

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

(21) **PI 0620602-6 A2**

(22) Data de Depósito: 26/12/2006  
(43) Data da Publicação: 31/07/2012  
(RPI 2169)



(51) *Int.Cl.:*  
G11B 13/00

(54) **Título:** EQUIPAMENTO DE PRODUÇÃO DE FERRO FUNDIDO

(30) **Prioridade Unionista:** 26/12/2005 KR 10-2005-0130096

(73) **Titular(es):** Posco, Voest-Alpine Industrienanlagenbau GMBH & CO

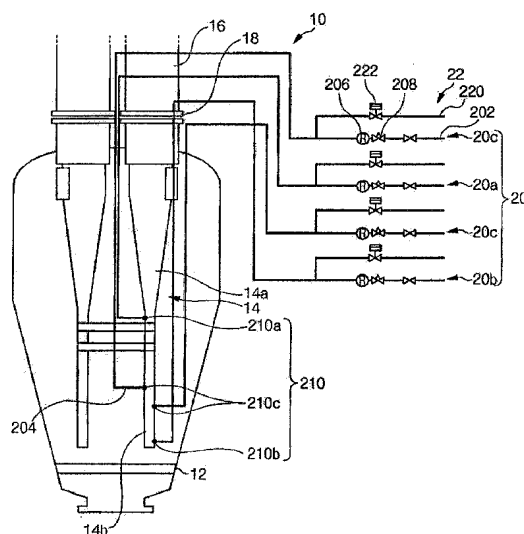
(72) **Inventor(es):** Jun-Hyuk Lee, Kung-Won Nam, Myoung-Kyun Shin, Sang-Hyun Kim

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

(86) **Pedido Internacional:** PCT KR2006005701 de 26/12/2006

(87) **Publicação Internacional:** WO 2007/075024de 05/07/2007

(57) **Resumo:** Equipamento de Produção de Ferro Fundido. Um equipamento para a produção de ferro fundido de acordo com uma modalidade exemplificativa da presente invenção inclui: i) pelo menos um reator de redução de leito fluidizado, que reduz e plastifica o minério de ferro e converte o minério de ferro em materiais reduzidos, ii) um fusor-gasificador, em que é carregado minério reduzido e é injetado oxigênio, produzindo o fusor-gasificador ferro fundido e iii) uma linha de suprimento de gás de redução, que fornece um gás de redução descarregado a partir do fusor-gasificador para o reator de redução de leito fluidizado. O reator de redução de leito fluidizado inclui um ciclone que está instalado no reator de redução de leito fluidizado para coletar finos de minério de ferro. Um injetor de gás, que impede que os finos de minério adiram por injeção de gás contendo carbono, é conectado ao ciclone.



## **“Equipamento de Produção de Ferro Fundido”**

### **Relatório Descritivo**

#### **Campo Técnico**

A presente invenção relaciona-se com um equipamento  
5 para produção de ferro fundido que impede que finos de minério de ferro adiram entre si dentro de um ciclone no reator de leito fluidizado no processo de redução por fusão usando finos de minério.

#### **Técnica Antecedente**

A indústria do ferro e do aço é uma indústria nuclear que  
10 supre os materiais básicos necessários para a construção e o fabrico de automóveis, navios, eletrodomésticos e muitos dos outros produtos que usamos. Também é uma indústria com umas das histórias mais longas que tem progredido junto com humanidade. Numa fundição de ferro, que desempenha um papel de articulação na indústria do ferro e do  
15 aço, depois que o ferro fundido, que é ferro-gusa num estado fundido, é produzido usando minério de ferro e carvão como matérias-primas, é produzido aço a partir do ferro fundido e, depois, suprido aos clientes.

No momento, aproximadamente 60% da produção de ferro do mundo são realizados usando o processo do alto-forno desen-  
20 volvido do século 14. No processo do alto-forno, são carregados num alto-forno o coque produzido usando carvão betuminoso e o minério de ferro que sofreu processo de sinterização e é fornecido gás quente para o alto-forno para reduzir o minério de ferro a ferro, para, assim, produzir ferro fundido.

25 O processo de alto-forno para a produção de ferro fundido exige materiais que têm a rigidez para além de certo nível e isso pode assegurar a respirabilidade num alto-forno. Portanto, os materiais de carbono usados como combustível plastificam finamente contra o coque, o que produz coque de combustível específico. Os minérios  
30 sinterizados, que passaram por um processo em série, são usados principalmente como fontes de ferro.

Conseqüentemente, no método de alto-forno moderno, é

necessário incluir equipamento de pré-processamento da matéria-prima tal como equipamento de produção de coque e equipamento de sinterização para processar o minério de ferro e não apenas é necessário obter equipamento acessório além do alto-forno, mas é necessário obter equipamento para impedir e minimizar a geração de poluição nos equipamentos acessórios. O volume de investimento, portanto, é considerável e, em última instância, aumenta os custos de produção.

A fim de resolver estes problemas do método de alto-forno, muita pesquisa está sendo conduzida no processo de redução por fusão para a produção de ferros fundidos em muitos países usando diretamente carvão bruto como combustível e agente de redução e também usando diretamente finos de minério de ferro que compõem 80% ou mais de minério de produção no mundo como fonte de ferro.

Duas etapas de um método de redução incluindo redução preliminar e redução final de minério são geralmente usadas no processo de redução por fusão. O equipamento de redução por fusão convencional consiste num reator de redução de leito fluidizado que forma um leito fluidizado de bolha e um fusor-gasificador conectado ao leito fluidizado de bolha que forma um leito compacto de carvão. Os finos de minério de ferro à temperatura ambiente e os aditivos são carregados no fusor-gasificador e são pré-reduzidos.

Visto que gás de redução quente é suprido ao reator de redução de leito fluidizado a partir do fusor-gasificador, os finos de minério de ferro à temperatura ambiente e os aditivos contatam o gás de redução quente e, então, as suas temperaturas são elevadas. De modo simultâneo, os finos de minério de ferro à temperatura ambiente e os aditivos são reduzidos com uma relação igual ou maior do que 90% e são plastificados com uma relação igual ou maior do que 30% e, então, carregados no fusor-gasificador.

