descrição detalhada da mesma.

Conforme ilustrado na Figura 7, os primeiros minérios de ferro podem ser reduzidos usando apenas um reator de redução de leito fluidizado 24. Como descrito acima, depois dos primeiros minérios de ferro serem reduzidos no reator de redução de leito fluidizado 24, eles são novamente reduzidos no reator de redução de leito compactado 10. Uma relação de redução dos ferros reduzidos carregados no fusor-gasificador 40 deve ser igual ou maior do que certo nível, a fim de minimizar uma relação de combustível do fusor-gasificador 40. Na presente invenção, visto que os primeiros minérios de ferro são reduzidos duas vezes usando tanto o reator de redução de leito fluidizado 24 como o reator de redução de leito compactado 10, a carga de redução aplicada ao reator de redução de leito fluidizado 24 pode ser significativamente reduzida. Portanto, ainda que seja usado apenas um reator de redução de leito fluidizado 24, os primeiros minérios de ferro podem ser reduzidos a uma relação de redução pretendida. Se for usado o equipamento de produção de ferro fundido 500, a sua estrutura fica simpli-

ficada, existe, desse modo, uma vantagem de que os custos são largamente reduzidos.

Se bem que a presente invenção tenha sido mostrada e descrita particularmente com referência a modalidades exemplificativas da mesma, ficará entendido por aqueles qualificados na técnica que 5 podem ser feitas várias mudanças na forma e no detalhe da mesma sem sair do espírito e escopo da invenção como definida pelas Reivindicações anexas.

**“Equipamento e Método
de Produção de Ferro Fundido”**

Reivindicações

1 - Método de Produção de Ferro Fundido, caracterizado por que

5 compreende:

reduzir os primeiros minérios de ferro carregando os primeiros minérios de ferro num reator de redução de leito fluidizado;

produzir ferros compactados industriais compactando os primeiros os primeiros minérios de ferro reduzidos;

10 reduzir os segundos minérios de ferro em conjunto com os ferros compactados carregando os segundos minérios de ferro e os ferros compactados num reator de redução de leito compactado, em que um tamanho dos segundos minérios de ferro é maior do que um tamanho dos primeiros minérios de ferro;

15 carregar os ferros compactados reduzidos e os segundos minérios de ferro num fusor-gasificador conectado ao reator de redução de leito compactado;

preparar materiais carbonáceos a granel como fonte de aquecimento para fundir os ferros compactados reduzidos e os segun-
20 dos minérios de ferro;

carregar os materiais carbonáceos a granel no fusor-gasificador e, depois, formar um leito de carvão compactado; e

injetar oxigênio através de um alcaraviz instalado no fusor-gasificador e, depois, produzir ferro fundido a partir dos ferros compactados e dos segundos minérios de ferro.
25

2 - Método de Produção de Ferro Fundido, de acordo com a Reivindicação 1, **caracterizado** por que a resistência dos ferros compactados é maior do que a resistência dos segundos minérios de ferro ao reduzir os segundos minérios de ferro em conjunto com os ferros compactados.

5 **3 - Método de Produção de Ferro Fundido**, de acordo com a Reivindicação 2, **caracterizado** por que a resistência dos ferros compactados é igual ou maior do que 200kg/cm².

4 - Método de Produção de Ferro Fundido, de acordo com a Reivindicação 2, **caracterizado** por que a fração vazia do segundo minério de ferro é maior do que a fração vazia dos ferros compactados.

10

5 - Método de Produção de Ferro Fundido, de acordo com a Reivindicação 2, **caracterizado** por que a razão de diferenciação de redução dos ferros compactados é menor do que a razão de diferenciação de redução dos segundos minérios de ferro na redução dos segundos minérios de ferro em conjunto com os ferros compactados.

15

6 - Método de Produção de Ferro Fundido, de acordo com a Reivindicação 1, **caracterizado** por que o tamanho dos ferros compactados está numa faixa de 8 mm até 40 mm.

7 - Método de Produção de Ferro Fundido, de acordo com a Reivindicação 1, **caracterizado** por que o tamanho dos segundos minérios de ferro é igual ou maior do que 5 mm.

20

8 - Método de Produção de Ferro Fundido, de acordo com a Reivindicação 1, **caracterizado** por que a produção dos ferros compactados compreende ainda esmagar os ferros compactados após compactação dos primeiros minérios de ferro.

25

9 - Método de Produção de Ferro Fundido, de acordo com a Reivindi-

cação 1, **caracterizado** por que compreende ainda suprir um gás de redução gerado a partir de um leito de carvão compactado a pelo menos um selecionado a partir de um grupo de reator de redução de leito fluidizado e o reator de redução de leito compactado.

5 **10 - Método de Produção de Ferro Fundido**, de acordo com a Reivindicação 9, **caracterizado** por que compreende ainda arrefecer o gás de redução antes de suprir o gás de redução para o reator de redução.

