

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

(21) **PI0710809-5 A2**



(22) Data de Depósito: 24/04/2007
(43) Data da Publicação: 16/08/2011
(RPI 2119)

(51) *Int.Cl.:*
C21C 5/38 2006.01
F27D 13/00 2006.01
F27D 19/00 2006.01
C21C 5/40 2006.01
F27D 17/00 2006.01

(54) Título: **PROCESSO E USINA DE FUNDIÇÃO DIRETA PARA PRODUÇÃO DO METAL FUNDIDO PROVENIENTE DE UM MATERIAL DE ALIMENTAÇÃO METALÍFERO**

(30) Prioridade Unionista: 24/04/2006 AU 2006902131

(73) Titular(es): Technological Resources Pty Limited

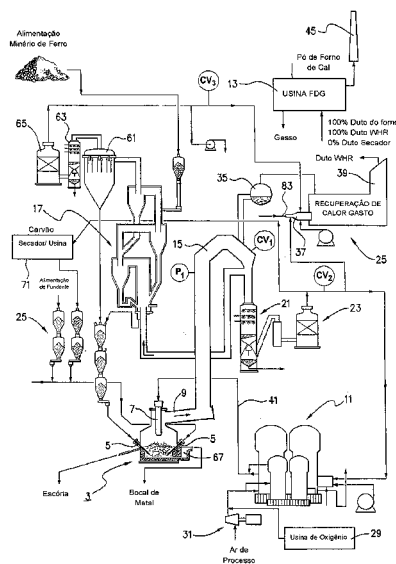
(72) Inventor(es): Neil John Goodman

(74) Procurador(es): Vieira de Mello Advogados

(86) Pedido Internacional: PCT AU2007000534 de 24/04/2007

(87) Publicação Internacional: WO 2007/121531 de 01/11/2007

(57) **Resumo:** PROCESSO E USINA DE FUNDIÇÃO DIRETA PARA PRODUÇÃO DO METAL FUNDIDO PROVENIENTE DE UM MATERIAL DE ALIMENTAÇÃO METALÍFERO. Um processo de fundição direta para produção de metal fundido proveniente de um material de alimentação metalífero em um vaso de fundição direta é divulgado. O processo inclui o uso de um fluxo de gás gerado proveniente do vaso como um gás de combustível (i) em fornos para gerar um sopro de ar quente ou ar enriquecido com oxigênio para o processo e (ii) um aparelho de recuperação de calor dissipado para que gere evaporação para o processo. O processo também inclui controle de pressão em um vaso para controle de pressão de um fluxo de gás gerado quando o processo é produção de metal fundido.





PI0710809-5

**"PROCESSO E USINA DE FUNDIÇÃO DIRETA PARA PRODUÇÃO DO METAL
FUNDIDO PROVENIENTE DE UM MATERIAL DE ALIMENTAÇÃO
METALÍFERO"**

A presente invenção refere-se a um processo de
5 fundição direta de banho baseado em fusão e a uma Usina
para produção de metal fundido em um vaso de fundição
direta.

Em particular, a presente invenção refere-se ao
controle da pressão em um vaso de fundição direta.

10 A presente invenção refere-se particularmente,
embora de nenhuma maneira exclusivamente, a processos de
fundição direta de banho baseado em fusão para produção de
ferro fundido a partir de material de alimentação
metalífero que contém ferro, tal como minérios de ferro,
15 minérios de ferro parcialmente reduzidos e fluxos de
dissipação contendo ferro (por exemplo, a partir de Usina
de produção de aço).

Um processo de fundição direta de banho baseado
em fusão é geralmente referido como o processo de Fusão
20 HI. No contexto de produção de ferro fundido, o processo de
Fusão HI inclui as etapas de:

(a) formar um banho de ferro e escória fundidos
em um vaso de fundição direta;

(b) injetar dentro do banho: (i) um material de
25 alimentação metalífero, tipicamente minério de ferro sob a
forma purificada e (ii) um material carbonado sólido,
tipicamente carvão em pedra, que atua como uma redução de

material de alimentação metalífero e de uma fonte de energia; e

(c) material de alimentação metalífero derretido para ferro no banho.

5 O termo "fusão" é ora compreendido como significando o processamento térmico em que as reações químicas que reduzem óxidos de metal ocorrem para produzir metal fundido.

Na Fusão HI são injetados material de alimentação
10 metalífero de processo e material carbonado sólido dentro do banho de fusão através de um número de setas / bocais os quais estão inclinados verticalmente para estender descendentemente e internamente através da parede lateral do vaso de fundição direta e em uma região mais baixa do
15 vaso para transferir pelo menos parte do material de sólidos dentro da camada de metal na parte inferior do vaso. Um sopro de gás contendo oxigênio quente, tipicamente ar ou ar enriquecido com oxigênio, é injetada dentro de uma região superior do vaso através de uma seta descendente de
20 alargamento para causar a pós- combustão de gases de reação liberados a partir do banho de fusão na região superior do vaso. Tipicamente, no caso de produção de ferro fundido, o ar quente ou o ar enriquecido com oxigênio estão a uma temperatura na ordem de 1200 °C e são gerados em fornos de
25 sopro quente. Gases gerados que resultam a partir de pós- combustão de gás de reação no vaso são retirados da região superior do vaso através de um canal de gás gerado. O vaso inclui os painéis refratários de refrigeração de água alinhados na parede lateral e na cobertura do vaso e a água

circula continuamente através dos painéis em um circuito contínuo.

O processo de Fusão HI permite grandes quantidades do ferro fundido, tipicamente pelo menos 0,5
5 Mt/a, a serem produzidas por fundição direta em um único vaso compacto.

Entretanto, a fim alcançar taxas de produção de ferro de alta fusão no processo de Fusão HI é necessário (a) gerar e transportar grandes quantidades de ar quente ou
10 de ar enriquecido com oxigênio e de gás portador (para a injeção de sólidos) para o vaso de fundição direta, (b) transportar grandes quantidades de material de alimentação metalífero, tais como materiais de alimentação contendo ferro, para o vaso, incluindo a geração e o transporte de
15 grandes quantidades de gás portador para o vaso (c) transportar grandes quantidades de gás gerado quente a partir do vaso, (d) transportar grandes quantidades de ferro e escória fundidos produzidos no processo longe do vaso e (e) circular grandes quantidades de água através dos
20 painéis de refrigeração de água - tudo dentro de uma área relativamente confinada.

À vista do acima, taxas de produção de ferro de alta fusão exigem uma usina de Fusão HI que inclui (a) um vaso de fundição direta pressurizado e um equipamento
25 auxiliar tal como funis de fechamento para fornecer materiais de alimentação sólidos ao vaso e ao equipamento de controle de pressão no canal de gás gerado do vaso, (b) fornos que produzem a taxa de fluxo elevado de ar quente ou de ar enriquecido com oxigênio para o vaso e (c)

equipamento de tratamento de gás gerado capaz de processar as grandes quantidades de gás gerado descarregadas do vaso.

O controle de pressão no vaso de fundição direta durante a produção de metal fundido é uma questão importante para o processo de Fusão HI descrito acima.

Em termos gerais, a presente invenção provê um processo direto de fundição para produção de metal fundido a partir de um material de alimentação metálico em um vaso de fundição direta que inclui utilização de um fluxo de gás gerado a partir do vaso como um gás de combustível pelo menos em um (i) forno para gerar um sopro quente de ar ou de ar enriquecido com oxigênio para o processo e (ii) um aparelho de recuperação de calor dissipado para gerar a evaporação para o processo e igualmente inclui a pressão de controle no vaso por controle de pressão no fluxo de gás gerado enquanto o processo está produzindo metal fundido.

Mais particularmente, a presente invenção provê um processo de fundição direta para produzir o metal fundido a partir de um material de alimentação metálico em um vaso de fundição direta que inclui:

(a) material de alimentação metálico de fundição direta acima da pressão atmosférica em um vaso de fundição direta que contém um banho de fusão de metal e da escória e que produz saídas de processo de metal fundido, escória fundida, e um gás gerado, em que o processo inclui o fornecimento de (i) material de alimentação metálico sólido pré-tratado, (ii) material de alimentação carbonado sólido, e (iii) ar ou ar enriquecido com oxigênio para o vaso;

(b) separar o gás gerado liberado a partir do vaso de fundição direta dentro de pelo menos dois fluxos de gás gerado, utilizando um primeiro fluxo de gás gerado em um aparelho do pré-tratamento para pré- tratar o material de alimentação metalífero que é fornecido subsequente-
5 ao vaso de fundição direta, e usar um segundo fluxo de gás gerado como um gás de combustível pelo menos em um (i) forno para gerar um sopro quente de ar ou de ar enriquecido com oxigênio e (ii) um aparelho de recuperação de calor
10 dissipado para gerar evaporação; e

(c) pressão de controle no vaso de fundição direta por controle de pressão de gás gerado no segundo fluxo de gás gerado enquanto o processo está funcionando de acordo com a etapa (a) e produzindo o metal fundido.