Entretanto, uma pluralidade de ciclones coleta minério no reator de redução de leito fluidizado na forma de partículas de finos de minério de ferro, deixa-as cair por gravidade e recircula-as no leito

fluidizado.

Um fluxo de alta densidade dos finos de minério de ferro é formado no ciclone. Neste momento, a temperatura operacional da redução de leito fluidizado é igual ou maior do que 700 graus e os finos de minério de ferro contatam continuamente o gás de redução. Nesta condição, a adesividade da superfície dos finos de minério de ferro, isto é, um estado de adesão física entre as partículas de finos de minério de ferro fica elevada.

Portanto, as partículas de finos de minério de ferro são aderidas umas às outras no ciclone e essa adesão é promovida cada vez mais, visto que o ciclone é continuamente vibrado pelo fluxo do gás de redução na operação do reator de redução de leito fluidizado.

Se um tamanho das partículas de finos de minério de ferro se torna igual ou maior do que um tamanho predeterminado, o ciclone é bloqueado com os materiais adesivos e, dessa maneira, o fluxo de finos de minério de ferro é interrompido. Como descrito acima, se o fluxo for interrompido no ciclone, ocorre uma grande perda de finos de minério de ferro, visto que os finos de minério de ferro não podem ser recuperados.

Além disso, visto que são necessárias consideráveis horas de trabalho para remover os materiais adesivos formados no ciclone, o fenômeno do bloqueio do ciclone devido aos materiais adesivos reduz largamente uma relação operacional do reator de redução de leito fluidizado.

## **Revelação**

### **Problema Técnico**

A fim de resolver os problemas acima, a presente invenção é arquitetada para proporcionar um equipamento para a produção de ferro fundido que impede que se forme a aglomeração de partículas de finos de minério de ferro num ciclone durante a fluidização de um processo de redução de finos de minério de ferro.

### **Solução Técnica**

Um equipamento para a produção de ferro fundido de acordo com uma modalidade da presente invenção inclui: i) pelo menos um reator de redução de leito fluidizado que reduz e plastifica o minério de ferro e converte o minério de ferro em material reduzido; um fusor-gasificador em que o minério de material reduzido é carregado e é injetado oxigênio, ii) o fusor-gasificador que produz ferro fundido; e iii) uma linha de suprimento de gás de redução que supre um gás de redução descarregado a partir do fusor-gasificador para o reator de redução de leito fluidizado, em que o reator de redução de leito fluidizado inclui um ciclone que está instalado no reator de redução de leito fluidizado para coletar finos de minério de ferro e um injetor de gás que impede os finos de minério de aderirem por injeção de gás contendo carbono e que é conectado ao ciclone.

O injetor de gás pode ser conectado ao reator de redução de leito fluidizado em direções superior e inferior do reator de redução de leito fluidizado. O injetor de gás pode ser conectado a uma parte superior do reator de redução de leito fluidizado.

O equipamento de produção de ferro fundido ainda pode incluir: i) um duto de saída de gás, que fica disposto acima do ciclone e descarrega gás e ii) um flange que conecta o ciclone ao duto de saída de gás do ciclone em que o injetor de gás inclui uma linha de injeção de gás que perfura através do flange e é conectada a uma parte interna do ciclone.

A linha de injeção de gás pode cobrir o ciclone com uma forma espiral. Uma parte da linha de injeção de gás pode cobrir o ciclone com uma forma de mola.

Entretanto, o reator de redução de leito fluidizado pode incluir ainda um dispositivo de suprimento de gás inativo que é conectado à linha de injeção de gás e supre gás inativo no ciclone.

O dispositivo de suprimento de gás inativo pode incluir: i) uma linha de suprimento de gás inativo que é conectada à linha de injeção de gás e ii) uma válvula automática que abre e fecha periodicamente.

mente a linha de suprimento de gás inativo.

Neste momento, o gás inativo pode ser nitrogênio.

Entretanto, o ciclone pode incluir i) uma parte de cone que coleta os finos de minério de ferro e ii) uma parte de *dipleg* que é conectada a uma extremidade mais baixa da parte de cone e descarrega os finos de minério de ferro coletados, em que uma pluralidade dos injetores de gás pode ser conectada à parte de *dipleg*.

Além disso, o injetor de gás pode incluir: i) um primeiro injetor de gás, que é conectado a um ponto de conexão localizado entre a parte de cone e a parte de *dipleg*, ii) um segundo injetor de gás, que é conectado a uma extremidade mais baixa da parte de *dipleg* e iii) dois ou menos de terceiros injetores de gás, que são espaçados uns dos outros de uma distância predeterminada de modo a ficarem localizados entre o primeiro e o segundo injetores de gás.

O gás contendo carbono pode incluir metano.

Além disso, uma velocidade de fluxo do gás numa parte em que o injetor de gás e o ciclone são conectados um ao outro pode estar numa faixa de 4m/s a 8m/s.

Entretanto, o injetor de gás pode ser instalado num reator de redução de leito fluidizado que está diretamente conectado ao fusor-gasificador dos reatores de redução de leito fluidizado.

### **Efeitos Vantajosos**

Num equipamento de produção de ferro fundido de acordo com a presente invenção, a perda de finos de minério de ferro pode ser impedida suprimindo a adesão dos finos de minério de ferro num ciclone de um reator de redução de leito fluidizado no processo de redução de fluidização usando finos de minério de ferro.

Além disso, uma taxa operacional do reator de redução de leito fluidizado pode ser melhorada, visto que a formação dos materiais adesivos pode ser impedida e não é consumido tempo para removê-los.

### **Descrição dos Desenhos**

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

5 A **Figura 2** é uma vista esquemática do reator de redução de leito fluidizado e do injetor de gás proporcionado no equipamento de produção de ferro fundido da Figura 1.

A **Figura 3** é uma vista esquemática do ciclone e da linha de injeção de gás proporcionada no reator de redução de leito fluidizado da Figura 2.

10 A **Figura 4** é uma vista esquemática do ciclone e outro tipo de linha de injeção de gás proporcionados no reator de redução de leito fluidizado da Figura 2.