10 **11 - Método de Produção de Ferro Fundido**, de acordo com a Reivindicação 9, **caracterizado** por que compreende ainda adicionar um gás de retorno que é gerado removendo o dióxido de carbono a partir de um gás de saída descarregado a partir do reator de redução de leito fluidizado e o reator de redução de leito compactado para o gás de redução.

15 **12 - Método de Produção de Ferro Fundido**, de acordo com a Reivindicação 11, **caracterizado** por que o gás de redução gerado a partir do leito de carvão compactado é suprido para o reator de redução de leito fluidizado e o reator de redução de leito compactado.

13 - Método de Produção de Ferro Fundido, de acordo com a Reivindicação 11, **caracterizado** por que o gás de retorno compreende:

20 um primeiro gás de retorno que é suprido para o reator de redução de leito fluidizado; e

 um segundo gás de retorno que é fornecido para o reator de redução de leito compactado.

25 **14 - Método de Produção de Ferro Fundido**, de acordo com a Reivindicação 13, **caracterizado** por que uma quantidade do primeiro gás de retorno é maior do que uma quantidade do segundo gás de retorno.

15 - Método de Produção de Ferro Fundido, de acordo com a Reivin-

dicação 13, **caracterizado** por que uma temperatura do gás de redução suprido para o reator de redução de leito fluidizado é mais baixa do que uma temperatura do gás de redução fornecido para o reator de redução de leito compactado.

5 **16 - Método de Produção de Ferro Fundido**, de acordo com a Reivindicação 15, **caracterizado** por que uma temperatura do gás de redução suprido para o reator de redução de leito fluidizado é igual ou maior do que 700°C e é mais baixa do que 750°C.

10 **17 - Método de Produção de Ferro Fundido**, de acordo com a Reivindicação 15, **caracterizado** por que uma temperatura do gás de redução suprido para o reator de redução de leito compactado está numa faixa de 750°C até 800°C.

15 **18 - Método de Produção de Ferro Fundido**, de acordo com a Reivindicação 1, **caracterizado** por que além disso compreende ainda injetar um combustível auxiliar no leito de carvão compactado pelo alcaraviz.

19 - Método de Produção de Ferro Fundido, de acordo com a Reivindicação 18, **caracterizado** por que o combustível auxiliar é injetado no leito de carvão compactado a ser separado do oxigênio.

20 **20 - Método de Produção de Ferro Fundido**, de acordo com a Reivindicação 18, **caracterizado** por que o combustível auxiliar é um carvão finmo que é pré-secado de modo a ter umidade cuja quantidade é igual ou menor do que 1,0% em peso.

25 **21 - Método de Produção de Ferro Fundido**, de acordo com a Reivindicação 18, **caracterizado** por que o combustível auxiliar é um carvão fino e um tamanho do carvão fino é igual ou menor do que 3,0 mm.

22 - Método de Produção de Ferro Fundido, de acordo com a Reivindicação 18, **caracterizado** por que o combustível auxiliar é um gás que

contém hidrocarboneto.

23 - Método de Produção de Ferro Fundido, de acordo com a Reivindicação 1, **caracterizado** por disso compreende ainda carregar pelotas ou minérios sinterizados no reator de redução de leito compactado e reduzi-los.

24 - Método de Produção de Ferro Fundido, de acordo com a Reivindicação 1, **caracterizado** por que uma relação de redução dos primeiros minérios de ferro é igual ou maior do que 45% na redução dos primeiros minérios de ferro.

25 - Método de Produção de Ferro Fundido, de acordo com a Reivindicação 1, **caracterizado** por que um tempo exigido para reduzir os ferros compactados em conjunto com os segundos minérios de ferro no reator de redução de leito compactado é maior do que um tempo exigido para reduzir os primeiros minérios de ferro no reator de redução de leito fluidizado.

26 - Método de Produção de Ferro Fundido, de acordo com a Reivindicação 1, **caracterizado** por que uma quantidade dos segundos minérios de ferro é igual ou menor do que quarenta por cento de uma soma dos primeiros e segundos minérios de ferro.

27 - Método de Produção de Ferro Fundido, de acordo com a Reivindicação 1, **caracterizado** por que uma relação de redução dos ferros compactados e os segundos minérios de ferro é igual ou maior do setenta por cento na redução dos ferros compactados e dos segundos minérios de ferro.

