



REPÚBLICA FEDERATIVA DO BRASIL



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

CARTA PATENTE N.º PI 0706367-9

Patente de Invenção

O INSTITUTO NACIONAL DA PROPRIEDADE INDUSTRIAL concede a presente PATENTE, que outorga ao seu titular a propriedade da invenção caracterizada neste título, em todo o território nacional, garantindo os direitos dela decorrentes, previstos na legislação em vigor.

(21) Número do Depósito : PI 0706367-9

(22) Data do Depósito : 05/01/2007

(43) Data da Publicação do Pedido : 30/08/2007

(51) Classificação Internacional : C21B 7/00; C21C 5/00

(30) Prioridade Unionista : 06/01/2006 US 60/757,688

(54) Título : MÉTODO PARA PRODUZIR FERRO DIRETAMENTE REDUZIDO

(73) Titular : HYL Technologies, S.A de C.V.. Endereço: Av. Eugenio Clariond Garza 155, San Nicolas de Los Garza Nuevo Leon 66452, México (MX).

(72) Inventor : Eugenio Zendejas-Martinez. Endereço: Colombia 339, Colonia Vista Hermosa, Monterrey Nuevo Leon 64620, México.; Pablo-Enrique Duarte-Escareno. Endereço: Juan E. Lopes 2807, Cumbres 4º. Sector, Monterrey, Nuevo Leon 64610, México.

Prazo de Validade : 20 (vinte) anos contados a partir de 05/01/2007, observadas as condições legais.

Expedida em : 8 de Julho de 2014.

Assinado digitalmente por
Júlio César Castelo Branco Reis Moreira
Diretor de Patentes



Relatório Descritivo da Patente de Invenção para **"MÉTODO PARA PRODUZIR FERRO DIRETAMENTE REDUZIDO"**.

Campo da Invenção

A presente invenção é relacionada à redução direta de óxidos de ferro para produzir ferro diretamente reduzido (DRI) também conhecido na indústria como ferro esponja. Mais especificamente, a presente invenção é direcionada a melhorias na operação dos reatores de redução direta quando um gás contendo metano, preferivelmente gás de coqueria (COG), é utilizado como gás de processo para a redução dos óxidos de ferro. Todo o COG necessário para redução dos óxidos de ferro é feito fluir através de uma porção do leito que contém DRI, geralmente abaixo da zona de redução do reator de redução, com grandes vantagens técnicas e econômicas. A presente invenção fornece um processo de redução direta melhorado onde uma usina de redução direta pode ser vantajosamente incorporada em uma usina integrada de produção de aço tendo fornos de coque ou similares.

Fundamentos da Invenção

É sabido que no processo de produção de coque metalúrgico para a operação de altos fornos, o carvão é aquecido para eliminar a maioria dos componentes voláteis e preservar a maioria da estrutura do carbono. O coque é assim fornecido com as propriedades físicas e químicas que o tornam adequado para fornecer energia e suporte de carga em altos fornos. A matéria volátil do carvão compreende um número de compostos que são destilados em fornos de coque constituindo o que é conhecido como gás de coqueria.

O volume e a composição do gás de coqueria produzido em fornos de coque dependem das características do carvão utilizado. O gás de coqueria bruto que vem da bateria de fornos de coque tem a seguinte composição típica: água, cerca de 47%; hidrogênio, 29% a 55%; metano, 13% a 25%; nitrogênio, 5% a 10%; monóxido de carbono, 3% a 6%; dióxido de carbono, 2% a 3%; hidrocarbonetos (etano, propano, etc.), 2% a 1%; e vários contaminantes tais como vapores de alcatrão e vapores de óleos leves (aromáticos), consistindo principalmente de benzeno, tolueno e xileno (esses

três conhecidos geralmente como BTX); naftaleno; amônia; sulfeto de hidrogênio; cianeto de hidrogênio e outras impurezas.

O gás de coqueria bruto deve ser resfriado, limpo e tratado em um número de processos químicos para separar os compostos valiosos tais como amônia e outros produtos petroquímicos e para remover o enxofre, gomas e outras substâncias, de forma que ele possa ser usado como gás combustível na bateria de fornos de coque e em outros pontos da usina siderúrgica. Na usina de tratamento do gás de coqueria, o mesmo é resfriado para condensar vapor d'água e contaminantes e remover os aerossóis para evitar obstrução na linha de gás/equipamento. A amônia é também removida para evitar a corrosão da linha de gás, e o naftaleno para evitar obstrução na linha de gás por condensação. O óleo leve é separado para recuperação e venda de benzeno, tolueno e xileno, e o sulfeto de hidrogênio tem que ser removido para atingir as regras locais quanto a emissões.

Após esse tratamento, o gás de coqueria tem a seguinte composição: cerca de 61% de hidrogênio; cerca de 8% de monóxido de carbono; cerca de 4% de dióxido de carbono; cerca de 22% de metano; cerca de 1% de nitrogênio; cerca de 2% de água; cerca de 2% de hidrocarbonetos mais pesados que o metano inclusive etileno e acetileno; cerca de 5% de BTX; e menos de cerca de 1% de sulfeto de hidrogênio, alcatrões e naftaleno.

Uma vez que o gás de coqueria tem um alto valor calorífico, ele é utilizado principalmente para propósitos de aquecimento em usinas siderúrgicas, mas os valores químicos do hidrogênio e do monóxido de carbono podem ser usados vantajosamente para redução de minérios de ferro para ferro metálico para aumentar a produção de ferro/aço dos equipamentos siderúrgicos.