15 A presente invenção é baseada na percepção de que a seleção de controle de pressão via o segundo fluxo de gás gerado é uma opção muito mais eficaz comparada às opções tais como o controle de pressão via o primeiro fluxo de gás gerado e controle de pressão via os primeiro e segundo
20 fluxo de gás gerado flui simultaneamente.

Preferivelmente a etapa (c) inclui o controle da pressão no vaso de fundição direta para ter pressão substancialmente constante enquanto o processo está operando de acordo com etapa (a) e produzindo o metal
25 fundido.

Preferivelmente a etapa (c) inclui controlar a pressão no vaso de fundição direta por ser pelo menos 0,6 bar medido enquanto o processo está sendo operado de acordo com a etapa (a) e produzindo o metal fundido.

Preferivelmente a etapa (c) inclui controlar a pressão no vaso de fundição direta para que esteja dentro da taxa de medição de 0,6 a 1,0 bar enquanto o processo está em funcionamento de acordo com a etapa (a) e
5 produzindo o metal fundido.

Mais preferivelmente a etapa (c) inclui controlar a pressão no vaso de fundição direta de modo que esteja dentro da taxa de 0,7 a 0,9 bar medido enquanto o processo está funcionando de acordo com a etapa (a) e produzindo o
10 metal fundido.

Tipicamente, a etapa (c) inclui o controle da pressão no vaso de fundição direta de modo que seja de 0,8 bar medido enquanto o processo está funcionando de acordo com a etapa (a) e produzindo o metal fundido.

15 Apesar de ser preferida, a presente invenção não é confinada à operação de pressão constante no vaso de fundição direta e não se estende ao funcionamento sob pressão variável no vaso de fundição direta enquanto o processo está em funcionamento de acordo com a etapa (a) e
20 produzindo o metal fundido.

Preferivelmente o processo inclui refrigerar e remover o material particulado e a espécie gasosa solúvel e os vapores de metal a partir do segundo fluxo de gás gerado em um purificador de água à montante de pelo menos um dos
25 fornos e do aparelho de recuperação de calor dissipado.

Preferivelmente a etapa (c) inclui o controle da pressão no vaso de fundição direta controlando o fluxo de gás gerado que flui através de uma válvula de controle de

fluxo de gás gerado ("válvula de controle de fluxo preliminar").

Preferivelmente a etapa (c) inclui o controle da pressão no vaso de fundição direta controlando o fluxo de gás gerado que flui através do purificador, referido em seguida como "o purificador de controle de pressão", por abrir ou fechar uma válvula de controle de fluxo de gás gerado no purificador.

Preferivelmente o aparelho de pré- tratamento é um aparelho baseado em pré- tratamento e mais preferivelmente um leito fluidizado e mais preferivelmente um aparelho de circulação de pré- tratamento de leito fluidizado.

Preferivelmente o aparelho de pré-tratamento inclui uma válvula de controle de fluxo de gás gerado ("válvula de controle de fluxo de pré- tratamento") para a taxa de fluxo de regulamento do primeiro fluxo de gás gerado através de dito aparelho de pré-tratamento.

Preferivelmente o processo inclui refrigerar e remover o material particulado e a espécie gasosa solúvel e os vapores de metal a partir do primeiro fluxo de gás gerado em um purificador de água à jusante do aparelho de pré- tratamento.

A fim de controlar a pressão de gás gerado no segundo fluxo de gás gerado enquanto o processo está funcionando de acordo com a etapa (a) e produzindo o metal fundido, preferivelmente uma constante de tempo de um circuito de controle para a válvula de controle preliminar de fluxo é selecionado para ser significativamente mais

rápida do que uma constante de tempo de um circuito de controle para a válvula de controle de corrente de pré-tratamento.

5 Preferivelmente a constante de tempo da válvula de controle preliminar de fluxo é duas vezes mais rápida do que a constante de tempo da válvula de controle de corrente de pré-tratamento.

10 Preferivelmente a constante de tempo da válvula de controle preliminar de fluxo é da ordem de magnitude mais rápida do que a constante de tempo da válvula de controle da corrente de pré- tratamento.

15 Preferivelmente a constante de tempo da válvula de controle preliminar de corrente é da ordem de dez vezes mais rápido do que a válvula de controle de corrente de pré- tratamento.

20 Preferivelmente o processo inclui o controle da corrente de gás gerado no primeiro fluxo de gás gerado para estar acima de uma taxa de corrente volumétrica mínima para manter condições de fluidificação no aparelho de pré-tratamento enquanto o processo está em funcionamento de acordo com a etapa (a) e produzindo o metal fundido.

25 Preferivelmente, o processo inclui o controle da corrente de gás gerado no primeiro fluxo de gás gerado para estar acima de uma taxa de corrente volumétrica mínima para pré- aquecer o material de alimentação metalífero a uma temperatura predeterminada no aparelho de pré-tratamento enquanto o processo está em funcionamento de acordo com a etapa (a) e produzindo o metal fundido.

As etapas acima para manter condições de fluidificação de manutenção e/ou a temperatura de pré-tratamento de material de alimentação metalífero no aparelho de pré-tratamento são importantes em termos de assegurar a operação ótima de um processo de fundição direta de dois estágios que envolve o pré- tratamento de material de alimentação metalífero no aparelho de pré-tratamento e depois disso fundição do material pré- tratado no vaso de fundição direta e produzindo metal fundido.

10 Preferivelmente a temperatura predeterminada para o material metalífero de alimentação de pré-tratado no aparelho de pré- tratamento está na faixa de 600 - 700 °C quando o material de alimentação metalífero é um material contendo ferro.

15 Preferivelmente o processo inclui o fornecimento do primeiro fluxo de gás gerado depois que este foi descarregado a partir do aparelho de pré-tratamento para aparelhos de recuperação de calor dissipado para gerar evaporação para o processo.

20 Preferivelmente o processo inclui a formação de um fluxo combinado de gás gerado à montante do aparelho de recuperação de calor dissipado (i) do primeiro fluxo de gás gerado descarregado do aparelho de pré-tratamento e (ii) gás gerado no segundo fluxo de gás gerado e fornecendo pelo menos uma porção de fluxo combinado à unidade de recuperação de calor dissipado para gerar a evaporação para o processo.

Preferivelmente o processo inclui o fornecimento de uma porção do fluxo combinado de gás gerado à unidade de recuperação de calor dissipado em uma pressão controlada.

Preferivelmente o processo inclui o fornecimento
5 de uma porção do fluxo combinado de gás gerado à unidade da recuperação de calor dissipado a uma taxa de corrente volumétrica variável.

Preferivelmente o processo inclui o fornecimento de uma porção do fluxo combinado de gás gerado a uma
10 unidade de queimador da unidade de recuperação de calor dissipado.

Preferivelmente o processo inclui o fornecimento de uma porção de fluxo combinado de gás gerado a uma câmara de combustão da unidade da recuperação de calor dissipado
15 que está à jusante de uma unidade de queimador da unidade de recuperação de calor dissipado.

Preferivelmente o processo inclui o controle da separação de gás gerado no segundo fluxo de gás gerado aos fornos e à recuperação de calor dissipado controlando a
20 taxa de fluxo volumétrico do gás gerado aos fornos.

De acordo com a presente invenção é provido igualmente uma usisna de fundição direta para a fundição direta de um material de alimentação metalífero e produção de metal fundido que inclui:

25 (a) um aparelho de pré- tratamento para pré-tratar material de alimentação metalífero;

(b) um vaso de fundição direta para produção de metal fundido por um processo para material de alimentação metalífero pré-aquecido de fundição direta no vaso;

(c) fornos para gerar um sopro quente de ar ou de ar enriquecido com oxigênio para o processo;

(d) um aparelho de recuperação de calor dissipado para gerar vapor para a usina;

5 (e) um canal de gás gerado para retirar o gás gerado gerado no vaso de fundição direta e fornecer o gás gerado por uma primeira seção de canal para o aparelho de pré-tratamento e por uma segunda seção de canal a uma válvula de controle de corrente de gás gerado; e

10 (f) um controlador de processo para a operação de controle da Usina, incluindo o funcionamento da válvula de controle de corrente de gás gerado na segunda seção de canal e conseqüentemente pressão no vaso de redução direta enquanto o processo está produzindo o metal fundido.

15 Preferivelmente a segunda seção de canal é adaptada ao gás gerado da fonte a fornos e o aparelho de recuperação de calor dissipado e a Usina incluem um purificador de água para refrigerar e remover o material particulado e a espécie gasosa solúvel e os vapores de
20 metal a partir de gás gerado que flui através da segunda seção de canal à montante dos fornos e do aparelho da recuperação de calor dissipado.

 O Controlador de processo é adaptado preferivelmente à corrente de gás gerado de controle no
25 primeiro fluxo de gás gerado para ficar acima de uma taxa de corrente mínima para manter condições de fluidificação no aparelho de pré- tratamento.