28 - Equipamento de Produção de Ferro Fundido, **caracterizado** por que compreende:

um reator de redução de leito fluidizado que reduz os primeiros minérios de ferro;

um dispositivo de produção de de ferros compactados conectados ao reator de redução de leito fluidizado e que compacta os primeiros minérios de ferro reduzidos e produz ferro compactado;

um reator de redução de leito compactado conectado ao dispositivo de produção de ferros compactados, o reator de redução de leito compactado em que são carregados e reduzidos em conjunto os ferros compactados e os segundos minérios de ferro cujo tamanho é maior do que um tamanho dos primeiros minérios de ferro;

um fusor-gasificador conectado ao reator de redução de leito compactado, o fusor-gasificador em que são carregados os segundos minérios de ferro, os ferros compactados e os materiais carbonáceos a granel e que produz ferros fundidos injetando gás de oxigênio através de um alcaraviz instalado num lado do fusor-gasificador.

29 – Equipamento de Produção de Ferro Fundido, de acordo com a Reivindicação 28, **caracterizado** por que uma resistência dos ferros compactados é maior do que uma resistência dos segundos minérios de ferro.

30 – Equipamento de Produção de Ferro Fundido, de acordo com a Reivindicação 29, **caracterizado** por que a resistência dos ferros compactados é igual ou maior do que 200kg/cm².

31 – Equipamento de Produção de Ferro Fundido, de acordo com a Reivindicação 29, **caracterizado** por que a fração vazia do segundo minério de ferro é maior do que a fração vazia dos ferros compactados.

32 – Equipamento de Produção de Ferro Fundido, de acordo com a

Reivindicação 29, **caracterizado** por que a razão de diferenciação de redução dos ferros compactados é menor do que o razão de diferenciação de redução dos segundos minérios de ferro na redução dos segundos minérios de ferro em conjunto com os ferros compactados.

5 **33 – Equipamento de Produção de Ferro Fundido**, de acordo com a Reivindicação 28, **caracterizado** por que o tamanho dos ferros compactados está numa faixa de 8 mm até 40 mm.

10 **34 – Equipamento de Produção de Ferro Fundido**, de acordo com a Reivindicação 28, **caracterizado** por que o tamanho dos segundos minérios de ferro é igual ou maior do que 5 mm.

35 – Equipamento de Produção de Ferro Fundido, de acordo com a Reivindicação 28, **caracterizado** por que compreende ainda:

um primeiro duto de suprimento de gás de redução que conecta o fusor-gasificador ao reator de redução de leito fluidizado; e

15 um segundo tubo de suprimento de gás de redução que conecta o fusor-gasificador ao reator de redução de leito compactado.

20 **36 – Equipamento de Produção de Ferro Fundido**, de acordo com a Reivindicação 35, **caracterizado** por que compreende ainda um dispositivo de remoção de dióxido de carbono que supre um gás de retorno que é gerado por remoção de dióxido de carbono a partir de um gás de saída descarregado a partir do reator de redução de leito fluidizado e o reator de redução de leito compactado para o gás de redução.

25 **37 – Equipamento de Produção de Ferro Fundido**, de acordo com a Reivindicação 36, **caracterizado** por que compreende ainda um gás de saída que arrefece um gás de saída descarregado a partir de pelo menos um selecionado de um grupo do reator de redução de leito fluidizado e o

reator de redução de leito compactado.

5 **38 – Equipamento de Produção de Ferro Fundido**, de acordo com a Reivindicação 36, **caracterizado** por que compreende ainda primeiro e segundo tubos de suprimento de gás de retorno que são conectados ao dispositivo para remover dióxido de carbono; e em que o primeiro tubo de suprimento de gás de retorno é conectado ao reator de redução de leito fluidizado; e

em que o segundo tubo de suprimento de gás de retorno é conectado ao reator de redução de leito compactado.

10 **39 – Equipamento de Produção de Ferro Fundido**, de acordo com a Reivindicação 38, **caracterizado** por que uma quantidade de um gás de retorno suprido através do primeiro tubo de suprimento de gás de retorno é maior do que uma quantidade de um gás de retorno fornecido pelo segundo tubo de suprimento de gás de retorno.

15 **40 – Equipamento de Produção de Ferro Fundido**, de acordo com a Reivindicação 39, **caracterizado** por que uma temperatura do gás de redução suprido para o reator de redução de leito fluidizado é mais baixa que uma temperatura do gás de redução fornecido para o reator de redução de leito compactado.

20 **41 – Equipamento de Produção de Ferro Fundido**, de acordo com a Reivindicação 28, **caracterizado** por que o alcaraviz compreende:

uma linha de injeção de oxigênio através da qual é injetado oxigênio; e

25 uma linha de injeção de combustível auxiliar que é separadamente espaçada da linha de injeção de oxigênio e que injeta um combustível auxiliar no fusor-gasificador.

42 – Equipamento de Produção de Ferro Fundido, de acordo com a Reivindicação 41, **caracterizado** por que o oxigênio e o combustível auxiliar se encontram um com o outro e são, então, combustados num canal adutor do fusor-gasificador; e

5 em que o oxigênio é separadamente espaçado do alcaraviz.