Processos de redução direta podem ser utilizados na indústria de aço como uma alternativa aos altos fornos ou para suplementar os altos fornos pela utilização do gás de coqueria contendo enxofre como forma de aumentar a produção de ferro metálico. O tipo mais comum de reator onde o ferro diretamente reduzido é produzido é um forno do tipo cuba com leito

móvel, tendo duas seções principais: uma zona de redução onde um gás de redução é circulado a uma alta temperatura e através da qual o mencionado gás de redução é reciclado em um circuito de redução, e uma zona localizada abaixo da zona de redução onde o ferro diretamente reduzido é resfriado até a temperatura ambiente antes de ser descarregado do mencionado reator pela circulação de um gás de resfriamento contendo também hidrogênio e monóxido de carbono em um circuito de resfriamento.

Partículas contendo ferro na forma de pelotas, torrões ou suas misturas são carregadas na parte superior de um reator de redução do tipo cuba e são reduzidas para ferro metálico pelo contato das mencionadas partículas com um gás de redução contendo hidrogênio e monóxido de carbono a temperaturas acima de 850°C.

O oxigênio é removido dos minérios de ferro pelas reações químicas baseadas no hidrogênio (H₂) e no monóxido de carbono (CO), para a produção de ferro diretamente reduzido tendo um alto grau de metalização (razão do ferro metálico para o teor total de ferro no ferro diretamente reduzido).

Aa reações de redução total envolvidas no processo são bem conhecidas e estão apresentadas abaixo: $\text{Fe}_2\text{O}_3 + 3\text{H}_2 \rightarrow 2\text{Fe} + 3\text{H}_2\text{O}$ (1)
 $\text{Fe}_2\text{O}_3 + 3\text{CO} \rightarrow 2\text{Fe} + 3\text{CO}_2$ (2)

O hidrogênio e o monóxido de carbono transformados em água e dióxido de carbono conforme as reações (1) e (2) são separados da corrente de gás que circula no circuito de redução e são substituídos por um arranjo de alimentação de gás de redução. O arranjo de gás de redução vem geralmente de um reparador de gás natural, mas, de acordo com a invenção, esse arranjo de gás é retirado do gás circulante através da zona inferior de resfriamento/descarga do reator de redução. O ferro diretamente reduzido presente na zona de resfriamento/descarga contribui na remoção dos hidrocarbonetos pesados, BTX, alcatrões e outros compostos indesejáveis presentes no gás de coqueria, com o que essas substâncias não estão presentes no circuito de redução e problemas de obstrução no aquecedor de gás e outros equipamentos são evitados.

Houve várias propostas para utilização de gás de coqueria em processos de redução direta, por exemplo, a patente norte-americana nº 4.054.444 mostra um processo de redução direta onde metano ou um gás contendo metano é introduzido no forno cuba debaixo de sua zona de redução para aumentar o teor de carbono do ferro diretamente reduzido. Nenhum ensinamento específico de utilização do gás de coqueria é encontrado nessa patente. É, entretanto, mencionado aqui em conexão com a ampla possibilidade de alimentação de um gás de processo contendo metano ao circuito do gás de resfriamento. Os gases injetados no circuito de resfriamento nessa patente são todos deixados fluir para cima através do forno a partir da zona de resfriamento até a zona de redução. Essa patente não mostra a possibilidade de transferir gás do circuito de resfriamento para o circuito de redução por meio de um conduto externo, portanto a quantidade de gases que podem ser alimentada ao circuito de resfriamento é limitada à quantidade que não resfria o leito das partículas de ferro na zona de redução.

A patente norte-americana nº 4.253.867 descreve um método usando um combustível de processo gasoso contendo hidrocarboneto, que a patente vai particularmente exemplificar com COG para reduzir minérios de ferro onde uma mistura de gás de coqueria e vapor é alimentada a uma zona intermediária localizada entre a zona de redução e a zona de resfriamento do reator de redução. O gás de coqueria é reformado para hidrogênio e monóxido de carbono na zona de reforma tirando vantagem da ação catalítica do ferro e da alta temperatura do ferro diretamente reduzido sólido na mencionada zona de reforma. Esta patente não ensina a possibilidade de alimentar todo o gás de coqueria necessário para a redução de óxidos de ferro para o circuito de resfriamento nem sugere a transferência do gás do circuito de resfriamento para o circuito de redução através do conduto externo.

As patentes norte-americanas nºs 4.270.739 e 4.351.513 descrevem um processo de redução direta onde um "gás combustível de processo tal como um gás de coqueria" contendo enxofre é dessulfurizado pelas partículas contidas no reator de redução pelo aquecimento e injeção do

gás de coqueria acima da zona de redução do forno de redução. Na patente '739 o gás de coqueria é aquecido em um aquecedor antes de sua introdução na zona de dessulfurização e na patente '513 o gás de coqueria é aquecido por troca de calor com os gases de combustão de um reformador. Essas patentes não sugerem a alimentação do gás de coqueria ao circuito de resfriamento e então a transferência de uma parte maior do mencionado gás de coqueria do circuito de resfriamento para o circuito de redução por meio de um conduto externo ao forno de redução (com o benefício do seu controle de processo aumentado).

Os documentos citados no texto (inclusive as patentes discutidas aqui) e todos os documentos citados ou referenciados nos documentos citados nesse texto, estão aqui incorporados como referência. Documentos incorporados como referência nesse texto ou quaisquer de seus ensinamentos podem ser usados na prática desta invenção.

Objetivos e Resumo da Invenção

É, portanto, um objetivo da presente invenção fornecer um processo e um equipamento para usar o gás de coqueria (COG) ou similar na redução de minérios de ferro DRI em um reator de redução de leito móvel.

Isto é realizado em tal reator de redução, compreendido de uma zona superior de redução e uma zona inferior de descarga, onde todo o gás de coqueria a ser alimentado como constituinte para o gás de redução que circula e reage na mencionada zona de redução é inicialmente alimentado à mencionada zona de descarga (preferivelmente funcionando também como zona de resfriamento) e posteriormente esse gás de coqueria (agora condicionado pela passagem através do ferro diretamente reduzido na zona de descarga) é sacado do reator e então adicionado ao gás de redução que está sendo recirculado na mencionada zona de redução para reduzir os mencionados minério de ferro.

