

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

(21) **PI0706435-7 A2**

(22) Data de Depósito: 09/01/2007
(43) Data da Publicação: 29/03/2011
(RPI 2099)



(51) *Int.Cl.:*
B01D 53/56

(54) Título: **MÉTODO E APARELHO PARA REDUZIR EMISSÕES DE NO_x EM FORNOS GIRATÓRIOS POR SNCR**

(30) Prioridade Unionista: 09/01/2006 US 60/757,376, 28/04/2006 US 60/796,113, 28/06/2006 US 60/806,038, 15/11/2006 US 60/866,046, 15/11/2006 US 60/866,046, 15/11/2006 US 60/866,046, 15/11/2006 US 60/866,046, 28/04/2006 US 60/796,113, 28/06/2006 US 60/806,038

(73) Titular(es): Ash Grove Cement Company, Cadence Environmental Energy INC

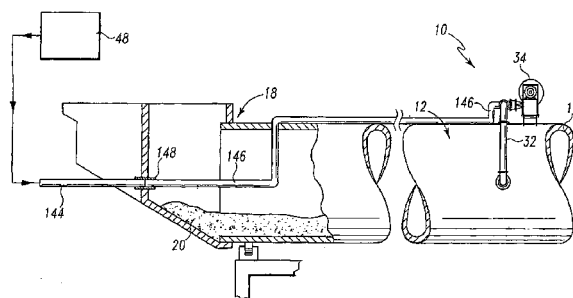
(72) Inventor(es): Eric R. Hansen, James R. Tutt, Kenneth J. Derksen, Kevin Blankenship, Ralph A. Supelak, Walter Parker

(74) Procurador(es): Nellie Anne Daniel Shores

(86) Pedido Internacional: PCT US2007060264 de 09/01/2007

(87) Publicação Internacional: WO 2007/082198 de 19/07/2007

(57) Resumo: MÉTODO E APARELHO PARA REDUZIR EMISSÕES DE NO_x EM FORNOS GIRATÓRIOS POR SNCR Método para operar um forno de processamento de minério que inclui introduzir uma quantidade de agente redutor de redução não catalítica seletiva (SNCR) no forno. O agente redutor de SNCR pode ser um sólido, líquido ou gás. É também descrito um forno de processamento de minério modificado para implementação de SNCR.



"MÉTODO E APARELHO PARA REDUZIR EMISSÕES DE NO_x EM FORNOS GIRATÓRIOS POR SNCR"

Este pedido reivindica a prioridade do Pedido de Patente Provisório US 60/757.376 de 9 de janeiro de 2006, intitulado "METHOD AND APPARATUS FOR REDUCING NO_x EMISSIONS IN LONG CEMENT ROTARY KILNS BY SNCR"; Pedido de Patente Provisório US 60/796.113 depositado em 28 de abril de 2006, intitulado METHOD AND APPARATUS FOR REDUCING NO_x EMISSIONS IN ROTARY KILNS BY SNCR; Pedido de Patente Provisório US 60/806.038 depositado em 28 de junho de 2006, intitulado METHOD AND APPARATUS FOR REDUCING NO_x EMISSIONS IN ROTARY KILNS BY SNCR; e Pedido de Patente Provisório US 60/866.046 de 15 de novembro de 2006, intitulado METHOD AND APPARATUS FOR REDUCING NO_x EMISSIONS IN ROTARY KILNS BY SNCR. A totalidade de cada um desses pedidos provisórios é aqui incorporada a título de referência.

CAMPO TÉCNICO

A presente exposição refere-se a fornos para processamento de minério, e, em particular, àqueles fornos nos quais o minério processado libera gás durante o termoprocessamento.

ANTECEDENTES

No processo comercial largamente usado para a fabricação de cimento, as etapas de secar, calcinar, e clínquerizar as matérias primas do cimento são obtidas por passagem das matérias primas finamente divididas, incluindo materiais calcários, sílica e alumina, através de uma vaso ou forno giratório, inclinado, aquecido. No que é conhecido co-

mo fornos giratórios, longos, secos ou de via úmida, o inteiro processo de aquecimento de minério é conduzido em um cilindro de forno giratório aquecido, comumente referido como um "vaso giratório". O vaso giratório é tipicamente de 3,05 m (10 pés) a mais que 7,62 m (25 pés) de diâmetro e 45,72 m (150 pés) a 213,36 m (700 pés) de comprimento (razões típicas de comprimento para diâmetro de 15:1 a 40:1) e é inclinado de modo que o vaso é girado, as matérias primas alimentadas na extremidade do cilindro do forno se movem sob a influência da gravidade devido à extremidade "queimada", onde o processo de clinquerização final ocorre e onde o clínquer do cimento produto é descarregado para resfriamento e posterior processamento. As temperaturas de gás do forno na zona de clinquerização queimada do forno variam de cerca de 1.300°C (~2.400°F) a cerca de 2.200°C (~4.000°F). As temperaturas de saída de gás do forno são tão baixas quanto cerca de 250°C (~400°F) a 350°C (~650°F) na extremidade superior receptora de minério dos assim chamados fornos de processo via úmida. Temperaturas de gás no forno até 1.100°C (~2.000°F) existem na extremidade superior dos fornos giratórios de processo via úmida.

Geralmente, os técnicos especializados consideram que o processo de fabricação de cimento dentro do forno giratório ocorre em vários estágios conforme a matéria prima flui da extremidade de alimentação de minério da saída do gás de refrigeração para a extremidade inferior da saída do clínquer/queimado do vaso do forno giratório. Na medida em que o minério se move para baixo no comprimento do forno,

ele é submetido a temperaturas crescentes de gás de forno. Assim, na porção superior do cilindro de forno, onde as temperaturas de gás de forno são as menores, os materiais de minério no processo primeiramente passam por um processo de
5 secagem/pré-aquecimento e depois disso se movem para baixo do cilindro do forno até que a temperatura seja elevada para a temperatura de calcinação. O comprimento do forno, onde o minério está passando por um processo de calcinação (liberando dióxido de carbono) é designado como a zona de calci-
10 nação. O minério no processo finalmente se move para baixo no forno em uma zona onde as temperaturas de gás são as mais quentes, a zona de clínquerização na extremidade inferior queimada do cilindro de forno. A corrente gasosa do forno se move em contrafluxo aos materiais de minério no processo
15 provenientes da zona de clínquerização, através da zona de calcinação intermediária e a zona de secagem/pré-aquecimento do minério e para fora da extremidade de saída de gás superior do forno para um sistema de coleta de poeira do forno. O fluxo de gases do forno através do forno pode ser contro-
20 lado em alguma extensão por um ventilador de indução de exaustão posicionado na corrente de exaustão de gás do forno. Durante os últimos 10 a 20 anos, os fornos de cimento com pré-aquecedor/pré-calcinador provaram usar energia de forma mais eficaz que os fornos longos tradicionais. Em fornos com
25 pré-aquecedor/pré-calcinador, a alimentação de matéria prima de minério é aquecida para temperaturas de calcinação em um vaso de contrafluxo estacionário com pré-aquecedor/pré-calcinador antes de cair em um vaso giratório aquecido para

as reações de clinquerização em temperaturas mais altas.

Alguns operadores de forno têm experimentado redução não catalítica seletiva (SNCR) como um método para reduzir as emissões de óxido de nitrogênio (NO_x). SNCR mostrou ser uma técnica de controle de NO_x eficaz e retroajustável como discutida em "A Mode for Prediction of Selective Noncatalytic Reduction of Nitrogen Oxides by Ammonia, Urea, and Cyanuric Acid with Mixing Limitations in the Presence of CO" por Brower et al., Twenty Sixth Symposium (International) on Combustion/The Combustion Institute, 1996, pp. 2117-2124, cuja totalidade é aqui incorporada a título de referência. SNCR tem sido demonstrada em fornos de cimento onde uma corrente contínua de uréia ou de amônia pode ser introduzida nos fornos de cimento na região de temperatura crítica, onde a reação de SNCR ocorre, 900°C a 1.100°C. Nos fornos de cimentos com pré-aquecedor/pré-calcinador, a zona de temperatura crítica está na parte estacionária do pré-aquecedor/pré-calcinador, a jusante do forno giratório, onde é prático introduzir uma corrente contínua de amônia ou de solução de uréia através da corrente gasosa. Em fornos de cimento de processo, longos, convencionais, a temperatura do gás de exaustão é tipicamente menor que 600°C, bem abaixo dos 900°C mínimos requeridos para a reação de SNCR ocorrer. Em alguns fornos longos, conceitos têm sugerido injetar uréia a partir da extremidade de descarga de gás do forno sob alta velocidade de modo a alcançar a zona de temperatura necessária, conforme descrição na Patente US 5.728.357. Contudo, na medida em que tal método é ainda eficaz, não é prático

co para fornos onde não é possível injetar a uréia na zona de temperatura crítica a partir da extremidade do forno, devido à existência de aparelho de troca de calor interna como um sistema em cadeia ou a distância é simplesmente muito grande (i.e. mais que 50 metros).

Como tal, foi também tentado introduzir uréia através de uma abertura na parede do forno giratório. Por exemplo, pelotas de uréia têm sido introduzidas através de uma abertura na parede do forno, tal como através do tubo inclinado de pneu. Contudo, não foi observada nenhuma resposta significativa (i.e. redução de NO_x). Isso não é surpreendente mesmo quando o ponto de adição de uréia está na faixa de temperatura correta. Isso é verdade por várias razões. Por exemplo, a oportunidade para a introdução de uréia através de uma abertura na parede do forno só acontece uma vez por revolução nos tubos inclinados de injeção de pneu correntes. Fornos de secagem longos giram tipicamente uma vez a cada 45 segundos. A velocidade do gás quando as temperaturas estão entre 900°C - 1.100°C é de cerca de 6 a 10 metros por segundo. O tempo de residência de gás total na faixa de temperatura crítica para SNCR ocorrer está na faixa de cerca de 3 segundos. A uréia está comercialmente disponível primariamente na forma de pelotas de 1 mm a 2 mm de diâmetro já que o uso primário é como fertilizante (pelotas facilitam o espalhamento) ou para dissolver em uma solução aquosa conforme usada para injeção de uréia para SNCR (onde as pelotas facilitam a dissolução). A adição das pelotas em uma corrente gasosa de 900°C - 1.100°C resulta em volatilização quase ins-

tantânea da uréia (que tem uma temperatura de dissociação de 133°C) devido à alta área de superfície exposta ao calor de transferência do gás de forno ou do leito de minério a 800°C onde ele pode entrar em contato. Portanto, uma carga de pe-
5 lotas de uréia trata o gás de forno por somente uma pequena porção de tempo entre cargas, provavelmente no máximo por somente um ou dois segundos. Assim, nos 45 segundos entre as cargas, há somente uns poucos segundos quando os voláteis estão sendo liberados da uréia e a maioria dos gases do for-
10 no perde o tratamento.

Um problema adicional a ser superado na implementação de SNCR é a estratificação dos gases do forno. Na zona do forno onde a temperatura do gás é de 900°C a 1.100°C, a temperatura do material no fundo do forno está na temperatu-
15 ra de calcinação de 850°C e está liberando CO₂ em um peso molecular de 44 versus 30 para o gás de forno. Por causa da diferença de densidade dos gases, os gases no fundo do forno podem ficar no fundo de modo que há uma grande diferença de temperatura entre os gases no fundo e aqueles no topo do
20 forno. Ainda, a uréia adicionada cairá no leito de minério no fundo do forno onde liberará seus voláteis. Esses voláteis tenderão a ficar no fundo do forno e não tratarão a seção transversal inteira de gases resultando em desvio dos gases no topo do forno que deixarão o forno não tratados.
25 Tipicamente, fornos longos são de 4 a 6 metros de diâmetro e as velocidades de gás são de 6 a 10 metros por segundo.

Tipicamente, fornos com pré-aquecedor/pré-calcinador utilizando SNCR empregam amônia aquosa ou uréia

aquosa. A amônia aquosa custa, em geral, \$700 por 1.000 kg de amônia. Amônia anidra (gás amônia) é significativamente menos caro, i.e. \$400 por 1.000 kg. Contudo, a amônia anidra de custo efetivo não é, em geral, usada por várias razões.

5 Primeiramente, amônia anidra deve ser manipulada como um material perigoso. Isso envolve certas exigências reguladoras e similares. Além disso, amônia anidra é difícil de misturar em uma seção transversal inteira dos gases do forno no duto do forno.

10 SUMÁRIO

De acordo com um aspecto da presente invenção, um agente redutor, tal como uréia ou amônia, é introduzido em um forno de processamento de minério para reduzir emissões de NO_x por SNCR. O agente redutor de SNCR pode ser introdu-

15 zido como gás, líquido ou sólido. Além disso, o agente redutor de SNCR pode ser introduzido como os produtos de decomposição gasosa de um líquido ou sólido.

Em um outro aspecto da presente exposição, a introdução do agente redutor de SNCR é complementada por ar de

20 alta energia/velocidade que é injetado na corrente gasosa do forno. O agente redutor de SNCR pode ser introduzido com ar pressurizado ou separadamente dele. Em qualquer desses casos, o ar pressurizado tanto reduz como ainda elimina a estratificação dos gases no forno de processamento de minério,

25 enquanto também distribui o agente redutor de SNCR através da seção transversal do forno.

O ar de alta energia/velocidade é injetado no vaso giratório em uma velocidade de cerca de 30,48 m (100 pés) a

304,8 m (1.000 pés) por segundo, tipicamente de uma fonte de pressurização de ar que fornece uma pressão estática maior que 0,15 atm, e em um aspecto da presente exposição, em um ponto ao longo de uma metade do comprimento inferior do vaso giratório, onde a diferença de temperatura entre os gases do forno e do minério é a maior, para misturar o gás liberado do minério com os gases de combustão do queimador primário. A vazão de massa do ar injetado é de cerca de 1 a cerca de 15% da vazão de massa de uso do ar de combustão pelo forno.

Em um aspecto exemplar específico da exposição, é descrito um método para implementar SNCR em um forno longo convencional que inclui cimento, cal, agregado leve, lama de cal, e outros fornos de processamento de minério. A uréia é introduzida através da parede do vaso giratório do forno. A uréia, seus subprodutos, amônia, ou outros materiais contendo amônia podem ser introduzidos (na forma de um gás, sólido ou líquido) pelo uso de um pleno estacionário. Alternativamente, uréia, seus subprodutos, amônia, ou outros materiais contendo amônia podem ser introduzidos (na forma de um gás, sólido, ou líquido) pelo uso de uma pluralidade de tubos inclinados. Outros mecanismos para introduzir uréia, seus subprodutos, amônia, ou outros materiais contendo amônia podem ser também usados.

De acordo com um outro aspecto, a aplicação de SNCR na redução de emissões de NO_x em um forno de cimento com pré-aquecedor/pré-calcinador ou outro forno de processamento de minério é efetuada pelo uso de amônia anidra (gás amônia) como o agente redutor. O gás amônia é misturado em

uma corrente de ar (comprimido) de alta pressão em uma faixa de concentração de 0,1% a 10% em volume de amônia. Essa mistura é injetada no vaso de processamento ou duto estacionário em uma velocidade de cerca de 30% da velocidade do som para a velocidade do som através de um ou mais bocais. De tal modo, gases de forno estratificados são misturados (i.e. desestratificados) e a amônia é misturada com os gases do forno.

Em uma modalidade exemplar, a corrente de ar comprimido contendo de 1% a 10% em volume de amônia é injetada no duto ou vaso a 50% a 100% de velocidade do som através de um ou mais bocais.

