



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

(11) PI 0611894-1 B1



* B R P I 0 6 1 1 8 9 4 B 1 *

(22) Data de Depósito: 23/06/2006

(45) Data da Concessão: 21/07/2015
(RPI 2324)

(54) Título: PROCESSO E USINA PARA PRODUZIR FERRO A PARTIR DE UM MATERIAL QUE CONTÉM FERRO

(51) Int.Cl.: C21B11/02; C21B13/02; C21B13/06; C21B13/14

(30) Prioridade Unionista: 24/06/2005 AU 2005903364

(73) Titular(es): TECHNOLOGICAL RESOURCES PTV LIMITED

(72) Inventor(es): ANDREW GEORGE CONNOR, CHRISTOPHER MARTIN HAYMAN

PROCESSO E USINA PARA PRODUZIR FERRO A PARTIR DE UM
MATERIAL QUE CONTÉM FERRO

Refere-se a presente invenção a um processo para produzir ferro e uma usina para produzir ferro.

5 Com particularidade, muito embora de forma alguma não - exclusivamente, a presente invenção refere-se a um processo para produzir ferro que inclui uma etapa de redução direta para reduzir material de ali-
10 mentação que contém ferro e formar um material de ferro reduzido pela passagem de um gás redutor ascendentemen-
te através de um leito de material de alimentação.

O termo "redução" é compreendido neste contexto como significando a remoção de algum ou de to-
do o material que contém ferro enquanto o material se
15 encontra em um estado sólido.

O termo "material de ferro reduzido" é compreendido neste contexto como incluindo produtos que têm pelo menos 80%, em peso, de ferro.

A título de exemplo, o termo "ferro" quan-
20 do se discute o produto final estende-se aos produtos de uma maneira geral descritos como ferro reduzido di-
reto ("DRI").

A presente invenção refere-se com mais parti-
cularidade, muito embora não exclusivamente, a um pro-
25 cesso de fabricação de ferro que inclui a etapa de re-
dução direta baseada em leito descrita anteriormente que é caracterizado pelo fato de que é capaz de proces-
sar minério de ferro que geralmente seria considerado

inadequado (pelo menos por si mesmo) para formar um leito com características de fluxo de gás aceitáveis.

Um desses minérios é o minério graúdo proveniente da jazida de Corumbá no Brasil. Tipicamente, 5 o minério de Corumbá compreende torrões tabulares que podem tender a formar leitos compactados que não permitem facilmente o fluxo ascendente de gás redutor através da largura do leito. O fluxo de gás tende a ser canalizado, com o resultado de que ocorre contacto de-
10 ficiente entre o gás redutor e uma parte substancial do minério de ferro no leito, conduzindo a uma redução deficiente do material.

Uma solução conhecida para o problema descrito no parágrafo precedente consiste em mesclar minério de ferro de torrões tabulares com outros minérios 15 ou com material ferroso graúdo, por exemplo, com pelotas. Entretanto, esta não é necessariamente uma solução aceitável em todas as situações sob o ponto de vista de custo de capital e/ou considerações técnicas, com particularidade em locais remotos, tais como a localização do 20 depósito de Corumbá.

O processo de produção de ferro da presente invenção inclui uma etapa de redução direta que utilize um material de formação de leito que facilita a formação 25 de um leito de um material que contém ferro, tal como minério graúdo tabular, em um forno de cuba ou outro forno adequado de maneira que ocorre um ótimo fluxo ascendente do gás redutor através do leito. O processo

também inclui separar o material de ferro reduzido produzido no forno e o material de formação de leito. Como uma consequência, o material de formação de leito pode ser reutilizado na etapa de redução direta.

5 De acordo com a presente invenção proporciona-se um processo para produzir ferro a partir um material que contém ferro que inclui as etapas de:

(a) reduzir o material de alimentação que contém ferro e formar um material de ferro reduzido a partir do mesmo pela passagem de um gás redutor ascendente-
10 mente através de um leito do material de alimentação e um material de formação de leito e reduzir o material de alimentação, com a quantidade e as características físicas do material de formação de leito sendo selecionadas de
15 maneira tal que o leito permite um fluxo ascendente ótimo do gás redutor através do leito; e

(b) separar o material de ferro reduzido e o material de formação de leito que é descarregado a partir do leito.

20 O material de ferro reduzido separado pode ser ainda processado na mesma instalação ou então transportado para uma outra instalação para processamento conforme for requerido.

Por exemplo, o processo pode incluir uma outra
25 etapa de redução do material de ferro reduzido e formar ferro fundido. A etapa de redução pode ser realizada na mesma instalação que a usina de redução direta ou em uma instalação separada.

Tal como se encontra indicado anteriormente, o propósito do material de formação de leito é o de facilitar a formação de um leito do material que contém ferro em um forno de cuba ou em outro forno adequado, de maneira tal
5 que ocorra um ótimo fluxo ascendente do gás redutor através do leito.

De uma maneira geral "ótimo" fluxo ascendente através do leito é o fluxo ascendente que resulta em contato uniforme entre o gás redutor e pelo menos uma quantidade
10 substancial do material que contém ferro no leito de maneira que ocorre uma redução substancialmente uniforme do material que contém ferro através do leito.

O uso do material de formação de leito é particularmente importante em situações nas quais a forma do
15 material que contém ferro tende a formar leitões estreitamente compactados que são dotados de características de fluxo de gás deficientes; com o resultado de que ocorre uma redução deficiente do material em uma proporção significativa do leito. Tal como discutido anteriormente, minério de ferro
20 graúdo tabular pode ser um desses materiais que contém ferro nesta categoria.