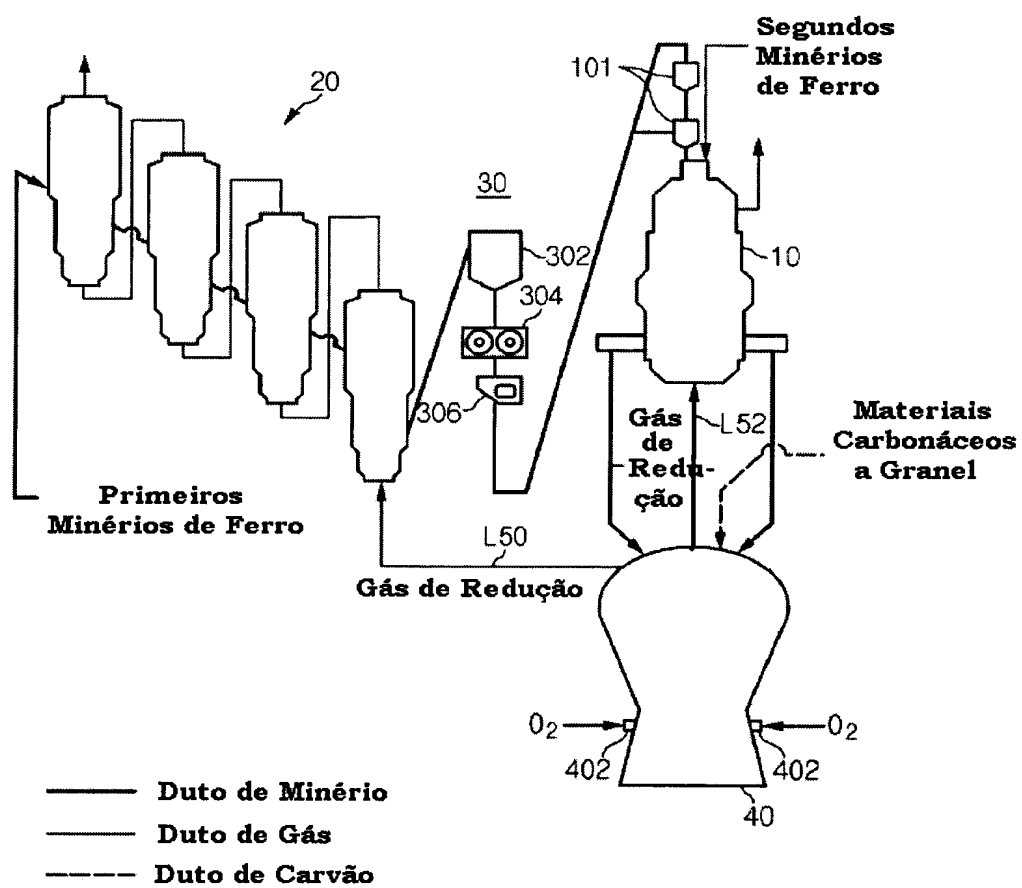
43 – Equipamento de Produção de Ferro Fundido, de acordo com a Reivindicação 42, **caracterizado** por que a linha de injeção de combustível auxiliar está instalada de forma a penetrar através de uma extremidade frontal do alcaraviz.

10 **44 – Equipamento de Produção de Ferro Fundido**, de acordo com a Reivindicação 42, **caracterizado** por que o combustível auxiliar é um gás que contém gás de hidrocarboneto ou materiais carbonados finos.

15 **45 – Equipamento de Produção de Ferro Fundido**, de acordo com a Reivindicação 35, **caracterizado** por que compreende ainda um arrefecedor de gás que arrefece o gás de redução antes que o gás de redução no fusor-gasificador seja suprido ao reator de redução de leito fluidizado e ao reator de redução de leito compactado.

20 **46 – Equipamento de Produção de Ferro Fundido**, de acordo com a Reivindicação 28, **caracterizado** por que uma relação de redução dos primeiros minérios de ferro no reator de redução de leito fluidizado é igual ou maior do que quarenta cinco por cento.

25 **47 – Equipamento de Produção de Ferro Fundido**, de acordo com a Reivindicação 28, **caracterizado** por que o reator de redução de leito fluidizado compreende uma pluralidade de reatores de redução de leito fluidizado que são conectados uns aos outros de uma maneira de estágios múltiplos.