BREVE DESCRIÇÃO DOS DESENHOS

As Figuras 1-6 ilustram uma modalidade exemplar de um forno de processamento de minério que foi modificado para a redução de emissões de NO_x por SNCR;

As Figuras 7 e 8 ilustram uma outra modalidade de um forno de processamento de minério que foi modificado para a redução de emissões de NO_x por SNCR;

As Figuras 9-12 ilustram ainda uma outra modalidade de um forno de processamento de minério que foi modificado para a redução de emissões de NO_x por SNCR;

As Figuras 13 e 14 ilustram uma outra modalidade de um forno de processamento de minério que foi modificado para a redução de emissões de NO_x por SNCR;

A Figura 15 ilustra uma outra modalidade de um forno de processamento de minério que foi modificado para a redução de emissões de NO_x por SNCR;

As Figuras 16-20 ilustram uma outra modalidade de um forno de processamento de minério que foi modificado para a redução de emissões de NO_x por SNCR;

5 As Figuras 21-23 ilustram ainda uma outra modalidade de um forno de processamento de minério que foi modificado para a redução de emissões de NO_x por SNCR;

As Figuras 24 e 25 ilustram um forno de processamento de minério tendo um pleno com uma barreira de água para recuperar o agente redutor;

10 As Figuras 26-28 ilustram os vários desenhos para drenar o pleno de um forno de processamento de minério;

A Figura 29 ilustra um forno de processamento de minério com uma unidade de evaporação externa;

15 As Figuras 30 e 31 ilustram um forno de processamento de minério que foi modificado para a redução de emissões de NO_x por SNCR pelo uso de um alimentador de material sólido; e

20 As Figuras 32-41 ilustram, em diagrama, várias configurações de vasos estacionários de pré-aquecedor/pré-calcinador, que foram modificados para incluir injetores que introduzem ar de alta pressão para promover a redução de emissões de NO_x por SNCR nos vasos estacionários.

DESCRIÇÃO DETALHADA DOS DESENHOS

25 De acordo com os conceitos da presente exposição, um agente redutor é introduzido em um forno de processamento de minério para implementar redução não catalítica seletiva (SNCR) como um método para reduzir emissões de óxido de nitrogênio (NO_x). Em muitas modalidades, a introdução do agen-

te redutor é complementada pela introdução de ar pressurizado que é injetado em um forno de processamento de minério para distribuir energia para os gases no forno para obter misturamento em seção transversal dos gases do forno e do agente redutor de SNCR. De tal modo, por introdução de um agente redutor de SNCR com a injeção de ar pressurizado, a estratificação de gases em um forno é reduzida, ou mesmo eliminada, enquanto, ao mesmo tempo, o agente redutor de SNCR é introduzido através da seção transversal do forno. O ar de alta pressão injetado proporciona energia para misturar os gases que são liberados do minério no processo com os gases de combustão provenientes da zona de combustão do forno, enquanto o agente redutor de SNCR reduz as emissões de NO_x . Exemplos da injeção de ar pressurizado nos fornos de processamento de minério para reduzir a estratificação de gases no forno são mostrados nos documentos, do aqui também titular, Patente US 6.672.865 e o Pedido de Patente US 11/137.288 depositado em 25 de maio de 2005, em que a totalidade de ambos é aqui incorporada a título de referência.

Os conceitos da presente exposição podem ser usados para implementar SNCR tanto em fornos longos convencionais como em fornos com pré-aquecedor/pré-calcinador. Materiais tipicamente processados em tais fornos são matérias primas de cimento Portland, argilas, calcário, taconita, e outros materiais minerais que são termicamente processados e liberam gases quando aquecidos.

Em muitas das modalidades descritas aqui, a fonte do agente redutor de SNCR é remota do vaso giratório do for-

no de processamento de minério. O significado aqui do termo "remoto" quando ele se refere à relação da fonte de agente redutor de SNCR relativa ao vaso giratório é que a fonte do agente redutor de SNCR não está fixada ao vaso giratório, e, como tal, não gira com o vaso giratório. Como tal, a fonte de agente redutor de SNCR pode estar configurado como um tanque, reservatório, vaso, tremonha, ou similar que é espaçado do vaso giratório e contém um agente redutor de SNCR líquido, gasoso ou líquido e fornece o agente redutor de SNCR ao vaso giratório durante a operação do forno de processamento de minério. Por exemplo, em algumas das modalidades descritas aqui, um agente redutor de SNCR é fornecido de uma fonte remota a um pleno giratório ou estacionário e depois disso sugado para o vaso giratório. Pelo uso de uma fonte de agente redutor de SNCR que é remoto do vaso giratório, a fonte do agente redutor de SNCR pode ser, por exemplo, reabastecido sem interrupção da operação do forno. Isso é distinto dos desenhos em que um tanque ou similar está fixado ao vaso giratório.

Agora com referência às Figuras 1-6, um forno de processamento de minério 10 inclui um vaso giratório 12 que tem uma parede cilíndrica 14, uma entrada de ar de combustão/extremidade de queimador inferior 16, e uma extremidade de saída de gás superior 18. Em operação, a alimentação de minério bruto 20 é distribuída para a extremidade de saída de gás 18, e, com rotação do vaso giratório 12, o leito de minério se move da extremidade de saída de gás 18 em direção à entrada de ar/extremidade de queimador 16. De tal modo, o

minério flui em contracorrente aos produtos de combustão que se formam na corrente gasosa do forno. Um queimador 24 é suprido de uma fonte de combustível primária 26, e o ar de combustão é retirado de um recuperador de calor 30, através
5 de uma coifa 28, e para a extremidade de entrada de ar de combustão 16. O minério processado sai da extremidade de entrada de ar de combustão 16 e é enviado para o recuperador de calor 30. Um ou mais tubos de injeção de ar 32 em comunicação de fluxo de ar com um pressurizador de ar, tal como um
10 ventilador, um soprador ou um compressor 34 (doravante, para facilitar a descrição, ventilador 34) estão localizados ao longo do comprimento do vaso giratório 12 em pontos onde o minério no processo no leito de minério 22 está calcinando ou onde as diferenças de temperatura entre a corrente gasosa
15 do forno e o leito de minério 22 são as mais extremas, mais tipicamente

na metade mais inferior do vaso giratório 12, a porção mais próxima de entrada de ar de combustão/extremidade de queimador 16 que a extremidade de saída
20 de gás 18. Os tubos de injeção de ar 32 terminam no vaso giratório como um bocal 36 posicionado para direcionar o ar injetado ao longo de um percurso desenhado para conferir um momento rotacional à corrente gasosa do forno. O orifício 38 do bocal 36, em uma modalidade exemplar, tem uma relação de
25 aspectos maior que um.

O forno de processamento de minério 10 pode ser configurado para queimar combustível suplementar, tais como pneus usados distribuídos de uma fonte de combustível suple-

mentar 40 através de um dispositivo de distribuição de combustível 42 no vaso giratório 12 para queimar em contato com o minério no processo no leito de minério 22. Em uma modalidade exemplar, ar é injetado para conferir momento rotacional à corrente gasosa do forno entre tal dispositivo de distribuição de combustível 42 e a entrada de ar de combustão/extremidade de queimador 16. Alternativamente, ar pode ser injetado em um ou mais pontos adicionais ao longo do vaso giratório 12 em localizações entre tal dispositivo de distribuição de gás suplementar 42 e a extremidade de saída de gás 18.

Como mostrado na Figura 4, dois ou mais tubos de injeção de ar 32 podem se estender através da parede cilíndrica 14 do vaso giratório 12. Ar pressurizado é distribuído para os tubos de injeção pelo ventilador 34. Os tubos de ar de injeção 32 terminam no forno em um ponto entre o topo do leito de minério 22 e o eixo de rotação do vaso giratório 12 para direcionar ar injetado de alta energia no vaso giratório para conferir momento rotacional à corrente gasosa do forno. Ao injetar ar de alta energia no forno para produzir momento giratório na corrente gasosa do forno, elementos de combustível suplementares, tais como pneus, que estão queimando na corrente gasosa do forno são continuamente limpos de seus próprios produtos de combustão e contatados com gases mistos do forno para proporcionar condições mais favoráveis para combustão e transferência de energia.

Injeção de ar de misturamento de alta energia eficaz para conferir momento rotacional na corrente gasosa do

forno trabalha para dissipar camadas estratificadas produzidas, por exemplo, por calcinação de minério no leito de minério 22. Com remoção ou dissipação dos estratos de dióxido de carbono mais densos que normalmente cobrem o leito de minério 22, energia radiante da corrente gasosa do forno e das paredes cilíndricas 14 do vaso giratório 12 alcança o leito para permitir mais energia de transferência eficaz entre a corrente gasosa do forno e o minério do processo.

O forno de processamento de minério 10 foi modificado para a implementação de SNCR. Em particular, o ventilador injeta ar, junto com amônia gasosa, os produtos de decomposição gasosa de uréia, ou algum outro gás redutor de SNCR, no vaso giratório 12. Um pleno estacionário 50 circunda a parede 14 do vaso giratório. Ar ambiente é introduzido no pleno 50 através da entrada de ar 52. O pleno 50 é fluidamente acoplado a uma fonte 48 de um agente redutor de SNCR. Na modalidade exemplar das Figuras 1-6, amônia gasosa, os produtos de decomposição gasosa de uréia, ou algum outro gás redutor de SNCR proveniente da fonte 48 é introduzido no pleno 50 através de uma entrada de gás 54. Ar e amônia gasosa, produtos gasosos de decomposição de uréia, ou algum outro gás redutor são então sugados através de uma saída 56, e um conduto 58 pelo ventilador 34, e, depois disso, injetados através do vaso giratório 14 através dos tubos de injeção 32. A saída 56 e o conduto 58 são fixados à entrada do ventilador 34 e assim giram juntamente com o vaso 12 em relação ao pleno estacionário 50. O ar injetado e amônia gasosa (ou produtos gasosos de decomposição de uréia ou algum outro gás

reductor de SNCR) então reduzem os gases de forno estratificados do modo descrito aqui. Em outras palavras, o sistema das Figuras 1-6 funciona não somente para misturar os gases do forno estratificados (conforme descrição nas outras numerosas modalidades descritas aqui), mas também funciona para 5 reduzir emissões de NO_x pela introdução do agente reductor de SCNR.

Um par de vedações mecânicas 60 veda a interface entre o pleno estacionário 50 e um par de placas de face giratórias 62. A superfície do diâmetro interno de cada uma 10 das placas de face 62 é fixada à outra superfície da parede 14 do vaso giratório 12. Como tal, as placas de face 62 giram com o vaso giratório 12. A vedação mecânica 60 é construída de aço de mola. De modo similar às placas 62, a vedação 15 mecânica 60 é conformada em anel com sua porção de diâmetro externa 64 sendo fixada ao pleno estacionário 50 (vide a Figura 3). A porção de diâmetro interno 66 das vedações mecânicas 60 é oblíqua contra as respectivas superfícies externas das placas de face 62 (vide Figura 3). De tal modo, 20 um volume interno 68 é definido por (i) o pleno 50, (ii) a superfície externa da parede do vaso (14), (iii) a vedação 60, e (iv) as placas de face 62. Uma das placas de face 62 tem um orifício definido nela. A saída 56 é fixada a essa placa de face 62 de modo que o volume interno 68 fica em co- 25 munição fluida com o conduto 58.

Deve ser apreciado que outras montagens podem ser usadas para introduzir amônia gasosa, o produtos de decomposição gasosa de uréia, ou algum outro gás reductor de SNCR,

no vaso giratório 12. Por exemplo, a Patente US 5.451.255, do aqui também titular, descreve vários métodos e dispositivos para remover uma porção dos gases de um forno com parte de um sistema de derivação. Tais métodos e dispositivos, com
5 ou sem modificação neles, podem ser usados para introduzir amônia gasosa, os produtos de decomposição gasosa de uréia, ou algum outro gás redutor de SNCR, no vaso giratório 12 (ou em um conduto similar ao conduto 58 para introdução no vaso giratório 12 pelo ventilador 34).

10 Na modalidade exemplar das Figuras 1-6, amônia gasosa, produtos de decomposição gasosa de uréia, ou algum outro gás redutor de SNCR podem ser introduzidos no vaso giratório através da duração da revolução inteira do vaso 12. Várias fontes diferentes 48 de a amônia gasosa, os produtos
15 de decomposição gasosa de uréia, ou algum outro gás redutor de SNCR, podem ser usadas. Por exemplo, amônia gasosa pode ser suprida de um tanque pressurizado ou gerador de amônia. Os produtos de decomposição gasosa de uréia podem ser supridos de uma câmara de pirólise externa próxima ao forno de
20 processamento de minério 10.

Alternativamente, uréia sólida ou aquosa pode ser introduzida no pleno estacionário 50. Como mostrado nas Figuras 7 e 8, uma entrada para material sólido ou tremonha 70 pode ser usada para introduzir materiais sólidos, tais como
25 pelotas de uréia, no pleno 50. Um dispositivo de retenção de ar 72 pode ser usado para impedir que ar e gases escapem do pleno 50. Uréia aquosa pode ser introduzida através da entrada de gás 54. Deve ser apreciado que um dado desenho pode

incluir somente uma de a entrada de gás/líquido 54 e a entrada de material sólido 70, ou ambas. Na modalidade mostrada nas Figuras 7 e 8, ar é introduzido no pleno 50 através de uma entrada de ar 74, com o fluxo na entrada sendo modulado por uma válvula de controle 76, embora outros métodos e dispositivos de entrada de ar possam ser usados. Em uma modalidade exemplar, a uréia sólida ou aquosa é introduzida no pleno 50 onde ela contata a superfície externa quente da parede 14 do vaso giratório 12 e sofre pirólise para os produtos gasosos dentro do pleno 50. Daí, os produtos da decomposição gasosa são sugados para o vaso giratório 12 pelo ventilador 34 do modo descrito acima. A pirólise direta de uréia no pleno 50 é um pouco dependente da temperatura da superfície externa da parede 14 do vaso giratório 12. Tipicamente, a superfície externa da parede 14 do vaso giratório 12 na zona onde o pleno 50 está posicionado tem uma temperatura de cerca de 250°C. Contudo, com o movimento do ar devido ao arraste do ventilador 34 e a capacidade de aquecimento da uréia ou da solução de uréia, pode não haver transferência de calor suficiente do interior do forno para manter suficiente temperatura para obtenção da pirólise em certos desenhos de forno existentes. Uma modificação do material refratário que forra o interior da parede 14 do vaso giratório 12 pode ser feita para assegurar que condução de aquecimento adequada seja mantida para manter a superfície externa da parede 14 do vaso giratório 12 suficientemente quente para efetuar a pirólise da uréia. Tal modificação pode ser feita no vaso giratório interior 12 inteiro ou somente na área do

vaso 12 próxima ao pleno estacionário 50. Em uma modalidade exemplar, o vaso giratório 12 é desenhado de modo que a temperatura da superfície externa da parede 14 do vaso giratório 12 seja mantida entre 250°C e 350°C.

5 Em uma outra modalidade exemplar, o pleno 50 em torno do vaso giratório 12 é alimentado com pelotas de uréia. O material sólido cai para o fundo do pleno estacionário 50 onde ele é coletado em uma panela 78. A panela 78 é aquecida pelo vaso giratório 12, embora, caso seja necessário, a
10 panela 78 possa ser aquecida com aquecedores de tiras elétricas suplementares, vapor de água, ou similar para manter uma temperatura que seja suficientemente quente para pirolisar continuamente a uréia. As pelotas de uréia sofrem pirólise na panela 78, com os produtos de decomposição gasosa
15 destas sendo sugados para o vaso giratório 12 pelo ventilador 34 do modo descrito acima. As pelotas de uréia podem se adicionadas na posição de 12 horas de rotação do vaso, ou alternativamente na posição de 3 ou 6 horas, e cairiam diretamente no fundo do pleno 50 que é aquecido suficientemente para pirolisar a uréia tão rápido quanto é alimentada. A localização da entrada de ar 74 permite que entre
20 suficiente ar para varrer a área de pirólise (i.e., o ar de entrada é puxado através da panela 78).