 O Controlador de processo é adaptado preferivelmente ao controle de corrente de gás gerado no

primeiro fluxo de gás gerado para estar acima de uma taxa de corrente mínima para pré- aquecer o material de alimentação metalífero a uma temperatura predeterminada no aparelho de pré- tratamento.

5 Preferivelmente o controlador de processo utiliza uma constante de tempo controlando a pressão no vaso de fundição direta que é substancialmente mais rápida do que uma constante de tempo para controlar a dita taxa de corrente mínima através do dito aparelho de pré-
10 tratamento.

 Preferivelmente a constante de tempo para controlar a pressão no vaso de fundição direta é uma ordem de magnitude mais rápida do que a constante de tempo para controlar a taxa de corrente de gás gerado através do
15 aparelho de pré- tratamento.

 A presente invenção é descrita mais detalhadamente em seguida em referência aos desenhos de acompanhamento, dos quais:

 Figura 1 é uma vista esquemática de uma
20 modalidade de uma Usina de fusão direta de acordo com a presente invenção e

 Figura 2 é uma vista ampliada do purificador em cone úmido e do refrigerador de gás gerado no fluxo de gás gerado que fornece o gás gerado à unidade de recuperação de
25 calor dissipado e aos fornos mostrados em figura 1.

 A seguinte descrição da Usina mostrada nas figuras está no contexto de utilização a Usina para derreter material de alimentação contendo ferro para produzir o ferro fundido de acordo com o processo de Fusão

HI como descrito no Pedido Internacional PCT/ AU96/ 00197 em nome da Requerente. A descrição do relatório de patente apresentado com o Pedido Internacional está incorporada neste por referência cruzada.

5 O processo é baseado no uso de um vaso de fundição direta 3.

O vaso 3 é do tipo descrito em detalhe nos Pedidos Internacionais PCT/ AU2004/ 000472 e PCT /AU2004/ 000473 em nome da Requerente. A descrição dos relatórios de
10 patente apresentados com estes pedidos é incorporada neste por referência cruzada.

O vaso 3 possui uma lareira que inclui uma base e lados formados a partir de tijolos refratários, as paredes laterais que formam um tambor geralmente cilíndrico que se
15 estende ascendentemente a partir dos lados da lareira e incluem uma seção superior de tambor e uma seção mais baixa de tambor, uma cobertura , um canal de gás gerado 9 em uma seção superior do vaso 3, um alimentador 67 para descarregar o metal fundido continuamente do vaso 3, e um
20 orifício de conexão para descarregar a escória derretida periodicamente a partir do vaso 3.

O vaso 3 é ajustado com um sopro de ar quente de água refrigerada descendente alargada ("HAB") seta 7 que se estende dentro de um espaço superior do vaso 3 e oito setas
25 5 de injeção de sólidos de água refrigerada que se estendem descendente e internamente através de uma parede lateral e dentro da escória.

Em uso, o vaso 3 contém um banho de ferro fundido. Material de alimentação contendo ferro (tal como

minério de ferro purificado, desperdícios de ~~Usina~~ de aço contendo ferro ou purificada de DRI), o carvão em pedra e os metais fundentes (cal e dolomita) são injetados diretamente dentro do banho via as setas 5 de injeção dos
5 sólidos.

Especificamente, um conjunto de setas 5 é usado para injetar material de alimentação contendo ferro e metais fundentes e outro conjunto de setas 5 é usado para injetar carvão em pedra e metais fundentes.

10 As setas 5 têm água refrigerada para protegê-las das altas temperaturas dentro do vaso 3. As setas 5 são alinhadas tipicamente com um material resistente a alto desgaste a fim de protegê-las da abrasão pelo gás / mistura de sólidos que está sendo injetado em velocidade elevada.

15 Material de alimentação contendo ferro é pré-tratado sendo pré-aquecido a uma temperatura na faixa de 600 - 700 °C e pré-reduzido em um pré-aquecedor 17 de leito fluidizado antes de ser injetado dentro do banho.

Carvão em pedra e metal fundente são armazenados
20 em uma série dos funis 25 do fechamento antes de ser injetada em temperaturas ambientais no banho. O carvão em pedra é fornecido aos funis 25 de fechamento via uma secagem de carvão em pedra e de uma Usina de trituração 71.

O carvão em pedra injetado desfaz a evaporação no
25 banho, através disso faz liberação de H_2 e CO. Estes gases atuam como agentes de redução e fontes de energia. O carbono no carvão em pedra é dissolvido rapidamente no banho. O carbono dissolvido e o carbono sólido igualmente atuam como agentes de redução, produzindo CO como um

produto de redução. O material de alimentação contendo ferro injetado é fundido a ferro fundido no banho e é descarregado continuamente via o alimentador 67. A escória fundida produzida no processo é descarregada periodicamente
5 via o orifício de conexão da escória (não mostrado).

As reações típicas da redução envolvidas em material de alimentação contendo ferro injetado por realização de fusão ao ferro fundido que ocorrem no banho são endotérmicos. A energia exigida para sustentar o
10 processo e, mais particularmente estas reações endotérmicas, é provida por reação de CO e H₂ liberados a partir do banho com o ar enriquecido com oxigênio injetado a altas temperaturas, tipicamente 1200 °C, dentro do vaso 3 via a seta 7. de HAB.

15 A energia liberada a partir das acima descritas reações de pós- combustão no espaço da parte superior do vaso que são transferidas ao banho de fusão de ferro via uma "zona de transição"; sob a forma de regiões altamente turbulentas acima do banho que contêm gotas de escória e de
20 ferro. As gotas são aquecidas na zona de transição pelo calor gerado a partir das reações de pós-combustão e retornam ao banho de escória / ferro transferindo, desse modo, a energia ao banho.

O ar quente enriquecido com oxigênio injetado
25 dentro do vaso 3 via a seta 7 de HAB é gerado nos fornos de sopro quentes 11 passando um fluxo de ar enriquecido com oxigênio (que contém nominalmente 30 a 35% por volume de O₂) através dos fornos 11 e aquecendo o ar e depois disso

transferindo o ar enriquecido com oxigênio quente à seta 7 de HAB via um conduto principal de sopro quente 41.

A operação dos fornos 11 é coordenada para assegurar que haja um fluxo contínuo e ininterrupto de ar quente, ar enriquecido com oxigênio em uma linha de temperatura reta constante nos conduto principal 41 à seta 7 de HAB.

Cada forno 11 funciona de acordo com uma seqüência de repetição de fases que compreende uma fase de aquecimento, uma fase de enchimento, e uma fase de permuta de calor que têm um período de tempo mais longo do que a fase de aquecimento.

Os fornos 11 são aquecidos durante fases de aquecimento dos fornos 11 por combustão (a) de gás gerado refrigerado e limpo a partir do vaso 3, e / ou (b) um outro gás de combustível tal como o gás natural, e (c) ar de combustão em conjuntos de queimador (não mostrado) dos fornos 11 e depois disso, passagem dos produtos de combustão através dos fornos 11.

Durante fases da permuta de calor dos fornos 11, oxigênio de uma Usina 29 de oxigênio é misturado dentro de fluxos de ar pressurizado gerados por um ventilador 31. Estes fluxos de ar enriquecidos com oxigênio são passados através dos fornos 11 e são aquecidos nos fornos 11 e produzem desse modo os fluxos de ar pressurizados quentes, enriquecidos com oxigênios para o vaso 3. Estes fluxos de ar quente, enriquecidos com oxigênio são referidos freqüentemente como "sopro quente" ou "sopro de ar quente".

As fases de enchimento dos fornos 11 são fases nas quais um dos fornos é essencialmente fechado e nem é aquecido por combustão de gás gerado (e por outro gás de combustível, tal como o gás natural) nem refrigerado por permuta de calor com fluxos de ar.

A duração das fases de enchimento de um dado forno 11 é pelo menos a quantidade de tempo exigida para abrir e para fechar as válvulas necessárias aos fluxos de gás gerado da comutação e de ar quente para comutar sobre (a) o dado forno a partir de uma fase de aquecimento a uma fase de permuta de calor e (b) o outro forno a partir de uma fase de permuta de calor a uma fase de aquecimento.

Produtos de combustão liberados dos fornos 11 durante fases de aquecimento dos fornos 11 são limpos em um sistema de dessulfuração de gás de conduto (FGD) 13. O FGD remove o enxofre, que ocorre tipicamente sob a forma de sulfeto de hidrogênio (H_2S) e de dióxido de enxofre (SO_2), a partir dos produtos de combustão. O gás gerado produzido no vaso 3 contém o enxofre e o enxofre não é removido totalmente na limpeza do gás gerado que ocorre à jusante do vaso 3 antes que o gás gerado alcance os fornos 11, como descrito em seguida.