Geralmente a presente invenção refere-se a um método para produzir ferro diretamente reduzido (DRI) através da redução de partículas contendo óxidos de ferro para partículas contendo ferro metálico (DRI) em um reator de redução, compreendendo uma zona de redução e uma zona de

descarga inferior, contatando as ditas partículas contendo óxidos de ferro com uma corrente de gás de redução a alta temperatura, compreendendo monóxido de carbono e hidrogênio na dita zona de redução, e em que as partículas reduzidas (DRI) fluem a partir da dita zona de redução para baixo

5 através da dita zona de descarga inferior; o dito método sendo caracterizado pelo aperfeiçoamento compreendendo introduzir e circular um gás de processo contendo metano através da dita zona inferior incluindo através do DRI no mesmo; retirar do reator pelo menos uma porção do gás que flui na dita zona inferior; transferir externamente do dito reator pelo menos uma primeira

10 porção de tal gás retirado da dita zona inferior; combinar tal primeira porção de dito gás retirado com um pelo menos gás de redução efluente parcialmente regenerado sendo reciclado de volta para a zona de redução; alimentar tais gases combinados juntos à zona de redução do dito reator; e controlar a taxa de fluxo do dito gás de processo contendo metano de modo a

15 ser maior do que a taxa de fluxo da dita porção transferida do dito gás retirado em entre cerca de 50 metros cúbicos normais e cerca de 300 metros cúbicos normais por tonelada métrica de DRI produzido no dito reator de redução.

Breve Descrição dos Desenhos

20 A Figura 1 mostra um diagrama esquemático do processo onde o gás de coqueria é utilizado em um processo de redução direta sem um reformador e onde o teor de calor do gás de redução efluente do reator de redução direta é usado para produzir vapor.

A Figura 2 mostra um diagrama esquemático do processo onde o

25 gás de coqueria é utilizado em um processo de redução direta sem um reformador e onde o teor de calor do gás de redução efluente do reator de redução direta é usado para pré-aquecer o gás de redução reciclado para o mencionado reator de redução.

A Figura 3 mostra um diagrama esquemático de processo onde o

30 gás de coqueria é utilizado em um processo de redução direta tendo um reformador no circuito de redução de gás.

A Figura 4 mostra um diagrama esquemático de processo onde o

gás de coqueria é utilizado em um processo de redução direta onde uma parte do gás de redução efluente do reator de redução é reciclado para o reator de redução através de um reformador, e outra parte do mencionado gás efluente é reciclado através de um aquecedor de gases.

5 A Figura 5 mostra um diagrama esquemático de processo similar àquele da Figura 1, mostrando o mesmo reator modificado apenas pelo fato de que a zona de descarga no fundo do reator (diferentemente dos reatores mostrados nas Figuras precedentes) não inclui um circuito de resfriamento.

Descrição das Configurações Preferidas da Presente Invenção

10 Em relação às figuras anexas, onde os mesmos numerais designam os mesmos elementos do método e do equipamento da invenção, e mais particularmente para a Figura 1, o numeral 10 geralmente designa um reator de redução direta do tipo cuba de leito móvel, tendo uma zona superior de redução 12 e uma zona inferior de descarga 14. A zona 14 pode opcio-
15 nalmente ser também adaptada para funcionar como zona de resfriamento. O gás de coqueria de uma fonte adequada 16 é alimentado através do tubo 18 para a zona de resfriamento 14 através do tubo 22. Tipicamente, a fonte 16 fornece gás de coqueria pré-condicionado, do qual muitos dos contaminantes e certos compostos variáveis foram removidos, mas ainda contém impurezas
20 residuais para provocar problemas de manuseio e de processo. A presente invenção também processa o gás de coqueria melhorando sua qualidade pela passagem do mesmo através do leito de ferro diretamente reduzido formado no reator de redução, mas de forma a permitir melhor controle total do processo de redução enquanto acomoda o condicionamento do gás de
25 coqueria.

Em uma configuração preferida, a zona de descarga 14 inclui um circuito de resfriamento de gás que é formado pelo tubo 22, pela zona de resfriamento 14, pelo tubo 24, pelo resfriador de gás 26, pelo tubo 28 e pelo compressor 30.

30 De acordo com a presente invenção, uma parte do gás de resfriamento efluente da zona de resfriamento 14 é transferida do circuito de resfriamento por meio do tubo 31 para o tubo 36 (que faz parte do circuito de

redução de gás para a zona de redução 12). Um controlador 14 regula a taxa de fluxo do gás que circula através do tubo 18 por meio da válvula de controle 20 e a quantidade de gás que flui através do tubo 31 por meio da válvula de controle 32. Através de tal regulação pelo controlador 34, a quantidade de gás que pode fluir para cima, da zona de resfriamento para a zona de redução dentro do reator 10 é controlada, e preferivelmente minimizada.

Esta é uma característica importante da invenção; porque, dessa forma, o gás de coqueria após ser inicialmente alimentado à zona de resfriamento 14 e contatado ali e condicionado pelo leito móvel de ferro diretamente reduzido é essencialmente todo ele transferido para o circuito de redução através do tubo 31 para subsequentemente ser aquecido de maneira controlada e no final ser injetado na zona de redução 12 como parte do gás de redução reciclado. Sem esse controle do fluxo de gás dentro do reator 10, as condições de processo na zona de redução e na zona de resfriamento não podem ser ajustadas para os valores desejados de composição, fluxo e temperatura do gás adequados para a redução eficaz das partículas de óxido de ferro e para produzir ferro diretamente reduzido 65 de boa qualidade.

