

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

(21) **PI 0613450-5 A2**



(22) Data de Depósito: 11/07/2006
(43) Data da Publicação: 06/11/2012
(RPI 2183)

(51) *Int.Cl.:*
F23D 14/22
F23D 14/32

(54) Título: MÉTODOS PARA FORMAR E MANTER UM JATO DE GÁS COERENTE NO INTERIOR DE UM VASO E PARA OPERAR UM VASO METALÚRGICO CONTENDO METAL EM FUSÃO

(30) Prioridade Unionista: 13/07/2005 US 11/179616

(73) Titular(es): PRAXAIR TECHNOLOGY, INC.

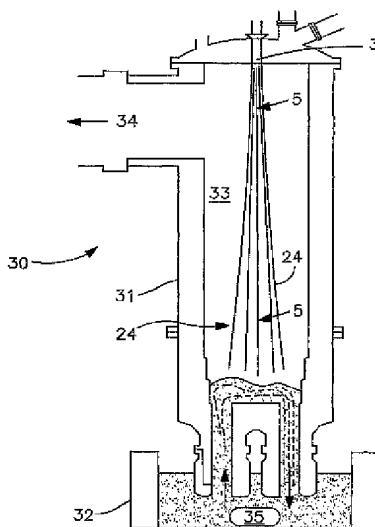
(72) Inventor(es): ADRIAN C. DENEYS, AL ZOLADZ, GARY T. VARDIAN, LARRY CATES, MICHAEL F. RILEY, RONALD HOLMES, WILLIAM J. MAHANEY

(74) Procurador(es): Momsen, Leonardos & CIA.

(86) Pedido Internacional: PCT US2006027034 de 11/07/2006

(87) Publicação Internacional: WO 2007/008973de 18/01/2007

(57) Resumo: MÉTODOS PARA FORMAR E MANTER UM JATO DE GÁS COERENTE NO INTERIOR DE UM VASO E PARA OPERAR UM VASO METALÚRGICO CONTENDO METAL EM FUSÃO. Um método para operar um vaso a vácuo com um jato coerente no qual condições de vácuo são estabelecidas no interior do caso e um invólucro de chama ancorado ou afixado resultante de combustível e oxidante à velocidade subsônica ser fornecido de pelo menos uma corrente de gás supersônica. Outro aspecto da invenção reside em um método para formar e manter um jato de gás coerente no interior de um vaso no qual condições a vácuo são estabelecidas, fornecer combustível e oxidante a uma velocidade subsônica ao interior do vaso em torno da dita corrente, e efetuar a combustão do combustível e oxidante para formar um invólucro de chama em torno da corrente de gás para formar e manter a dita corrente de gás como um jato coerente.



“MÉTODOS PARA FORMAR E MANTER UM JATO DE GÁS COERENTE NO INTERIOR DE UM VASO E PARA OPERAR UM VASO METALÚRGICO CONTENDO METAL EM FUSÃO”

Campo Técnico

5 A presente invenção trata genericamente da tecnologia de jatos supersônicos ou coerentes.

Técnica Anterior

Um progresso significativo recente no campo de lançamento de gases é o desenvolvimento da tecnologia de jatos coerentes exposta, por exemplo, na patente US 5.814.125 (Anderson et al.) e na patente US 6.161.544 (Anderson et al.). Na prática desta tecnologia um ou mais jatos de gás de alta velocidade ejetados por uma ou mais tubeiras sobre uma lança são mantidos coerentes através de uma distância relativamente longa pelo uso de um invólucro de chama em torno e ao longo de um ou mais jatos de gás de alta velocidade. O invólucro de chama é formado pela combustão de combustível e oxidante ejetados pela lança a partir de um ou mais anéis de orifícios em torno das tubeiras. O combustível e o oxidante queimam sob condições de pressão atmosférica para formar o invólucro da chama. A operação desta tecnologia sob condições de pressão subatmosférica seria desejável. Todavia, é problemática devido aos efeitos negativos de ascensão e efeito soprante experimentados sob tais condições.

Sumário da Invenção

Um aspecto da presente invenção reside em:

25 Um método para formação e manutenção de um jato de gás coerente no interior de um vaso compreendendo injetar gás em uma corrente de gás a uma velocidade supersônica a partir de um dispositivo de injeção no interior do vaso no qual condições de vácuo são estabelecidas, fornecer combustível e oxidante a uma velocidade subsônica ao interior do vaso em torno da dita corrente de gás para formar e manter a corrente de gás como um

jato de gás coerente.