A quantidade e as características físicas do material de formação de leito requerido em qualquer determinada situação dependerão pelo menos em
25 parte das características físicas, tais como dimensão e/ou forma, do material que contém ferro.

Por exemplo, em uma situação em que o material que contém ferro está na forma de minério graúdo ta-

bular, preferentemente o material de formação de leito tem uma dimensão diferente e/ou uma forma diferente para o material que contém ferro, tal como estando na forma de bolas esféricas, que asseguram que o leito não fique
5 estreitamente compactado e impeça o ótimo fluxo ascendente uniforme do gás redutor através do leito.

A etapa de separação (b) é um outro fator na seleção das características físicas do material de formação de leito.

10 Por exemplo, em uma situação na qual a etapa de separação inclui separação que é baseada na dimensão e/ou forma, tal como em um conjunto de peneira cilíndrica giratória, estas características precisam ser levadas em consideração quando se seleciona a dimensão e/ou
15 forma do material de formação de leito.

Preferentemente, o material de formação de leito é material que é pelo menos substancialmente não reativo com o material que contém ferro de forma que o material não provoque contaminação do material de ferro
20 reduzido que tem um impacto no processamento a jusante do material de ferro reduzido produzido na etapa (b), tal como em uma etapa redutora.

Preferentemente, o material de formação de leito é um material não-redutível nas condições na etapa de
25 redução (a).

Preferentemente, o material de formação de leito é pelo menos substancialmente resistente ao calor e abrasão e, dessa maneira, mantém a integridade

estrutural nas condições operacionais da etapa de redução (a) e etapa de separação (b).

A título de exemplo, o material de formação de leito pode ser um aço ou uma cerâmica.

5 Preferentemente o material de formação de leito is de forma esférica.

O material de alimentação que contém ferro pode incluir materiais tais como minério de ferro, minério de ferro parcialmente reduzido e correntes de refugo que contém ferro (por exemplo, provenientes de usinas de produção de aço).

Preferentemente, o material de alimentação que contém ferro é substancialmente minério de ferro.

15 Preferentemente, o minério de ferro está na forma de minério de ferro graúdo.

Com maior preferência, o minério de ferro graúdo inclui torrões tabulares.

20 Preferentemente o processo inclui reutilizar material de formação de leito separado na etapa de redução (a).

Preferentemente, o processo inclui fornecer continuamente ou periodicamente o material de alimentação que contém ferro e o material de formação de leito a uma extremidade superior de um forno de cuba ou outro forno adequado e descarregar continuamente ou periodicamente material de ferro reduzido e material de formação de leito a partir de uma extremidade inferior do forno, operando dsse modo a etapa de redução (a) como

um leito de material que se move descendentemente no forno.

Preferentemente, o processo inclui misturar o material que contém ferro e o material de formação de leito antes do suprimento ao material misturado à extremidade superior do forno de cuba ou de outro forno adequado.

Preferentemente, o processo inclui britar o material de ferro reduzido proveniente da etapa de separação (b) para uma dimensão de partícula requerida antes de fornecer o material a um vaso de redução direta para redução na etapa redutora.

Preferentemente, etapa de redução (a) produz material de ferro reduzido que é dotado de uma metalização de pelo menos 80%.

Preferentemente, etapa de redução (a) produz material de ferro reduzido dotado de uma metalização de não mais que 90%.

Preferentemente, a etapa de redução (a) é um processo Midrex, tal como descrito neste contexto.

Preferentemente, a etapa redutora é um processo de redução direta baseado em banho fundido.

Preferentemente, o processo de redução direta baseado em banho fundido inclui fornecer materiais de alimentação sólidos na forma do material de ferro reduzido proveniente da etapa de separação (b) e produzir material carbonáceo sólido para um banho de ferro fundido e escória fundida em um vaso de redução direta e fornecer

gás que contém oxigênio em um espaço acima do banho fundido e reduzir o material de ferro reduzido e produzir ferro fundido no banho fundido.

O gás que contém oxigênio pode ser oxigênio, ar, ou ar enriquecido com oxigênio.

Preferentemente, o processo de redução direta inclui fornecer materiais de alimentação sólidos ao banho fundido mediante injeção de materiais de alimentação sólidos e um gás carreador por meio de uma ou mais lanças de injeção de sólidos que se estendem dentro do vaso.

O gás carreador poderá ser qualquer gás adequado.

Preferentemente, o processo de redução direta é um processo HIs melt, tal como descrito neste contexto.

Preferentemente, o processo HIs melt inclui injetar materiais de alimentação sólidos na forma do material de ferro reduzido proveniente da etapa de separação (b) e material carbonáceo sólido e fundente em um banho fundido em um vaso de redução direta através de um número de lanças/algaravizes que ficam inclinados em relação à vertical de forma a estenderem-se descendentemente e para dentro através de uma parede lateral do vaso e em uma região inferior do vaso, de maneira a distribuírem pelo menos parte dos materiais de alimentação sólidos para dentro de uma camada de metal no fundo do vaso.

Preferentemente, o processo HIs melt inclui injetar um gás que contém oxigênio em uma região superi-

or do vaso através de uma lança que se estende descen-
dentemente para promover a pós-combustão dos gases de
reação na região superior do processo no vaso.

Preferentemente, o processo Hismelt inclui
5 descarregar o gás de saída resultante da pós-combustão dos
gases de reação no vaso através de um conduto de saída de
gás na parte superior do vaso.