A **Figura 5** é um gráfico que mostra uma temperatura a que os finos de minério ficam aderidos no ciclone.

#### 15 **Melhor Modo**

As modalidades preferíveis da presente invenção serão descritas para que aquelas pessoas qualificadas na técnica possam implementá-la com referência aos desenhos anexos. As modalidades são meramente para ilustrar a presente invenção e a presente invenção  
20 não fica limitada a elas.

A Figura 1 é uma vista esquemática de um equipamento de produção de ferro fundido 100, de acordo com uma modalidade da presente invenção. Uma configuração do equipamento para produção de ferro fundido 100 ilustrado na Figura 1 é meramente para ilustrar a  
25 presente invenção e a presente invenção não fica limitada a ela. Portanto, pode ser modificada de outras formas e pode ainda incluir outros dispositivos. Como mostrado na Figura 1, o equipamento de produção de ferro fundido 100 inclui principalmente um reator de redução de leito fluidizado 10, um fusor-gasificador 30 e uma linha de  
30 suprimento de gás de redução 40.

Além disso, o equipamento de produção de ferro fundido 100 pode ainda incluir um equipamento compactado de produção de

ferro 50 conectado entre o reator de redução de leito fluidizado 10 e um fusor-gasificador 30 e um dispositivo de equalização de pressão a quente 60. Além disso, o equipamento de produção de ferro fundido 100 pode incluir vários dispositivos exigidos para fabricar ferro fundido.

5 Os reatores de redução de leito fluidizado 10 em que é formado um leito fluidizado são sequencialmente conectados uns aos outros para reduzir os finos de minério de ferro no leito fluidizado e convertê-los em materiais reduzidos. Cada um dos reatores de redução de leito fluidizado 10 recebe o gás de redução descarregado a partir do  
10 leito compacto de carvão de um fusor-gasificador 30 através da linha de suprimento de gás de redução 40.

O reator de redução de leito fluidizado 10 converte os finos de minério de ferro e os aditivos nos materiais reduzidos que passam o gás de redução e fluem nele.

15 Entretanto, uma pluralidade de reatores de redução de leito fluidizado 10 pode ser provida de um reator de redução de pré-aquecimento 10a, um primeiro reator de pré-redução 10b, um segundo reator de redução de pré-aquecimento 10c e um reator de redução final 10d, por exemplo, conforme ilustrado na Figura 1.

20 O equipamento de produção de ferro compactado 50 compacta os materiais reduzidos para manter a ventilação no fusor-gasificador 30. O equipamento de produção de ferro compactado 50 inclui uma tremonha de carga 52, um par de roletes 54, um britador 56 e uma caixa de armazenamento de materiais reduzidos 58. Além disso,  
25 o equipamento de produção de ferro compactado 50 pode incluir vários dispositivos, conforme necessário.

A tremonha de carga 52 armazena materiais reduzidos que são reduzidos a partir de uma mistura que contém ferro. Um par de cilindros 54 comprime os materiais reduzidos e produz materiais  
30 reduzidos compactados. O britador 56 esmaga os materiais reduzidos compactados num tamanho apropriado. A caixa de armazenamento de materiais reduzidos 58 restabelece temporariamente os materiais



reduzidos esmagados.

O dispositivo de equalização de pressão a quente 60 fica localizado entre o equipamento de produção de ferro compactado 50 e o fusor-gasificador 30. O dispositivo de equalização de pressão a quente 60 é instalado acima do fusor-gasificador 30 para controlar a pressão. Visto que o interior do fusor-gasificador 30 é altamente pressurizado, o dispositivo de equalização de pressão a quente 60 controla uniformemente a pressão e permite que os materiais reduzidos esmagados sejam facilmente carregados no fusor-gasificador 30. A caixa de armazenamento de materiais reduzidos 61 pode armazenar temporariamente materiais reduzidos.

Os carvões aglomerados ou briquetes feitos por compressão de finos de carvão são supridos ao fusor-gasificador 30 e, assim, forma-se um leito compacto de carvão. O carvão aglomerado ou os briquetes de carvão supridos ao fusor-gasificador 30 são gasificados por uma reação de decomposição por calor numa parte superior do leito compactado de carvão e uma reação de combustão pelo oxigênio, que é injetado através de uma tubulação 202 numa parte mais baixa do leito compactado de carvão. O gás de redução a elevada temperatura gerado no fusor-gasificador 30 é sequencialmente fornecido ao reator de redução de leito fluidizado 10 através da linha de suprimento de gás de redução 40 conectada a uma extremidade posterior do reator de redução final 10d e é usado como agente de redução e gás de fluidização.

O reator de redução de leito fluidizado 10 de um equipamento de produção de ferro fundido 100, de acordo com uma modalidade da presente invenção, será explicado em detalhe abaixo. A Figura 2 é uma vista esquemática do reator de redução de leito fluidizado 10 e do injetor de gás 20.

Conforme ilustrado na Figura 2, uma placa distribuidora 12 é disposta numa parte mais baixa do reator de redução de leito fluidizado 10 para distribuir o gás de redução que entra a partir da

parte mais baixa do mesmo numa parte superior dele, formando, assim, um fluxo uniforme de gás e de finos de minério de ferro nele.

Além disso, o reator de redução de leito fluidizado 10 é provido do ciclone 14 que coleta nele partículas de finos de minério de ferro.

Embora sejam ilustrados dois ciclones 14 na Figura 2, isto é meramente para ilustrar a presente invenção e a presente invenção não fica limitada a isso. Portanto, o número de ciclone 14 pode ser variado.

Uma parte superior do ciclone 14 é formada como uma parte de cone em forma de funil 14a e uma parte mais baixa do mesmo é conectada à parte de cone 14a e é formada como uma parte de *dipleg* em forma de tubo 14 tendo um diâmetro predeterminado. O fluxo de alta densidade dos finos de minério de ferro é formado na parte de *dipleg* 14b do reator de redução de leito fluidizado 10.

Além disso, são providos um duto de saída de gás 16 que descarrega um gás do ciclone 14 e um flange 18 que conecta o ciclone 14 ao duto de saída de gás 16 na parte superior do reator de redução de leito fluidizado 10.