Outro aspecto da invenção reside em:

Um método para operar um vaso metalúrgico contendo metal em fusão e tendo um espaço superior acima do metal em fusão, o método compreendendo injetar gás em uma corrente de gás a uma velocidade supersônica a partir de um dispositivo de injeção no interior do espaço superior no qual condições de vácuo são estabelecidas, fornecer combustível e oxidante a uma velocidade subsônica ao interior do espaço superior em torno da dita corrente de gás, queimar o combustível e oxidante para formar um invólucro de chama em torno da dita corrente de gás, e passar o gás proveniente da dita corrente de gás para o metal em fusão.

Conforme usado aqui o termo “condições de vácuo” significa uma pressão inferior à pressão atmosférica ambiente, e, para um vaso metalúrgico, de preferência dentro da faixa de 10 a 300 Torr, preferencialmente dentro da faixa de 35 a 150 Torr.

Descrição Sucinta dos Desenhos

A figura 1 é uma vista frontal de uma modalidade preferencial da face de um dispositivo de injeção e a figura 2 é uma vista em corte transversal de uma modalidade preferencial de um dispositivo de injeção tendo a dita face que pode ser usado na prática da presente invenção.

A figura 3 ilustra uma modalidade da invenção em operação em um vaso metalúrgico. Os numerais nos desenhos são os mesmos para os elementos comuns.

A figura 4 é uma representação gráfica de resultados obtidos com a prática da invenção comparados com resultados sem a prática da invenção.

Descrição Detalhada

A invenção será descrita em detalhe com referência aos desenhos.

Reportando-se a seguir às figuras, o gás conforme mostrado pela seta de fluxo 1 é passado através de pelo menos uma tubeira 3, de preferência uma tubeira convergente/divergente, e a seguir para o exterior do dispositivo de injeção 3 através da abertura de tubeira 4 sobre a face 6 para
5 formar uma corrente de jato de gás coerente 5 tendo uma velocidade supersônica dentro da faixa superior a Mach 1 a cerca de Mach 6, de preferência dentro da faixa de Mach 3 a Mach 4,5 e pode ter uma taxa de vazão de até cerca de 2832 L/h (100.000 scfh) ou maior. O numero de jatos de gás ejetado através das respectivas tubeiras na prática da presente invenção
10 pode se enquadrar dentro da faixa de 1 a 6. O volume de injeção ao interior do qual os jatos de gás coerentes são injetados pode ser uma estação de tratamento de metal a vácuo. Quando uma pluralidade de tubeiras é empregada, as tubeiras individuais podem ser inclinadas em sentidos opostos entre si e a partir do eixo geométrico central da lança.

15 Qualquer gás efetivo pode ser usado como o gás para formação do jato ou jatos coerentes na prática da presente invenção. Entre os ditos gases podem ser mencionados oxigênio, nitrogênio, argônio, dióxido de carbono, hidrogênio, hélio, vapor e gases de hidrocarboneto. De preferência o gás é oxigênio comercialmente puro. Também misturas compreendendo dois
20 ou mais gases, e.g. ar, podem ser usadas como o gás na prática da presente invenção.

Um anel 20 de orifícios é localizado sobre a face 6 em torno da abertura ou aberturas de tubeira 4. O anel 20 de preferência é um círculo tendo um diâmetro dentro da faixa de 19,05 mm a 50,40 mm. Genericamente,
25 o anel 20 compreende de 6 a 48 orifícios. Cada orifício de saída de preferência é constituído por um círculo dotado de um diâmetro dentro da faixa de 31,75 mm a 76,20 mm. Todavia, os orifícios podem ter uma forma não circular tal como uma forma retangular ou uma forma elíptica. O anel de orifícios pode situar-se em uma reentrância ou ranhura sobre a face da lança 6

para auxiliar a suportar a estabilização da chama. Tipicamente, uma reentrância deste tipo tem uma profundidade dentro da faixa de 19,05 mm a 60,96 mm e uma largura dentro da faixa de 19,05 mm a 76,1 mm. Os parâmetros para qualquer construção de dispositivo de injeção específico
5 estarão subordinados à taxa de vazão do jato ou jatos de gás supersônicos.