 Deve ser apreciado que os métodos descritos acima
25 que utilizam a pirólise de uréia (tanto externamente como dentro do pleno 50) permitem ao operador do forno receber e manusear uréia seca ou aquosa, e, depois disso, convertê-la em amônia gasosa no local, de um modo controlado. Isso faz

com que o operador do forno evite manusear quantidades significantes de amônia tóxica no local da planta.

Conforme descrição acima, o pleno estacionário 50 permite o uso eficaz de uréia para SNCR pela adição contínua do reagente relativo ao tempo de residência dos gases no 5 forno. O tempo de residência de gás na zona de temperatura desejada está na faixa de 1 a 5 segundos. O dispositivo e o método descritos acima proporcionam eficaz redução de NO_x já que a amônia gasosa, os produtos de decomposição gasosa de 10 uréia, ou outro gás de redução de SNCR são introduzidos durante esse período de tempo inteiro. Deve ser apreciado que a redução de NO_x eficaz pode ser também obtida por outros métodos e dispositivos. Por exemplo, uréia pode ser introduzida no vaso giratório 12 através de um ou mais dispositivos 15 de distribuição de combustível 42. Exemplos de dispositivos de distribuição de combustível, que podem ser usados, são os dispositivos de distribuição de combustível descritos nas Patentes, do aqui também titular, US 4.850.290 e US 4.930.965, em que a totalidade destas é aqui incorporada a 20 título de referência. Por exemplo, os dispositivos de distribuição de combustível 42 podem ser configurados como quaisquer dos tubos inclinados e associados ao maquinário descrito nas patentes incorporadas acima.

Tipicamente, o período de rotação para um forno de 25 cimento longo é de cerca de 40 a 60 segundos. Como tal, uma carga de uréia moderada pode ser introduzida através de um tubo inclinado no vaso giratório 12 em uma forma que quando ela cai no vaso 12 ela fica pelo menos tanto quanto uma re-

volução para que ela se decomponha completamente. Em tal caso, a redução de NO_x pode ser realizada, particularmente se os voláteis liberados são bem misturados pelo uso de, por exemplo, os métodos de ar injetado descritos aqui (por exemplo, pelo uso do ventilador 34 e o(s) tubo(s) de injeção de ar 32 associado(s).

Logo, para expor o volume do gás do forno (em uma base contínua) aos produtos de dissociação da uréia (ou outro agente redutor de SNCR), a taxa de volatilização da carga pode ser moderada de modo que a liberação dos voláteis dure pelo menos o período entre as cargas. A moderação dos voláteis pode ser realizada pelo processamento da uréia de uma forma a reduzir a transferência de calor da uréia. Tal processamento pode envolver, por exemplo, (i) colocar em contêineres ou acondicionar a uréia (por exemplo, latas de 1 litro ou recipientes de papelão ou sacos), (ii) briquetar ou de outra forma aglomerar a uréia para reduzir a razão de área de superfície para massa (por exemplo, formação de blocos ou tijolos de uréia), (iii) misturar uréia com material como poeira de forno ou combustível sólido alternativo, e/ou (iv) colocar em contêineres ou aglomerar uma mistura de uréia e um outro material para moderar a liberação de voláteis. Outros métodos para moderar a liberação dos voláteis que podem ser usados com os conceitos da presente exposição são os métodos para moderar a liberação de voláteis de um elemento de combustível adicionado descritos na Patente US 5.122.189, do aqui também titular, em que a totalidade da mesma é aqui incorporada a título de referência.

Um exemplo de método para aglomerar uréia inclui formar 1 kg de cargas de pelotas umedecidas em contêineres de papelão. Um outro exemplo de método inclui misturar 1 parte de uréia com 10 partes de poeira do forno, em que a
5 mistura resultante é colocada em uma panela de 18,93 litros (5 galões). Um outro método envolve o leve umedecimento e compressão das pelotas de uréia. Além disso, o processo de fabricação de pelotas pode produzir um subproduto indesejável de aglomerados que pode ser adequado para uso, proporcionando, assim, uma fonte de remoção benéfica para tal des-
10 pejo de fabricação.

Além dos desenhos de tubo inclinado simples, deve ser apreciado que tubos inclinados múltiplos podem ser usados para introduzir uréia no vaso giratório. Por exemplo, um
15 vaso giratório 12 pode ser equipado com dois a seis tubos inclinados (ou talvez até mais). Com um aumento do número de tubos inclinados, a continuidade de introdução de uréia se intensifica. Além disso, uma caçamba pode estar na posição de 9 horas da rotação do vaso, então conforme a caçamba sobre a extremidade do tubo inclinado alcança a posição de
20 10:30, as pelotas começam a cair no tubo inclinado. Essa queda continuará até que o tubo inclinado fique posicionado em cerca da posição 1:30. Então, assumindo que o forno está equipado com quatro de tais tubos, um outro tubo recentemente carregado alcança a posição 10:30 e começa a cair u-
25 réia no tubo inclinado resultando em uma alimentação mais ou menos contínua de uréia granular no forno. O grau de uniformidade para obter os resultados desejados pode ser ajus-

tado pelo uso de mais, ou menos, tubos inclinados. Como cada um dos tubos descritos aqui, no caso do uso de tubos inclinados múltiplos, a redução de NO_x pode ser realizada particularmente se os voláteis liberados estiverem bem misturados
5 pelo uso de, por exemplo, métodos de ar injetado (por exemplo, pelo uso do ventilador 34 e do(s) tubo(s) de injeção de ar associado(s)).

É também possível injetar uréia aquosa nos tubos inclinados através de múltiplas válvulas e bocais em uma tubulação em torno do forno nas posições de 10 horas a 2 horas. Conforme um tubo inclinado gira sob a válvula e o bocal, uma alíquota de líquido é injetada no tubo inclinado. O líquido invade principalmente a superfície do tubo inclinado quente onde a umidade rapidamente evapora e a uréia sólida
10 sofre pirólise em seus produtos de decomposição gasosa, em que tais produtos da decomposição são então dragados para o vaso giratório 12, já que ele está sob pressão negativa com relação à atmosfera. Como acontece com cada um dos métodos descritos aqui, no caso de introdução de uréia aquosa em um
15 ou mais tubos inclinados, a redução de NO_x pode ser realizada, particularmente se os voláteis liberados estão bem misturados pelo uso de, por exemplo, os métodos de ar injetado descritos aqui (por exemplo, pelo uso do ventilador 34 e do(s) tubo(s) de injeção de ar (32) associado(s)).

25 Conforme descrito acima, os produtos da decomposição gasosa da uréia podem ser introduzidos no vaso giratório 12 pelo uso do ventilador 34 e o(s) tubo(s) de injeção de ar 32 associado(s). Deve ser apreciado que a uréia sólida pode

ser também introduzida no vaso giratório 12 pelo uso do ventilador 34 e o(s) tubo(s) de injeção de ar 32 associado(s). Para isso, as pelotas de uréia, pelotas de uréia pulverizada, pó de uréia, ou similar, podem ser introduzidos nos condutos entre o ventilador 34 e o(s) tubo(s) de injeção de ar 32 associado(s) (i.e., em uma local a jusante do ventilador 34). Alternativamente, pelotas de uréia pulverizadas ou pó de uréia podem ser sugados para o ventilador 34 e depois disso descarregadas no vaso giratório 12 através do(s) tubo(s) de injeção de ar 32 associado(s). Em tal caso, o tamanho de grão do pó é selecionado para ser passado de modo eficaz através do ventilador 34. Ao longo dessa linha, se um dado desenho do ventilador 34 passar as pelotas de uréia, não é necessário pulverizar a uréia.

Além disso, os produtos de decomposição gasosa de uréia ou amônia poderiam ser introduzidos nos gases de saída de um forno com pré-aquecedor/pré-calcinador no jato de ar de alta velocidade para misturar os gases. Muitos fornos com pré-aquecedor/pré-calcinador são configurados para injetarem uréia aquosa nos gases de saída do forno. Essas aplicações se confrontam com a necessidade de se alcançar uma distribuição mais uniforme da solução de uréia através dos gases, requerendo assim vários bocais. De acordo com os conceitos da presente exposição, o agente redutor pode ser introduzido no jato de alta pressão, resultando assim em melhor distribuição do agente redutor.

Com referência às Figuras 9-12, é mostrado um outro sistema de SNCR que pode ser usado para injetar um agen-

te redutor de SNCR aquoso 80 (por exemplo, amônia ou uréia aquosa) no vaso giratório 12. A modalidade das Figuras 9-12 permite a injeção do líquido a ser escolhida através 100% da rotação do vaso. O número e o tamanho dos injetores 82 podem
5 ser projetados para satisfazer as necessidades de um dado desenho de forno. Em operação, a velocidade do forno (RPM) e a posição (P1) são detectadas e inseridas em um controlador 84, que entram em um controlador 84, que então calcula o tempo desejado para abrir a válvula solenóide 86 de um dado
10 injetor 82 para permitir que o líquido na câmara de ligação 88 entre no tubo inclinado 90. O líquido é acelerado através do bocal 92 e passa através do tubo inclinado 90 e na posição central dos gases do forno. O controlador 84 calcula o tempo de injeção apropriado para a próxima estação de inje-
15 ção e abre a válvula solenóide correta 86 naquele tempo. Esse processo continua até que o ciclo de todas as seis estações mostradas tenha sido percorrido (embora o sistema possa ser concretizado com qualquer número de injetores). Nessa ocasião, o seguinte tubo inclinado 90 é alinhado e o contro-
20 lador 84 começa a abrir a válvula solenóide guia 86 para recomençar o ciclo. Uma revolução completa do vaso giratório 12 requer três ciclos dos injetores 82 para um total de dezoito injeções, nesse exemplo de modalidade. A taxa de energização de cada uma das válvulas solenóides 86 é dependente da velo-
25 cidade do vaso e, portanto, aumentará quando a velocidade do vaso aumentar, e diminuirá quando a velocidade do vaso diminuir.

Como mostrado nas Figuras 11 e 12, a placa de co-

bertura do tubo inclinado 90 pode incluir uma abertura que permite que o jato de solução aquosa entre no vaso giratório 12. Essa abertura na placa de cobertura pode agir como um septo 96 que separa a área de entrada em dois vasos de con-
 5 tenção 98. Os vasos de contenção 98 podem ser usados para capturar qualquer líquido não fazendo que não esteja efetu-
 ando, com sucesso, o trânsito do bocal 92 para o lado de dentro do vaso giratório 12. O líquido será então levado em
 direção ao topo do vaso 12 com a rotação do vaso e despeja-
 10 do dentro do vaso 12 conforme ele passa através dos 120 graus superiores de sua rotação .

Em um exemplo de construção da modalidade das Fi-
 guras 9-12, os seguintes parâmetros físicos podem ser usa-
 dos:

15	DIÂMETRO DO VASO	(12'-0")
	VELOCIDADE DO VASO	90 RPH
	DIAM. DO TUBO INCLINADO	45,72 cm (18 pol)
	DIÂMETRO DO BOCAL	3,81 cm (1,5 pol)

Espera-se que o sistema de injeção para essa con-
 20 figuração injete 17.000 a 23.000 kg (17-23 toneladas) de lí-
 quido por hora. Contudo, deve ser apreciado que a capacidade
 se alterará com qualquer alteração das propriedades físicas.

Um outro sistema de SNCR que pode ser usado para
 injetar um agente redutor de SNCR (por exemplo, amônia ou
 25 uréia aquosa) no vaso giratório 12 é mostrado nas Figuras 13
 e 14. O sistema das Figuras 13 e 14 é similar ao dos outros
 sistemas descritos aqui em que o agente redutor de SNCR é
 introduzido no local do forno com uma temperatura desejável

(por exemplo, de 927°C a 982°C (1.700 a 1.800°F), com o uso da junta giratória para proporcionar um fornecimento constante do agente redutor gasoso ou líquido. O sistema das Figuras 13 e 14 também facilita o misturamento dentro do forno (i.e., desestratificação). Como mostrado na Figura 14, um injetor de suprimento redundante 110 é incorporado dentro do flange dos tubos de injeção 32 de modo que o gás e/ou líquido redutor de SNCR é introduzido no tubo de injeção 32. A descarga do injetor 100 termina sobre a linha central do tubo de injeção 32 e introduz o agente redutor de SNCR na corrente de ar pressurizada. O injetor 100 pode ser equipado com um bocal atomizador para aumentar as capacidades de misturamento. O agente redutor de SNCR é então acelerado juntamente com o ar de misturamento através do orifício do bocal do tubo de injeção e misturado homogeneamente com o gás do forno. Deve ser apreciado que tal arranjo pode ser também usado para introduzir componentes que não um agente redutor de SNCR no forno. Por exemplo, o combustível líquido e/ou gasoso ou água de despejo podem ser introduzidos pelo injetor 100 e distribuídos ao forno pelo corrente de ar de alta pressão proveniente do tubo de injeção.

Um outro sistema de SNCR que pode ser usado para introduzir um agente redutor de SNCR (por exemplo, amônia aquosa ou uréia aquosa) no vaso giratório 12 é mostrado na Figura 15. Nessa modalidade, uma tubulação de suprimento 144 é disposta ao longo do eixo giratório do forno e entra na extremidade superior 18 do forno de processamento de minério 10. Uma primeira extremidade da tubulação de suprimento 144

é acoplada à fonte 48 do agente redutor de SNCR, nesse caso exemplificativo, um tanque de amônia aquosa ou uréia aquosa. Uma segunda extremidade da tubulação de suprimento 144 é acoplada a uma segunda tubulação de suprimento 146 via acoplamento giratório 148. A tubulação de suprimento 146 sai através da parede 14 do vaso giratório 12 e corre ao longo do comprimento do vaso. A tubulação de suprimento 146 é acoplada à saída do ventilador 34. Por exemplo, a tubulação de suprimento 146 é acoplada em um ponto entre o ventilador 34 e a ramificação dos tubos de injeção 32, conforme mostrado na Figura 15. De tal modo, um agente redutor de SNCR líquido (por exemplo, amônia aquosa ou uréia aquosa) pode ser suprido ao lado pressurizado do ventilador a partir de uma fonte remota de agente redutor de SNCR.

Além disso, deve ser apreciado que na modalidade exemplar da Figura 15, assim como com várias outras modalidades descritas aqui, o agente redutor de SNCR pode ser introduzido na corrente de ar de alta pressão a partir do ventilador 34 de um local dentro do vaso giratório 12. Por exemplo, no caso da modalidade da Figura 15, em vez de acoplar a extremidade terminal da tubulação de suprimento 146 à saída do ventilador 34, a extremidade terminal pode ser inserida no vaso giratório 12 no local que está a montante do ventilador 34 (com relação ao fluxo dos gases do forno com o vaso giratório 12). Em outras palavras, a extremidade terminal da tubulação de suprimento 146 pode se estender no vaso giratório 12 em um local entre a extremidade inferior 16 do forno de processamento de minério 10 e os bocais 36. De tal

modo, o agente redutor de SNCR é introduzido no vaso giratório 12 em uma local a montante onde ele é carregado a jusante pelos gases do forno e para contato com a corrente de ar de alta pressão proveniente dos bocais 36 onde ele é misturado, juntamente com os gases do forno, por toda a seção transversal do vaso giratório 12.