Além disso, visto que o gás de redução quente descarregado a partir do fusor-gasificador 30 é fornecido para o reator de redução final 10d (ver a Figura 1) conectado diretamente ao fusor-gasificador 30 de pelo menos um reator de redução de leito fluidizado 10 e uma temperatura nele é igual ou maior do que 700 °C, existe uma grande possibilidade de que o fenômeno adesivo entre as partículas de finos de minério de ferro possa tornar-se sério. Portanto, é necessário impedir que as partículas de finos de minério de ferro adiram umas às outras instalando o injetor de gás 20 e suprimindo o gás de carbono para o ciclone 14.

O injetor de gás 20 inclui uma linha de fornecimento de gás 202 e uma linha de injeção de gás 204. Um medidor de fluxo 206 e uma válvula de regulação de fluxo 208 estão instalados na linha de

suprimento de gás 202. A quantidade de gás de carbono pode ser mensurada pelo medidor de fluxo 206 e a quantidade do gás de carbono suprida no ciclone 14 pode ser controlada pela válvula de regulação de fluxo 208.

5 Neste momento, o carbono fixo pode ser gerado a partir do gás de carbono por decomposição térmica a 700 graus, que é a temperatura operacional do reator de redução final, e, como um gás com uma reação de decomposição que é a reação endotérmica que é desejável, o gás contém pelo menos uma quantidade predeterminada de metano, por exemplo, cerca de 50%. Por exemplo, o gás natural líquido (LNG) pode ser usado como o gás de carbono.

O metano é injetado no ciclone 14 para ser decomposto pelas reações seguintes no fluxo de finos de minério de ferro.

15 [Fórmula química 1]



As partículas de carbono geradas pela reação de decomposição acima são precipitadas na superfície das partículas de finos de minério de ferro na parte de *dipleg* 14b do ciclone 14. Portanto, fica impedida a adesão entre as partículas de finos de minério de ferro. Além disso, a reação de decomposição da Fórmula Química 1 é uma reação endotérmica em que é absorvido calor de 90.403 Kcal por 1 mole de metano. Uma temperatura próxima a uma posição em que o gás de carbono é injetado pela reação de decomposição *stat e*, depois, a adesão entre as partículas de finos de minério de ferro é ainda impedida.

Como mostrado na Figura 2, a linha de injeção de gás 204 pode ser conectada ao reator de redução de leito fluidizado 10 nas direções superiores e inferiores do mesmo. Considerando que um reator de redução de leito fluidizado 10 é mantido a elevada temperatura e tem um formato estendido ao longo das direções superior e inferior, a expansão térmica e a contração térmica ocorrem principalmente ao

longo das direções superior e inferior do mesmo. Portanto, se a linha de injeção de gás 204 for conectada ao longo da direção lateral, a linha de injeção de gás 204 é rompida pela expansão térmica e a contração térmica do reator de redução de leito fluidizado 10. A linha de injeção de gás 204 é conectada ao longo das direções superior e inferior para impedir o fenômeno acima. Em particular, é simples no projeto conectar a linha de injeção de gás 204 à parte superior do reator de redução de leito fluidizado 10.

Por outro lado, se uma velocidade do gás de carbono for menor do que 4 m/s num ponto de conexão 210 da parte de *dipleg* 14b e da linha de injeção de gás 204, existe o risco de que o ponto de conexão da linha de injeção de gás 204 possa ser bloqueado devido a um fluxo posterior dos finos de minério de ferro na linha de injeção de gás 204. Se a velocidade for de 8 m/s ou mais, existe o risco de que o fluxo dos finos de minério de ferro possa ser transtornado pela força propulsora do gás injetado na parte de conexão 210 da linha de injeção de gás 204.

Portanto, o fluxo do gás de carbono injetado na parte de *dipleg* 14b do ciclone 14 é controlado de modo a ser de 4m/s até 8m/s no ponto de conexão 210 da parte de *dipleg* 14b e a linha de injeção de gás 204.

Entretanto, um dispositivo de suprimento de gás inativo 22 é conectado ao ciclone 14 e instalado na linha de suprimento de gás 202 do injetor de gás 20 para fornecer a ele um gás inativo.

O dispositivo de suprimento de gás inativo 22 inclui uma linha de suprimento de gás inativo 22, que é conectada ao tubo de injeção de gás 202 e uma válvula automática 222 que abre e fecha periodicamente a linha de suprimento de gás inativo 22. O gás inativo pode ser, por exemplo, nitrogênio.

Com a configuração acima, o gás inativo também pode ser periodicamente suprido ao ciclone 14 pela linha de suprimento de gás inativo 202 e a linha de injeção de gás 204. Portanto, a linha de

injeção de gás 204 é impedida de ficar bloqueada pelo suprimento do gás inativo. Isto é, o gás de carbono é decomposto, enquanto passa através da linha de injeção de gás 204, e o carbono é empurrado para fora da linha de injeção de gás 204 pelo gás inativo, descarregando-o, assim, para o ciclone 14. Portanto, a linha de injeção de gás 204 é impedida de ficar bloqueada.

Uma pluralidade de injetores de gás 20 com a configuração acima pode ser provida em cada ciclone 14. É preferível que o injetor de gás 20 fique instalado onde um fluxo dos finos de minério de ferro está estagnado, isto é, um ponto de conexão onde uma parte 14a e uma parte de *dipleg* 14b do ciclone 14 são conectadas e numa extremidade da parte de *dipleg* 14b. O fluxo dos finos de minério de ferro começa no ponto de conexão do mesmo.

Deste modo, o injetor de gás 20 pode incluir um primeiro injetor de gás 20a e um segundo injetor de gás 20b. No primeiro injetor de gás 20a, o ponto de conexão 210a é formado num local em que a parte de cone 14a do ciclone 14 e a parte de *dipleg* 14b são conectadas. No segundo injetor de gás 20b, a parte de conexão 210b é formada na extremidade da parte de *dipleg* 14b.