Um invólucro de chama é formado em torno e ao longo da(s) corrente(s) de gás supersônica pela combustão de combustível e oxidante prestada pelos orifícios. O combustível e oxidante pode ser fornecido pelos orifícios como uma mistura, isto é, em uma disposição pré-misturada, ou pode
10 ser fornecido separadamente e misturado após a injeção no interior do volume de injeção do dispositivo de injeção. O último método tem preferência e é descrito em maior detalhe abaixo.

O combustível é fornecido a uma primeira série de orifícios 22 sobre o anel 20 e oxidante é fornecido a uma segunda série de orifícios 23 sobre o anel 20. De preferência, como ilustrado na figura 1, a primeira série de orifícios 22 alterna com a segunda série de orifícios 23 sobre o anel 20 de forma que cada orifício de combustível 22 tem dois orifícios de oxidante 23 adjacentes de um ou de outro lado daquele orifício de combustível, e cada orifício de oxidante 23 tem dois orifícios de combustível 22 adjacentes de um
15 e de outro lado daquele orifício de oxidante. O combustível e oxidante são ejetados pelo dispositivo de injeção 3 pelos seus respectivos orifícios no interior do volume de injeção. A velocidade do combustível e oxidante ejetado pelo anel de orifícios tem uma velocidade subsônica, de preferência dentro da faixa de 61 a 305 m/s.
20

O combustível ejetado pelos orifícios 22 é de preferência gasoso e é um combustível contendo hidrogênio. Entre os ditos combustíveis podem ser mencionados hidrogênio, metano, gás natural, gás de fábrica de coque, gás sintético, gás de petróleo, propano, butano e óleos combustíveis gaseificados ou vaporizados. O oxidante ejetado pelos orifícios 23 pode ser
25

ar, ar enriquecido de oxigênio tendo uma concentração de oxigênio superior àquela do ar, ou oxigênio comercial tendo uma concentração de oxigênio de pelo menos 90 mol %. De preferência, o oxidante é um fluido dotado de uma concentração de oxigênio de pelo 25 mol%.

5 O combustível e oxidante emitido pelo dispositivo de injeção formam um invólucro de gás em torno do jato de gás 5 que queima para formar um invólucro de chama em torno do/s jato/s de gás dentro do volume de injeção. O invólucro de chama 24 em torno da corrente de gás serve para prevenir que o gás ambiente seja aspirado para o interior da corrente ou
10 correntes de gás, desse modo evitando que a velocidade da corrente ou correntes de gás decresça significativamente e prevenindo que o diâmetro da corrente ou correntes de gás aumente significativamente assim servindo para estabelecer e manter a corrente de gás 5 como um jato coerente.

Alternativamente, o combustível e oxidante podem ser
15 fornecidos respectivamente pelos dois anéis de orifícios sobre a face, um anel interno de orifícios em torno de e mais próximo da/s tubeira/s central 4, e um anel externo de orifícios radialmente espaçado de e em torno do anel interno de orifícios. De preferência o combustível é fornecido pelo anel interno de orifícios e o oxidante é fornecido pelo anel externo de orifícios. Os orifícios
20 sobre o anel externo de orifícios podem ser alinhados com ou deslocado dos orifícios sobre o anel interno de orifícios.

O combustível da capa de chama e oxidante pode ser expresso como uma relação estequiométrica. A definição da relação estequiométrica é a relação de combustível operacional e oxigênio (F/O) dividida pelo F/O
25 requerida para completa combustão. Por exemplo, onde o combustível é o metano e a relação operacional F/O é de 1,25, uma vez que a relação estequiométrica para completa combustão de metano e oxigênio é de 0,5, a relação estequiométrica neste exemplo é de 1,25/0,5 o 2,5. De preferência, na prática da presente invenção, a relação estequiométrica do combustível da

capa da chama e oxigênio é superior a 2.