O termo "redução" é compreendido neste contex-
to no sentido de significar processamento térmico em que o-
10 correm reações químicas que reduzem os óxidos de ferro para
produzir ferro fundido.

De acordo com a presente invenção proporcio-
na-se igualmente uma instalação para produzir ferro
a partir de um material que contém ferro que inclui:

15 (a) uma instalação para reduzir o material
de alimentação que contém ferro e formar um material de
ferro reduzido pela passagem de um gás redutor ascenden-
temente através de um leito do material de alimentação e
um material de formação de leito (tal como descrito neste
20 contexto); e

(b) um aparelho para separar o material de
ferro reduzido e o material de formação de leito descarre-
gado a partir do aparelho de redução.

Preferentemente, a instalação para produ-
25 zir ferro inclui uma instalação para reduzir o material
de ferro reduzido e formar ferro fundido.

Preferentemente, a instalação de redução
(a) é uma instalação de Redução Direta Midrex.

Preferentemente, o aparelho de separação (b) é um conjunto de peneira cilíndrica giratória.

Preferentemente, a instalação de redução é uma instalação HIs melt.

5 Preferentemente a instalação inclui ainda um aparelho para triturar material de ferro reduzido proveniente do aparelho de separação (b) tal como requerido para material de alimentação para a instalação de redução.

10 A presente invenção é descrita ainda a título de exemplo com referência aos desenhos anexos, dos quais:

A Figura 1 é um fluxograma de um processo de Redução Direta Midrex.

15 A Figura 2 é uma seção transversal de uma peneira cilíndrica giratória para separar material sólido produzido no processo de Redução Direta Midrex ilustrado no fluxograma da Figura 1; e

A Figura 3 é um diagrama que ilustra uma
20 concretização de um vaso HIs melt para execução do processo HIs melt.

Uma, muito embora não a única, concretização de um processo para produção de ferro que produz ferro fundido a partir material de alimentação que contém
25 ferro em uma forma de minério de ferro gráudo de acordo com a presente invenção inclui as etapas de:

(a) reduzir minério de ferro gráudo em um estado sólido e produzir minério reduzido que tem uma

metalização de pelo menos 80% utilizando-se um processo de Redução Direta Midrex por operação em um forno de cuba que contém um leito de minério graúdo e um material de formação de leito;

5 (b) separar o minério reduzido e o material de formação de leito descarregado a partir do leito;

(c) triturar o minério reduzido para uma distribuição de dimensão de partícula reduzida de menos 6 mm para redução subsequente do minério; e

10 (d) reduzir o minério reduzido e triturado para ferro fundido utilizando-se um processo de redução direta HIs melt baseado em banho fundido operando em um vaso de redução direta.

Mais particularmente, com referência ao
15 fluxograma de processo da Figura 1, o processo de Redução Direta Midrex é baseado em um forno de cuba 31 que contém um leito que se movimenta descendentemente de material sólido e um fluxo em contracorrente que se movimenta ascendentemente de um gás redutor. O gás redutor,
20 que inclui de 10-20% de CO e 80-90% de H₂, é produzido a partir de gás natural utilizando-se um processo de reforma de CO₂ Midrex e um catalisador patenteado.

Tal como se encontra descrita anteriormente, a presente invenção é caracterizada pela utilização
25 de um material de formação de leito que facilita a formação de um leito de minério graúdo e o material de formação de leito no forno 31 (ou outro forno adequado) que possibilita ótimo contacto entre o gás redutor que flui

ascendentemente e o minério graúdo no leito.

A concretização em apreço está descrita no contexto do processamento de minério graúdo proveniente da jazida de Corumbá. Para este minério e as condições
5 de operação de processo descritas, o material de formação de leito é selecionado para estar na forma de bolas de aço esféricas de 12,5 mm.

As proporções selecionadas do minério graúdo e do material de formação de leito, tipicamente
10 70:30 em uma base de volume, são misturadas em conjunto e depois disso fornecidas a uma tremonha de alimentação 37 no topo do forno 31 e depois disso são fornecidas como requeridas como material de alimentação ao forno 31 por intermédio de uma tremonha dosadora 38 que distribui
15 uniformemente os sólidos para dentro do forno 31.

O forno 31 opera a uma pressão baixa inferior a 1 bar manométrico. O material de alimentação no forno 31 é primeiro aquecido e depois disso reduzido pelo gás redutor que flui ascendentemente em contracorrente que
20 é injetado através de algaravizes 39 localizados em um distribuidor circular de vento no fundo de uma seção cilíndrica do forno 31. O minério graúdo é reduzido para uma metalização de pelo menos 80% na ocasião em que ele alcança a área do distribuidor circular de vento.

25 Abaixo da área do distribuidor circular de vento, o material de alimentação segue através de uma zona de transição e então alcança uma seção cônica inferior 41 do forno 31. Ferro reduzido de baixo teor de

carbono (<1,5%C) é resfriado utilizando-se uma corrente circulante de gás de descarga refrigerado que é introduzido na seção cônica para descarga de DRI fria. DRI de carbono mais alto (até 4,0%C) pode ser produzido pela
5 introdução de um gás natural neste gás de resfriamento. Ele reage facilmente (e quebra) com o DRI metálico altamente reativo.