Além disso, a parte de *dipleg* 14b pode incluir mais partes de conexão 210 do injetor de gás 20 em intervalos predeterminados. Todavia, se um gás for injetado em muitos pontos do ciclone 14, pode de outra forma perturbar o fluxo dos finos de minério de ferro. Portanto, podem ser ainda instalados dois ou menos do terceiro injetor de gás 20c que ficam dispostos entre as partes de conexão 210a e 210b do primeiro injetor de gás 20a e do segundo injetor de gás 20b.

Embora 20 seja ilustrada na Figura 2 uma configuração do equipamento para a produção de ferros fundidos provida de quatro injetores de gás, a presente invenção não fica limitada a ela.

A configuração da linha de injeção de gás 204 é explicada em detalhe abaixo. A Figura 3 é uma vista esquemática do ciclone 14 e da linha de injeção de gás 204 com uma forma espiral instalada em

torno do ciclone 14. A Figura 4 é uma vista esquemática de uma configuração de uma parte da linha de injeção de gás 204 com uma forma de mola como outro exemplo da linha de injeção de gás 204.

Conforme mostrado nas Figuras 3 e 4, a linha de injeção de gás 204 é formada no reator de redução de leito fluidizado enquanto penetra pelo flange 18. A linha de injeção de gás 204 é conectada à parte de *dipleg* 14b do ciclone 14.

A linha de injeção de gás 204 pode ser formada para ter uma forma de espiral ou uma forma de mola para cobrir uma superfície do ciclone. Em particular, como mostrado na Figura 4, se o comprimento da linha de injeção de gás 204 for grande, uma da mesma pode ser formada com uma forma de mola. Portanto, ainda que a linha de injeção de gás 204 seja longa, pode ser instalada de modo flexível e pode suportar bem a expansão térmica.

O ciclone 14 é expandido ou contraído por elevação da temperatura e arrefecimento no reator de redução de leito fluidizado e, então, é aplicado esforço de cisalhamento num ponto de conexão 210 entre a linha de injeção de gás 204 e a parte de *dipleg* 14b do ciclone 14. Todavia, como mostrado na Figura 3, visto que a linha de injeção de gás 204 é conformada como uma bobina ou mola, o esforço de corte aplicado no ponto de conexão é nela absorvido e o ponto de conexão 210 é impedido de ficar quebrado.

Além disso, a linha de injeção de gás 204 com a configuração acima pode também absorver uma vibração do ciclone 14 causado pelo fluxo do gás de redução formado no reator de redução de leito fluidizado.

Por outro lado, o ponto de conexão 210 entre a linha de injeção de gás 204 e a parte de *dipleg* 14b do ciclone 14 é soldado. Portanto, o gás de carbono injetado a partir da linha de injeção de gás 204 é impedido de vazar para fora do ciclone 14.

A presente invenção será descrita em seguida com referência a exemplos experimentais. Os exemplos experimentais são

meramente para ilustrar a presente invenção e a presente invenção não fica limitada a eles.

### **Exemplos Experimentais**

Os finos de minério de ferro, que contataram o gás que  
 5 contém um gás de redução um tempo predeterminado, foram ajustados sobre um painel e o painel foi gradualmente girado no sentido de rotação dos ponteiros do relógio a partir de 0 grau. Neste momento, foi medido o ângulo em que os finos de minério de ferro se contraíram. Além disso, foram realizados muitos experimentos fazendo variar a  
 10 temperatura do gás. Aqui, o ângulo de colapso é um ângulo em que os finos de minério de ferro começam a escapar do painel devido à gravidade. O tempo em que ocorre um fenômeno de adesão e os finos de minério de ferro não escapam do painel indicou como sendo de 180 graus.

#### **Exemplo Experimental 1**

Foi medido o ângulo de colapso dos finos de minério de ferro que contataram um gás misturado contendo um gás de redução e um gás que contém metano a 50% durante um tempo predeterminado.

#### **Exemplo Experimental 2**

20 Foi medido o ângulo de colapso dos finos de minério de ferro que contataram um gás misturado contendo um gás stat que contém metano a 100% durante um tempo predeterminado.

### **Exemplo Comparativo**

Como exemplo comparativo para comparação com os  
 25 exemplos experimentais, foi medido o ângulo de colapso dos finos de minério de ferro que contataram apenas gás de redução durante um tempo predeterminado.

A Figura 5 é um gráfico que mostra os resultados experimentais dos exemplos experimentais e do exemplo comparativo.  
 30 Conforme mostrado na Figura 5, uma temperatura de adesão dos finos de minério de ferro que contataram o gás de redução e um gás que contém metano a 50% no Exemplo Experimental 1 era de 760 °C. Além

disso, uma temperatura de adesão dos finos de minério de ferro que contataram o gás de redução e um gás que contém metano a 100% no Exemplo Experimental 2 era de 800°C. Além disso, uma temperatura de adesão dos finos de minério de ferro que contataram apenas o gás de  
5 redução era de 725°C .

Segundo descrito, as temperaturas de adesão dos Exemplos Experimentais 1 e 2 foram de 35 e 75 mais elevadas do que aquelas do Exemplo Comparativo, respectivamente. Isto é, de acordo com o resultado do experimento acima, o fenômeno da adesão ocorre  
10 previamente no exemplo comparativo, à medida que a temperatura do gás é gradualmente elevada. O fenômeno da adesão ocorre nos exemplos experimentais a uma temperatura que é mais alta do que aquela do exemplo comparativo. Isto é, o fenômeno da adesão nos Exemplos Experimentais 1 e 2 não é tão sério quanto aquele do exemplo compara-  
15 tivo.

Isto significa que a adesão entre as partículas de finos de minério de ferro ficou difícil, à medida que um carbono, que é formado a partir de metano decomposto, era precipitado sobre a superfície dos finos de minério de ferro. Portanto, de acordo com a presente invenção,  
20 o fenômeno da adesão entre as partículas de finos de minério de ferro é notavelmente reduzido a uma temperatura igual ou maior do que 700°C, que é uma temperatura operacional do reator de redução de leito fluidizado, particularmente o reator de redução final.