A extensão 15 se estende da face para formar uma zona de recirculação 16 na qual a corrente de gás e os gases de invólucro da chama são inicialmente injetados. Tipicamente, a extensão será cilíndrica em formato, ainda que outros perfis sejam possíveis, e terá um comprimento dentro da faixa de 12,7 mm a 0,61 m e um diâmetro dentro da faixa de 25,4 mm a 0,61 m. A zona de recirculação 16 formada pela extensão 15 serve para auxiliar na formação inicial do invólucro de chama em torno da corrente de gás e ancorar o invólucro da chama sob as condições de vácuo do vaso. Os parâmetros específicos da extensão dependerão da taxa de vazão de gás principal. A invenção pode ser praticada com a extensão e/ou ranhuras do orifício de invólucro expostas acima para auxiliar a suportar a estabilização da chama. A extensão pode ser parte do dispositivo de injeção propriamente dito ou pode ser formada separadamente.

A velocidade subsônica de combustível e oxidante e o invólucro de chama em torno da/s corrente/s de gás resultante da combustão do combustível e oxidante acoplado com a recirculação de gás adjacente à face serve para manter o invólucro de chama afixado ou ancorada à face sob condições de vácuo, assim evitando o levantamento e apagamento da chama. A integridade resultante do invólucro de chama serve para manter a corrente de gás ou jato coerente. Isto habilita a corrente de gás a se propagar por uma distância mais longa que seria de outro modo o caso enquanto preservando uma velocidade subsônica, Isto é particularmente vantajoso em uma aplicação metalúrgica porque o dispositivo de jato coerente não tem de sobressair para o interior da câmara de tratamento quando comparado com os dispositivos de lança convencionais que têm de sobressair significativamente para o interior da câmara durante o tratamento. Como um resultado no caso convencional vedações deslizantes especiais e equipamento de içamento têm de ser montados sobre o topo do vaso para efetuar a retração da lança convencional

do vaso quando terminado o tratamento. Também o dispositivo de jato coerente não sofrerá o dano que ocorre em uma lança convencional e vedações deslizantes.

Uma aplicação importante para a prática da presente invenção reside em um vaso metalúrgico operando à pressão subambiente, tal como o método de refino a vácuo ilustrado na figura 3. Nesta prática específica, o vaso metalúrgico 30 compreende uma câmara 31 e uma panela 32 que contém metal em fusão 35. Condições de vácuo são estabelecidas dentro do espaço superior 33 do vaso 30 tal como pela evacuação da atmosfera do espaço superior por intermédio de uma bomba de vácuo através do canal 34. O gás na corrente de gás 5 é então fornecido ao espaço superior 33 pelo dispositivo de injeção 3 e o invólucro de chama 24 é formado em torno da corrente de gás 5 como foi previamente descrito. De preferência o dispositivo de injeção 3 será nivelado com a face refratária do vaso ou se estende somente por uma curta distância para o interior do vaso. O injetor na prática da presente invenção pode ser um injetor de posição fixa ou pode ser um injetor de posição variável que pode ser inserido no interior do vaso e deslocável para várias posições. O gás na corrente de gás 5, e.g., oxigênio, é passado do dispositivo de injeção 5 e contata o metal em fusão, e.g. aço, que, devido às condições do método de refino a vácuo, é induzido a fluir no trajeto mostrado na figura 3. O gás pode ser empregado para a descarburização do metal em fusão e/ou para outras finalidades tal como aquecer o metal em fusão oxidando combustíveis de alta energia adicionados tal como alumínio, silício e semelhantes.

Com o uso da presente invenção, o dispositivo de injeção de jato coerente ou face de injetor pode ser posicionado substancialmente acima onde a face de uma lança convencional seria posicionada, inclusive sendo posicionada nivelada com a face refratária no interior do topo do vaso. De preferência a dita distância seria de cerca de 7,62 metros (25 pés) ou na faixa de 4,57 m a 12,19 m no caso de maioria dos vasos construídos nos últimos

anos. No caso de vasos mais curtos mais antigos a distância pode ser menor, porém, o dispositivo de jato coerente ou face de injetor ainda nivelada com a superfície refratária superior interna. Concebivelmente, poderia haver casos onde a face do injetor de coerente pode se estender de 61 cm a 1,52 m no interior do vaso para posicionar o mesmo a distância requerida acima da superfície de metal em fusão. Não obstante, mesmo com uma dita alta posição acima da superfície do metal em fusão, a invenção é suscetível de ministrar gás ao interior do metal em fusão com maior eficiência do que pode ser obtida com a prática convencional.

Para fins ilustrativos e comparativos testes foram conduzidos com a prática da invenção e sem a prática da invenção, e os resultados são apresentados na figura 4. Os testes são apresentados para fins ilustrativos e comparativos e não são propostos para serem limitativos.