**Figura 1**

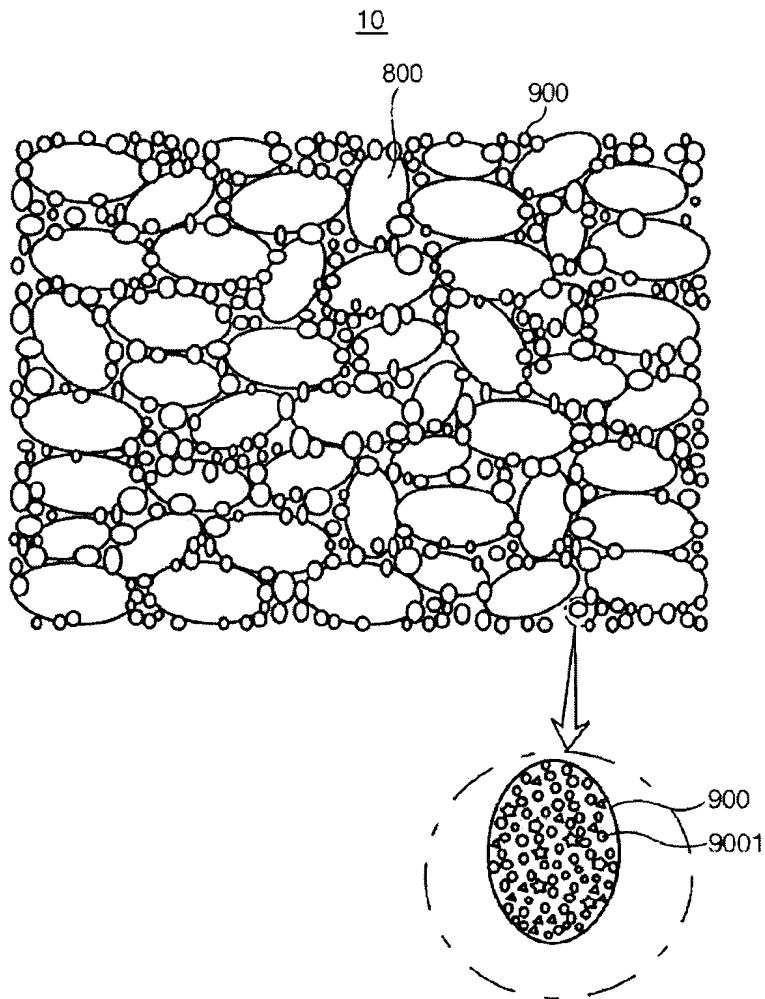


Figura 2

200

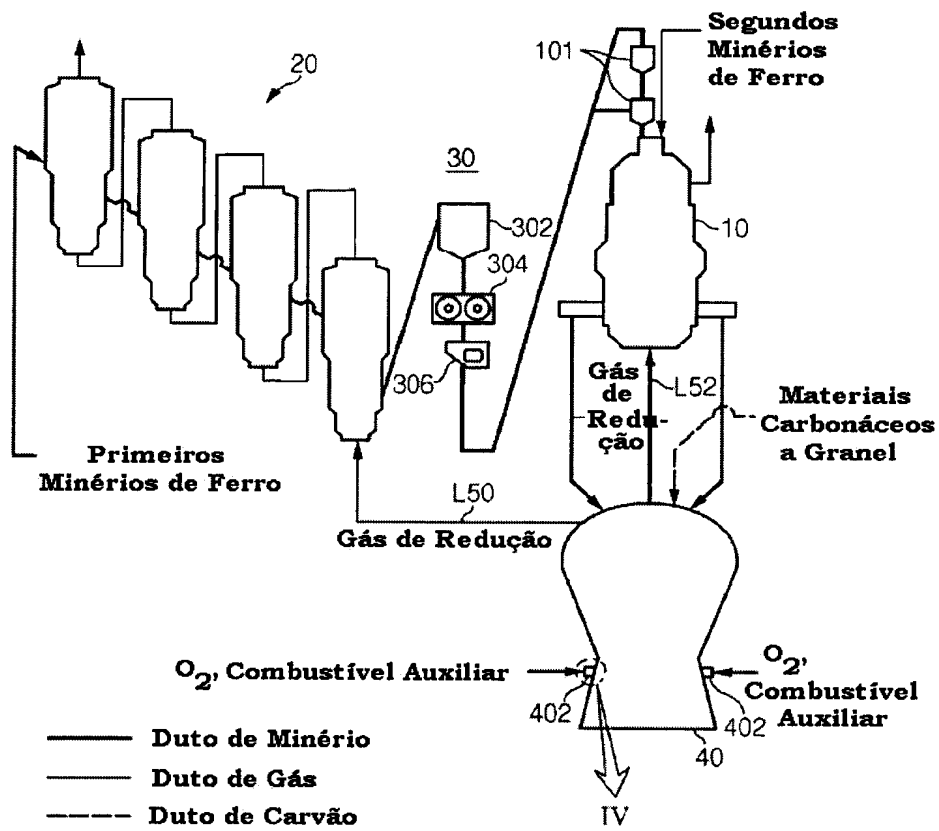
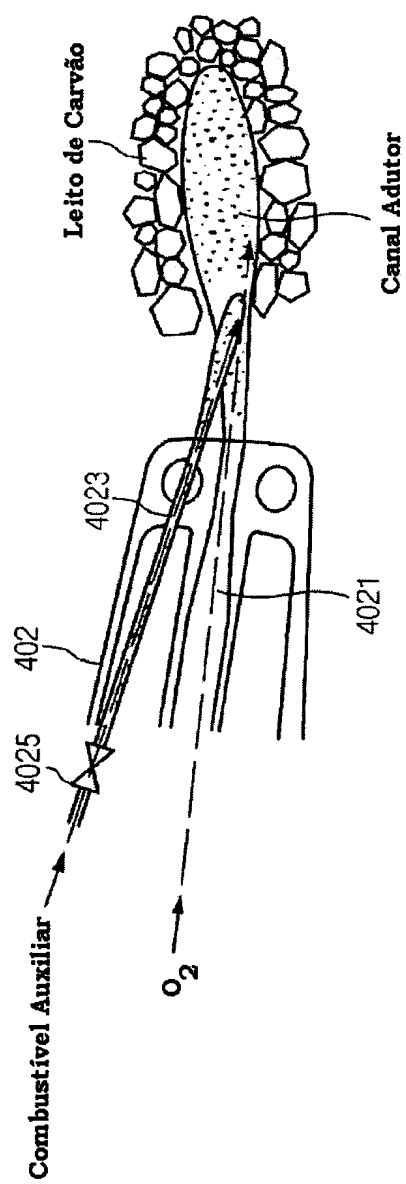