O sistema de geração de gás Midrex inclui um reformador de CO₂ 33 que utiliza um catalisador Midrex. A
10 alimentação para o reformador é uma mistura de gás de processo reciclado proveniente do forno 31 e um gás natural de renovação. O gás de topo deixa o forno 31 a uma temperatura de 400 a 450°C e é resfriado e a poeira removida em um depurador de gás de topo 35. Cerca de dois
15 terços do gás são reciclados de volta ao processo (gás de processo) e o restante é usado como um combustível. O gás de processo é comprimido, misturado com gás natural e é pré-aquecido em um recuperador reformador antes de entrar nos tubos do reformador 33.

20 O gás reformado, que compreende CO e H₂, sai do reformador 33 a cerca de 850°C e passa através de barriletes de coleta para uma linha de gás reformado. A proporção de H₂ para CO é controlada a cerca de 1,5 para 1,8.

25 Com referência à Figura 2, minério reduzido e material de formação de leito descarregado do forno de cuba Midrex 31 são fornecidos a um conjunto de peneira cilíndrica giratória ilustrada na Figura 2 e são sepa-

rados em correntes separadas de minério reduzido e material de formação de leito.

O conjunto de peneira cilíndrica giratória é um conjunto de uma maneira geral cilíndrico e é incli-
5 nado em relação à horizontal e fica disposto de forma a girar em torno de um eixo longitudinal central "X" do conjunto na direção da seta ilustrada na Figura 2.

A extremidade mais alta do conjunto é uma extremidade de suprimento para alimentação de material
10 e a extremidade mais baixa do conjunto é uma extremidade de descarga para correntes de material separadas.

O conjunto inclui um invólucro externo cilíndrico 61 que retém material no conjunto. O conjunto também inclui uma series de peneiras concêntricas 63, 65,
15 71, cada uma das quais tem uma dimensão de malha pré-selecionada marcada na Figura 2. O conjunto também inclui uma série de defletores 69 que se estendem para dentro a partir da peneira recôndita 71 para facilitar a distribuição de material quando ele se movimenta descen-
20 dentemente pela peneira.

No uso do conjunto, minério reduzido ou material de formação de leito proveniente da instalação Midrex é fornecido como um material de alimentação por intermédio da extremidade de suprimento do conjunto para uma
25 passagem cilíndrica central definida pela peneira recôndita 69. A rotação do conjunto em torno do eixo longitudinal movimenta o material que desce progressivamente pela passagem. O material de +13 mm permanece na passa-

gem central e é descarregado por intermédio da extremidade de descarga do conjunto. Este material é predominantemente minério reduzido. O material de -13 mm passes para fora através da peneira 71 para dentro de uma
5 passagem anular definida pelas peneiras 65, 71. A peneira 65 permite que o material de -12 mm passe para fora através da peneira e retém o material de +12 mm na passagem. Este material é predominantemente o material de formação de leito. O material é descarregado por intermédio da extremidade de descarga do conjunto. O material de -12 mm passa para fora através da peneira 65 dentro de uma passagem anular externa definida pelas peneiras 63, 65. A peneira externa 63 retém material de +6 mm na passagem. O material de + 6 mm é predominantemente minério reduzido. O material é descarregado a partir do conjunto por intermédio da extremidade de descarga do conjunto. O material de -6 mm passa para fora através da peneira 63 para uma passagem recôndita em uma
15 passagem exterior definida pelo invólucro 61 e a peneira 63. O material de -6 mm no caminho da passagem é predominantemente minério reduzido. O material é descarregado do conjunto por meio da extremidade de descarga do conjunto.

O material de formação de leito descarregado a partir do conjunto de peneira cilíndrica giratória é reciclado para o processo de Redução Direta
25 Midrex.

O minério reduzido de +6 mm e +13 mm nas correntes separadas descarregadas a partir conjunto de peneiras

cilíndricas giratórias é esmagado para formar distribuição de
dimensão de partícula de -6 mm para o processo HIs melt. O
material esmagado e o minério de -6 mm minério reduzido des-
carregado a partir do conjunto de peneira cilíndrica girató-
5 ria são misturados entre si e são fornecidos como finos de
minério reduzido para a instalação HIs melt.

Com referência à Figura 3, o minério reduzi-
do, o material carbonáceo sólido na forma de carvão, o fun-
dente (cal e dolomita), e ar quente são fornecidos a um vaso
10 3 da instalação de redução direta HIs melt e o minério redu-
zido é então reduzido para ferro fundido utilizando-se o
processo HIs melt.

A título de exemplo, o processo HIs melt é tal
como descrito no pedido internacional PCT/AU96/00197, a ins-
15 talação HIs melt é tal como descrita no pedido provisório
australiano 2005902022, e o vaso 3 é descrito em detalhe nos
pedidos internacionais PCT/AU2004/000472 e
PCT/AU2004/000473, todos eles em nome da requerente. A ex-
posição dos relatórios de patentes depositados com estes pe-
20 didos de patentes fica incorporada neste contexto por refe-
rência remissiva.

Com referência à Figura 3, o vaso 3 tem uma
soleira em uma seção inferior do vaso que inclui uma base 81
e paredes laterais 83 formadas a partir de tijolos refratá-
rios, paredes laterais 85 que formam um corpo geralmente ci-
25 líntrico que se estende ascendentemente a partir dos lados
da soleira e inclui uma seção de corpo superior e uma seção
de corpo inferior, uma abóbada 87 que inclui uma câmara de

fás de saída 89, um conduto de gás de saída 9 que se estende a partir da câmara de gás de saída 89, uma ante-soleira 67 para descarregar ferro fundido continuamente a partir do vaso 3, e um furo de corrida (não ilustrado na Figura) para descarregar escória fundida periodicamente do vaso 3.