Embora tenham sido descritas em detalhe acima modalidades exemplificativas da presente invenção, deve ficar claramente  
25 entendido que muitas variações e /ou modificações do conceito inventivo básico aqui ensinado ainda caem dentro do espírito e do escopo da presente invenção, conforme definida pelas Reivindicações anexas e seus equivalentes.



## **“Equipamento de Produção de Ferro Fundido”**

### **Reivindicações**

**1 - Equipamento de Produção de Ferro Fundido, caracterizado** por que o equipamento compreende:

5                    pelo menos um reator de redução de leito fluidizado, que reduz e plastifica o minério de ferro e converte o minério de ferro em materiais reduzidos;

                    um fusor-gasificador, em que é carregado minério reduzido e é injetado oxigênio, produzindo o fusor-gasificador ferro  
10 fundido; e

                    uma linha de suprimento de gás de redução, que supre um gás de redução descarregado a partir do fusor-gasificador até o reator de redução de leito fluidizado,

                    em que o reator de redução de leito fluidizado compreen-  
15 de um ciclone que está instalado no reator de redução de leito fluidizado para coletar finos de minério de ferro e

                    em que um injetor de gás, que impede os finos de minério de aderir por injeção de gás contendo carbono, está conectado ao ciclone.

20 **2 - Equipamento de Produção de Ferro Fundido**, de acordo com a Reivindicação 1, **caracterizado** por que o injetor de gás é conectado ao reator de redução de leito fluidizado em direções superior e inferior do reator de redução de leito fluidizado.

25 **3 - Equipamento de Produção de Ferro Fundido**, de acordo com a Reivindicação 2, **caracterizado** por que o injetor de gás é conectado a uma parte superior do reator de redução de leito fluidizado.

**4 - Equipamento de Produção de Ferro Fundido**, de acordo com a Reivindicação 3, **caracterizado** por que compreende ainda:

30                    um duto de saída de gás, que fica disposto acima do ciclone e que descarrega gás; e

                    um flange, que conecta o ciclone ao duto de saída de gás do ciclone,

em que o injetor de gás compreende uma linha de injeção de gás que perfura o flange e é conectada a uma parte interna do ciclone.

**5 - Equipamento de Produção de Ferro Fundido**, de acordo com a Reivindicação 4, **caracterizado** por que a linha de injeção de gás cobre o ciclone com uma forma espiral.

**6 - Equipamento de Produção de Ferro Fundido**, de acordo com a Reivindicação 5, **caracterizado** por que uma parte da linha de injeção de gás cobre o ciclone com uma forma de mola.

**7 - Equipamento de Produção de Ferro Fundido**, de acordo com a Reivindicação 1, **caracterizado** por que o reator de redução de leito fluidizado compreende ainda um dispositivo de suprimento de gás inativo que é conectado à linha de injeção de gás e supre um gás inativo para o ciclone.

**8 - Equipamento de Produção de Ferro Fundido**, de acordo com a Reivindicação 7, **caracterizado** por que o dispositivo de suprimento de gás inativo compreende:

uma linha de suprimento de gás inativo que é conectada à linha de injeção de gás e uma válvula automática que abre e fecha periodicamente a linha de suprimento de gás inativo.

**9 - Equipamento de Produção de Ferro Fundido**, de acordo com a Reivindicação 7, **caracterizado** por que o gás inativo é nitrogênio.

**10 - Equipamento de Produção de Ferro Fundido**, de acordo com a Reivindicação 1, **caracterizado** por que o ciclone compreende:

uma parte de cone, que coleta os finos de minério de ferro; e

uma parte de *dipleg*, que é conectada a uma extremidade inferior da parte de cone e descarrega os finos de minério de ferro coletados,

em que uma pluralidade do injetores de gás é conectada à parte de *dipleg*.

**11 - Equipamento de Produção de Ferro Fundido**, de acordo com a

Reivindicação 10, **caracterizado** por que o injetor de gás compreende um primeiro injetor de gás que é conectado a um ponto de conexão localizado entre a parte de cone e a parte de *dipleg*.

**12 - Equipamento de Produção de Ferro Fundido**, de acordo com a

5 Reivindicação 10, **caracterizado** por que o injetor de gás compreende um segundo injetor de gás que é conectado a uma extremidade inferior da parte de *dipleg*.

**13 - Equipamento de Produção de Ferro Fundido**, de acordo com a

10 Reivindicação 10, **caracterizado** por que o injetor de gás compreende dois ou menos dos segundos injetores de gás que são espaçados uns dos outros de uma distância predeterminada para ficarem localizados entre um ponto de conexão da parte de cone e a parte de *dipleg* e a extremidade inferior da parte de *dipleg*.

**14 - Equipamento de Produção de Ferro Fundido**, de acordo com a

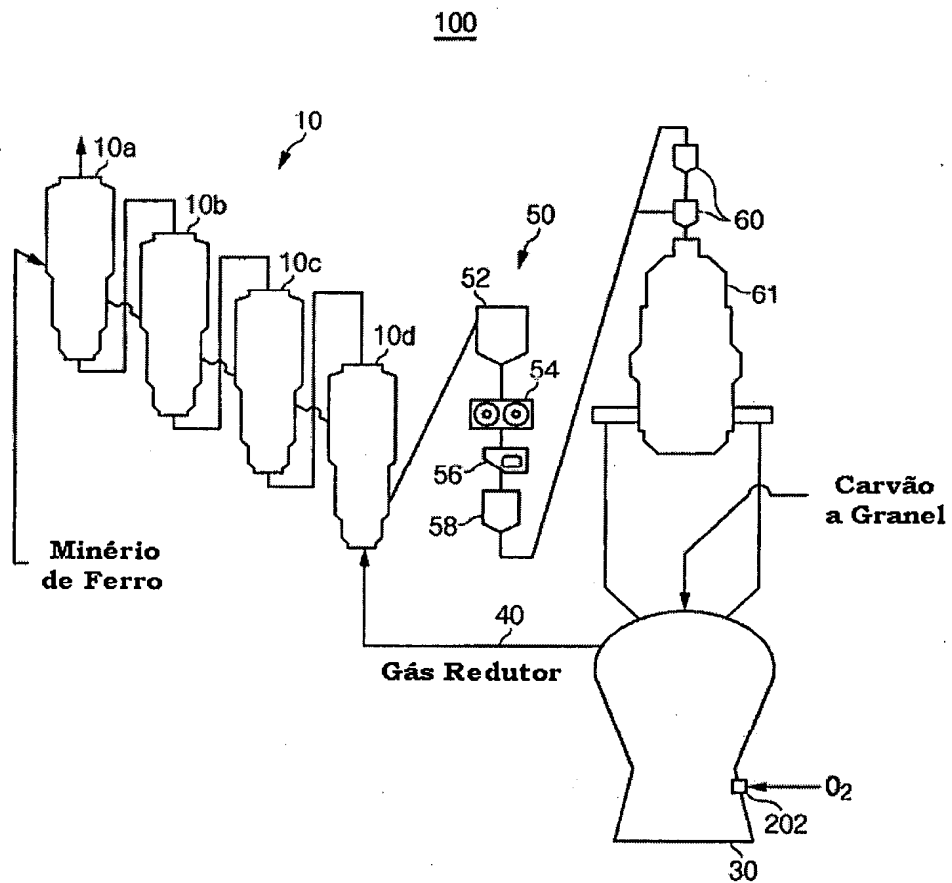
15 Reivindicação 1, **caracterizado** por que o gás que contém carbono compreende metano.