Antes de ter passado para o sistema de FGD, os produtos de combustão liberados a partir dos fornos 11 durante fases de aquecimento dos fornos 11 podem passar através dos trocadores de calor (não mostrados) e pré-aquecer gás de refrigeração e gás gerado limpo a partir do vaso 3 e ar de combustão antes do gás gerado aquecido e ar de combustão serem fornecidos como materiais da alimentação

para os queimadores dos fornos 11 durante fases de aquecimento. O gás gerado e o ar de combustão do vaso podem ser pré-aquecidos a uma temperatura em torno de 180 °C.

Gás gerado é liberado a partir do vaso 3 via o canal 9 de gás gerado na seção superior do vaso 3 e passa inicialmente através de um refrigerador de radiação, referido em seguida como uma "tampa de gás gerado", 15. Tipicamente, o gás gerado sai do vaso e entra na tampa a uma temperatura na ordem de 1450 °C.

O gás gerado é refrigerado enquanto este passa através da tampa 15 de gás gerado e conduz desse modo à geração de evaporação que se acumula no tambor de evaporação 35. A tampa de gás gerado pode ser de um tipo descrito na patente U.S. 6.585.929 que resfria e limpa parcialmente o gás gerado.

O fluxo de gás gerado que sai da tampa 15 de gás gerado está em uma temperatura de aproximadamente 1000 °C e é separado em dois fluxos.

Com a referência particular à Figura 2, um fluxo de gás gerado separado que sai da tampa 15 de gás gerado, que compreende entre 55 - 65% do gás gerado do vaso 3, passa primeiramente através de um purificador em cone úmido 21.

O purificador 21 extingue e remove o material particulado e a espécie gasosa solúvel e os vapores de metal a partir de gás gerado que flui através do purificador. A queda de temperatura de gás gerado no purificador é de aproximadamente 1000 °C a abaixo de 100 °C e tipicamente entre 65 °C e 90 °C.

O purificador 21 inclui uma câmara superior 71, uma câmara mais baixa 73, e uma tubulação vertical de alargamento 75 que interconecta as câmaras 71, 73. O purificador 21 inclui uma válvula de controle 77 de gás gerado na extremidade mais baixa da tubulação 75. A válvula de controle 77 inclui um elemento em cone hidraulicamente em funcionamento 79 que possa se mover verticalmente para abrir ou fechar a extremidade mais baixa da tubulação 75. O purificador 21 inclui os pulverizadores de água 69 na câmara superior 71 e pulverizadores de água adicionais (não mostrados) posicionados em relação à tubulação 75 e ao elemento de controle 79. Água de recirculação dentro do purificador e água de alimentação são fornecidas aos pulverizadores.

A válvula de controle 77 controla a taxa de corrente de gás gerado através do purificador 21. Esta é a primeira restrição variável de taxa de corrente no gás gerado do vaso 3. Conseqüentemente, a válvula de controle 77 controla a pressão no vaso de fundição direta 3, preferivelmente a 0,8 bar medido enquanto o processo produz o ferro fundido.

O gás gerado do purificador 21 deixa o purificador 21 via uma abertura de saída 81 na câmara mais baixa 73 e passa através de um refrigerador 23 que adicionalmente refrigera o gás gerado a abaixo de 50 °C, tipicamente entre 30 °C e 45 °C, para remover umidade suficiente do gás gerado para que este seja usado como um gás de combustível.

Tipicamente o gás gerado que sai do refrigerador tem 5% ou menos H_2O e um índice de vapor de menos do que 10 mg/Nm³ e de tipicamente 5,0 mg/Nm³.

Sob condições típicas de produção de metal, o gás gerado resultante é adequado para o uso como um gás de combustível (a) nos fornos 11 (como descrito acima) e (b) no sistema de WHR 25. Além disso, o gás gerado refrigerado e purificado é adequado para secar carvão em pedra e na Usina de trituração e secagem 71.

Para as finalidades acima, o gás gerado do refrigerador 23 de gás gerado é separado em três fluxos, com um fluxo que está sendo passado para os fornos 11, um outro fluxo que estão sendo passados para o sistema 25 de WHR, e o terceiro fluxo que está sendo passado para a Usina de trituração e secagem 71.

O fluxo de gás gerado do refrigerador 23 de gás gerado é um gás gerado relativamente rico. O fluxo que é passado ao sistema 25 de WHR é misturado com o gás gerado refrigerado e limpo que passou através do pré-aquecimento 17 como descrito em seguida, que é um gás gerado com relativamente baixo valor calorífico, devido a alguma pré-redução do material de alimentação de contenção no pré-aquecedor por CO e por H_2 no gás gerado.

Como detalhado acima, sob circunstâncias típicas de produção de metal, o fluxo combinado de gás gerado possui um valor calorífico que o torna adequado para a combustão como um gás de combustível.

O fluxo combinado de gás gerado, uma fonte adicional de gás de combustível sob a forma de gás natural

(indicado pelo numeral 83 na Figura 1), e o ar são fornecidos a e entram em combustão no sistema 25 de WHR.

O fluxo de gás gerado combinado entra em combustão dentro do sistema 25 de WHR em uma maneira que
5 maximize a destruição de CO, enquanto minimiza formação de NO_x.

O gás gerado liberado a partir do sistema 25 de WHR é combinado com gás de gás gerado dos fornos 11 e passa em seguida para o sistema 13 de FGD. SO₂ é removido no
10 sistema 23 de FGD e o gás de exaustão é liberado para a atmosfera via uma pilha 45.

O outro o fluxo da separação, o qual contém aproximadamente 35 - 45% em volume do fluxo de gás gerado, é passado através do pré- aquecedor de leito fluidizado 17
15 para o material de alimentação contendo ferro. O pré- aquecedor 17 remove a umidade de e pré- aquece e pré- reduz o material de alimentação de copnteção de ferro. O gás gerado é uma fonte de energia e de um gás de fluidificação no pré- aquecedor 17.

20 Um controlador de processo dos controles da Usina da corrente de gás gerado ao pré- aquecedor 17 (a) a estar acima de uma taxa de corrente mínima para manter condições de fluidificação no pré-aquecedor 17 e (b) para pré-aquecer material de alimentação contendo ferro pré-aquecido a uma
25 temperatura substancialmente constante, na faixa de 600 - 700°C enquanto o processo está produzindo o metal fundido.

O gás gerado liberado a partir do pré- aquecedor 17 é passado através de um ciclone 61 e a poeira arrastada é separada do gás gerado.

O gás gerado passa em seguida através de um purificador em cone úmido 63 que remove o material particulado e a espécie gasosa solúvel e o vapor de metal do gás gerado e refrigera o gás gerado dentre 500 °C e de 5 200 °C a abaixo de 100 °C e tipicamente dentre 65 °C e 90 °C.

O purificador 63 tem a mesma construção básica que o purificador em cone úmido 21 descrito acima. Em particular, o purificador 63 extingue e remove o material 10 particulado e a espécie gasosa solúvel e os vapores de metal a partir de gás gerado que flui através do purificador. Além disso, como é o caso com purificador 21, o purificador 63 inclui uma válvula de controle de gás gerado que possui um elemento em cone hidraulicamente em 15 funcionamento que é capaz de se mover verticalmente para abrir ou fechar a válvula e desse modo controlar corrente de gás gerado através do purificador.

O gás gerado do purificador 63 passa em seguida através de um refrigerador 65 de gás gerado que refrigera 20 adicionalmente o gás gerado a abaixo de 50 °C, tipicamente dentre 30 °C e 45 °C, para remover a umidade suficiente a partir do gás gerado para que seja usado como um gás de combustível. Tipicamente o gás gerado que sai do refrigerador possui 5% ou menos H₂O e um índice de vapor de 25 menos de 10 mg/Nm³ e de tipicamente 5,0 mg/Nm³.

Como é descrito acima, o gás gerado refrigerado e limpo em seguida é combinado com um fluxo de gás gerado do refrigerador 23 e usado como um gás de combustível em um sistema 25 de recuperação de calor dissipado (WHR).

O sistema 25 de WHR inclui:

- um oxidante térmico, isto é um conjunto de queimador, 37 e uma câmara de combustão associada;
- uma unidade de WHR, isto é caldeira, 39;
- 5 • um cilindro de vapor; e
- equipamento de permuta de calor, tal como bobina de superaquecimento e economizador de água desmineralizado.

O sistema 25 de WHR produz o vapor saturado. O
10 vapor saturado é combinado com o vapor saturado a partir de tambor de vapor 35 da tampa 15 de gás gerado e as bobinas de superaquecimento do sistema 25 de WHR geram o vapor superaquecido a partir do vapor saturado.

O equipamento de aumento de vapor do sistema 25
15 de WHR compreende:

- uma tela radiante para proteger as bobinas à jusante;
- uma seção de superaquecedor de dois estágios com controles de não superaquecedor (de onde a quantidade
20 superaquecida é controlada por injeção de água desmineralizada como exigido para manter o vapor superaquecido a uma temperatura de 420 °C);
- uma seção principal de evaporador, consistindo em três módulos de bobinas condutoras e calor;
- 25 • uma seção de preaquecedor; e
- um tambor de vapor com três elementos de controle de água desmineralizada.