O vaso 3 é equipado com uma lança sopradora de ar quente 7 refrigerada a água ("HAB") que se estende descendentemente, estendida dentro de um espaço de topo do vaso 3 e oito lanças de injeção de sólidos refrigeradas a água 5 que se estendem descendentemente e para dentro através da parede lateral 85 para distribuir materiais sólidos dentro da soleira.

Em uso, o vaso 3 contém um banho de ferro fundido. Minério reduzido, carvão e fundente são injetados diretamente no banho por intermédio das lanças de injeção de sólidos 5.

Especificamente, um conjunto de lanças 5 é usado para injetar minério reduzido e fundente e outro conjunto de lanças 5 é usado para injetar carvão e fundente.

Minério reduzido pode ser previamente tratado mediante pré-aquecimento a uma temperatura em uma faixa de 600-700°C e pré-reduzido em um pré-aquecedor de leito fluidificado (não ilustrado) antes de ser injetado no banho.

Carvão e fundentes são armazenados em uma série de tremonhas de fecho (não ilustradas) antes de

serem injetados sob temperaturas ambiente no banho. O carvão é fornecido a tremonhas de eclusa por intermédio de uma instalação de secagem e moagem de carvão (não ilustrada).

5 O carvão injetado desvolatiliza-se no banho, liberando deste modo H_2 e CO . Estes gases funcionam como redutores e fontes de energia. O carbono no carvão é rapidamente dissolvido no banho. O dissolvido e o carbono sólido também funcionam como agentes redutores, produzindo CO como um produto de redução.

O minério reduzido injetado é reduzido para ferro fundido no banho e é descarregado continuamente por intermédio da ante-soleira 67.

15 Escória fundida produzida no processo é descarregada periodicamente por intermédio do furo de corrida (não ilustrado).

As reações de redução típicas envolvidas na redução de material de alimentação que contém ferro injetado para ferro fundido que ocorrem no banho são endotérmicas. A energia requerida para sustentar o processo e, mais particularmente, estas reações endotérmicas, é proporcionada pela reação de CO e H_2 despreendidos a partir do banho com ar enriquecido com oxigênio injetado sob altas temperaturas, tipicamente $1200^\circ C$, dentro do vaso 3 por intermédio da lança HAB 7.

25 A energia liberada a partir das reações de pós-combustão descritas anteriormente no espaço de topo do vaso é transferida para o banho de ferro fundido por

intermédio de uma "zona de transição" na forma de regiões altamente turbulentas acima do banho que contém gotículas de escória e ferro. As gotículas são aquecidas na zona de transição pelo calor gerado a partir das reações de pós-combustão e retornam ao banho de escória/ferro transferindo assim energia para o banho.

O ar quente enriquecido com oxigênio injetado dentro do vaso 3 por meio da lança HAB 7 é gerado em regeneradores de jato quente (não ilustrados) pela passagem de uma corrente de ar enriquecido com oxigênio (contendo nominalmente 30 a 35%, em volume, de O_2) através dos regeneradores e aquecendo o ar e, depois disso, transferindo o ar quente enriquecido com oxigênio para a lança HAB 7 por meio de um condutor principal de jato quente (não ilustrado).

Muitas modificações podem ser realizadas nas concretizações da presente invenção ilustradas nas figuras, sem com isso escapar do espírito e do escopo da invenção.

A título de exemplo, embora a concretização descrita anteriormente inclua redução direta do material de ferro reduzido separado, e mais particularmente reduzir o material na mesma instalação, a presente invenção não fica confinada à redução de material e, mais particularmente, não fica confinada à redução do material na mesma instalação.

REIVINDICAÇÕES

1 - Processo para produzir ferro a partir de um material que contém ferro, **caracterizado** pelo fato de incluir as etapas de:

5 (a) reduzir o material de alimentação que contém ferro e formar um material de ferro reduzido a partir do mesmo pela passagem de um gás redutor ascendentemente através de um leito misturado de (i) o material de alimentação e (ii) o material de formação de leito e reduzir o material de
10 alimentação, com a quantidade e as características físicas do material de formação de leito que é selecionado para causar contacto uniforme entre o gás redutor e o material que contém ferro no leito; e

(b) separar o material de ferro reduzido e o
15 material de formação de leito que é descarregado a partir do leito.

2 - Processo, de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado** pelo fato de incluir uma etapa adicional de reduzir o material de ferro reduzido proveniente da etapa
20 de separação (b) e formar ferro fundido.

3 - Processo, de acordo com a reivindicação 1 ou reivindicação 2, **caracterizado** pelo fato de que, em uma situação na qual o material que contém ferro está na forma de minério graúdo tabular, o material de formação de leito é
25 selecionado de forma a ter uma dimensão diferente e/ou forma diferente do material que contém ferro, tal como estando na forma de bolas esféricas.

4 - Processo, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1, 2 ou 3, caracterizado pelo fato de que o material de formação de leito é material que é pelo menos não-reativo com o material que contém ferro.

5 5 - Processo, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1, 2, 3 ou 4, caracterizado pelo fato de que o material de formação de leito é um material não capaz de ser reduzido nas condições na etapa de redução (a).

10 6 - Processo, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1, 2, 3, 4 ou 5, caracterizado pelo fato de que o material de formação de leito é resistente ao calor e abrasão nas condições de operação da etapa de redução (a) e da etapa de separação (b).