Conforme descrito acima, amônia anidra, amônia aquosa vaporizada, ou outros gases redutores de SNCR, tais como os produtos da pirólise da uréia, podem ser misturados em uma tubulação na entrada do ventilador e, subseqüentemente, introduzidos no vaso giratório 12 do forno. Um outro exemplo de implementação desse conceito está mostrado nas Figuras 6-20. Diferente do arranjo das Figuras 1-8, onde o pleno 50 é estacionário, no exemplo de implementação das Figuras 16-20, um pleno 102 é fixado à parede 14 do vaso giratório 12 e, logo, gira com o vaso 12. Uma saída 104 do pleno 102 é fluidamente acoplada a uma entrada do ventilador 34 pelo conduto 58. Assim, o pleno 102, o ventilador 34, e o conduto 58 giram com o vaso giratório 12. Como mostrado na Figura 18, o pleno 102 tem uma fenda anular 106 formado nele. No exemplo de implementação das Figuras 16-20, a fenda anular 106 é formada no lado do pleno 102 em oposição à saída 104, embora seja contemplado formar a fenda no mesmo lado que a saída 104.

Como mostrado nas Figuras 17 e 20, um bocal injetor 108, ou outro dispositivo de entrada de gás/ou líquido, se estende na fenda 106. O bocal injetor 108 é estacionário e logo corre dentro da fenda 106 durante a rotação do vaso

giratório 12. Amônia anidra, produtos de decomposição gasosa de uréia, ou algum outro gás redutor de SNCR é introduzido no pleno 102 via o bocal injetor 108. Do lado de fora, o ar ambiente é também dragado para o pleno 102 através da fenda 106, onde ele é misturado com a amônia anidra (ou outro gás redutor de SNCR). O ar misto e amônia anidra (ou outro gás redutor de SNCR) são dragados através da saída 104 do pleno 102 e o conduto 58 pelo ventilador 34, e, depois disso, injetados no vaso giratório 12 através dos tubos de injeção 32.

O bocal injetor 108 pode se estender no pleno 102 em quaisquer de numerosos locais. Por exemplo, como mostrado na Figura 17, o bocal injetor 108 se estende no pleno 102 proximalmente ao fundo do pleno (por exemplo, na posição de 6 horas). Contudo, outros locais podem ser usados para satisfazerem as necessidades de um dado desenho de forno.

Deve ser apreciado que um ou ambos de o ventilador 34 e a fenda 10 podem ser configurados para manter a pressão negativa dentro do pleno 102. Ao se fazer isso, a amônia anidra (ou outro gás redutor de SNCR) é impedida de escapar do pleno 102 através da fenda 106. Em uma modalidade exemplar, a fenda 106 é configurada com uma largura de 1,27 cm (1/2 pol) e diâmetro de 14'. Em tal configuração, velocidades de ar geradas por ventiladores, sopradores, ou compressores típicos são mais que suficientes para gerar a pressão negativa necessária para impedir que a amônia anidra (ou outro gás redutor de SNCR) escape do pleno 102 através da fenda 106. Em uma modalidade exemplar, o ventilador 34 pode ser

usado para gerar uma velocidade de entrada de ar de 5,18-12,19 m/s (17-40 pés/segundo).

Deve ser também apreciado que o tamanho da fenda 106 pode ser configurado para permitir que o fluxo de massa de ar desejado seja suprido ao ventilador 34. Em outras palavras, uma configuração de sistema pode ser desenhada que satisfaça o fluxo de massa de ar requerido para a operação do forno, enquanto a pressão negativa é também mantida dentro do pleno 102. Contudo, se um dado desenho de forno requerer um fluxo de massa de ar acima do que pode ser sugado através de um dado desenho de fenda, uma entrada de ar suplementar pode ser acoplada à entrada do ventilador 34.

Como aludido acima, além dos gases redutores de SNCR, agentes redutores de SNCR aquosos podem ser também introduzidos via o bocal injetor 108. Além disso, outras configurações podem ser usadas para facilitarem o uso de agentes redutores de SNCR aquosos. Por exemplo, como mostrado nas Figuras 21-28, o pleno 102 pode ser configurado com vários levantadores 110 que se estendem de uma superfície interna 112 da parede lateral do pleno 114. Nesse arranjo, a amônia aquosa (ou outro agente redutor de SNCR) é introduzida no pleno 102 em um local próximo à extremidade superior dele (por exemplo, 11 horas), embora outros locais possam ser usados para satisfazer as necessidades de um dado desenho de forno. A amônia aquosa é direcionada sobre uma superfície interna 116 da parede interna do pleno 118, onde ela é aquecida por energia térmica proveniente da parede 14 do vaso giratório 12. Deve ser apreciado, que em algumas configura-

ções, a superfície externa da parede 14 do vaso giratório 12 pode definir a parede interna do pleno 102, em cujo caso a amônia aquosa seria direcionada sobre a parede 14. Em qualquer dos casos, a combinação do calor proveniente da superfície da parede 14 do vaso giratório 12 e do fluxo de ar que está sendo sugado através do pleno 102 pelo ventilador 34 facilita a evaporação da amônia aquosa com os produtos da evaporação dela sendo aspirados para o vaso giratório 12 do modo descrito acima. Os levantadores 110 proporcionam movimento constante da amônia aquosa para aumentar sua exposição de área para a superfície de parede aquecida e o fluxo de ar.

Como mostrados nas Figuras 23-28, numerosos arranjos diferentes podem ser usados para administrar o excesso de amônia aquosa, se alguma, no pleno 102. Em uma implementação, um simples dreno 120 pode ser usado para drenar o pleno 102. Como mostrado nas Figuras 26 e 27, o dreno 120 pode ser estacionário de modo que o líquido em excesso pode ser drenado para o coletor de dreno 122. Uma vez capturado pelo coletor 122, o líquido drenado pode ser então recirculado no pleno 102, se desejado. Alternativamente, conforme mostrado na Figura 28, o dreno 120 pode ser integrado ao pleno 102 e plugado com um plugue de dreno 124. Em tal caso, o excesso de líquido pode ser periodicamente drenado por remoção do plugue 124. Conforme mostrado nas Figuras 24 e 25, excesso de líquido pode avançar para uma câmara de aquecimento suplementar 126 via, por exemplo, uma barreira aquosa 128 onde ele é aquecido e subsequente evaporado por um

elemento aquecedor 130 (por exemplo, um elemento aquecedor com resistência elétrica). Os produtos de evaporação provenientes da câmara de aquecimento 126 são sugados de volta para o pleno 102 e subseqüentemente introduzidos no vaso giratório 12. Qualquer excesso de líquido na câmara de aquecimento suplementar 126 é drenado via um dreno 132.

Uma outra implementação utilizando amônia aquosa é mostrada na Figura 29. Nesse caso, a amônia aquosa é introduzida em uma unidade de evaporação 134 que é externa ao forno. A unidade de evaporação 134 evapora a amônia aquosa com os produtos de evaporação dela que são introduzidos no pleno 102 via o bocal injetor 108 e subseqüentemente dragados para o vaso giratório 12 no modo descrito acima.

Deve ser entendido que além dos agentes redutores de SNCR aquosos e líquidos, agentes redutores secos e/ou sólidos podem ser também introduzidos através da fenda 106 e logo no vaso giratório do pleno 102. Por exemplo, pelotas de uréia pulverizada, pó de uréia, ou outros sólidos podem ser introduzidos no pleno 102 por meio de um dispositivo de injeção de sólido ou pó que se estende através da fenda 106. Além disso, como mostrado nas Figuras 30 e 31, o pleno 102 pode ser incorporado com uma fenda 136 definida em sua superfície anular externa 138. Um de um par de flanges angulados 140 está posicionado em cada lado da fenda 136. Um alimentador, tal como um alimentador em parafuso 142, alimenta as pelotas de uréia, pelotas de uréia pulverizadas, pó de uréia, ou outro agente redutor de SNCR sólido através da fenda 106 e para o pleno 102. Daí, as pelotas de uréia, pe-

lotas de uréia pulverizadas, pó de uréia ou outro agente re-
dutor de SNCR sólido são sugados para a entrada dos ventila-
dores 34 e depois disso descarregados no vaso giratório 12
através do(s) tubo(s) de injeção de ar 32. Em tal caso, o
5 tamanho de grão do pó ou o tamanho das pelotas podem ser se-
lecionados para serem eficazmente passadas através dos ven-
tiladores 34.

Com referência às Figuras 32-41, várias configura-
ções de porções estacionárias 150 de um forno com pré-
10 aquecedor/pré-calcinador são ilustradas tendo pontos para
injeção de ar de alta pressão para as porções estacionárias
150 para criar misturamento nas correntes gasosas do forno
que fluem através das porções estacionárias 150. Assim, ar
pode ser injetado sob alta pressão, por exemplo, de um ven-
15 tilador, soprador, ou compressor através de um ou mais pon-
tos localizados nas paredes da porção estacionária 150 de
qualquer forno com pré-aquecedor/pré-calcinador para propor-
cionar momento de misturamento do gás com conseqüente redu-
ção de poluentes associados à estratificação e heterogenei-
20 dade de combustão localizada em tal equipamento com pré-
aquecedor/pré-calcinador.

Referindo-se à Figura 32, a porção estacionária
150 inclui um vaso estacionário ou duto de levantador 152,
que é posicionado próximo à extremidade superior 18 do vaso
25 giratório 12. Como tal, o vaso estacionário 152 é acoplado
ao vaso giratório 12 de modo que a corrente gasosa do forno
154 flui para fora do vaso giratório 12 e para o vaso esta-
cionário 152. A corrente gasosa do forno 154 flui de uma ex-

tremidade inferior 156 para uma extremidade superior 158 do vaso estacionário 152.

A porção estacionária 150 pode incluir uma zona de combustão secundária 160 que introduz ar de combustão pré-aquecido tal como ar terciário 162 via uma entrada 164. A zona de combustão secundária 160 inclui o fluxo de ar terciário aquecido 162 em uma faixa de temperatura de cerca de 760°C a 1.093°C (1.400°F a 2.000°F). Nesse local, o fluxo de ar terciário aquecido 162 é introduzido na porção estacionária 150 para auxiliar a combustão dentro da porção estacionária 150. A porção estacionária 150 pode incluir também uma entrada de combustível 166 e montagem de alimentação 168. A entrada de combustível 166 se abre para a porção estacionária 150 através da qual combustível, tal como carvão, pode ser introduzido na porção estacionária 150. A montagem de alimentação 168 se abre para a porção estacionária 150 através da qual alimentação, tal como minério 20, pode ser introduzida na porção estacionária 150. Para o forno com pré-aquecedor/pré-calcinador, a porção estacionária 150 pode incluir também bocais para proporcionar gás contendo oxigênio, tipicamente ar de combustão pré-aquecido, adjacente à entrada de combustível 166 para promover a distribuição do combustível que flui através da entrada de combustível 166 e a alimentação que flui para a porção estacionária 150 via a montagem de alimentação 168.

A porção estacionária 150 pode incluir também um injetor 170 para introduzir uma corrente de ar de alta pressão 172 no vaso estacionário 152 conforme mostrado na Figura

32. O injetor 170 pode ser concretizado como uma peça de tubulação de aço carbono 80 regular conectada a um ventilador, soprador, ou compressor (daqui por diante, para facilidade de descrição, compressor 174), que gera a quantidade de ar de alta pressão 172. Tal peça de tubulação pode ser configurada com um ou mais orifícios através dos quais o ar de alta pressão flui para a porção estacionária. Em uma modalidade, o injetor 170 é posicionado em uma metade superior do vaso estacionário 152. A quantidade de ar de alta pressão 172 é ar não aquecido tal como ar ambiente. Em outras palavras, esse ar de alta pressão 172 está não aquecido pelo processo do forno antes da entrada na porção estacionária 150. A quantidade de ar de alta pressão 172 emitida dos injetores 170 confere momento às correntes gasosas do forno 154 para dissipar quaisquer camadas estratificadas das correntes gasosas do forno 154 que fluem da extremidade inferior 156 para a extremidade superior 158 do vaso estacionário 152. Como tal, a quantidade de ar de alta pressão 172 confere momento às correntes gasosas do forno 154, que estão saindo do vaso giratório e fluindo através da porção estacionária 150. Deve ser apreciado que embora somente um injetor simples 170 seja mostrado na Figura 32, qualquer número de injetores pode ser usado.

Em uma modalidade, o injetor 170 pode ser posicionado para introduzir a quantidade de ar de alta pressão 172 que confere momento em uma direção que é perpendicular com relação à direção do fluxo das correntes gasosas do forno 154. Tal momento pode ser quantificado com relação à massa

de gás e sólidos a serem misturados. Deve ser apreciado que quando maior a razão do momento induzido para a massa de gás a ser misturada, mais rápida será o misturamento. Por exemplo, um vaso ou duto pré-calcinador operado em uma capacidade de 2.300×10^3 kg (2.300 toneladas) por dia terá uma vazão de massa de 78 kg/s de sólido e gás. Um injetor simples 170 injeta 1.66 kg/s de ar 172 em uma velocidade de 248 m/s, conferindo assim um vetor adicional de momento de 412 kg*m/s. O momento adicional conferido à razão de massa no vaso é de 5,28*m/s por kg de fluxo de calcinador (i.e., por kg de gás e sólidos que entram no vaso calcinador).

De acordo com uma modalidade exemplar, o injetor 170 pode ser operado para introduzir uma quantidade de ar de alta pressão 172 de modo que o momento para razão de massa resultante está entre 2,0 e 20,0 kg*m/s por kg de gás e sólidos que entram no vaso calcinador. Em uma modalidade exemplar mais específica, o injetor 170 pode ser operado para introduzir uma quantidade de ar de alta pressão 172 de modo que o momento resultante para a razão de massa está entre 4,0 e 10,0 kg*m/s por kg de gás e sólidos que entram no vaso calcinador.

Em uma modalidade, os injetores 170 podem introduzir a quantidade de ar de alta pressão 172 em uma pressão de cerca de 41,37 kPa (6 psi). Em uma outra modalidade, os injetores 170 podem introduzir a quantidade de ar de alta pressão 172 em uma pressão de cerca de 41,37 kPa a 82,74 kPa (6 psi a 12 psi). Em ainda uma outra modalidade, os injetores 170 podem introduzir a quantidade de ar de alta pressão

172 em uma pressão de cerca de 13,79 kPa a 103,42 kPa (2 psi a 15 psi). Ainda, também em uma outra modalidade, os injetores 170 podem introduzir a quantidade de ar de alta pressão 172 em uma pressão de cerca de 13,79 kPa a 689,48 kPa (2 psi a 100 psi).

Em uma modalidade, os injetores 170 podem introduzir a quantidade de ar de alta pressão 172 em uma vazão mássica de cerca de 1% a cerca de 5% da vazão mássica da porção estacionária 150 (i.e. a vazão mássica total de sólidos e gases que entram no vaso calcinador). Em uma outra modalidade, os injetores 170 podem introduzir a quantidade de ar de alta pressão 172 em uma vazão mássica de cerca de 2% da vazão mássica total da porção estacionária 150.

Em uma modalidade, os injetores 170 podem ser posicionados para introduzir o ar de alta pressão 172 que confere momento em um ângulo não perpendicular com relação à direção de fluxo da corrente gasosa do forno 154, conforme mostrado na Figura 33. Além disso, embora dois injetores 170 sejam mostrados na Figura 33, deve ser apreciado que somente um injetor simples 170 pode ser usado. Inversamente, mais que dois injetores podem ser também usados.

Com referência à Figura 34, os injetores 170 podem ser também posicionados, com respeito à direção de fluxo da corrente gasosa do forno 154, a jusante da entrada de combustível 166 e montagem de alimentação 168. Como tal, os injetores 170 são posicionados acima de a entrada de fluxo 166 e a montagem de alimentação 168. Os injetores 170 podem introduzir o ar de alta pressão 172 em uma posição a jusante

da entrada de combustível 166 e a montagem de alimentação 168. Embora dois injetores 170 sejam mostrados na Figura 34, deve ser apreciado que somente um simples injetor 170 pode ser usado. Inversamente, mais que dois injetores podem ser
5 usados também.