A evaporação aumentada no sistema 25 de WHR e a tampa de gás gerado 15 são usadas para conduzir o

ventilador HAB 31 e o principal compressor de ar (não mostrado) da Usina de oxigênio 29, com o restante que está sendo passado através de um turbo- alternador que gera a energia elétrica exigida para funcionar a Usina.

5 O sistema turbo-gerador inclui uma turbina de condensação projetada para receber a evaporação superaquecida. A descarga proveniente da turbina passa através de um condensador de superfície funcionando à vácuo com o condensado resultante que está sendo bombeado para o
10 dispositivo de não arejamento via das bombas condensadas.

 O uso do gás gerado como um gás combustível dentro de uma Usina desloca uma quantidade de energia elétrica que precisaria de outra maneira ser obtida de uma rede elétrica de suprimento de eletricidade externa, que
15 faça a Usina ser geralmente auto-suficiente nos termos de energia elétrica.

 Normalmente, o conjunto de queimador 37 do sistema 25 de WHR é uma cápsula de aço cilíndrico de carbono, com refratário e isolamento internos.

20 No uso, o conjunto de queimador 37 do sistema 25 de WHR funciona com variação de taxas de corrente de gás gerado combinadas proveniente da separação descrita acima dos fluxos de gás gerado, devido a um número de fatores que incluem (a) variações no gás gerado que é produzido durante
25 o funcionamento do processo e descarregado conseqüentemente do vaso 3, (b) variações na evaporação exigências para a Usina, (c) variações no gás gerado disponível para o conjunto de queimador 37 do sistema 25 de WHR por causa das

chamadas concorrentes no gás gerado para os fornos 11, e
(d) variações no gás gerado exigido para os fornos 11.

O processo é projetado para funcionar em um número de "estágios" que apresentam condições de
5 funcionamento diferentes durante uma campanha de derretimento, incluindo de modo exemplificativo os seguintes estágios do processo:

(a) inicializar;

(b) produzir metal quente - minério quente de
10 suprimento, carvão em pedra, metais fundentes e sopro quente;

(c) manter - isto é sem minério quente, fornecimento de carvão em pedra, metais fundentes e sopro quente;

15 (d) inativar - isto é sem minério e sem carvão em pedra, suprir sopro quente e em algumas ocorrências um gás combustível tal como o gás natural; e

(e) não ventilar - isto é sem minério, sem carvão em pedra, e sem sopro quente.

20 Durante um estado de controle o valor calorífico do gás gerado pode variar entre ser relativamente de baixo valor calorífico e ser relativamente de alto valor calorífico. O valor calorífico depende da taxa de alimentação de carvão em pedra no interior do banho e da
25 taxa de alimentação da sopro de ar quente no vaso 3. Estes parâmetros afetam o nível de carbono no gás gerado e os níveis de CO e de CO₂ no gás gerado.

O valor calorífico do gás gerado durante um estágio inativo é relativamente baixo. Normalmente somente

o sopro de ar quente é suprimido para o vaso 3 (junto com o gás da remoção do nitrogênio suprido através das setas de injeção dos sólidos 5) e assim o gás gerado tem uma composição similar ao ar.

5 Durante um estágio inativo a temperatura do metal quente é monitorada e, caso necessário, um gás combustível, tal como o gás natural, é suprido no interior do espaço superior acima do banho fundido. Este gás combustível entra em combustão no sopro de ar quente. Isto ajuda com o
10 aquecimento do vaso 3 e do banho fundido.

A combustão de gás combustível desse modo é normalmente completa e assim o valor calorífico do gás gerado não aumenta comparado à situação de um estado ocioso onde somente o sopro de ar quente é fornecida ao vaso 3.

15 Antes do gás combustível entrar em combustão no vaso 3 quando o processo está em um estado ocioso, os operadores do vaso podem também instala a escória para um nível mínimo ou podem fazer exatamente uma drenagem da escória. Uma instalação de escória deixa um determinado
20 nível mínimo de escória no vaso 3 visto que uma drenagem da escória remove substancialmente toda a escória do vaso. Reduzindo o nível de escória no vaso 3 permite que o metal seja aquecido diretamente pela combustão. A escória atua
como um isolador nestas circunstâncias e reduz a quantidade
25 de calor recebida pelo metal.

As taxas de corrente volumétrica e os valores caloríficos de gás gerado produzidos no vaso 3 nos estados dos processos acima são diferentes. Por exemplo, a taxa de corrente e o valor calorífico de gás gerado são

relativamente elevados durante um estado da produção do metal quente e relativamente baixos durante um estado ocioso.

Além disso, as taxas de fluxo volumétrico e os valores caloríficos de gás gerado produzidos no vaso 3 durante o curso de um estágio do processo, são igualmente diferentes em consequência das variações em condições de funcionamento. Por exemplo, podem haver variações em condições de funcionamento durante um estado de produção de metal quente que pode resultar em quantidades diferentes e valores caloríficos de gás gerado que estão sendo produzidos.

Além disso, a taxa de fluxo volumétrico de gás combustível que está disponível para o sistema 25 de WHR varia com as fases dos fornos 11. Especificamente, a separação do fluxo de gás gerado do sistema 25 de WHR tem uma taxa de corrente substancialmente mais elevada quando os fornos 11 estão funcionando no enchimento das fases dos fornos. Como é descrito acima, quantidades substancialmente mais baixas de gás gerado são exigidas pelos fornos 11 durante as fases de engarrafamento dos fornos 11 do que é exigido durante fases de aquecimento dos fornos 11.

Além disso, as exigências da evaporação (e eletricidade) da Usina, e conseqüentemente as taxas de corrente volumétrica exigida e os valores caloríficos do gás de combustível para o sistema 25 de WHR, são diferentes em estados diferentes do processo. Por exemplo, as exigências da evaporação (e eletricidade) da Usina são normalmente da ordem de 40 - 60 % a mais durante um estado

de produção do metal quente do que durante um estado de inicialização.

Além disso, as exigências do gás combustível dos fornos 11 são diferentes em estados diferentes do processo.

5 Por exemplo, quantidades maiores de gás combustível são exigidas durante um estado de produção do metal quente do que durante um estado ocioso.

Em virtude disso, durante pelo menos alguns estágios do processo há uma necessidade de um gás de
10 combustível alternativo, tal como o gás natural (ou outro gás combustível a não ser gás gerado), para ser fornecido ao conjunto de queimador 37 do sistema 25 de WHR para cumprir as exigências de evaporação da Usina durante uma campanha do derretimento.

15 Adicionalmente, em virtude disso, há uma necessidade de variar as taxas de corrente de um gás combustível alternativo, tais como o gás natural (ou outro gás de combustível a não ser gás gerado), para ser fornecido ao conjunto de queimador 37 do sistema 25 de WHR
20 a fim de compensar pela variação de taxas de corrente e valores caloríficos de gás gerado provenientes do vaso 3 durante um dado estado da campanha do fundição para cumprir as exigências de energia da Usina.

Adicionalmente, em virtude disso, durante pelo
25 menos alguns dos estados do processo, há uma necessidade de um gás combustível alternativo, tal como o gás natural (ou o outro gás combustível), para ser fornecido aos conjuntos de queimador dos fornos 11 para compensar por variações nas taxas de corrente e valores caloríficos de gás gerado para

por meio disso manter as taxas de corrente alvo e valores caloríficos alvo de gás combustível para os conjuntos de queimador.

Isto é particularmente necessário quando o processo está funcionando nos estados de não ventilar, controle e inativo. Durante estes estados, a corrente de gás gerado para os fornos 11 é cortada completamente ou pelo menos reduzida substancialmente e, conseqüentemente, um outro gás combustível, tal como o gás natural é exigido para manter a operação dos fornos 11 ao nível exigido durante estes estados do processo.

Conseqüentemente, o controlador do processo da Usina opera o conjunto de queimador 37 do sistema 25 de WHR com taxas de corrente de variação de gás natural como um gás de combustível adicional para fornecer a exigidas taxas de corrente e valores caloríficos de gás de combustível a qualquer momento no processo.

Além disso, conseqüentemente, o controlador de processo da Usina opera o conjunto de queimador 37 do sistema 25 de WHR com variação das taxas de corrente de ar para combustão, variação das taxas de corrente de gás gerado e de gás natural para assegurar a ótima combustão.

Além disso, conseqüentemente, o controlador de processo da Usina opera os conjuntos de queimador dos fornos 11 com variação das taxas de fluxo de gás natural como um gás combustível adicional para fornecer as taxas de corrente e valores caloríficos exigidos do gás combustível a qualquer momento no processo.

Além disso, conseqüentemente, o controlador de processo da Usina opera os conjuntos de queimador dos fornos 11 com variação das taxas de corrente de ar para combustão, a variação das taxas de corrente de gás gerado e
5 de gás natural para assegurar ótima combustão.