15 7 - Processo, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1, 2, 3, 4, 5 ou 6, caracterizado pelo fato de que o material de formação de leito é um aço ou uma cerâmica.

20 8 - Processo, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1, 2, 3, 4, 5, 6 ou 7, caracterizado pelo fato de que o material de alimentação que contém ferro é minério de ferro.

25 9 - Processo, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 ou 8, caracterizado pelo fato de que inclui reutilizar material de formação de leito separado na etapa de redução (a).

10 - Processo, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 ou 9, caracterizado pelo fato de que inclui fornecer continuamente ou

periodicamente o material de alimentação que contém ferro e o material de formação de leito a uma extremidade superior de um forno de cuba ou outro tipo de forno adequado e descarregar continuamente ou periodicamente material de ferro reduzido e material de formação de leito a partir da
5 extremidade inferior do forno, operando desse modo a etapa de redução (a) como um leito de material que se movimenta descendentemente no forno.

11 - Processo, de acordo com a reivindicação 10,
10 **caracterizado** pelo fato de que inclui misturar o material que contém ferro e o material de formação de leito em conjunto antes de fornecer o material misturado à extremidade superior do forno de cuba ou um outro forno adequado.

12 - Processo, de acordo com qualquer uma das
15 reivindicações 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10 ou 11, **caracterizado** pelo fato de que inclui triturar o material de ferro reduzido proveniente da etapa de separação (b) para uma dimensão de partícula requerida antes de fornecer o material a um vaso de redução direta para redução em uma etapa de
20 redução.

13 - Processo, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11 ou 12, **caracterizado** pelo fato de que a etapa de redução (a) produz material de ferro reduzido tendo uma metalização de
25 pelo menos 80%.

14 - Processo, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12 ou 13, **caracterizado** pelo fato de que a etapa de redução (a)

produz material de ferro reduzido tendo uma metalização de não mais que 90%.

15 - Processo, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13 ou 5 14, caracterizado pelo fato de que a etapa de redução (a) é um processo Midrex, tal como descrito neste contexto.

16 - Processo, de acordo com a reivindicação 2 ou qualquer uma das reivindicações 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14 ou 15 quando dependentes diretamente ou 10 indiretamente da reivindicação 2, caracterizado pelo fato de que a etapa de redução é um processo de redução direta baseado em banho fundido.

17 - Processo, de acordo com a reivindicação 16, caracterizado pelo fato de que o processo de redução direta 15 inclui fornecer materiais de alimentação sólidos na forma do material de ferro reduzido proveniente da etapa de separação (b) e material carbonáceo sólido a um banho de ferro fundido e escória fundida em um vaso de redução direta e fornecer gás contendo oxigênio para um espaço acima do banho 20 fundido e fundir o material de ferro reduzido e produzir ferro fundido no banho fundido.

18 - Processo, de acordo com a reivindicação 17, caracterizado pelo fato de que o processo de redução direta 25 inclui fornecer materiais de alimentação sólidos ao banho fundido mediante injeção de materiais de alimentação sólidos e um gás carreador por meio de uma ou mais que uma lança de injeção de sólidos que se estendem dentro do vaso.

19 - Usina para produzir ferro a partir de um material que contém ferro, caracterizada pelo fato de que inclui:

5 (a) uma instalação para reduzir o material de alimentação que contém ferro e formar um material de ferro reduzido pela passagem de um gás redutor ascendentemente através de um leito misturado do material de alimentação e um material de formação de leito conforme o processo definido em qualquer uma das reivindicações precedentes; e

10 (b) um aparelho para separar o material de ferro reduzido e o material de formação de leito descarregado a partir do aparelho de redução.

20 - Usina, de acordo com a reivindicação 19, caracterizada pelo fato de incluir adicionalmente uma
15 instalação para reduzir o material de ferro reduzido e formar ferro fundido.

21 - Usina, de acordo com as reivindicações 19 ou 20, caracterizada pelo fato de que a instalação de redução (a) é uma instalação de Redução Direta Midrex.