Foi descoberto que os melhores resultados são alcançados quando a diferença entre a taxa de fluxo do gás que flui através do tubo 18 (F1) e a taxa de fluxo do gás que flui através do tubo 31 (F2) está na faixa de cerca de 100 e cerca de 200 metros cúbicos normais (NCM) por tonelada de ferro diretamente reduzido produzido ($F1 > F2$), mas preferivelmente deve estar pelo menos na faixa de cerca de 50 e cerca de 300 metros cúbicos normais (NCM) por tonelada de ferro diretamente reduzido produzido.

O gás de coqueria efluente da zona de resfriamento 14 no tubo 24 tem a seguinte composição de volume: cerca de 48% de hidrogênio; cerca de 41% de metano; cerca de 7% de água; cerca de 0,6% de monóxido de carbono; cerca de 2% de dióxido de carbono; e cerca de 1% de nitrogênio. Os hidrocarbonetos pesados e o BTX foram quebrados em gases de redução úteis pelo contato do gás de coqueria com o ferro diretamente reduzido e o enxofre foi também removido do gás de coqueria pelo ferro diretamente reduzido. Portanto, o gás efluente da zona de resfriamento 14 através do tubo

31 pode ser transferido com segurança para o circuito de redução sem enfrentar problemas de depósitos de carbono e obstrução do equipamento, especialmente o aquecedor de gás, os trocadores de calor e os compressores.

5 O gás de coqueria, após passar através da zona de resfriamento 14, flui através do tubo 31 e se combina com o gás de redução da zona de redução 12 no tubo 36, que leva ao compressor 38 e então através do tubo 40 para uma unidade de remoção de CO₂ 42 (onde uma parte do CO₂ 44 produzido pelas reações de redução é removida para regenerar o potencial de redução do gás que está sendo reciclado para a zona de redução 12). A remoção do dióxido de carbono pode ser efetuada por absorção química ou por absorção física. O gás de redução, tendo agora um baixo teor de CO₂ de cerca de 3%, flui através do tubo 46 para um umidificador 48 onde o teor de água no mencionado gás é aumentado controladamente até um nível maior de cerca de 6%. O gás umedecido flui então através do tubo 54 para o aquecedor 56, onde sua temperatura é aumentada até acima de 850°C, preferivelmente para cerca de 900°C, e mais preferivelmente para acima de 950°C. Qualquer combustível adequado de uma fonte 80 pode ser usado através do tubo 82 para acender o aquecedor 56, combustível esse que pode ser suplementado com o gás de redução purificado pelo circuito de redução através do tubo 78. O gás quente efluente do aquecedor 56 é então combinado 58 com oxigênio ou ar enriquecido com oxigênio 62 a partir de uma fonte adequada 60. A combustão parcial com o oxigênio aumenta a temperatura do gás de redução alimentado à zona de redução até cerca de 25 uma faixa de 1000°C a 1050°C. O gás de redução de alta temperatura 58 reduz as partículas contendo óxido de ferro 63 (tal como pelotas de minério de ferro) alimentadas à parte superior da zona 12 para ferro diretamente reduzido 65 contendo ferro metálico que flui no reator a uma taxa regulada por meios conhecidos na técnica, e é descarregado através da zona de resfriamento/descarga 14.

O gás de redução 58 alimentado à zona de redução 12, após ter reagido com partículas contendo óxido de ferro 63, é retirado do reator 10

através do tubo 64. O gás de redução quente passa através do trocador de calor 66 onde o vapor 68 é vantajosamente produzido. O vapor 68 pode então ser usado na operação da unidade de remoção de CO₂ 42. Do trocador de calor 66, o gás de redução é levado através do tubo 70 para o resfriador 72, onde o gás de redução é contatado diretamente com água 74 para resfriar a temperatura do gás até abaixo de cerca de 50°C e também para lavar a sujeira. A água produzida pelas reações de redução na zona 12 é condensada no resfriador 72 e é removido do gás de redução regenerando assim seu potencial de redução. O gás resfriado flui através do tubo 73 e é dividido em duas partes. Uma parte maior do gás resfriado é reciclado através do tubo 36, e a seguir, para a zona de redução 12, fechando assim o circuito de gás de redução (e uma menor parte é purgada do mencionado circuito de gás de redução através do tubo 78 a uma taxa regulada por meio da válvula de controle 76). O gás purgado do tubo 78 pode ser usado como combustível para o aquecedor 56 através do tubo 82 ou para outro propósito.

Água quente 75 é extraída do resfriador 72 e é preferivelmente utilizada no umidificador 48 como água de alimentação 50 com a vantagem de que sua temperatura mais alta contribui para aumentar a temperatura do gás de redução no umidificador 48 e, portanto, a quantidade de água adicionada ao gás de redução pode ser controlada. O teor de água na corrente de gás após a umidificação está tipicamente entre cerca de 5% e cerca de 10% em volume. O excesso de água no umidificador 48 é descarregado através do tubo 52. A característica foi descrita na patente norte-americana nº 5.110.350.

O ferro diretamente reduzido quente é opcionalmente resfriado de temperaturas de cerca de 800°C até abaixo de 100°C na zona de resfriamento 14 antes de descarregar o ferro diretamente reduzido 65 do reator 10. Nessa configuração preferida, o gás de coqueria da fonte 16 é usado como agente de resfriamento e é também vantajosamente limpo de hidrocarbonetos pesados e BTX, mas será evidente para aqueles peritos na técnica, que a invenção pode também ser aplicada a reatores onde a temperatura do ferro diretamente reduzido não é necessariamente trazida para

próximo à temperatura ambiente antes da descarga (quando for desejada a descarga a quente para briquetagem). Nesse caso, não haveria necessidade de conformação de um circuito de resfriamento de gás com o resfriador 26 e o compressor 30 e o gás de coqueria poderia passar uma vez através da zona 14 sem reciclagem, e então o gás de coqueria seria transferido para a zona de redução 12 através do tubo 31.