Como mostrado na Figura 35, com respeito à direção de fluxo da corrente gasosa 154 através do vaso estacionário 152, o injetor 170 pode ser posicionado a jusante da entrada 164 do ar terciário 162 do vaso estacionário 152. Como tal,
10 o injetor 170 está posicionado acima da entrada 164. De tal modo, o injetor 170 introduz o ar de alta pressão 172 em uma posição a jusante da entrada 164 do ar terciário 162. Como mostrado nas Figuras 36 e 37, o injetor 170 pode ser posicionado em oposição à entrada 164 do ar terciário 162 de mo-
15 do a introduzir o ar de alta pressão 172 para conferir momento ao ar terciário 162. Deve ser apreciado que embora somente um simples injetor 170 seja mostrado nas modalidades das Figuras 35-37, qualquer número de injetores pode ser usado.

20 Com referência à Figura 38, a montagem de alimentação 168 é acoplada à porção estacionária 150 para avançar a alimentação 20, tal como minério, da porção estacionária 150 através do vaso estacionário 152 e para a extremidade superior 18 do vaso giratório 12. Com respeito à direção de
25 fluxo da alimentação 20 através do vaso estacionário 152, o injetor 170 pode ser posicionado a jusante da montagem de alimentação 168. Nessa modalidade, o injetor 170 introduz a quantidade de ar de alta pressão 172 para conferir momento à

alimentação 20 para facilitar o misturamento da alimentação 20 com a corrente gasosa do forno conforme a alimentação 20 sai da montagem de alimentação 168. Por conseguinte, o injetor 170 introduz a quantidade de ar de alta pressão 172 a jusante da alimentação 20 conforme a alimentação 20 avança da porção estacionária 150 para a extremidade superior 18 do vaso giratório 12. Deve ser apreciado que embora somente um injetor simples 170 seja mostrado na Figura 38, qualquer número de injetores pode ser usado.

10 Conforme mostrado na Figura 39, o injetor 170 pode ser posicionado dentro da montagem de alimentação 168 para conferir momento via o ar de alta pressão 172 para a alimentação 20 conforme a alimentação 20 percorre através da montagem de alimentação 168 e para o vaso estacionário 152. Deve ser apreciado que embora somente um injetor simples 170 seja mostrado na Figura 39, qualquer número de injetores pode ser usado.

20 Com respeito às Figuras 40 e 41, o injetor 170 pode ser posicionado em oposição à entrada de combustível 166. Nessa modalidade, o injetor 170 introduz ar de alta pressão 172 para conferir momento ao combustível para facilitar misturamento do combustível conforme ele sai da entrada de combustível 166. Embora somente um injetor simples 170 seja mostrado na Figura 40, qualquer número de injetores pode ser usado.

25 Independentemente da configuração da porção estacionária 150 e da colocação dos injetores 170, o injetores 170 introduzem a quantidade de ar de alta pressão 172 no va-

so estacionário 152 para facilitar o misturamento em seção transversal das correntes gasosas do forno 154 e/ou a alimentação 20. Como tais, os injetores 170 introduzem a quantidade de ar de alta pressão 172 para promover fluxo de misturamento tal como fluxo turbulento, rotacional ou ciclônico, no vaso estacionário 152.

SNCR pode ser também implementada nas porções estacionárias 150 dos fornos com pré-aquecedor/pré-calcinador tal como nos locais ilustrados nas Figuras 32-41, dentre outros locais. Uma maneira de efetuar isso é introduzir amônia anidra no fluxo de ar de alta pressão injetado para tanto misturar os gases que fluem através daquelas porções estacionárias 150 como para reduzir as emissões de NO_x por SNCR. Assim, ar pode ser injetado sob alta pressão, por exemplo, do compressor 174, e amônia anidra através de um ou mais pontos localizados nas paredes da porção estacionária 150 de qualquer forno pré-aquecedor/pré-calcinador para proporcionar momento de misturamento do gás com conseqüente redução de poluentes associados à estratificação e heterogeneidade de combustão localizada em tal equipamento com pré-aquecedor/pré-calcinador e SNCR. A amônia anidra pode ser avançada através do compressor 174 juntamente com o ar, ou pode ser introduzida a jusante do compressor.

Conforme descrito acima com respeito às Figuras 32-41, o misturamento dentro do duto estacionário de um forno com pré-aquecedor/pré-calcinador pode ser obtido pelo uso de ar de alta pressão. SNCR com amônia anidra pode ser obtida colocando-se um pouco de gás amônia na corrente de ar de

alta pressão. Para fazer isso, o gás amônia pode ser introduzido em um processo de forno (por exemplo, fornos com pré-aquecedor/pré-calcinador) em um corrente de ar de alto momento de modo a misturar a amônia através de toda a corrente gasosa a ser tratada. Em modalidades exemplares, ar é introduzido em uma quantidade que é maior que 1% do fluxo de massa no duto e em um momento suficiente para misturar a amônia na seção transversal do duto. Tal arranjo está em completo contraste com as técnicas convencionais de introduzir amônia aquosa nos fornos com pré-aquecedor/pré-calcinador onde somente ar incidental é introduzido com o borrifador aquoso. Além disso, o custo de SNCR pode ser significativamente reduzido através do uso de amônia anidra. Por exemplo, um forno com pré-calcinador de 1.000.000.000 (1.000.000 toneladas) quilogramas por ano pode usar tanto quanto três mil quilogramas (três toneladas) por dia de amônia distribuídos em um custo de cerca de \$700/1.000 kg (\$700/tonelada), ou cerca de \$700.000 por ano. Amônia anidra é muito menos dispendiosa, correntemente \$400/1.000 kg (tonelada). Como tal, pelo uso de amônia anidra, o forno de os mesmos três mil quilogramas por dia usando amônia anidra a \$400/1.000 kg (tonelada) custaria cerca de \$400.000 por ano para amônia, produzindo assim uma economia de \$300.000 ao ano.

O ar pressurizado e a amônia anidra podem ser introduzidos no forno em uma velocidade de cerca de 30% da velocidade do som até a velocidade do som. Esse jato de velocidade sônica ou próxima da sônica tem momento suficiente para distribuir a amônia por todo o duto e misturar a seção

transversal inteira no duto. De tal modo, a amônia é misturada no gás no duto e o gás comumente estratificado no duto é misturado (i.e. desestratificado). Em outras palavras, a combinação de ambos o misturamento de amônia nos gases do
5 forno e o misturamento dos próprios gases do forno é obtida no duto.

A amônia anidra pode ser misturada no ar comprimido antes ou depois do compressor ou do ventilador. Em outras palavras, o gás de amônia pode ser introduzido na entrada do
10 compressor ou ventilador (por exemplo, o compressor 174 das Figuras 32-41). Alternativamente, como mostrado esquematicamente na Figura 32, a amônia anidra pode ser introduzida na corrente de ar de alta pressão em um local a jusante do compressor ou do ventilador tal como em um local entre o com-
15 pressor 174 e os bocais 170 das Figuras 32-41. Como também mostrado esquematicamente na Figura 32, o agente redutor de SNCR pode ser também introduzido na corrente de ar de alta pressão dentro do vaso em um local onde é direcionado para o ar de alta pressão 172. De tal modo, o agente redutor de
20 SNCR é introduzido no vaso 152 em um local a montante (com relação à direção de fluxo dos gases do forno) onde ele é carregado a jusante pelos gases do forno e entra em contato com a corrente de ar de alta pressão 172 proveniente dos bocais 150, onde ele é misturado, juntamente com os gases do
25 forno, através de toda a seção transversal do vaso 152. Deve ser apreciado que resultados similares podem ser obtidos por introdução do agente redutor de SNCR no mesmo ponto dentro do vaso 152 como o injetor 170, ou mesmo em um ponto ligei-

ramente a jusante do injetor 170, desde que o ar de alta pressão 172 criado pelo injetor 170 aja sobre o agente redutor de SNCR para misturá-lo através de toda a seção transversal do vaso estacionário 152. Em um arranjo exemplar, a amônia anidra é introduzida em um local a jusante do compressor, pois o gás de amônia já está pressurizado. Se implementado na construção de um forno longo, o gás amônia pode ser misturado em uma tubulação na entrada do ventilador.

Além da amônia anidra, outros gases redutores de SNCR podem ser também usados. Por exemplo, os produtos de pirólise da uréia podem ser misturados em uma corrente de ar de alta pressão e subsequente introduzidos no forno.

Em uma implementação exemplar, um forno com pré-aquecedor de 1.600.000 kg por dia (1.600 toneladas por dia) (66.000 kg por hora (66 toneladas por hora)) tem cerca de 150.000 kg por hora (150 toneladas por hora) de gases de combustão para tratar. A quantidade típica de amônia usada é de 0,45 kg (1,0 libra) a 0,90 kg (2 libras) por 1.000 kg (1 tonelada) de clínquer. Para esse forno, em 0,68 kg (1,5 libra) de amônia por 1.000 kg (1 tonelada) de clínquer, é necessário que se misturem 45,35 kg (100 libras) por hora de amônia em 136,08 kg (3.000 libras) por hora (150.000 kg por hora (150 toneladas por hora)) de produtos de combustão. Esse misturamento deve ser feito rapidamente já que o gás do forno fica na zona de temperatura requerida por somente cerca de um segundo. Misturando-se rapidamente tão grande massa gasosa consome uma quantidade significativa de energia. A amônia pode ser misturada na grande quantidade de gás mistu-

rando-se inicialmente a amônia anidra em uma corrente gasosa de alta pressão (14 kPa a 689 kPa (2 psi a 100 psi) ou 103 kPa (15 psi) para este exemplo). Para esse exemplo, os 45,35 kg (100 libras) por hora de amônia (cerca de 40 pés cúbicos por minuto) são misturados em uma corrente de ar comprimido com uma vazão de cerca de 2.250 kg (2,25 toneladas por hora) (1.000 pés cúbicos por minuto). Essa corrente de ar comprimido a 103 kPs (15 psi), agora contendo 4% de gás amônia em volume, é então injetada no duto estacionário do forno em uma velocidade de cerca de 50% da velocidade do som até a velocidade do som. Esse jato de velocidade sônica ou próxima da sônica tem momento suficiente para distribuir gás amônia através de todo o duto e misturar a inteira seção transversal no duto.

Embora a exposição seja suscetível de várias modificações e formas alternativas, modalidades exemplares desta foram mostradas a título de exemplo nos desenhos e foram aqui descritas em detalhes. Contudo, deve ser entendido que não há intenção de se limitar a exposição às formas particulares descritas, mas ao contrário, a intenção é abranger todas as modificações, equivalentes, e alternativas que se enquadram no espírito e escopo da invenção, conforme definida aqui pelas reivindicações apenas.

Há uma pluralidade de vantagens da presente descrição que se origina das várias características do aparelho e métodos descritos aqui. Será observado que embora as modalidades alternativas do aparelho e dos métodos da presente exposição possam não incluir todas as características des-

critas ainda se beneficiam de pelo menos algumas das vantagens de tais características. Aqueles de conhecimento ordinário podem prontamente visualizar suas próprias implementações de um aparelho e método que incorporam uma ou mais das

5 características da presente exposição e se enquadram dentro do espírito e do escopo da presente exposição.



REIVINDICAÇÕES

1. Método para operar um forno de processamento de minério que tem um recipiente giratório inclinado, **CARACTERIZADO** pelo fato de que compreende:

5 girar o recipiente giratório para avançar o minério de uma extremidade superior do recipiente giratório inclinado para uma extremidade inferior do recipiente giratório inclinado,

introduzir uma corrente de ar de alta pressão através de uma abertura em uma parede do recipiente giratório em um local entre a extremidade superior do recipiente giratório e a extremidade inferior do recipiente giratório,

avançar, durante a rotação do recipiente giratório, um agente redutor de SNCR de uma fonte que está distante do recipiente giratório, e

introduzir o agente redutor de SNCR na corrente de ar de alta pressão.

2. Método, de acordo com a reivindicação 1, **CARACTERIZADO** pelo fato de que a etapa de introduzir a corrente de ar de alta pressão inclui introduzir uma vazão de massa de cerca de 1% a cerca de 15% da taxa de consumo de massa de ar de combustão pelo forno de processamento de minério.

3. Método, de acordo com a reivindicação 1, **CARACTERIZADO** pelo fato de que:

o forno de processamento de minério tem ainda um bocal de ar que se estende para o recipiente giratório através da abertura na parede do recipiente, e

a etapa de introduzir a corrente de ar de alta pressão inclui introduzir ar de alta pressão através do bocal de ar.

4. Método, de acordo com a reivindicação 3,
5 **CARACTERIZADO** pelo fato de que

o bocal de ar tem um pressurizador de ar acoplado ao mesmo, e

a etapa de introduzir a corrente de ar de alta pressão inclui introduzir ar de alta pressão do pressurizador de ar através do bocal de ar.
10

5. Método, de acordo com a reivindicação 1,
CARACTERIZADO pelo fato de que:

o forno de processamento de minério tem ainda (i) um bocal de ar que se estende para o recipiente giratório
15 através da abertura na parede do recipiente, (ii) um pressurizador de ar que tem uma saída acoplada ao bocal de ar, e (iii) um plenum acoplado a uma entrada do pressurizador de ar,

a etapa de introduzir a corrente de ar de alta
20 pressão retirar ar do plenum e introduzir ar de alta pressão através do bocal com pressurizador de ar, e

a etapa de introduzir o agente redutor de SNCR inclui (i) introduzir o agente redutor de SNCR no plenum, e (ii) retirar o agente redutor de SNCR do plenum com o pressurizador de ar.
25

6. Método, de acordo com a reivindicação 5,
CARACTERIZADO pelo fato de que a etapa de introduzir o agente redutor de SNCR inclui introduzir um agente redutor de

SNCR gasoso no plenum.

7. Método, de acordo com a reivindicação 5, **CARACTERIZADO** pelo fato de que a etapa de introduzir o agente redutor de SNCR inclui introduzir um agente redutor de
5 SNCR líquido no plenum.

8. Método, de acordo com a reivindicação 7, **CARACTERIZADO** pelo fato de que a etapa de introduzir o agente redutor de SNCR inclui ainda:

pirolisar o agente redutor de SNCR líquido no plenum, e
10

retirar o agente redutor de SNCR pirolisado do plenum e introduzir o agente redutor de SNCR pirolisado através do bocal com o pressurizador de ar.

9. Método, de acordo com a reivindicação 5, **CARACTERIZADO** pelo fato de que a etapa de introduzir o agente redutor de SNCR inclui introduzir um agente redutor de
15 SNCR sólido no plenum.

10. Método, de acordo com a reivindicação 9, **CARACTERIZADO** pelo fato de que a etapa de introduzir o agente redutor de SNCR inclui ainda:
20

pirolisar o agente redutor de SNCR no plenum, e

retirar o agente redutor de SNCR pirolisado do plenum e introduzir o agente redutor de SNCR pirolisado através do bocal com o pressurizador de ar.

25 11. Método, de acordo com a reivindicação 5, **CARACTERIZADO** pelo fato de que a etapa giratória inclui girar o recipiente giratório relativo ao plenum.

12. Método, de acordo com a reivindicação 5,

CARACTERIZADO pelo fato de que a etapa giratória inclui girar o recipiente giratório e o plenum.

13. Método, de acordo com a reivindicação 1, **CARACTERIZADO** pelo fato de que:

5 o forno de processamento de minério tem ainda (i) um bocal de ar que se estende para o recipiente giratório através da abertura na parede do recipiente, e (ii) um pressurizador de ar que tem (a) uma entrada, e (b) uma saída fluidamente acoplada ao bocal de ar,

10 a etapa de introduzir a corrente de ar de alta pressão inclui retirar ar da entrada do pressurizador de ar o introduzir o ar de alta pressão através do bocal de ar com o pressurizador de ar, e

 a etapa de introduzir o agente redutor de SNCR na
15 corrente de ar de alta pressão inclui introduzir o agente redutor de SNCR na corrente de ar de alta pressão em um local entre a saída do pressurizador de ar e o bocal de ar.