Experimentos foram conduzidos para ilustrar o efeito da cobertura da chama sobre as características de preservação descarregando os jatos no interior de uma câmara de vácuo experimental Experimentos foram conduzidos a uma pressão de câmara de 50 Torr e são apresentados como um exemplo. Uma tubeira convergente/divergente foi projetada para admitir 14,16 m³/h (500 pés³/h) de oxigênio quando alimentado com 4,246 kg/cm² (manométricos) a montante da entrada da tubeira e descarregando no interior de uma pressão de câmara 50 Torr absoluta (-13,73 lbs/pol²) a jusante da saída da tubeira. O diâmetro da garganta de tubeira foi de 1,536 mm (0,0605 pol.) e o diâmetro da saída foi de 5,234 mm (0.2061 pol.). O comprimento da garganta foi igual ao diâmetro da garganta e o meio ângulo de divergência da tubeira foi de 5 graus. Sob as condições de fluxo, o jato de oxigênio plenamente expandido emitido pela tubeira com um número Mach de 4,08 (336 m/segundo).

A cobertura da chama foi formada circundando a tubeira convergente/divergente com um único anel de orifícios de combustível e

oxigênio secundário igualmente espaçados e alternados. Oito orifícios de gás natural e oito orifícios de oxigênio secundários foram posicionados em um circuito do diâmetro de 25,4 mm. Todos os orifícios de cobertura foram perfurações de paredes retas cada uma com um diâmetro de 6,35 mm. A taxa
 5 de fluxo de gás natural foi admitida a um total de 2.832 m³/hora (100 pés³/hora) (20% do fluxo de oxigênio principal) e o fluxo de oxigênio secundário foi de 2,265 m³/hora (80 pés³/hora). Uma extensão de recirculação localizada na saída da tubeira foi empregada para estabilizar a combustão para assegurar a ancoragem da chama à saída da tubeira. Esta extensão teve um
 10 comprimento de 15,87 mm (0,625 pol.) e um diâmetro de 31,75 mm (1.25 pol.)

Medições de tubo pitot tomadas do jato na linha central axial foram registradas em função da distância de saída da tubeira. As medições foram registradas sem a cobertura da chama e com a cobertura da chama. Os
 15 resultados são mostrados na figura 4 que mostra a velocidade da linha central de jato calculada (normalizada pela velocidade de saída da tubeira) versus a distância axial (normalizada pelo diâmetro de saída da tubeira). Sem o invólucro da chama, a distância para onde a velocidade tinha decaído para metade da velocidade inicial ($V/V(0) = 0,5$) foi de 50 diâmetros de tubeira ($X/D = 50$). Com a cobertura da chama, a distância para onde a velocidade tinha
 20 decaído para metade da velocidade inicial ($V/V(0) = 0,5$) comprovou ser de 260 diâmetros de turbina ($X/D = 260$). Isto representa um aumento no comprimento do jato por um fator de 5,2 (520%).

Ainda que a invenção tenha sido descrita em detalhe com
 25 referência a determinadas modalidades preferenciais, aqueles versados na técnica reconhecerão a existência de outras modalidades da invenção dentro do espírito e âmbito das reivindicações. Por exemplo a extensão de recirculação pode ser incorporada à lança ou dispositivo de injeção propriamente dito, ou ser formado como parte de um conjunto separado, e.g.

inserção da lança em uma reentrância formada pela parede refratária do vaso ou um painel separadamente construído que aloja a lança. De preferência a invenção é praticada com jatos supersônicos plenamente expandidos com tubeiras convergentes/divergentes apropriadamente projetadas. Todavia, a
5 invenção terá determinado grau de eficácia se um jato infra-expandido é empregado a partir de uma tubeira convergente cônica ou de uma tubeira divergente/convergente.

REIVINDICAÇÕES

1. Método para formar e manter um jato de gás coerente no interior de um vaso que compreende injetar gás em uma corrente de gás a uma velocidade supersônica a partir de um dispositivo de injeção no interior do vaso, caracterizado pelo fato de que condições de vácuo são estabelecidas, administrando combustível e oxidante a uma velocidade subsônica ao interior do vaso em torno da dita corrente, e efetuar a combustão do combustível e oxidante para formar um invólucro de chama e torno da corrente de gás para formar e manter a corrente de gás como um jato de gás coerente.