Além disso, o controlador de processo da Usina começa a elevar a taxa de corrente de ar para o conjunto de queimador 37 do sistema 25 de WHR um período de tempo predeterminado, tipicamente 30 segundos, antes que haja um
10 aumento em gás gerado para conjunto de queimador 37 devido a uma diminuição na demanda pelo gás gerado nos fornos 11.

Similarmente, o controlador do processo da Usina começa a reduzir a taxa de corrente de ar ao conjunto 37 do queimador do sistema 25 de WHR um período de tempo predeterminado, tipicamente 30 segundos, antes que haja uma
15 diminuição no gás gerado ao conjunto 37 do queimador devido a um aumento na demanda pelo gás gerado nos fornos 11.

O valor calorífico do gás gerado em pontos diferentes na Usina é um parâmetro importante em determinar
20 as taxas de corrente de gás natural exigidas para o conjunto de queimador 37 do sistema 25 de WHR e os conjuntos de queimador dos fornos 11 em qualquer período de tempo.

A Usina inclui os espectrômetros de massa CV1, CV2, e CV3 em localizações selecionadas da Usina para
25 determinar os valores caloríficos do gás gerado nestas localizações. Os valores medidos de valores caloríficos são processados pelo controlador de processo para a Usina como

parte do processo de determinar taxas de corrente exigidas de gás gerado e de gás natural.

As localizações selecionadas estão na tampa 15 do gás gerado (CV1), à jusante do refrigerador 23 de gás gerado e à montante da separação do gás gerado dos fornos 11 e do sistema 25 de WHR (CV2), e à jusante do pré-aquecedor 61 (CV3).

O processo descrito acima funciona com uma faixa de estágios diferentes igualmente tendo um impacto no controle de pressão no vaso 3 durante os estágios diferentes.

Além disso, o pré-aquecedor 17 possui determinadas exigências de gás de corrente mínimo a fim de manter o material de alimentação contendo ferro em um estado fluidificado. O fluxo de gás através do pré-aquecedor 17 é controlado pela válvula de controle no purificador em cone úmido 63 que é à jusante do pré-aquecedor 17.

A descrição acima indica que o controle de pressão de vaso acontece via a válvula de controle 77 do purificador em cone úmido 21 quando o processo está produzindo o ferro fundido, isto é quando está funcionando em um estado de produção de metal quente.

Mais particularmente, a Usina inclui um sensor de pressão P1 na tampa 15 de gás gerado que monitora a pressão no gás gerado que está fluindo através da tampa de modo contínuo. O controlador de processo da Usina é reage positivamente à pressão monitorada e opera a válvula de controle 77 do purificador em cone úmido 21 para ajustar a

pressão como necessário, manter preferivelmente uma pressão constante de vaso, quando o processo está funcionando em um estado de produção de metal quente. A constante de tempo do circuito de controle da válvula de controle 77 é
5 consideravelmente mais rápida do que a constante de tempo do circuito de controle da válvula de controle no purificador 63 à jusante do pré-aquecedor 17. Por conseguinte, como entre o controle de pressão no vaso 3 e o controle da taxa de corrente de gás através do pré-
10 aquecedor 17, durante o estágio de produção de metal, o controle de pressão de vaso domina.

É ainda necessário manter o controle de pressão no vaso 3 durante outros estágios, particularmente o controle e os estágios ociosos, do processo. Tal controle
15 de pressão é alcançado durante estes estágios via a válvula de controle descrita acima no purificador em cone úmido 63 à jusante do pré-aquecedor 17 ao invés de via a válvula de controle 77 do purificador em cone úmido 21.

Mais particularmente, quando o processo está
20 operando nestes estágios, a válvula de controle 77 do purificador em cone úmido 21 é pelo menos substancialmente fechada de modo que não haja ou pelo menos haja no máximo uma corrente mínima de gás gerado através do purificador 21 e depois disso aos fornos 11 e ao sistema 25 de WHR a
25 partir desta fonte. Conseqüentemente, a válvula de controle no purificador em cone úmido 63 transforma-se no controlador de pressão dominante durante o controle e os estágios ociosos. Isto igualmente assegura que o gás flua

através do pré- aquecedor de modo que o material metalífero seja mantido em um estado fluidificado.

Adicionalmente, quando o processo se move para dentro do estado de controle e do estado ocioso, o controlador de processo funciona para reduzir o ponto de ajuste de taxa de corrente de sopro de ar quente que é fornecido para o vaso 3 a partir do forno 11. O ponto de ajuste de pressão do vaso pode igualmente ser reduzido. O ponto de ajuste é reduzido tipicamente a partir de 0,8 bar medido a 0,4 bar medido.

Durante os estados de controle e ocioso, uma porção do gás gerado que passou através do pré- aquecedor 17 é reciclada e combinada com o gás gerado a partir do vaso 3 para ajudar com condições de fluidificação de manutenção dentro do pré-aquecedor 17.

No estado de não ventilação, nenhum sopro de ar quente é fornecida ao vaso. O purificador 63 à jusante do pré- aquecedor 17 é fechado e todo o gás gerado dentro do pré- aquecedor 17 é reciclado para funcionar como o gás de fluidificação.

Durante os estados de controle e ocioso os fornos 11 produzem uma quantidade reduzida de sopro de ar quente. A fim de assegurar que os fornos 11 não excedam uma temperatura máxima, a energia total do gás de combustível fornecido para os fornos 11 é reduzida em comparação com a energia total do gás de combustível fornecido aos fornos durante a produção de metal quente. Desta maneira, a entrada de energia para os fornos 11 é reduzida durante os estados inativo e ocioso assim como para casar as

exigências de energia de sopro reduzidas da corrente de sopro de ar quente reduzida.

Muitas modificações podem ser feitas de acordo com a modalidade da presente invenção descrita acima sem se
5 afastar do espírito e do escopo da invenção.

REIVINDICAÇÕES

1. Processo de fundição direta para produção do metal fundido proveniente da alimentação de um material metálico em um vaso de fundição direta **caracterizado** pelo fato de incluir:

(a) fundição direta do material metálico acima da pressão atmosférica alimentado em um vaso de fundição direta que contém um banho de metal fundido e escória e que produz saídas de metal fundido, escória fundida e de um gás gerado, em que o processo inclui fornecimento de, (i) da alimentação de um material de alimentação metálico sólido pré-tratado, (ii) material de alimentação sólido carbonado e (iii) ar ou ar enriquecido com oxigênio, para um vaso;

(b) separação da liberação do gás gerado proveniente do interior do vaso de fundição direta de pelo menos dois fluxos de gases gerados, que usa um primeiro fluxo de gás gerado no aparelho de pré-tratamento para a alimentação de um material metálico pré-tratado que é alimentado subsequente para o vaso de fundição direta, e que usa uma segunda corrente de gás gerado como um gás combustível em pelo menos um de (i) fornos para geração de ar ou ar enriquecido com oxigênio quentes e (ii) um aparelho de recuperação de calor dissipado para geração de vapor; e

(c) controle de pressão em um vaso de fundição direta para controlar a pressão de gás gerado em um segundo fluxo de gás gerado quando o processo é operado de acordo com a etapa (a) e produz o metal fundido.

2. Processo de acordo com a reivindicação 1 **caracterizado** pelo fato de que a etapa (c) inclui o controle de pressão em um vaso de fundição direta para manter substancialmente constante a pressão quando o processo é operado de acordo com a etapa (a) e produzir metal fundido.

3. Processo de acordo com a reivindicação 1 ou reivindicação 2 **caracterizado** pelo fato de que a etapa (c) inclui o controle de pressão em um vaso de fundição direta para ser de pelo menos 0,6 bar medido quando o processo é operado de acordo com a etapa (a) e produzir o metal fundido.

4. Processo de acordo com qualquer das reivindicações precedentes **caracterizado** pelo fato de que a etapa (c) inclui o controle de pressão em um vaso de fundição direta para ser em uma escala de 0,6 a 1,0 bar medido quando o processo é operado de acordo com a etapa (a) e produzir o metal fundido.

5. Processo de acordo com qualquer das reivindicações precedentes **caracterizado** pelo fato de que a etapa (c) inclui o controle de pressão em um vaso de fundição direta para ser em uma escala de 0,7 a 0,9 bar medido quando o processo é operado de acordo com a etapa (a) e produzir o metal fundido.

6. Processo de acordo com qualquer das reivindicações precedentes **caracterizado** pelo fato de que a etapa (c) inclui o controle de pressão em um vaso de fundição direta para ser de 0,8 bar medido quando o

processo é operado de acordo com a etapa (a) e produzir o metal fundido.

7. Processo de acordo com qualquer das reivindicações precedentes **caracterizado** pelo fato de que inclui o resfriamento e remoção do material particulado e a espécie gasosa solúvel e os vapores de metal proveniente do segundo fluxo de gás gerado em um purificador de água à montante de pelo menos um dos fornos e aparelho de recuperação de calor dissipado.