Com referência agora à Figura 2, o arranjo do processo geral é similar ao processo mostrado na Figura 1, com a diferença de que um trocador de calor 66 é usado para pré aquecer o gás de redução recebido do umidificador 48 através do tubo 69, antes de ser reciclado através do aquecedor 56 para a zona de redução 12. O gás de coqueria é alimentado a partir da fonte 16 através da zona de resfriamento 14 e então é transferido por fim para o circuito de redução através do tubo 31 em uma operação similar à descrita acima em relação à Figura 1.

Na Figura 3, o processo de redução direta mostrado é diferente dos processos das Figuras 1 e 2, pelo fato de que o gás de redução efluente da zona de redução é reciclado através de um reformador catalítico 55 onde gás reciclado contendo metano é reformado com dióxido de carbono na zona de redução 12 para produzir hidrogênio e monóxido de carbono. O gás de coqueria é alimentado a partir da fonte 16 através da zona de resfriamento 14 e então por fim é transferido para o circuito de redução através do tubo 31 em uma operação similar à descrita acima em relação à Figura 1.

A Figura 4 mostra um processo de redução direta que combina no circuito de redução tanto um aquecedor de gás reciclado 56 quanto um reformador catalítico 55 com uma operação similar às configurações mostradas nas Figuras 1, 2 e 3. O gás de coqueria é alimentado a partir da fonte 16 através da zona de resfriamento 14 e então é transferido por fim para o circuito de redução através do tubo 31 em uma operação similar conforme descrito acima em relação à Figura 1.

A presente invenção foi descrita em relação a umas poucas configurações preferidas, mas aqueles que são peritos na técnica serão prontamente capazes de contemplar outras variantes que são consideradas como

estando dentro do escopo da invenção, escopo esse que deve ser confirmado pelas reivindicações que seguem.

REIVINDICAÇÕES

1. Método para produzir ferro diretamente reduzido (DRI) (65) através da redução de partículas contendo óxido de ferro (63) para partículas contendo ferro metálico (DRI) (65) em um reator de redução (10) compreendendo uma zona de redução (12) e uma zona inferior de descarga (14), pelo contato das mencionadas partículas contendo óxido de ferro (63) com uma corrente de gás de redução a alta temperatura (58, 62), compreendendo hidrogênio e monóxido de carbono na mencionada zona de redução (12), e em que as partículas reduzidas (DRI) (65) fluem a da mencionada zona de redução (12) para baixo através da mencionada zona de descarga inferior (14); o melhoramento do método sendo caracterizado por:

introduzir e circular um gás de processo (16) contendo metano em forma de gás de coqueria contendo benzeno, tolueno e xileno (BTX), alcatrão e outros contaminantes através da mencionada zona inferior (14) incluindo através do DRI (65) no mesmo;

retirar do reator (10) pelo menos uma porção do gás (24) que flui na mencionada zona inferior (14);

transferir externamente do mencionado reator (10) pelo menos uma primeira parte (31) de tal gás retirado (24) da mencionada zona inferior (14);

combinar tal primeira parte (31) do mencionado gás retirado (24) com um pelo menos gás de redução efluente (36) parcialmente regenerado sendo reciclado de volta para a zona de redução (12);

alimentar tais gases combinados (58, 62) juntos na zona de redução (12) do mencionado reator (10); e

controlar a taxa de fluxo do mencionado gás de processo (16) contendo metano de modo a ser maior do que a taxa de fluxo da mencionada parte transferida (31) do mencionado gás retirado (24) em entre 50 metros cúbicos normais e 300 metros cúbicos normais por tonelada métrica de DRI (65) produzido no mencionado reator de redução (12).

2. Método, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo

fato de que o mencionado gás de processo contendo metano (16) é gás de coqueria.

3. Método, de acordo com a reivindicação 1 ou 2, caracterizado pelo fato de que o mencionado gás de processo contendo metano (16) é gás de coqueria condicionado.

4. Método, de acordo com uma das reivindicações 1 a 3, caracterizado pelo fato de que o mencionado gás de processo contendo metano (16) é introduzido diretamente na mencionada zona inferior (14); e todo mencionado gás retirado (24) do mencionado reator (10) fora da mencionada zona inferior (14) é transferido externamente.

5. Método, de acordo com uma das reivindicações 1 a 3, caracterizado pelo fato de que o mencionado gás retirado (24) do mencionado reator (10) fora da mencionada zona inferior (14) é resfriado e limpo, a mencionada primeira porção (31) do mesmo é posteriormente transferida externamente, para o mencionado gás de redução efluente (36) parcialmente regenerado, e uma segunda porção (28) do mesmo, também resfriada e limpa, é recirculada de volta para zona inferior (14) para resfriar o DRI (65) na mesma.

6. Método, de acordo com a reivindicação 5, caracterizado pelo fato de que o mencionado gás de processo (16) contendo metano é unido à mencionada segunda porção (28) do gás retirado (24) resfriado e limpo, e os gases unidos (22) são posteriormente alimentados juntos à zona inferior (14) de resfriamento/descarga.

7. Método, de acordo com uma das reivindicações 1 a 6, caracterizado pelo fato de que a taxa de fluxo do mencionado gás de processo (16) contendo metano é maior do que a taxa de fluxo da mencionada porção transferida (31) do mencionado gás retirado (24) em entre 100 metros cúbicos normais e 200 metros cúbicos normais por tonelada métrica de DRI (65) produzido no mencionado reator de redução (10).

8. Método, de acordo com uma das reivindicações 1 a 7, caracterizado pelo fato de que o mencionado gás de redução efluente (64) da zona de redução (12) é regenerado pelo menos pela remoção de água antes

de ser combinado com a mencionada primeira porção (31) transferida do mencionado gás retirado (24).