14. Método, de acordo com a reivindicação 1, **CARACTERIZADO** pelo fato de que:

20 o forno de processamento de minério tem ainda (i) um bocal de ar que se estende para o recipiente giratório através da abertura na parede do recipiente, e (ii) um pressurizador de ar que tem (a) uma entrada, e (b) uma saída fluidamente acoplada ao bocal de ar,

25 a etapa de introduzir a corrente de ar de alta pressão inclui retirar ar da entrada do pressurizador de ar e introduzir ar de alta pressão através do bocal de ar com o pressurizador de ar, e

a etapa de introduzir o agente redutor de SNCR na corrente de ar de alta pressão inclui introduzir o agente redutor de SNCR em um local a montante da entrada do pressurizador de ar, de modo que o agente redutor de SNCR é puxado para a entrada do pressurizador de ar.

15. Forno de processamento de minério, **CARACTERIZADO** pelo fato de que compreende:

um recipiente giratório inclinado que tem uma extremidade superior e uma extremidade inferior,

10 um queimador posicionado próximo à extremidade inferior do recipiente giratório inclinado,

um bocal de ar que é operável para introduzir uma corrente de ar de alta pressão em um local entre a extremidade superior do recipiente giratório e a extremidade inferior do recipiente giratório,

15 um plenum que tem uma saída fluidamente acoplada ao bocal de ar, e

uma fonte de agente redutor de SNCR acoplado ao plenum para introduzir o agente redutor de SNCR no plenum.

20 16. Forno de processamento de minério, de acordo com a reivindicação 15, **CARACTERIZADO** pelo fato de que compreende, adicionalmente, um pressurizador de ar que tem uma entrada fluidamente acoplada ao plenum e uma saída fluidamente acoplada ao bocal de ar, em que:

25 o plenum tem uma entrada acoplada à fonte do agente redutor de SNCR, e

o pressurizador de ar é operável para retirar ar e o agente redutor de SNCR do plenum e introduzir os mesmos

no recipiente giratório através do bocal de ar.

17. Forno de processamento de minério, de acordo com a reivindicação 16, **CARACTERIZADO** pelo fato de que a entrada o plenum compreende uma fenda radial definida em uma face do plenum.

18. Forno de processamento de minério, de acordo com a reivindicação 16, **CARACTERIZADO** pelo fato de que a entrada do plenum compreende uma entrada de gás.

19. Forno de processamento de minério, **CARACTERIZADO** pelo fato de que compreende:

um recipiente giratório inclinado que tem uma extremidade superior e uma extremidade inferior,

um queimador posicionado próximo à extremidade inferior do vaso giratório inclinado,

um bocal de ar que é operável para introduzir uma corrente de ar de alta pressão em um local entre a extremidade superior do recipiente giratório e a extremidade inferior do recipiente giratório,

uma fonte de um agente redutor de SNCR que é distante do recipiente giratório inclinado, e

dispositivos para introduzir o agente redutor de SNCR proveniente da fonte e na corrente de ar de alta pressão.

20. Método para operar um forno pré-aquecedor/pré-calcinador, que tem um recipiente giratório inclinado e uma porção estacionária acoplada ao recipiente giratório inclinado, em que uma corrente de gás de forno flui em direção do recipiente rotatório inclinado e através da porção girató-

ria, **CARACTERIZADO** pelo fato de que compreende:

avançar minério da porção estacionária para uma extremidade superior do recipiente giratório inclinado,

avançar o minério da extremidade superior do recipiente giratório inclinado para uma extremidade inferior do recipiente rotatório inclinado,

introduzir uma quantidade de ar de combustão e combustível carburante através do recipiente giratório inclinado,

introduzir uma corrente de ar de alta pressão na porção estacionária, em que a corrente de ar de alta pressão confere momento à corrente de gás de forno, e

introduzir amônia anidra na corrente de ar de alta pressão.

21. Método, de acordo com a reivindicação 21, **CARACTERIZADO** pelo fato de que a etapa de introduzir uma corrente de ar de alta pressão inclui introduzir uma corrente de ar de alta pressão não aquecida.

22. Método, de acordo com a reivindicação 21, **CARACTERIZADO** pelo fato de que a etapa de introduzir a corrente de ar de alta pressão na porção estacionária inclui introduzir a corrente de ar de alta pressão em uma vazão de massa de cerca de 1% a cerca de 5% da vazão de massa total de gás e sólidos que entram na porção estacionária.

23. Método, de acordo com a reivindicação 21, **CARACTERIZADO** pelo fato de que a etapa de introduzir a corrente de ar de alta pressão na porção estacionária inclui introduzir o ar de alta pressão em uma pressão de cerca de

13,79 kPa a cerca de 689,476 kPa.

24. Método de operar um forno pré-aquecedor/pré-calcinador que tem um recipiente giratório inclinado e uma porção estacionária acoplada ao recipiente giratório inclinado, em que uma corrente de gás de forno flui em uma direção do recipiente giratório inclinado e através da porção estacionária, **CARACTERIZADO** pelo fato de que compreende:

avançar o minério da porção estacionária para uma extremidade superior do recipiente giratório inclinado,

10 avançar o minério da extremidade superior do recipiente giratório inclinado para uma extremidade inferior do recipiente giratório inclinado,

introduzir uma quantidade de ar de combustão e combustível carburante através da extremidade inferior do
15 recipiente giratório inclinado,

introduzir uma corrente de ar de alta pressão na porção estacionária, em que a corrente de ar de alta pressão confere momento à corrente de gás de forno em uma razão entre 2 e 20 kg*m/s por quilograma de gás e sólidos que entram
20 na porção estacionária, e

introduzir um agente redutor de SNCR na corrente de ar de alta pressão.

25. Método, de acordo com a reivindicação 24, **CARACTERIZADO** pelo fato de que a etapa de introduzir a corrente de ar de alta pressão inclui introduzir uma corrente de ar de alta pressão não aquecida.

26. Método, de acordo com a reivindicação 24, **CARACTERIZADO** pelo fato de que a etapa de introduzir a cor-

rente de ar de alta pressão na porção estacionária inclui introduzir uma corrente de ar de alta pressão em uma vazão de massa de cerca de 1% a cerca de 5% da vazão de massa total de gás e sólidos que entram na porção estacionária.

5 27. Método, de acordo com a reivindicação 24, **CARACTERIZADO** pelo fato de que a etapa de introduzir a corrente de ar de alta pressão na porção estacionária inclui introduzir uma corrente de ar de alta pressão em uma pressão de cerca de 13,79 kPa a cerca de 689,476 kPa.

10 28. Método, de acordo com a reivindicação 24, **CARACTERIZADO** pelo fato de que a etapa de introduzir o agente redutor de SNCR inclui introduzir um agente redutor de SNCR líquido.

15 29. Método, de acordo com a reivindicação 24, **CARACTERIZADO** pelo fato de que a etapa de introduzir o agente redutor de SNCR inclui introduzir um agente redutor de SNCR gasoso.

20 30. Método para operar um forno que tem um recipiente giratório inclinado e uma porção estacionária acoplada ao recipiente giratório inclinado, em que uma corrente de gás do forno flui em uma direção do recipiente giratório inclinado e através da porção estacionária, **CARACTERIZADO** pelo fato de que compreende:

25 avançar minério da porção estacionária para uma extremidade superior do recipiente giratório inclinado,

 avançar o minério da extremidade superior do recipiente giratório inclinado para uma extremidade inferior do recipiente giratório inclinado,

introduzir ar de combustão e combustível carburante através da extremidade inferior do recipiente giratório inclinado,

introduzir uma corrente de ar de alta pressão na
5 porção estacionária em uma vazão de massa de cerca de 1% a cerca de 5% da vazão de massa total de gás e sólidos que entram na porção estacionária para conferir momento à corrente de gás de forno que flui através da porção estacionária, e

introduzir um agente redutor de SNCR na corrente
10 de ar de alta pressão.

31. Método, de acordo com a reivindicação 30, **CARACTERIZADO** pelo fato de que a etapa de introduzir a corrente de ar de alta pressão inclui introduzir uma corrente de ar de alta pressão não aquecida.

15 32. Método, de acordo com a reivindicação 30, **CARACTERIZADO** pelo fato de que a etapa de introduzir a corrente de ar de alta pressão na porção estacionária inclui introduzir a corrente de ar de alta pressão em uma pressão de cerca de 13,79 kPa a cerca de 689,476 kPa.

20 33. Método, de acordo com a reivindicação 30, **CARACTERIZADO** pelo fato de que a etapa de introduzir o agente redutor de SNCR inclui introduzir um agente redutor de SNCR líquido.

25 34. Método, de acordo com a reivindicação 30, **CARACTERIZADO** pelo fato de que a etapa de introduzir o agente redutor de SNCR inclui introduzir um agente redutor de SNCR gasoso.

35. Forno de processamento de minério,

CARACTERIZADO pelo fato de que compreende:

um recipiente giratório inclinado que tem uma extremidade inferior e uma extremidade superior,

um pré-aquecedor/pré-calcinador posicionado próximo à extremidade superior do recipiente rotatório, em que o pré-aquecedor/pré-calcinador inclui (i) um recipiente estacionário, (ii) um injetor que é operável para introduzir uma corrente de ar de alta pressão, em uma pressão de cerca de 13,79 kPa a cerca de 689,476 kPa no recipiente estacionário, e (iii) uma fonte de agente redutor de SNCR que tem uma saída posicionada para introduzir uma quantidade do agente redutor de SNCR no corrente de ar de alta pressão, e

uma montagem de alimentação operável para avançar o minério para a extremidade superior do recipiente giratório de modo que o minério passa através do recipiente estacionário antes do avanço para o recipiente giratório inclinado.

36. Forno de processamento de minério, de acordo com a reivindicação 35, **CARACTERIZADO** pelo fato de que o injetor é posicionado para introduzir a corrente de ar de alta pressão em uma direção que é perpendicular ao recipiente estacionário.

37. Forno de processamento de minério, de acordo com a reivindicação 35, **CARACTERIZADO** pelo fato de que:

o recipiente estacionário tem uma entrada de ar terciária, e

o injetor é posicionado para introduzir a corrente de ar de alta pressão em um local sobre o recipiente esta-

cionário acima da entrada de ar terciária.

38. Forno de processamento de minério, de acordo com a reivindicação 35, **CARACTERIZADO** pelo fato de que o injetor é posicionado para introduzir a corrente de ar de alta
5 pressão em um local sobre o recipiente estacionário abaixo da montagem de alimentação.

39. Forno de processamento de minério, de acordo com a reivindicação 35, **CARACTERIZADO** pelo fato de que o injetor é posicionado para introduzir a corrente de ar de alta
10 pressão em um local sobre o recipiente estacionário acima da montagem de alimentação.

40. Forno de processamento de minério, de acordo com a reivindicação 35, **CARACTERIZADO** pelo fato de que o injetor é posicionado dentro da montagem de alimentação.

15 41. Forno de processamento de minério, de acordo com a reivindicação 35, **CARACTERIZADO** pelo fato de que:

o recipiente estacionário tem uma entrada de combustível, e

o injetor é posicionado para introduzir a corrente
20 de ar de alta pressão em uma local sobre o recipiente estacionário acima da entrada de combustível ar.

42. Forno de processamento de minério, de acordo com a reivindicação 35, **CARACTERIZADO** pelo fato de que a fonte de agente redutor de SNCR compreende uma fonte de a-
25 gente redutor de SNCR gasoso.

43. Forno de processamento de minério, de acordo com a reivindicação 42, **CARACTERIZADO** pelo fato de que o agente redutor de SNCR gasoso compreende amônia anidra.

44. Forno de processamento de minério, de acordo com a reivindicação 35, **CARACTERIZADO** pelo fato de que a fonte de agente redutor de SNCR compreende uma fonte de um agente redutor de SNCR líquido.

5 45. Método para operar um forno de processamento de minério que tem um recipiente giratório inclinado, **CARACTERIZADO** pelo fato de que compreende:

 girar o recipiente giratório para avançar o minério de uma extremidade superior do recipiente giratório inclinado para uma extremidade inferior do recipiente giratório inclinado,

10 introduzir uma corrente de ar de alta pressão através de uma abertura em uma parede do recipiente giratório, em um local entre a extremidade superior do recipiente giratório e a extremidade inferior do recipiente giratório,

15 e
 introduzir um agente redutor de SNCR gasoso na corrente de ar de alta pressão.

 46. Método, de acordo com a reivindicação 45, **CARACTERIZADO** pelo fato de que a etapa de introduzir a corrente de ar de alta pressão inclui introduzir uma vazão de massa de cerca de 1% a cerca de 15% da taxa de consumo de massa de ar de combustão pelo forno de processamento de minério.

25 47. Método, de acordo com a reivindicação 45, **CARACTERIZADO** pelo fato de que:

 o forro de processamento de minério tem um bocal de ar que se estende para o recipiente giratório através da

abertura na parede de recipiente, e

a etapa de introduzir a corrente de ar de alta pressão inclui introduzir a corrente ar de alta de pressão através do bocal de ar.

5 48. Método, de acordo com a reivindicação 47, **CARACTERIZADO** pelo fato de que:

o bocal de ar tem um pressurizador de ar acoplado ao mesmo, e

10 a etapa de introduzir a corrente de ar de alta pressão inclui introduzir ar de alta pressão do pressurizador de ar através do bocal de ar.

49. Método, de acordo com a reivindicação 45, **CARACTERIZADO** pelo fato de que a etapa de introduzir o agente de SNCR gasoso inclui ainda:

15 pirolisar um agente redutor de SNCR em um plenum, e

retirar o agente redutor de SNCR pirolisado do plenum e introduzir o agente redutor de SNCR pirolisado na corrente de ar de alta pressão.

20 50. Método, de acordo com a reivindicação 45, **CARACTERIZADO** pelo fato de que a etapa de introduzir o agente redutor de SNCR gasoso inclui ainda:

pirolisar um agente redutor de SNCR sólido em um plenum, e

25 retirar o agente redutor de SNCR pirolisado do plenum e introduzir o agente redutor de SNCR pirolisado na corrente de ar de alta pressão.

51. Método, de acordo com a reivindicação 45,

CARACTERIZADO pelo fato de que:

o forno de processamento de minério tem ainda (i) um bocal de ar que se estende para o recipiente giratório através da abertura na parede do recipiente, e (ii) um pressurizador de ar que tem (a) uma entrada, e (b) uma saída acoplada ao bocal de ar,

a etapa de introduzir a corrente de ar de alta pressão inclui retirar ar da entrada do pressurizador de ar e introduzir o ar de alta pressão através do bocal de ar com o pressurizador de ar, e

a etapa de introduzir o agente redutor de SNCR gasoso na corrente de ar de alta pressão inclui introduzir o agente redutor de SNCR gasoso na corrente de ar de alta pressão em um local entre a saída do pressurizador de ar e o bocal de ar.

52. Método, de acordo com a reivindicação 45, **CARACTERIZADO** pelo fato de que:

o forno de processamento de minério tem ainda (i) um bocal de ar que estende para o recipiente giratório através da abertura na parede do recipiente, e (ii) um pressurizador de ar que tem (a) uma entrada, e (b) uma saída fluidamente acoplada ao bocal de ar,

a etapa de introduzir a corrente de ar de alta pressão inclui retirar ar da entrada do pressurizador de ar e introduzir ar de alta pressão através do bocal de ar com o pressurizador de ar, e

a etapa de introduzir o agente redutor de SNCR gasoso na corrente de ar de alta pressão inclui introduzir o

agente redutor de SNCR gasoso em um local a montante da entrada do pressurizador de ar de modo que o agente redutor de SNCR gasoso é puxado para a entrada do pressurizador de ar.