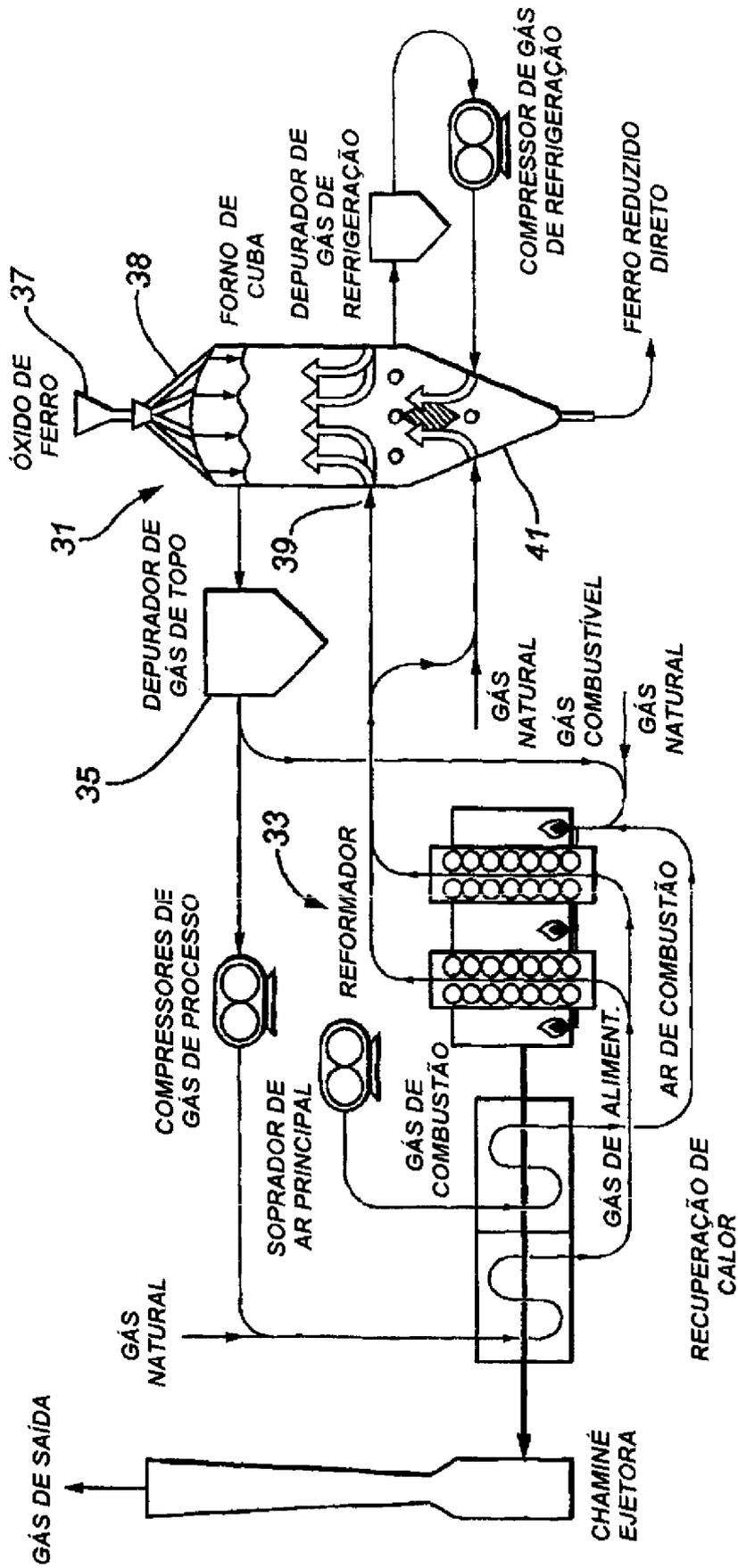


FIG. 1

ALIMENTAÇÃO

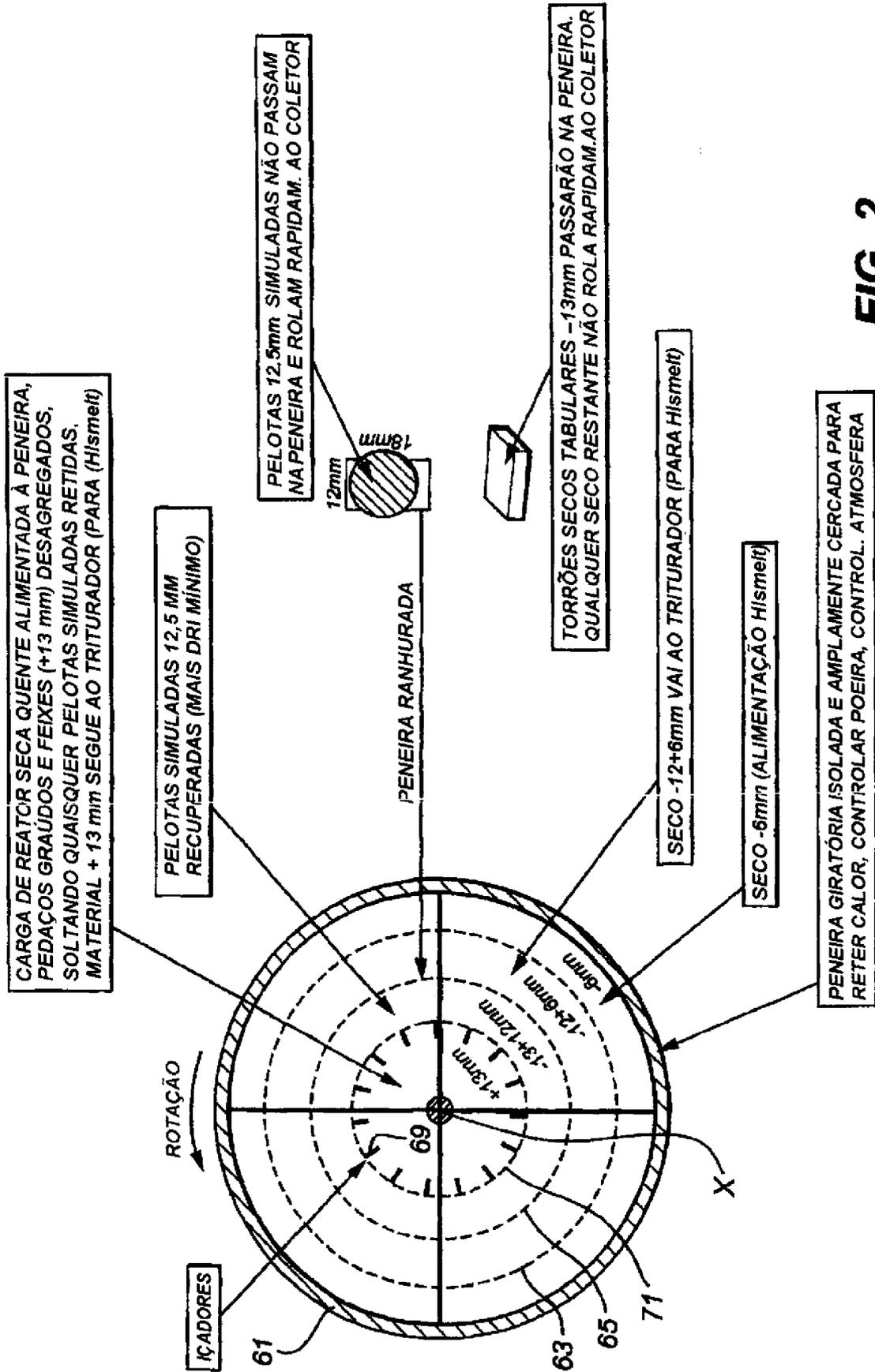
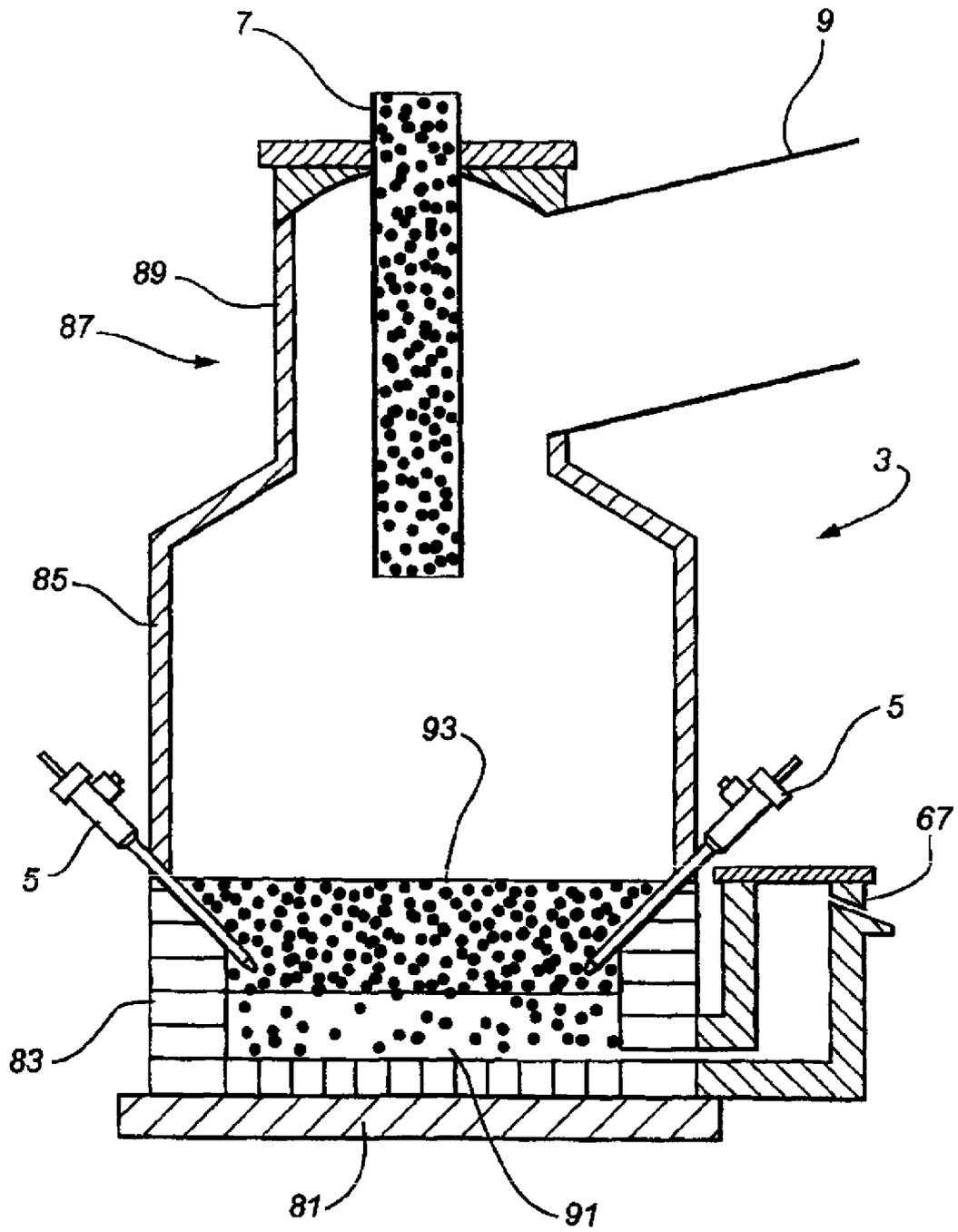


FIG. 2

**FIG. 3**

RESUMO**PROCESSO E USINA PARA PRODUZIR FERRO A PARTIR DE UM MATERIAL QUE CONTÉM FERRO**

Expõem-se um processo e aparelho para pro-
5 duzir ferro. O processo inclui uma etapa de redução
direta de fazer passar um gás redutor através de um leito
de (a) um material que contém ferro, tal como minério
graúdo tabular, e (b) um material de formação de leito e
produzir um material de ferro reduzido. O material de
10 formação de leito é um material que facilita a formação
do leito de maneira que se proporciona um ótimo fluxo as-
cendente de um gás de redução através do leito. O pro-
cesso também inclui a função de separar o material de
ferro reduzido e o material de formação de leito. O ma-
15 terial de formação de leito pode ser reutilizado na etapa
de redução direta.