2. Método de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que a relação estequiométrica do combustível e oxidante é maior que 2.

3. Método de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que o gás compreende oxigênio.

4. Método de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que o combustível e o oxidante são administrados ao interior do vaso a partir de um único anel de orifícios sobre o dispositivo de injeção.

5. Método de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que o gás, o combustível e o oxidante são inicialmente passados para o interior de um volume de recirculação formado por uma extensão sobre o dispositivo de injeção e subsequentemente passados para o interior do vaso.

6. Método para operar um vaso metalúrgico contendo metal em fusão e tendo um espaço superior acima do metal em fusão, o método caracterizado pelo fato de que compreende injetar gás em uma corrente de gás a uma velocidade supersônica a partir de um dispositivo de injeção no interior do espaço superior no qual condições de vácuo são estabelecidas, proporcionar combustível e oxidante a uma velocidade subsônica no interior do espaço superior em torno da dita corrente de gás, efetuar a combustão do combustível e oxidante para formar um invólucro de chama em torno da

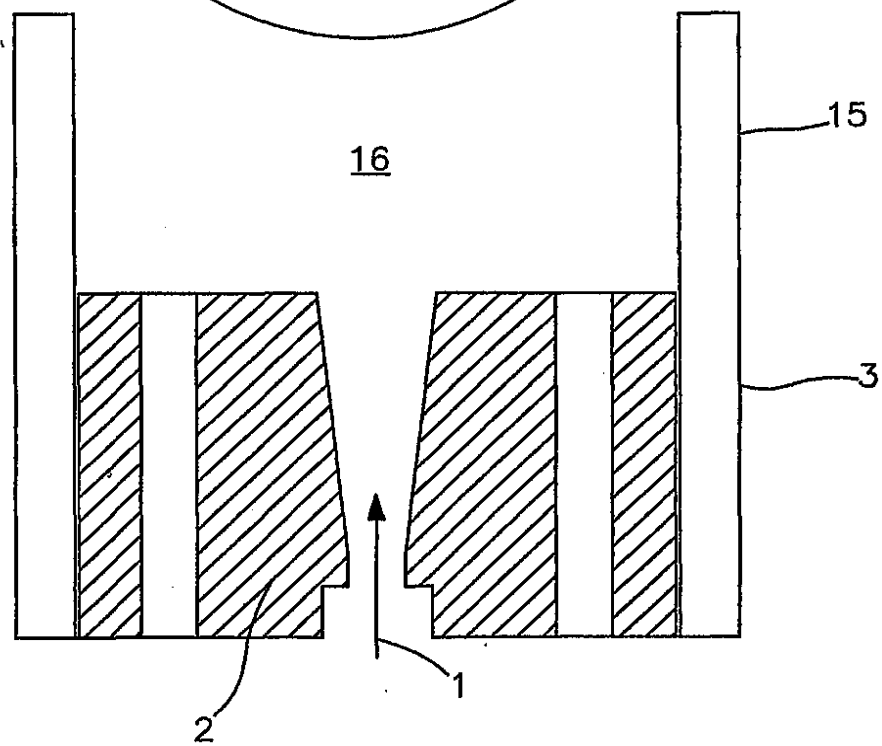
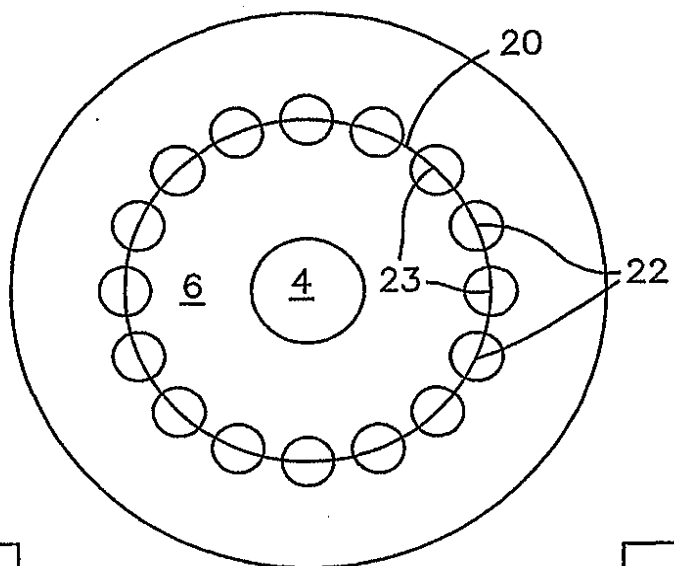
corrente de gás, e passar o gás proveniente da corrente de gás para o metal em fusão.