8. Processo de acordo com qualquer das reivindicações precedentes **caracterizado** pelo fato de que a etapa (c) inclui o controle da pressão em um vaso de fundição direta para controle da corrente de gás gerado que flui através de uma válvula de controle de corrente de gás gerado ("válvula de controle de corrente primária").

9. Processo de acordo com a reivindicação 7 **caracterizado** pelo fato de que a etapa (c) inclui o controle de pressão em um vaso de fundição direta para controle da corrente de gás gerado que flui através do purificador, referido em seguida como "o purificador de controle de pressão", para que se abra ou feche uma válvula de controle do corrente de gás gerado em um purificador.

10. Processo de acordo com qualquer das reivindicações precedentes **caracterizado** pelo fato de que o aparelho de pré- tratamento é um leito fluidizado baseado no aparelho de pré- tratamento.

11. Processo de acordo com qualquer das reivindicações precedentes **caracterizado** pelo fato de que o aparelho de pré- tratamento inclui uma válvula de controle

de corrente de gás gerado ("válvula de controle de corrente de pré- tratamento") para que se regule a taxa de corrente do primeiro fluxo de gás gerado através do dito aparelho de pré- tratamento.

5 12. Processo de acordo com qualquer das reivindicações precedentes **caracterizado** pelo fato de que inclui o resfriamento e remoção do material particulado e a espécie gasosa solúvel e os vapores de metal proveniente do primeiro fluxo de gás gerado em um purificador de água à
10 jusante do aparelho de pré- tratamento.

 13. O processo conforme definido na reivindicação 11 quando dependente da reivindicação 8 **caracterizado** pelo fato de que inclui a seleção de uma constante de tempo para um circuito de controle para que a válvula de controle de
15 corrente primária seja significativamente mais rápida do que uma constante de tempo de um circuito de controle para a válvula de controle de corrente de pré-tratamento.

 14. Processo de acordo com a reivindicação 13 **caracterizado** pelo fato de que a constante de tempo da
20 válvula de controle de corrente primária é duas vezes mais rápida que a constante de tempo da válvula de controle de corrente de pré- tratamento.

 15. Processo de acordo com a reivindicação 13 **caracterizado** pelo fato de que a constante de tempo da
25 válvula de controle de corrente primária é uma ordem de valor mais rápida do que a constante de tempo da válvula de controle de corrente de pré- tratamento.

 16. Processo de acordo com a reivindicação 13 **caracterizado** pelo fato de que a constante de tempo da

válvula de controle de corrente primária está na ordem de dez vezes mais rápida do que a válvula de controle de corrente de pré- tratamento.

17. Processo de acordo com qualquer das
5 reivindicações precedentes **caracterizado** pelo fato de que
inclui o controle da corrente de gás gerado em um primeiro
fluxo de gás gerado para que esteja acima de uma taxa de
corrente volumétrica mínima para manter condições de
fluidificação em um aparelho de pré- tratamento quando o
10 processo se operar de acordo com a etapa (a) e se produzir
o metal fundido.

18. Processo definido de acordo com qualquer uma
das reivindicações precedentes **caracterizado** pelo fato de
que inclui o controle da corrente de gás gerado no primeiro
15 fluxo de gerado para estar acima de uma taxa de corrente
volumétrica mínima para pré- aquecer o material de
alimentação metálico a uma temperatura predeterminada no
aparelho de pré- tratamento quando o processo é operado de
acordo com a etapa (a) e produzir metal fundido.

20 19. Processo de acordo com a reivindicação 18
caracterizado pelo fato de que a temperatura predeterminada
para o material de alimentação metálico pré- tratado no
aparelho de pré-tratamento está na escala de 600 - 700 °C
quando o material de alimentação metálico é um material
25 contendo ferro.

20. Processo de acordo com qualquer das
reivindicações precedentes **caracterizado** pelo fato de que
inclui o fornecimento do primeiro fluxo de gás gerado
depois de ter sido descarregado do aparelho de pré-

tratamento ao aparelho de recuperação de calor dissipado para geração de vapor para o processo.

21. Processo de acordo com qualquer das reivindicações precedentes **caracterizado** pelo fato de que inclui a formação de um fluxo de gás gerado combinado à montante do aparelho de recuperação de calor dissipado proveniente do (i) primeiro fluxo de gás gerado descarregado proveniente do aparelho de pré-tratamento e (ii) gás gerado no segundo fluxo de gás gerado e suprimento de pelo menos uma parcela do fluxo combinado para a unidade de recuperação de calor dissipado para a geração de evaporação para o processo.

22. Processo de acordo com a reivindicação 21 **caracterizado** pelo fato de que inclui o suprimento de uma parcela do fluxo de gás gerado combinado para a unidade de recuperação de calor dissipado em uma pressão controlada.

23. Processo de acordo com a reivindicação 22 **caracterizado** pelo fato de que inclui o suprimento de uma parcela do fluxo de gás gerado combinado para a unidade de recuperação de calor dissipado em uma taxa de corrente volumétrica variável.

24. Processo de acordo com a reivindicação 23 **caracterizado** pelo fato de que inclui o suprimento de uma parcela do fluxo de gás gerado combinado para a unidade de queimador da unidade de recuperação de calor dissipado

25. Processo de acordo com a reivindicação 24 **caracterizado** pelo fato de que inclui o suprimento de uma parcela do fluxo de gás gerado combinado para uma câmara de combustão da unidade de recuperação de calor dissipado que

é à jusante de uma unidade de queimador da unidade da recuperação de calor dissipado.

26. Processo de acordo com qualquer das reivindicações precedentes **caracterizado** pelo fato de que
5 inclui o controle da separação do gás gerado em um segundo fluxo de gás gerado para os fornos e à recuperação de calor dissipado para controle da taxa de corrente volumétrica do gás gerado para os fornos.

27. Processo de fundição direta para produzir
10 metal fundido proveniente de um material de alimentação metálico em uma vaso de fundição direta **caracterizado** pelo fato de que inclui o uso de um fluxo de gás gerado proveniente do vaso como um gás combustível em pelo menos
15 (i) fornos para geração de ar ou ar enriquecido com oxigênio, quentes para o processo e (ii) um aparelho de recuperação de calor dissipado para geração de vapor para o processo e também inclui o controle da pressão no vaso para controle da pressão no fluxo de gás gerado quando o processo é produção de metal fundido.

20 28. Usina de fundição direta para a fundição direta de um material de alimentação metálico e produção de metal fundido **caracterizado** pelo fato de incluir:

(a) um aparelho de pré-tratamento para pré-tratamento de material de alimentação metálico;

25 (b) uma vaso de fundição direta para produção do metal fundido de maneira que um processo para fundição direta de material de alimentação metálico pré-aquecido em um vaso;

(c) fornos para geração de um sopro de ar quente ou do ar enriquecido com oxigênio para o processo;

(d) um aparelho de recuperação de calor dissipado para geração de evaporação para a Usina;

5 (e) um canal de gás gerado para remover o gás gerado no vaso de fundição direta e suprir o gás gerado através de uma primeira seção de canal para o aparelho de pré-tratamento e através de uma segunda seção de canal para uma válvula de controle de corrente de gás gerado; e

10 (f) um controlador de processo para controle do funcionamento da Usina, que inclui o funcionamento da válvula de controle de corrente de gás gerado na segunda seção de canal e conseqüentemente a pressão no vaso de redução direta enquanto o processo está produzindo metal
15 fundido.

29. Usina de acordo com a reivindicação 28 **caracterizada** pelo fato de que a segunda seção do canal é adaptada ao suprimento de gás gerado para os fornos e o aparelho de recuperação de calor dissipado e a Usina inclui
20 um purificador de água para refrigerar e remover material particulado e as espécies gasosas solúveis e os vapores do metal proveniente do gás gerado que flui através da segunda seção do canal à montante de fornos e do aparelho de recuperação de calor dissipado.