Figura 3

**Figura 4**

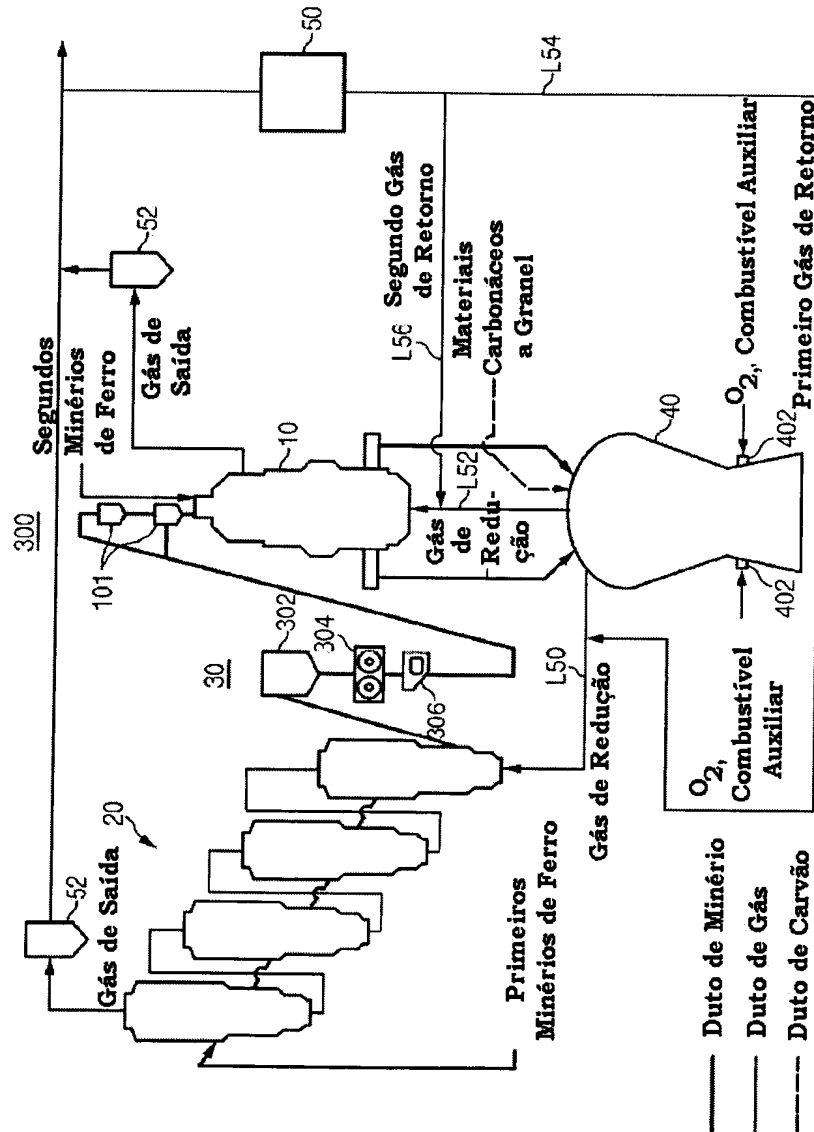


Figura 5

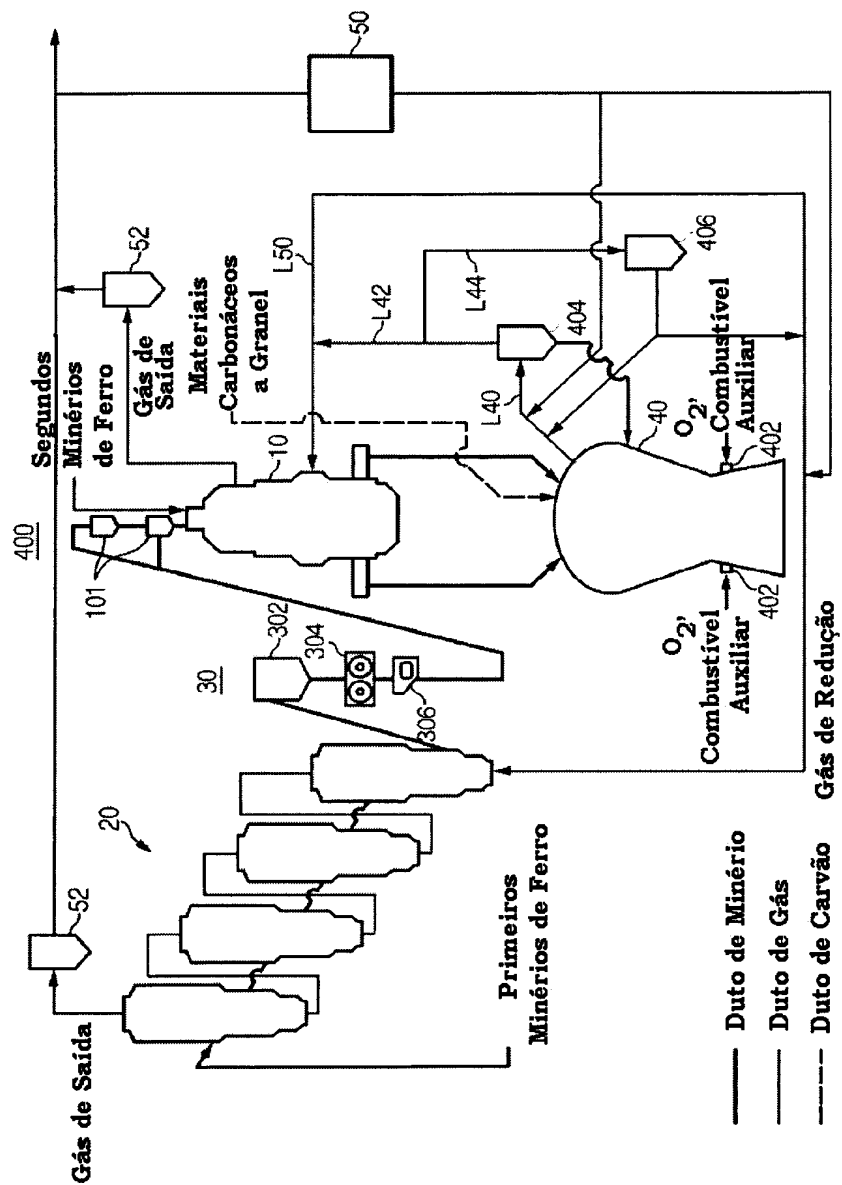