53. Forno de processamento de minério,
5 **CARACTERIZADO** pelo fato de que compreende:

um recipiente giratório inclinado tendo uma extremidade superior e uma extremidade inferior,

um queimador posicionado próximo à extremidade inferior do recipiente giratório inclinado,

10 um bocal de ar que é operável para introduzir uma corrente de ar de alta pressão em um local entre a extremidade superior do recipiente giratório e a extremidade inferior do recipiente giratório, e

uma fonte de um agente redutor de SNCR em comunicação fluida com o bocal de ar durante a operação do forno
15 de processamento de minério, em que a fonte do agente redutor de SNCR está distante do recipiente giratório inclinado.

54. Forno de processamento de minério, de acordo com a reivindicação 53, **CARACTERIZADO** pelo fato de que com-
20 preende ainda:

um pressurizador de ar que tem uma saída em comunicação fluida com o bocal de ar,

uma tubulação de suprimento estacionária em comunicação fluida com a fonte do agente redutor de SNCR,

25 uma tubulação de suprimento giratória em comunicação fluida com o bocal de ar, e

um acoplamento giratório que acopla a tubulação estacionária à tubulação giratória.

55. Forno de processamento de minério, de acordo com a reivindicação 53, **CARACTERIZADO** pelo fato de que compreende ainda um plenum que tem (i) uma saída acoplada ao bocal de ar, e (ii) uma entrada acoplada à fonte do agente redutor de SNCR, em que o pressurizador de ar é operável para retirar ar e o agente redutor de SNCR do plenum e introduzir os mesmos no recipiente rotatório através do bocal de ar.

56. Forno de processamento de minério, de acordo com a reivindicação 53, **CARACTERIZADO** pelo fato de que a fonte do agente redutor de SNCR compreende uma fonte de agente redutor de SNCR líquido.