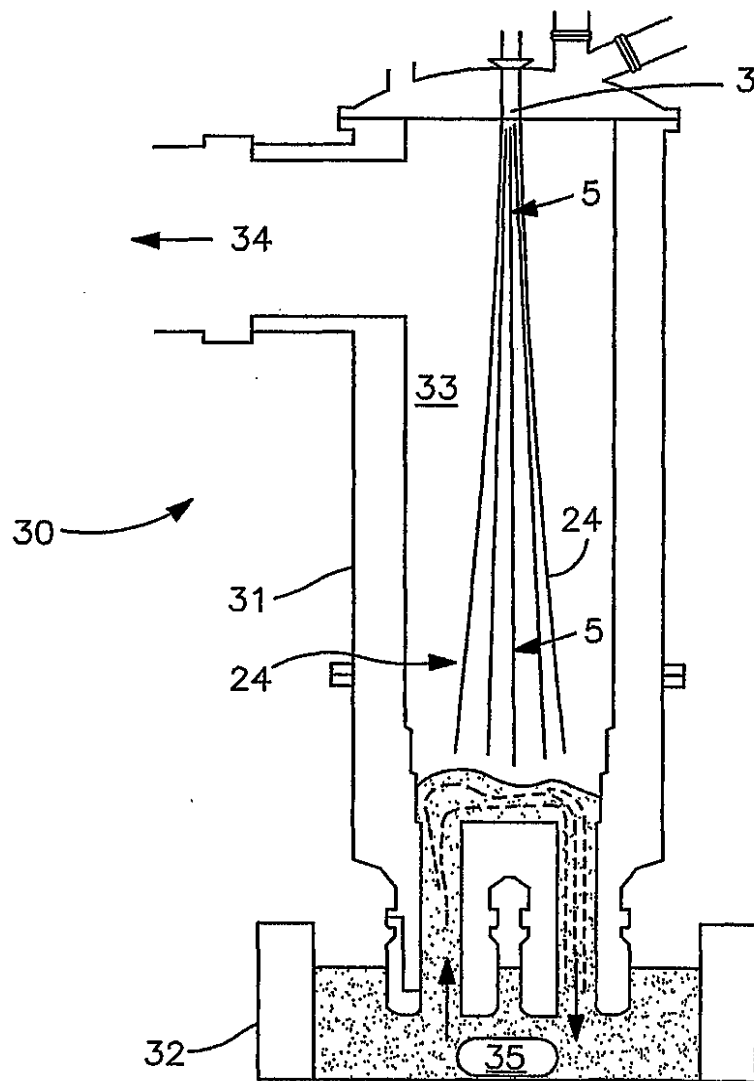
7. Método de acordo com a reivindicação 6, caracterizado pelo fato de que a relação estequiométrica do combustível e oxidante é maior que 2.

8. Método de acordo com a reivindicação 6, caracterizado pelo fato de que o gás compreende oxigênio.

9. Método de acordo com a reivindicação 6, caracterizado pelo fato de que o combustível e o oxidante são fornecidos ao interior do vaso a partir de um único anel de orifícios sobre o dispositivo de injeção.

10. Método de acordo com a reivindicação 6, caracterizado pelo fato de que o gás, o combustível e o oxidante são inicialmente passados para o interior de um volume de recirculação formado por uma extensão sobre o dispositivo de injeção e subsequente passado para o interior do espaço superior.