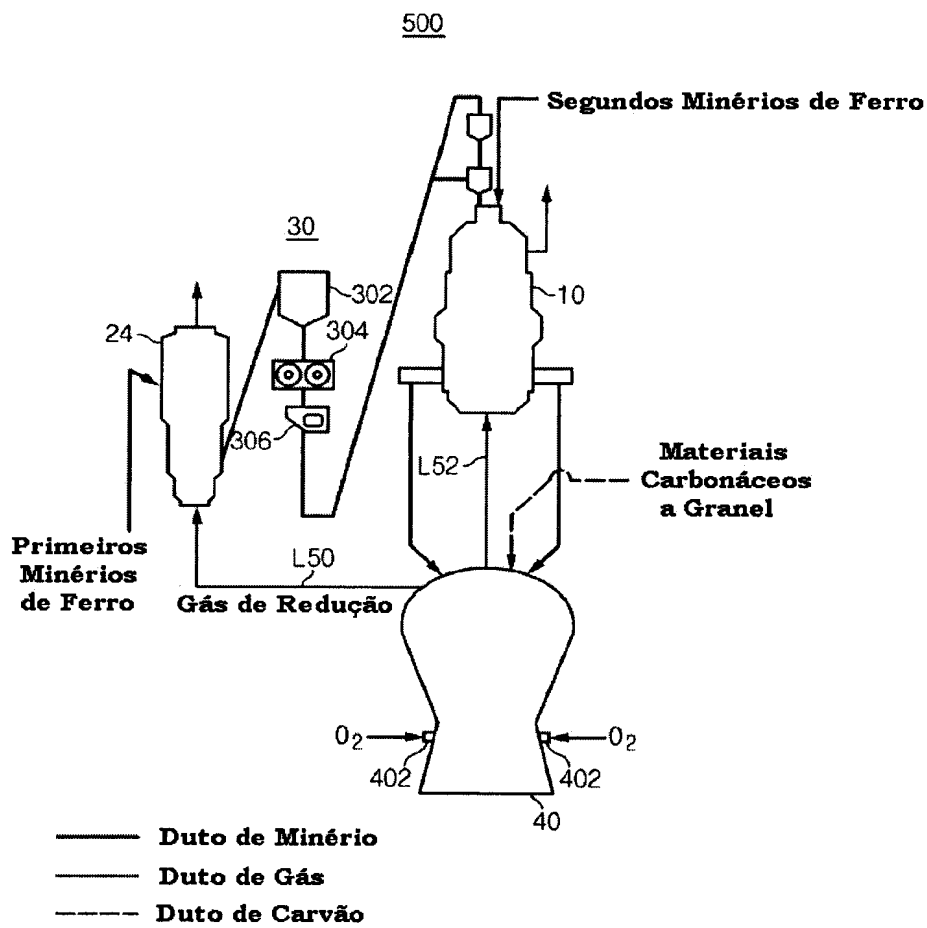
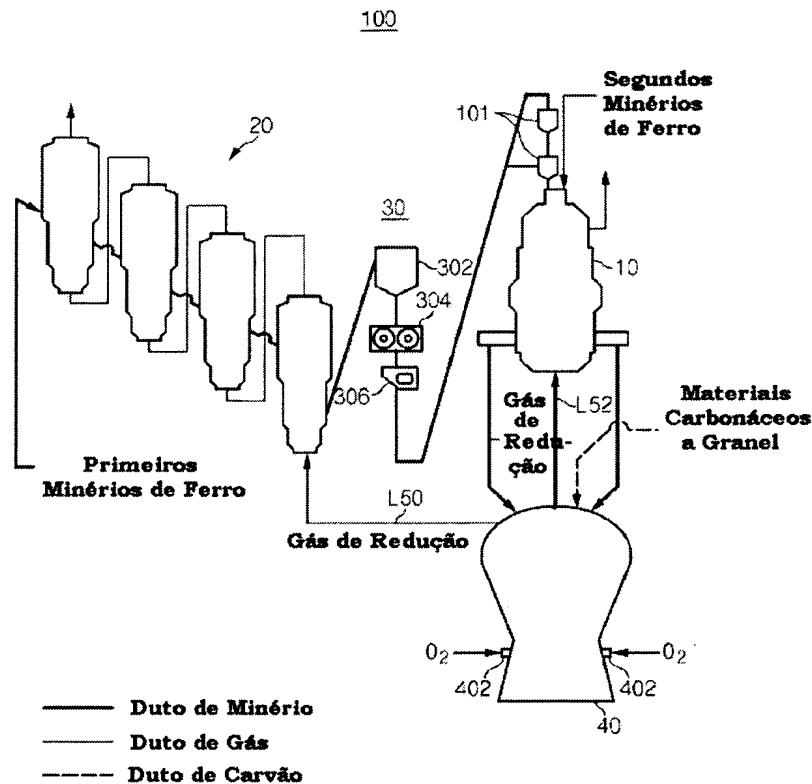