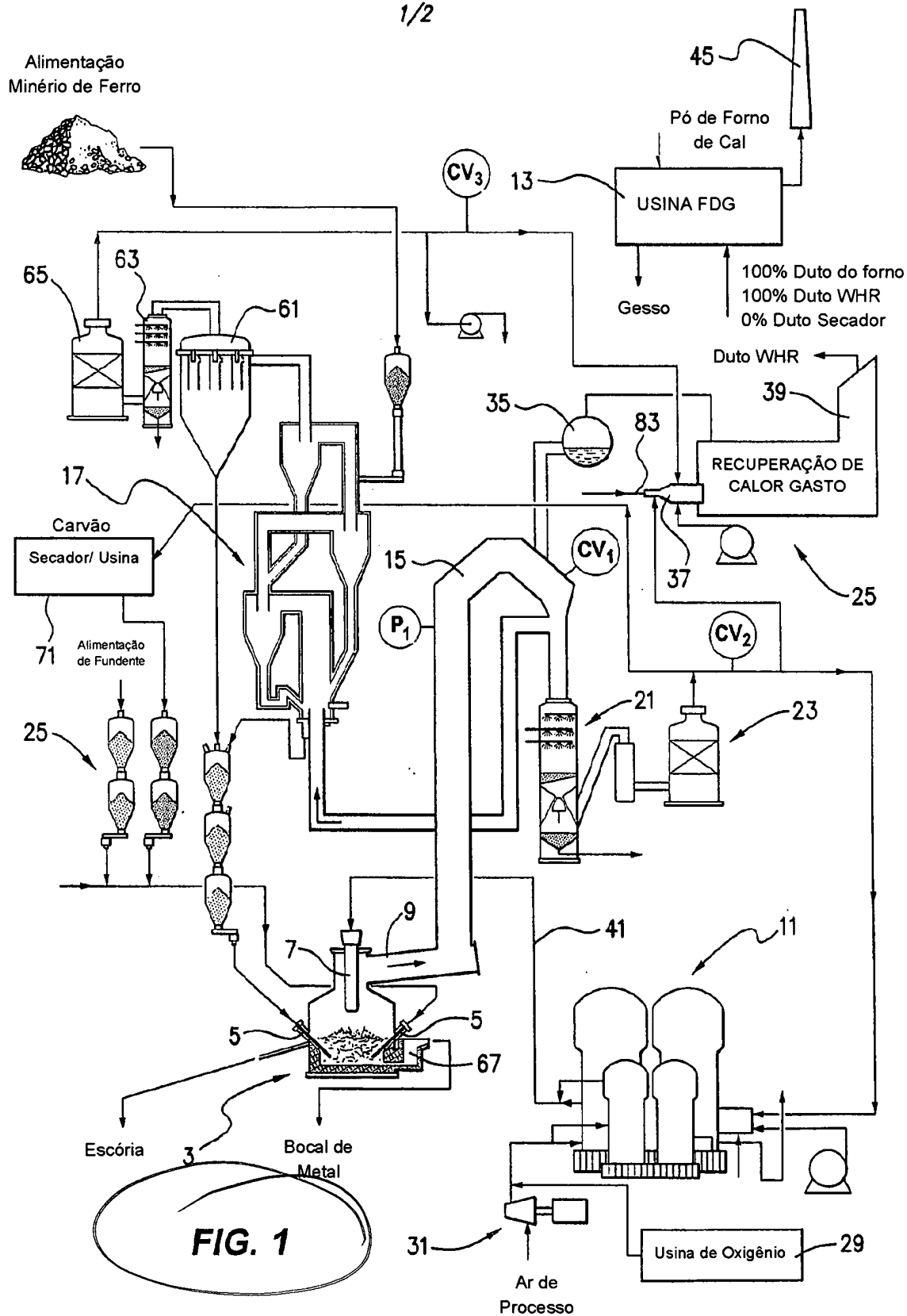
25 30. Usina de acordo com a reivindicação 28 ou reivindicação 29 **caracterizada** pelo fato de que o controle do processo é adaptado para controlar a corrente de gás gerado no primeiro fluxo de gás gerado para estar acima de

uma taxa de corrente mínima para manter condições de fluidificação no aparelho do pré-tratamento.

31. Usina de acordo com qualquer das reivindicações 28 a 30 **caracterizada** pelo fato de que o controle do processo é adaptado para controlar a corrente de gás gerado no primeiro fluxo de gás gerado para estar acima de uma taxa de corrente mínimo para pré-aquecer o material de alimentação metalífero a uma temperatura predeterminada no aparelho de pré-tratamento.

32. Usina de acordo com a reivindicação 30 ou reivindicação 31 **caracterizada** pelo fato de que o controle do processo utiliza uma constante de tempo par controlar a pressão no vaso de fundição direta que é substancialmente mais rápida do que uma constante de tempo para controle da dita taxa de corrente mínimo através do dito aparelho de pré- tratamento.

33. Usina de acordo com a reivindicação 30 ou reivindicação 31 **caracterizada** pelo fato de que a constante de tempo para controle da pressão no vaso de fundição direta é uma ordem de valor mais rápida do que a constante de tempo para controle da taxa de corrente de gás gerado através do aparelho de pré-tratamento.



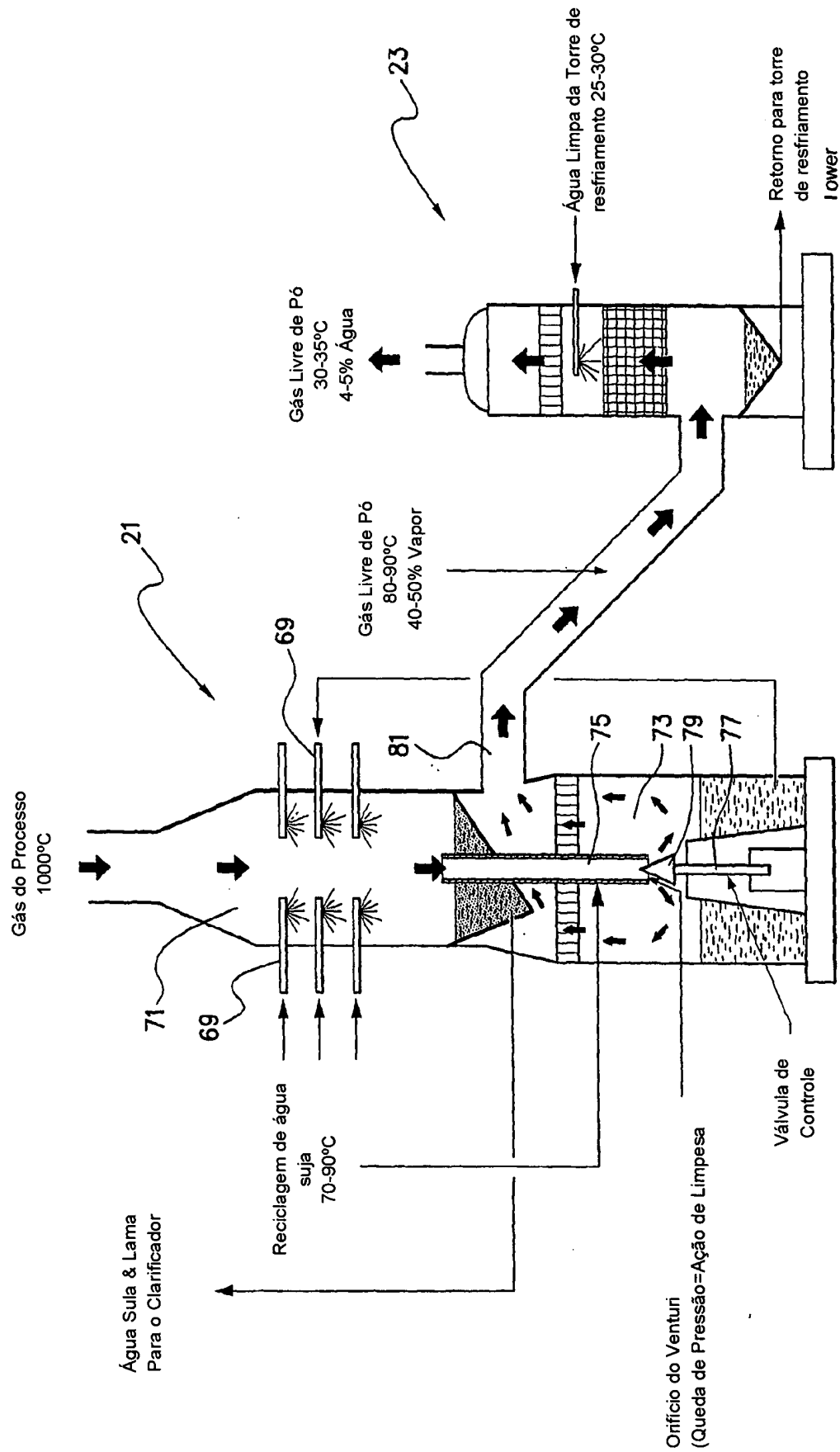


FIG. 2

RESUMO

**"PROCESSO E USINA DE FUNDIÇÃO DIRETA PARA PRODUÇÃO DO METAL
FUNDIDO PROVENIENTE DE UM MATERIAL DE ALIMENTAÇÃO
METALÍFERO"**

5 Um processo de fundição direta para produção de
metal fundido proveniente de um material de alimentação
metalífero em um vaso de fundição direta é divulgado. O
processo inclui o uso de um fluxo de gás gerado proveniente
do vaso como um gás de combustível (i) em fornos para gerar
10 um sopro de ar quente ou ar enriquecido com oxigênio para o
processo e (ii) um aparelho de recuperação de calor
dissipado para que gere evaporação para o processo. O
processo também inclui controle de pressão em um vaso para
controle de pressão de um fluxo de gás gerado quando o
15 processo é produção de metal fundido.