FIG. 1**FIG. 2**

**FIG. 3**

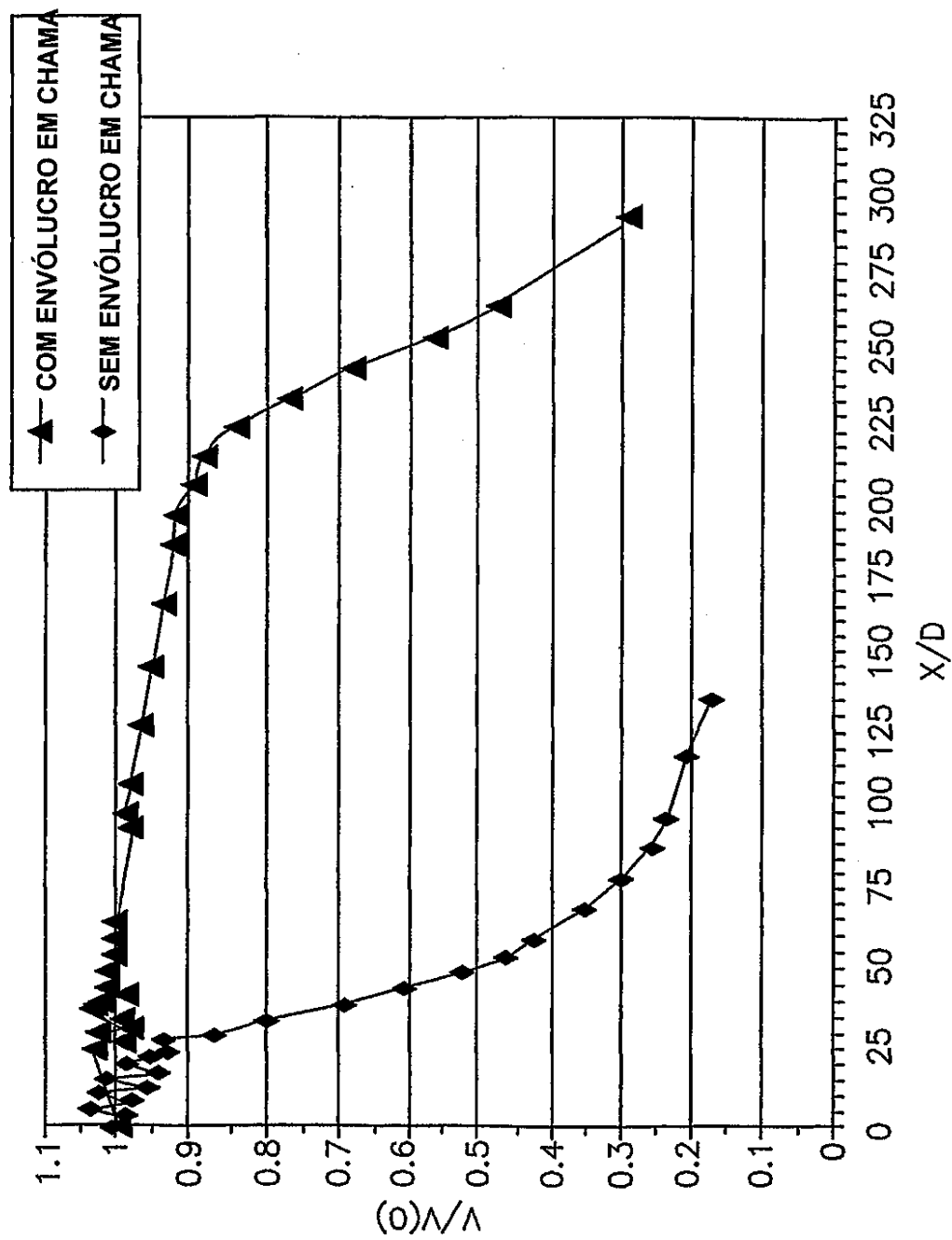


FIG. 4

RESUMO

“MÉTODOS PARA FORMAR E MANTER UM JATO DE GÁS COERENTE NO INTERIOR DE UM VASO E PARA OPERAR UM VASO METALÚRGICO CONTENDO METAL EM FUSÃO”

5 Um método para operar um vaso a vácuo com um jato coerente no qual condições de vácuo são estabelecidas no interior do caso e um invólucro de chama ancorado ou afixado resultante de combustível e oxidante à velocidade subsônica ser fornecido de pelo menos uma corrente de gás supersônica. Outro aspecto da invenção reside em um método para formar
10 e manter um jato de gás coerente no interior de um vaso no qual condições a vácuo são estabelecidas, fornecer combustível e oxidante a uma velocidade subsônica ao interior do vaso em torno da dita corrente, e efetuar a combustão do combustível e oxidante para formar um invólucro de chama em torno da corrente de gás para formar e manter a dita corrente de gás como um jato
15 coerente.