Figura 6

**Figura 7**

“Equipamento e Método de Produção de Ferro Fundido”

Resumo



5 A presente invenção relaciona-se com um equipamento de produção de ferro fundido e um método de produção de ferro fundido que usa o mesmo. O método de produção de ferro fundido de acordo com a presente invenção inclui reduzir primeiros minérios de ferro carregando os primeiros minérios de ferro num reator de redução de

10 leito fluidizado; fabricar ferro compactado compactando os primeiros minérios de ferro reduzidos; reduzir os segundos minérios de ferro em conjunto com os ferros compactados carregando os segundos minérios de ferro e os ferros compactados num reator de redução de leito compactado, em que um tamanho dos segundos minérios de ferro é maior

15 do que um tamanho dos primeiros minérios de ferro; carregar o ferro

- compactado reduzidos e os segundos minérios de ferro num fusor-gasificador conectado ao reator de redução de leito compactado; preparando materiais carbonáceos a granel como fonte de aquecimento para fundir o ferro compactado reduzido e os segundos minérios de ferro;
- 5 carregar os materiais carbonáceos a granel no fusor-gasificador e, depois, formar um leito de carvão compactado; e injetar oxigênio através de um alcaraviz instalado no fusor-gasificador e depois, produzir ferro fundido a partir do ferro compactado e dos segundos minérios de ferro.