**15 - Equipamento de Produção de Ferro Fundido**, de acordo com a

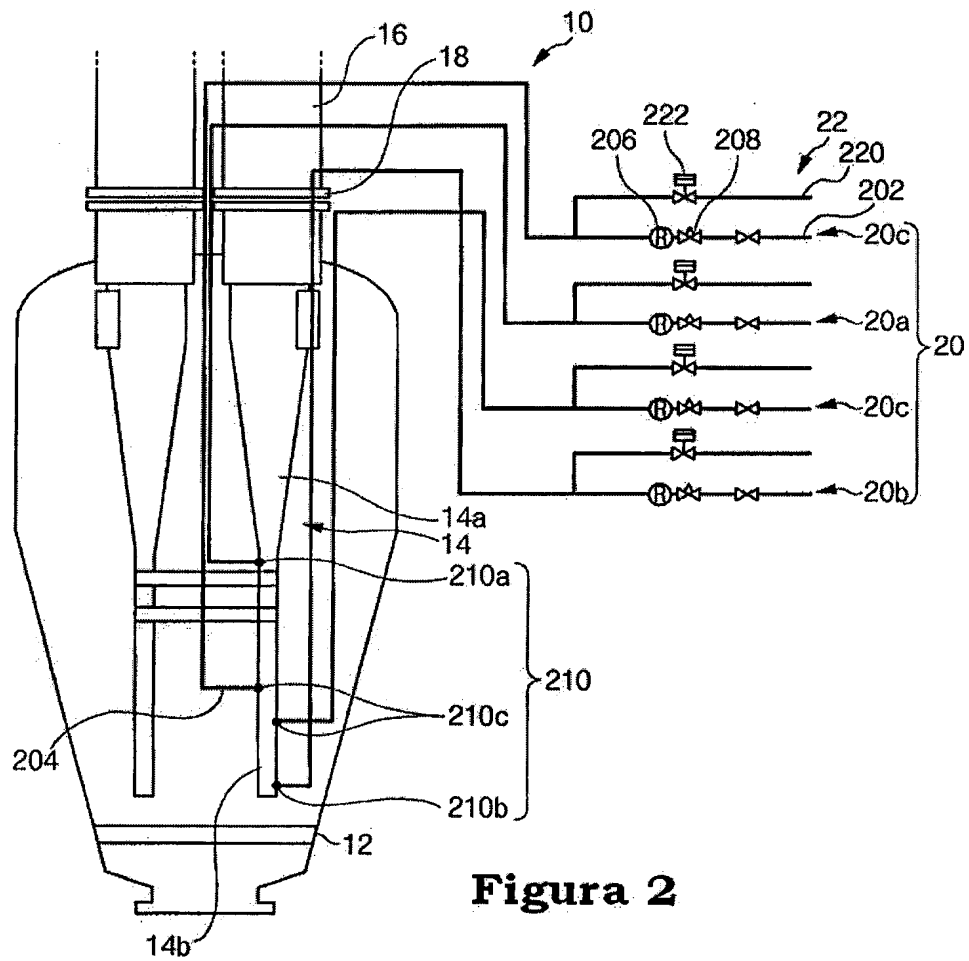
20 Reivindicação 1, **caracterizado** por que uma velocidade de fluxo do gás numa parte em que o injetor de gás e o ciclone são conectados um ao outro está numa faixa de 4m/s até 8m/s.

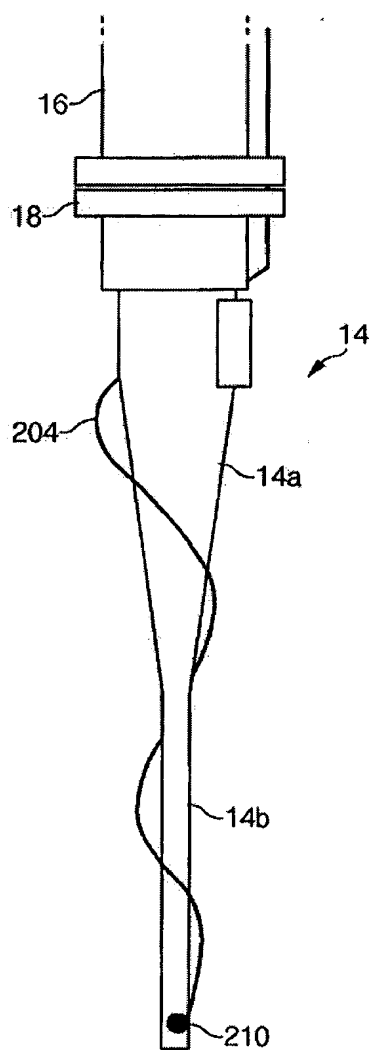
**16 - Equipamento de Produção de Ferro Fundido**, de acordo com a