5 9. Método, de acordo com uma das reivindicações 1 a 8, caracterizado pelo fato de que o mencionado gás de redução efluente (36) da zona de redução (12) é regenerado pelo menos pela remoção de CO₂ (44) do mencionado gás de redução efluente.

10 10. Método, de acordo com uma das reivindicações 1 a 9, caracterizado pelo fato de que o CO₂ (44) removido é dos mencionados gases combinados(40) contendo o mencionado gás de redução efluente (64).

11. Método, de acordo com uma das reivindicações 1 a 10, caracterizado pelo fato de que ainda compreende aquecer os gases combinados (54) contendo o mencionado gás de redução (64) efluente acima de 850°C, antes de serem alimentados à zona de redução (12).

15 12. Método, de acordo com uma das reivindicações 1 a 11, caracterizado pelo fato de que o teor de água dos gases combinados (46) é aumentado até um nível entre 5% e 10% em volume antes de aquecer.

20 13. Método, de acordo com uma das reivindicações 1 a 12, caracterizado pelo fato de que os mencionados gases combinados (58), após passarem por um aquecedor de gases (56), são também combinados com oxigênio (60) de modo a aumentar a temperatura até uma faixa de entre 950° C e 1050°C.

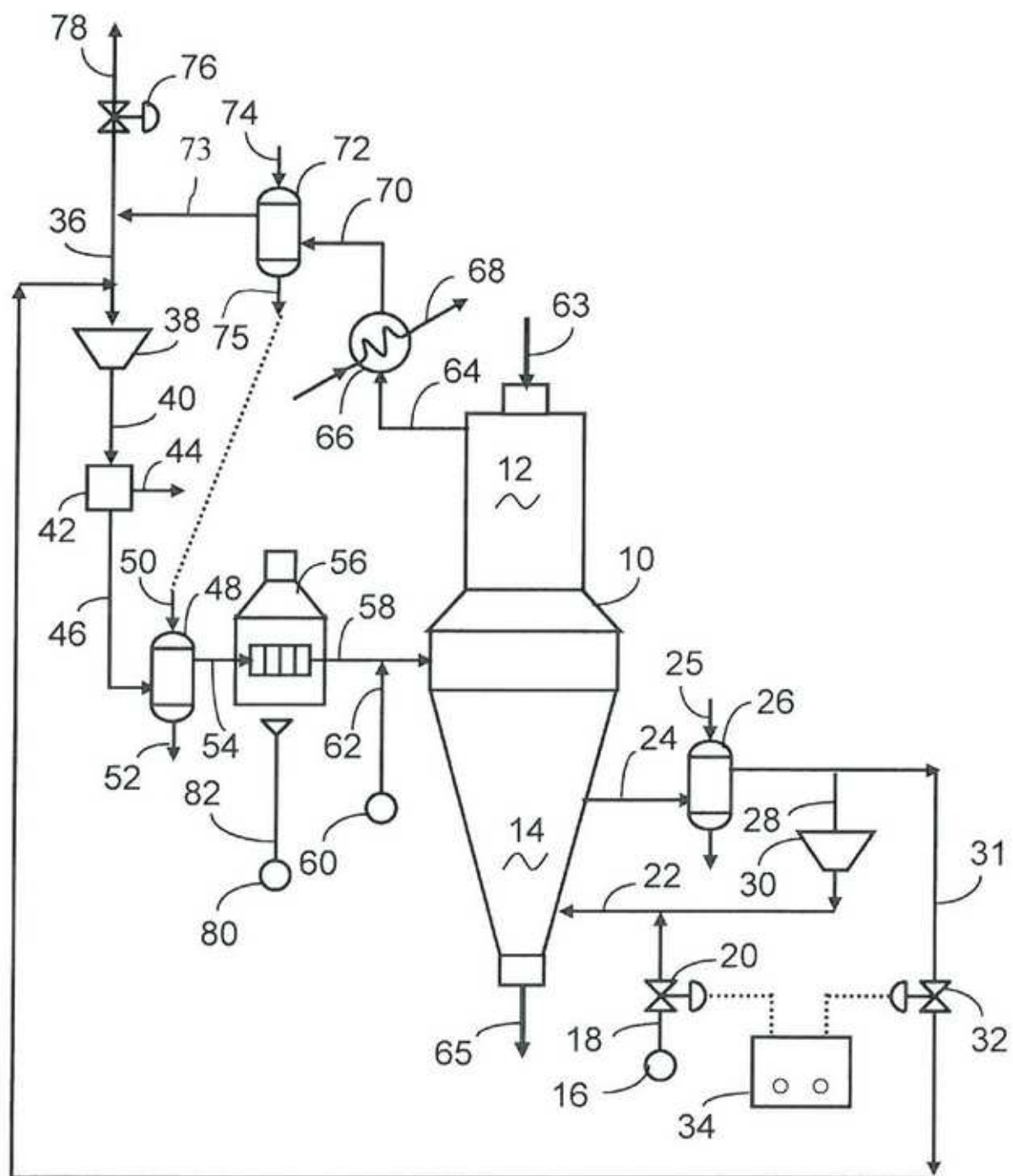


FIG. 1

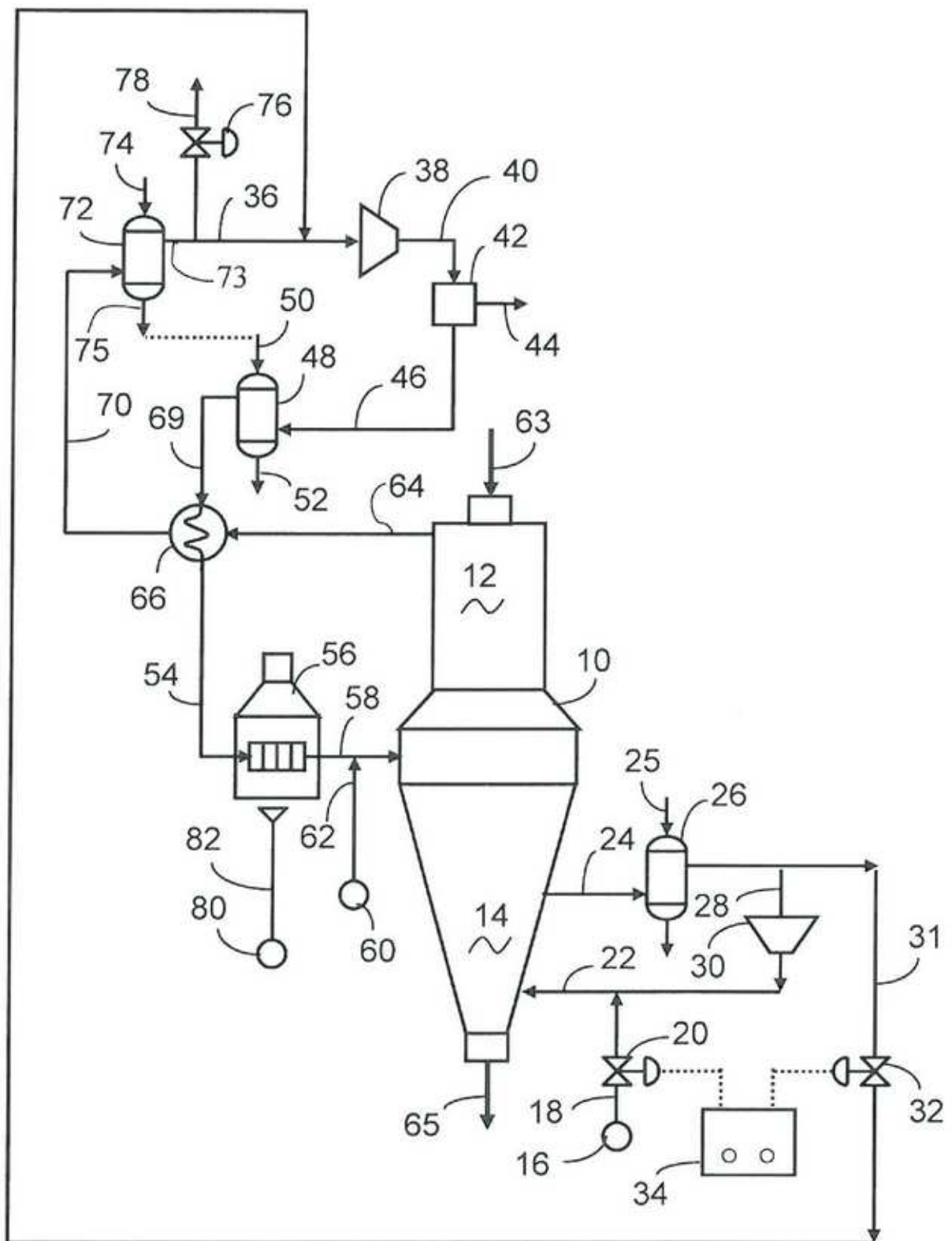


FIG. 2

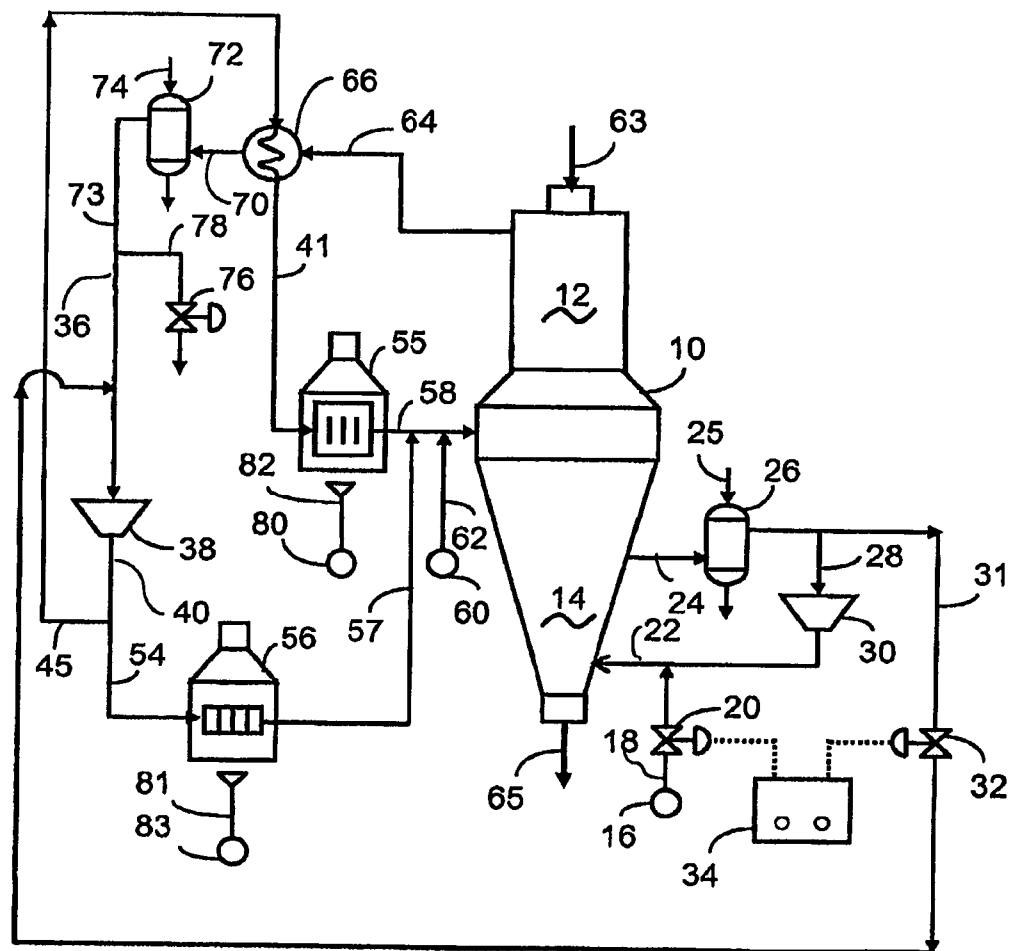


FIG. 4

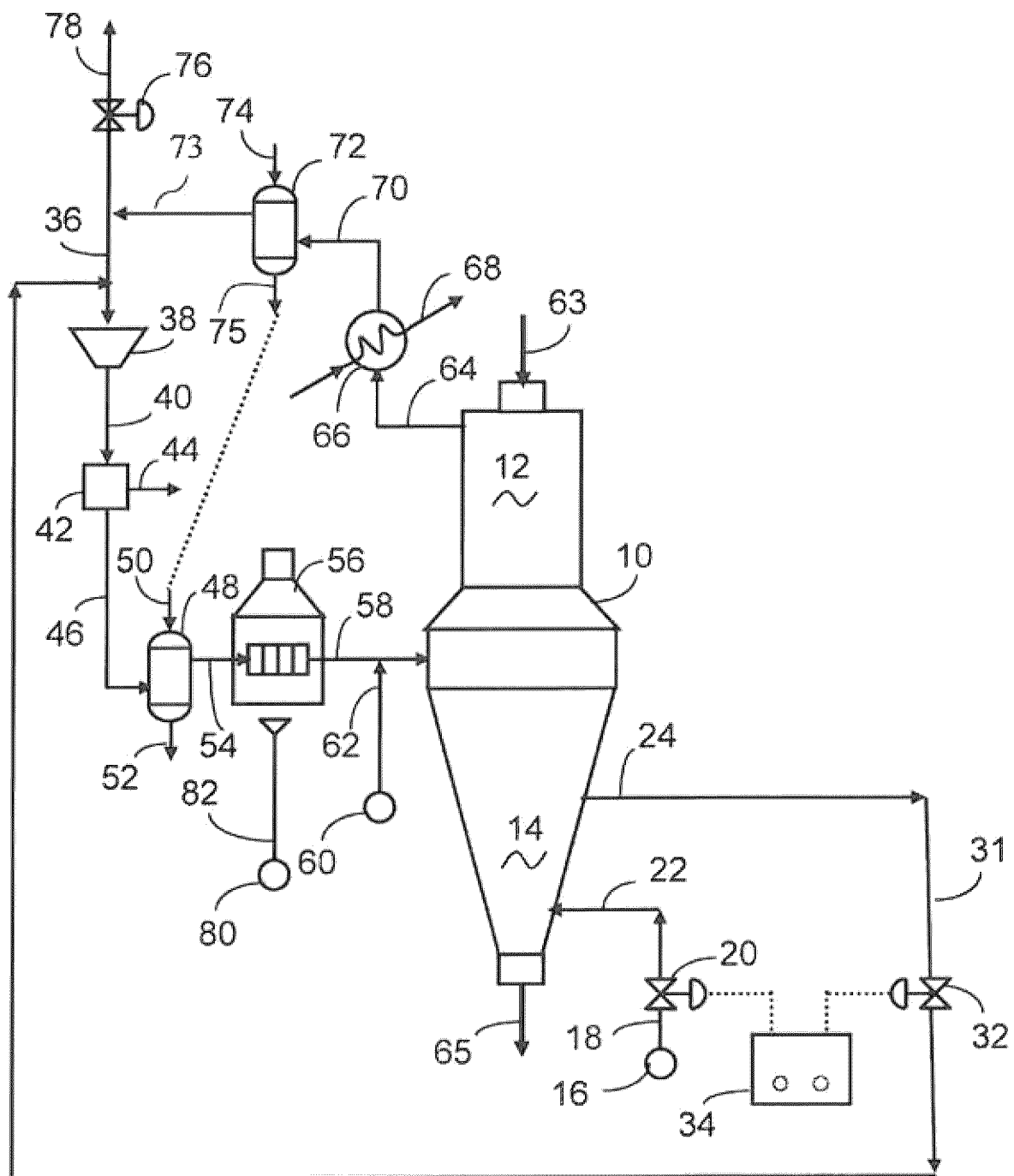


FIG. 5

RESUMO

Patente de Invenção: **"MÉTODO PARA PRODUZIR FERRO DIRETAMENTE REDUZIDO"**.

Um processo para redução de partículas de minério de ferro em
5 um reator de redução (10) de leito móvel compreendendo uma zona superior de redução (12) e uma zona inferior de descarga (14), em que um gás de processo contendo metano, por exemplo, gás de coqueria, preferivelmente formando todo o constituinte para o gás de redução que circula através da mencionada zona de redução (12) e reagindo nela, é inicialmente alimentado
10 à mencionada zona de descarga (14) (e, opcionalmente, resfriado) e posteriormente o mencionado gás de coqueria, condicionado pelo DRI (65) na zona inferior, é retirado do reator (10) e transferido externamente para reciclar o gás de redução para injeção na zona de redução do reator (10). Hidrocarbonetos pesados e outros componentes do gás de coqueria que
15 podem provocar obstrução, corrosão ou depósitos na usina de redução direta são removidos do gás de coqueria por ação catalítica e/ou absorvente do DRI presente na mencionada zona inferior, antes de ser transferido externamente para a zona de redução (12) do reator de redução (10). A diferença na taxa de fluxo de gás do gás de processo contendo metano e a taxa de fluxo de gás
20 do gás transferido externamente está na faixa de cerca de 100 e cerca de 200 metros cúbicos normais por tonelada de DRI (65) produzido.