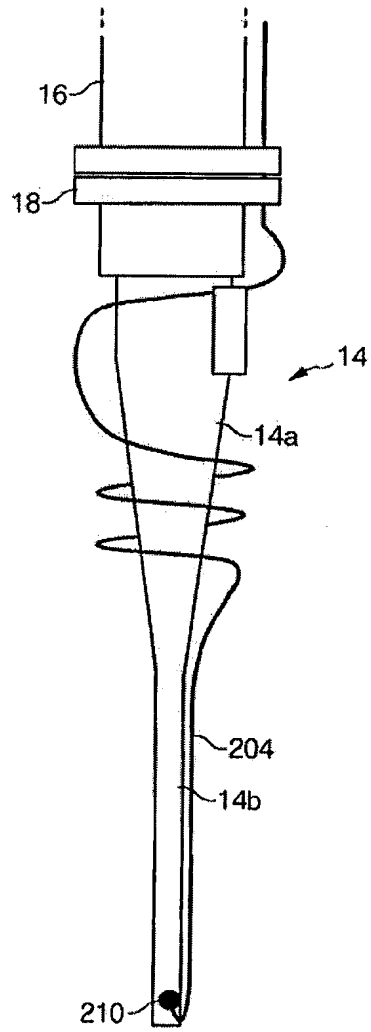
Reivindicação 1, **caracterizado** por que o injetor de gás está instalado num reator de redução de leito fluidizado, que é conectado diretamente ao fusor-gasificador dos reatores de redução de leito fluidizado.



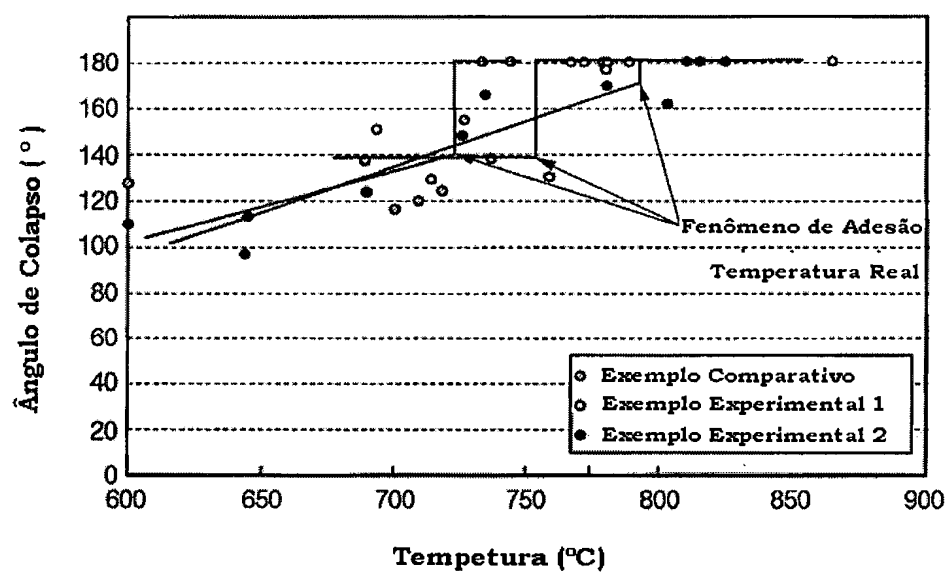
### Figura 1

**Figura 2**

**Figura 3**



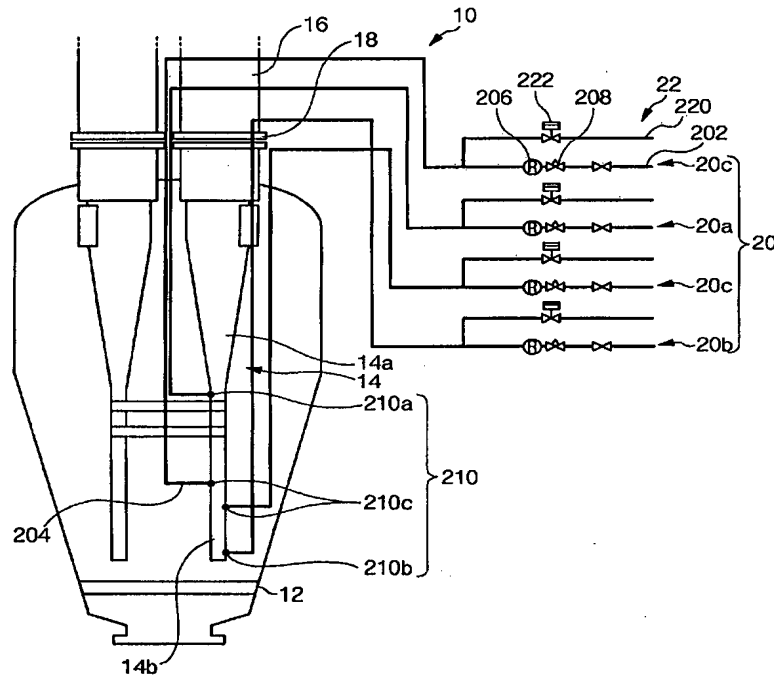
**Figura 4**

**Figura 5**



## “Equipamento de Produção de Ferro Fundido”

### Resumo



Um equipamento para a produção de ferro fundido de acordo com uma modalidade exemplificativa da presente invenção inclui:

5 i) pelo menos um reator de redução de leito fluidizado, que reduz e plastifica o minério de ferro e converte o minério de ferro em materiais reduzidos, ii) um fusor-gasificador, em que é carregado minério reduzido e é injetado oxigênio, produzindo o fusor-gasificador ferro fundido e

10 iii) uma linha de suprimento de gás de redução, que fornece um gás de redução descarregado a partir do fusor-gasificador para o reator de redução de leito fluidizado. O reator de redução de leito fluidizado inclui um ciclone que está instalado no reator de redução de leito fluidizado para coletar finos de minério de ferro. Um injetor de gás, que

15 impede que os finos de minério adiram por injeção de gás contendo carbono, é conectado ao ciclone.