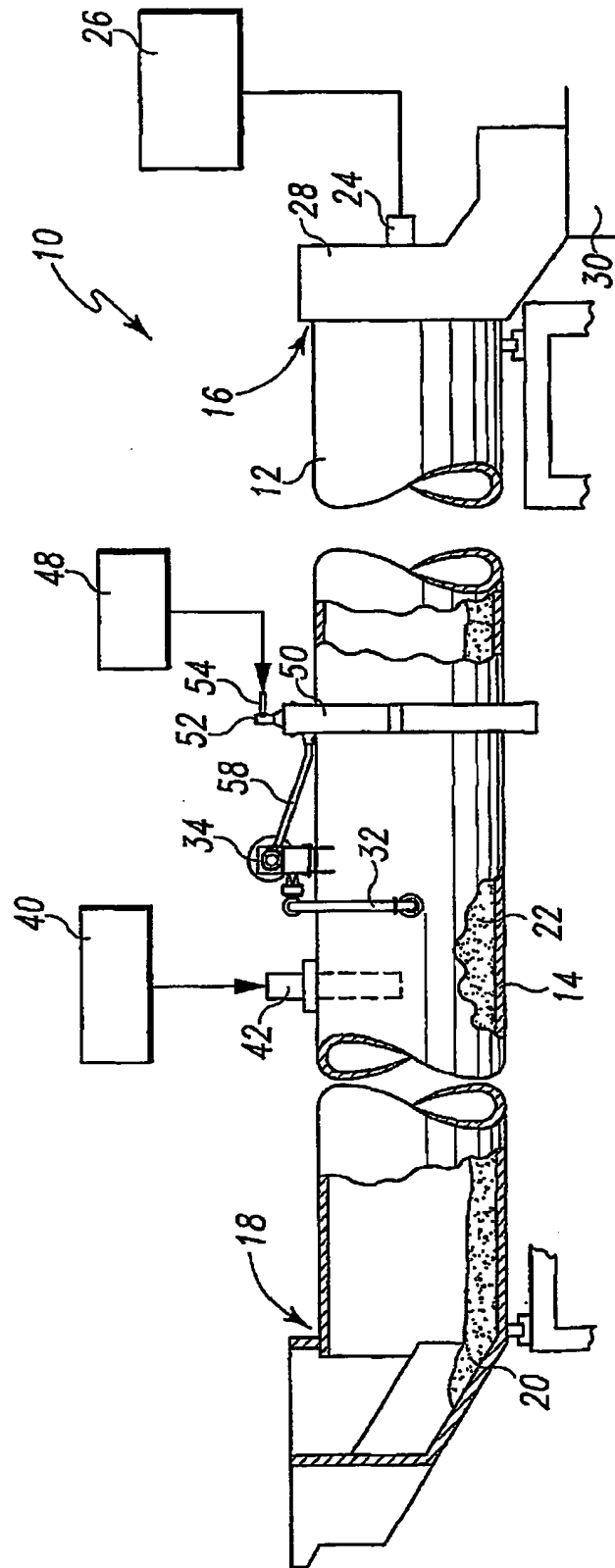


Fig. 1

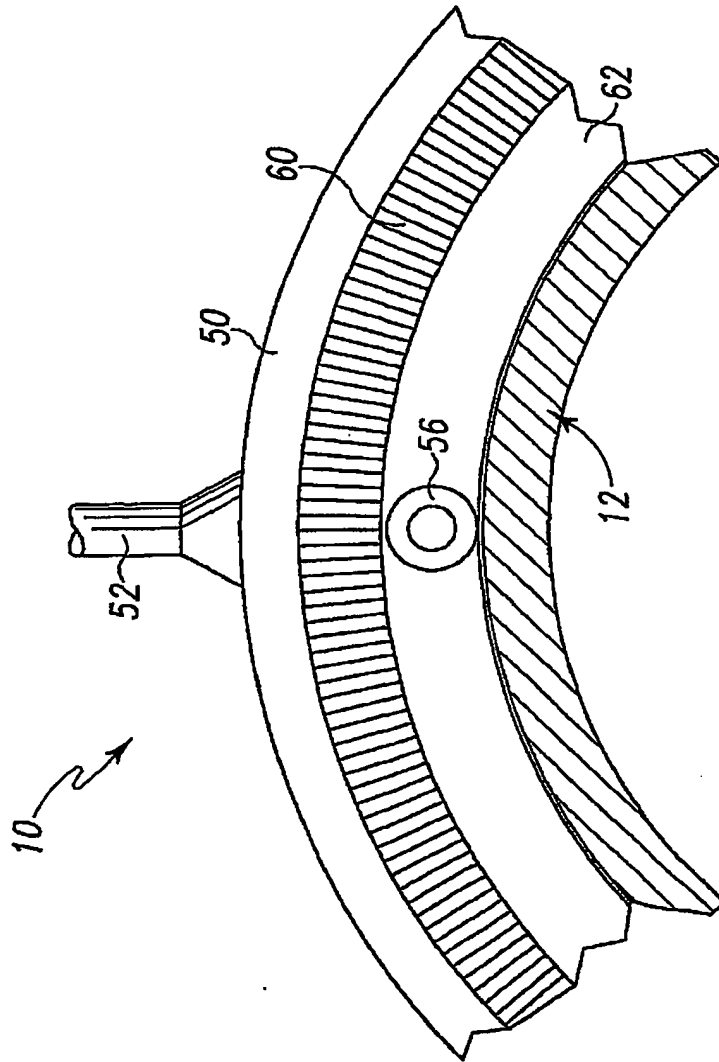


Fig. 2

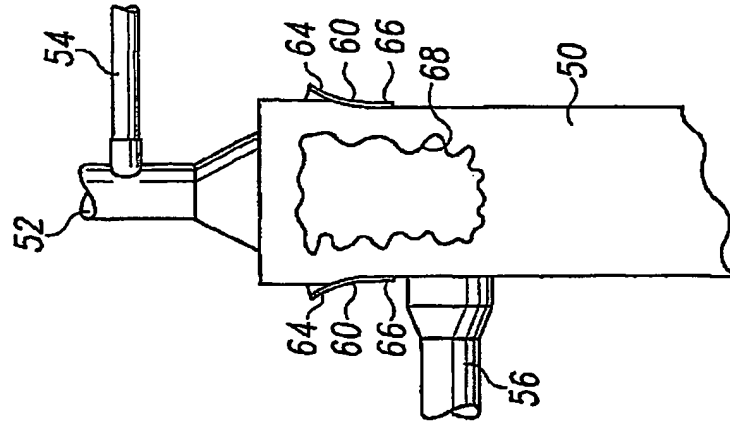


Fig. 3

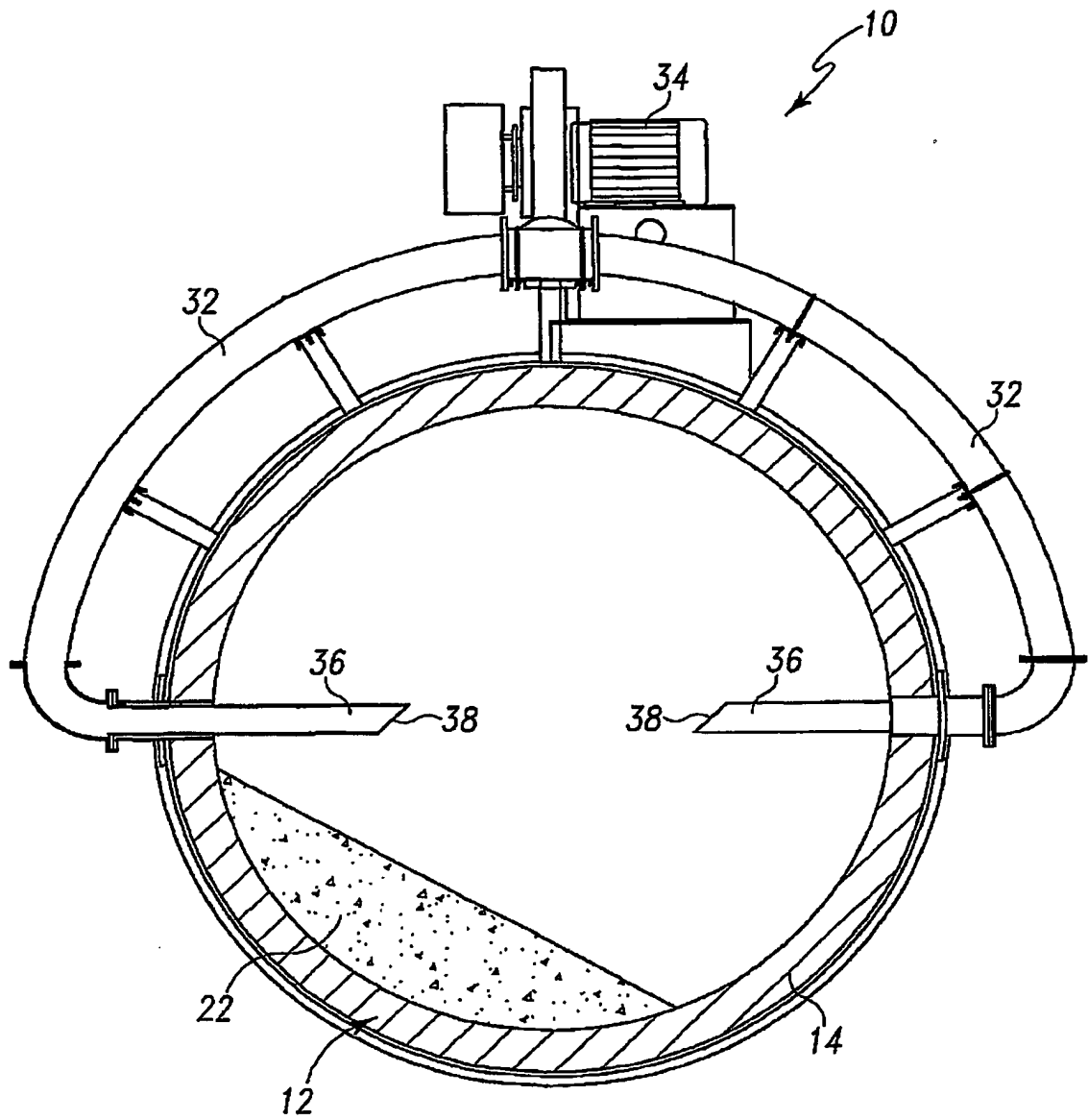


Fig. 4

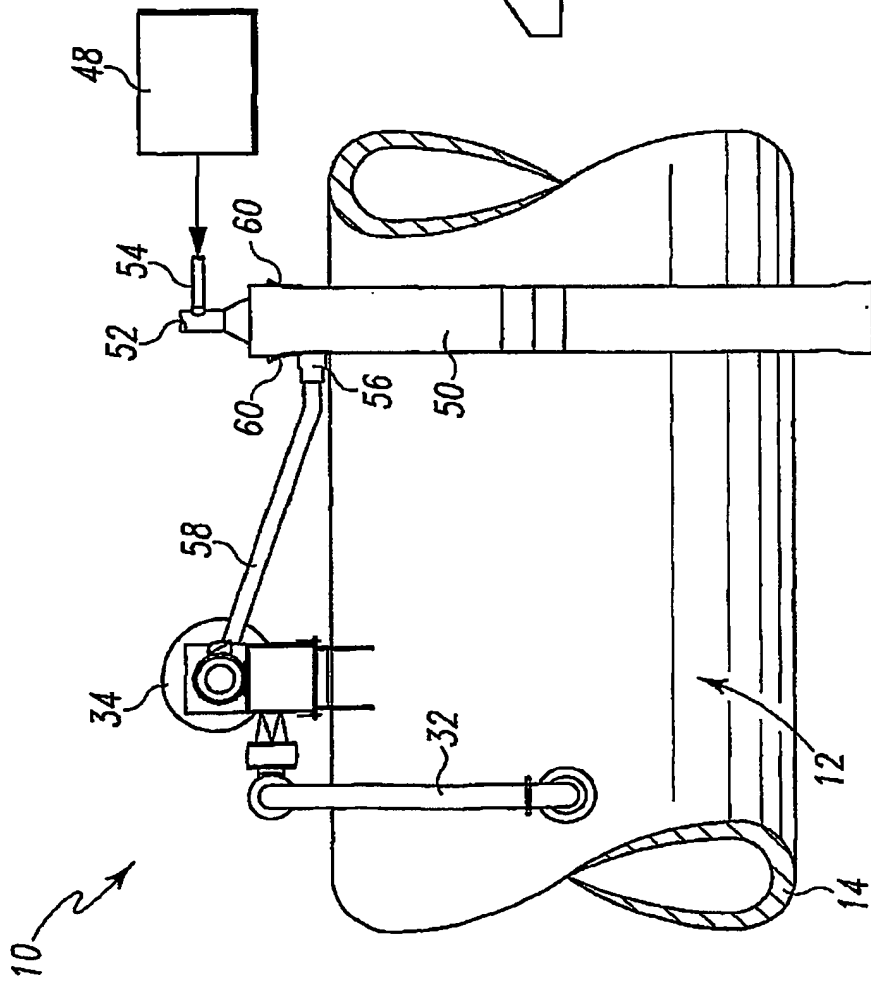


Fig. 5

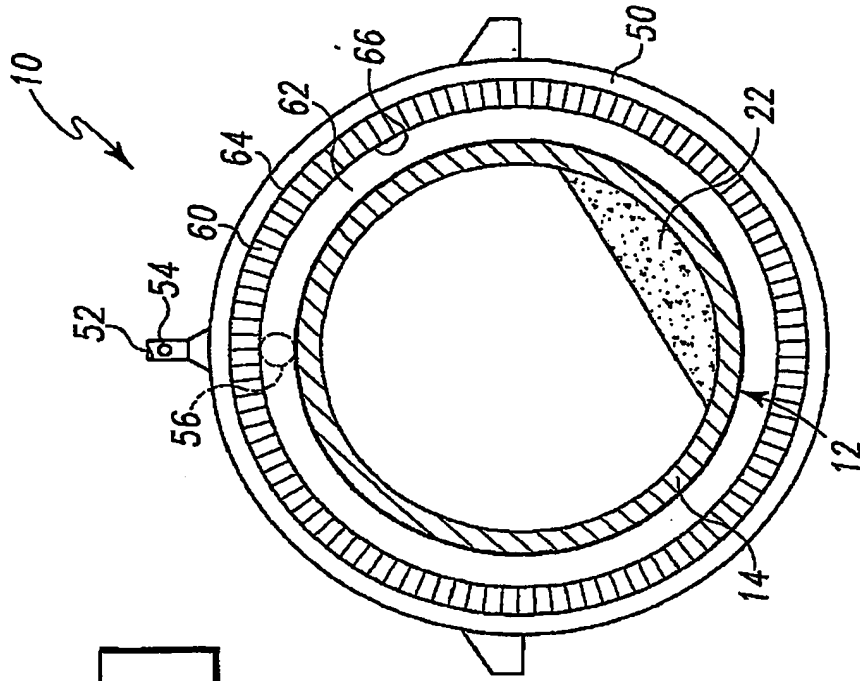


Fig. 6

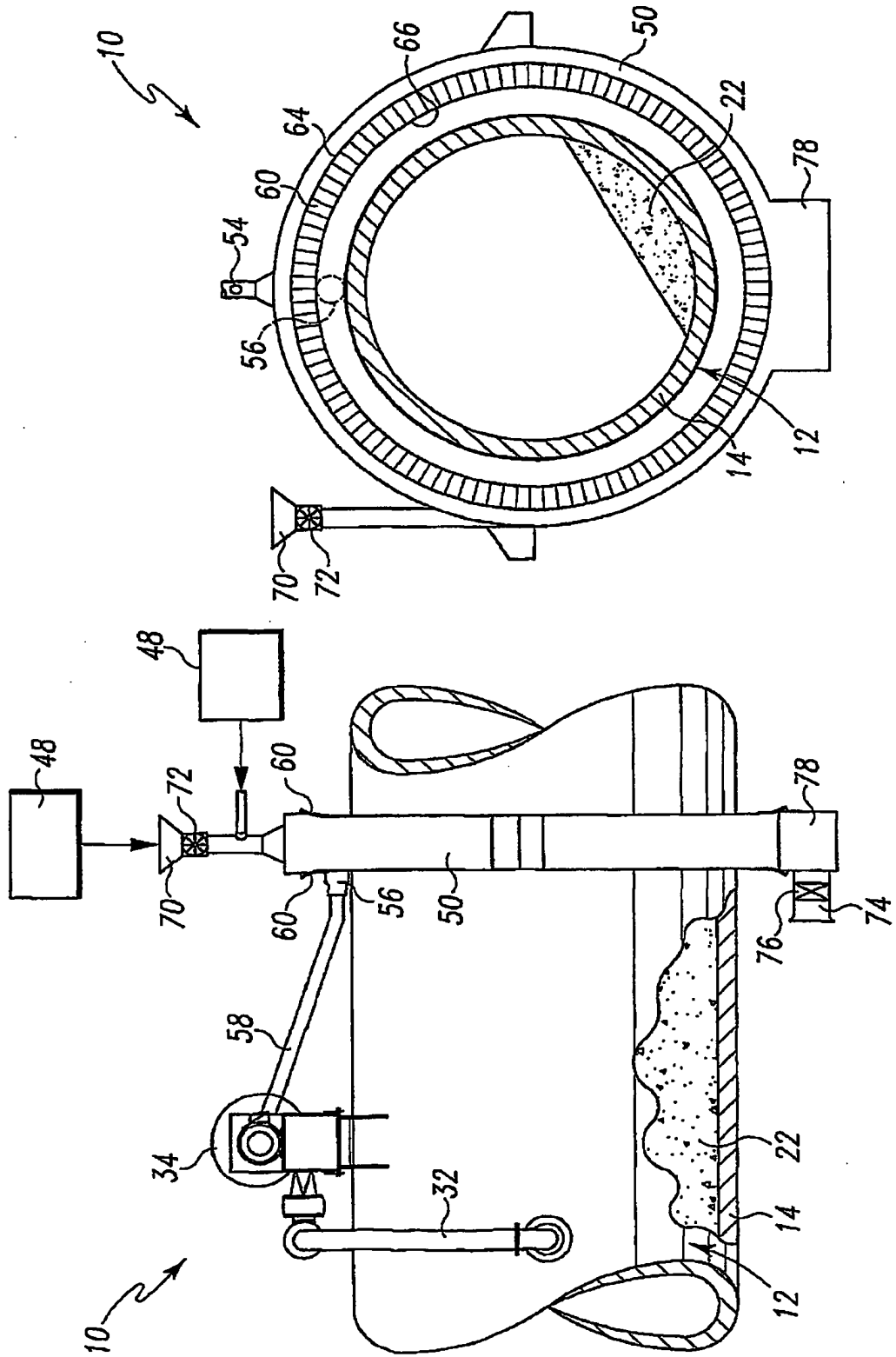


Fig. 8

Fig. 7

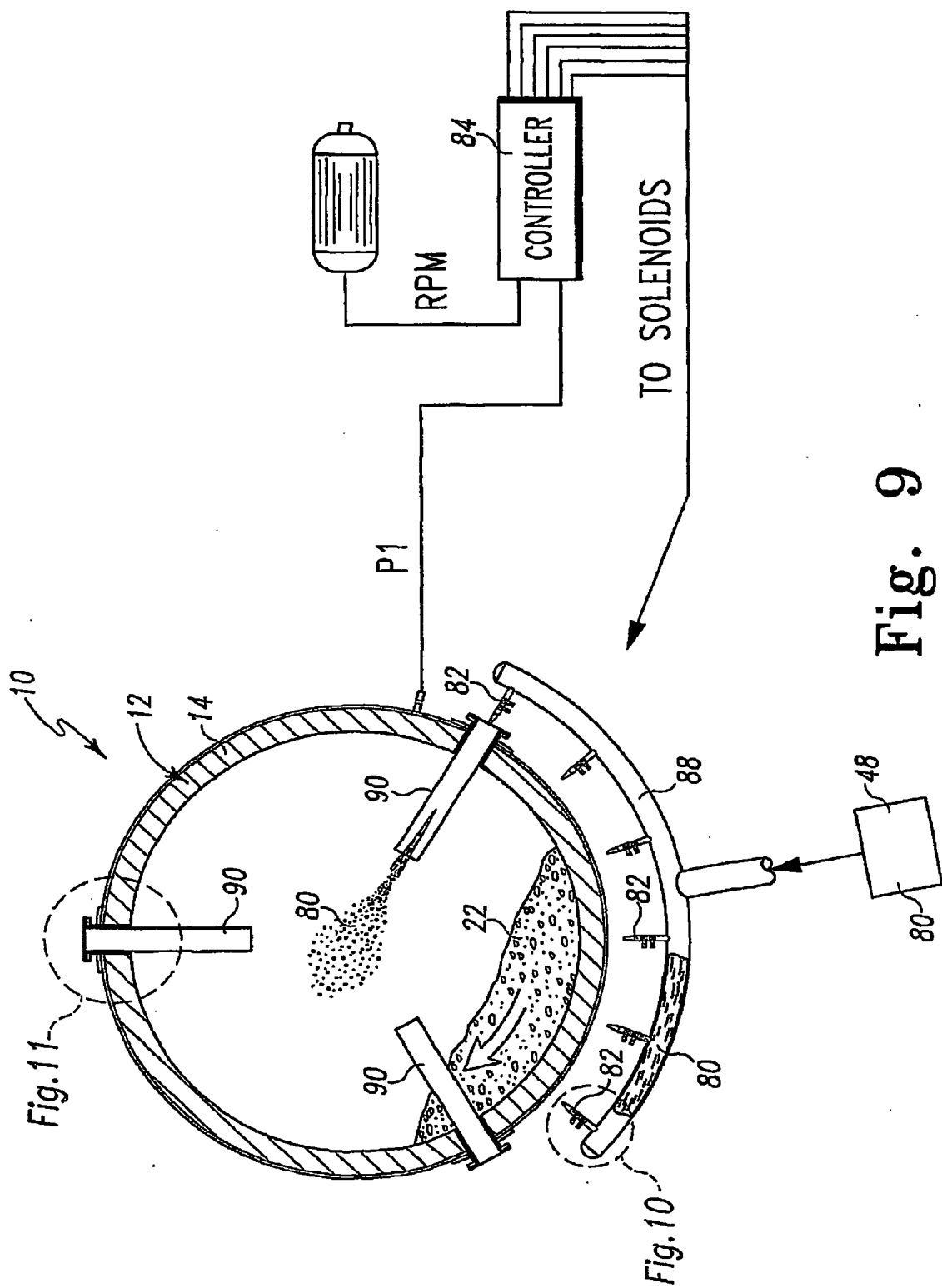


Fig. 9

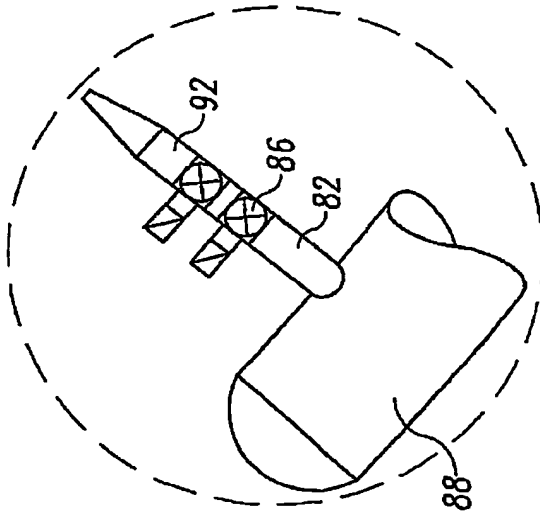


Fig. 10

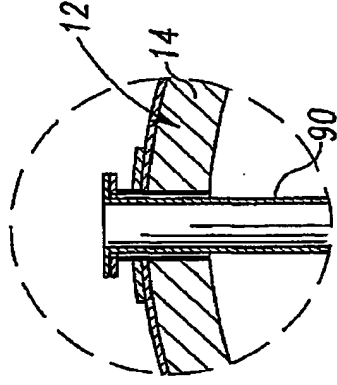


Fig. 11

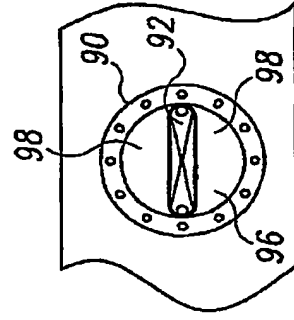


Fig. 12

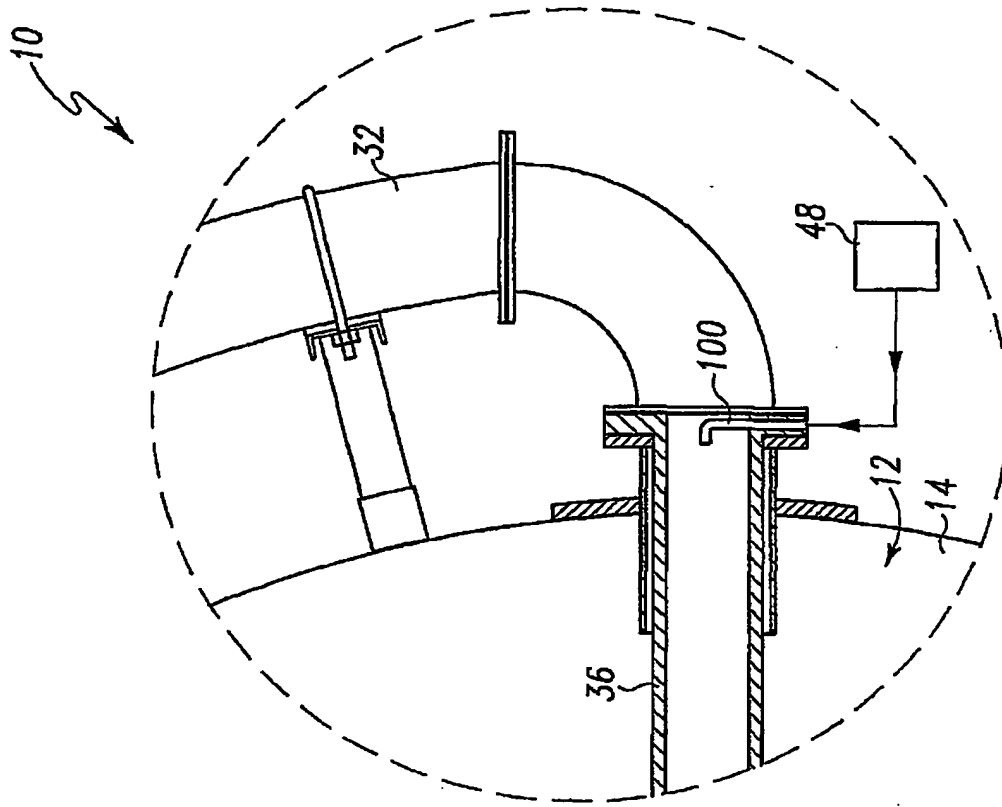


Fig. 14

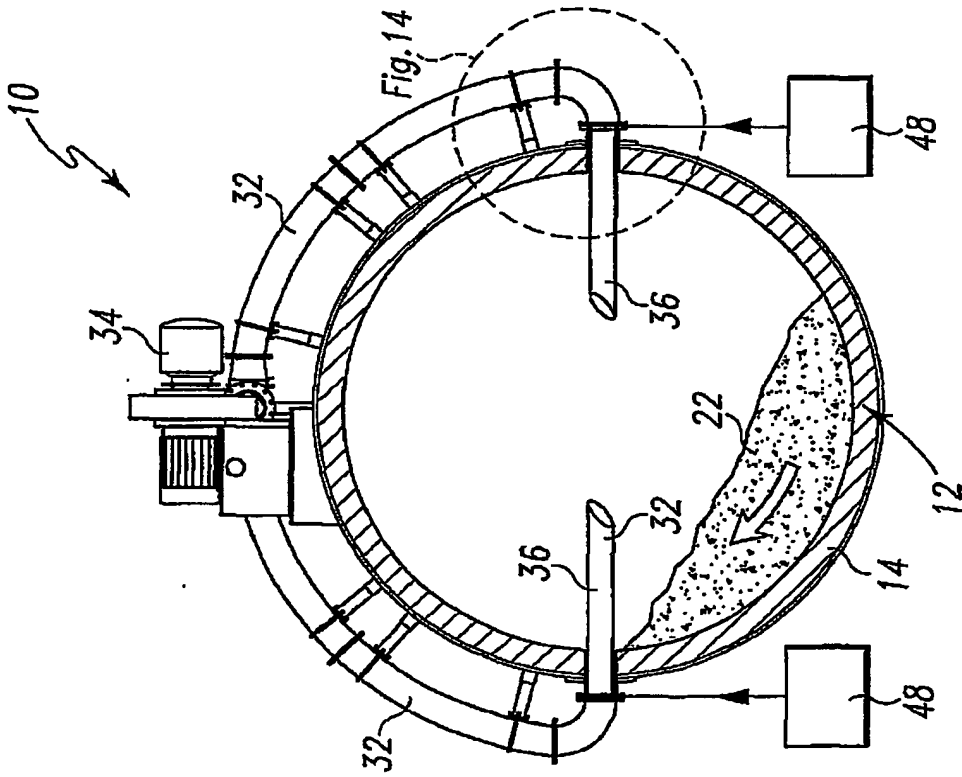


Fig. 13

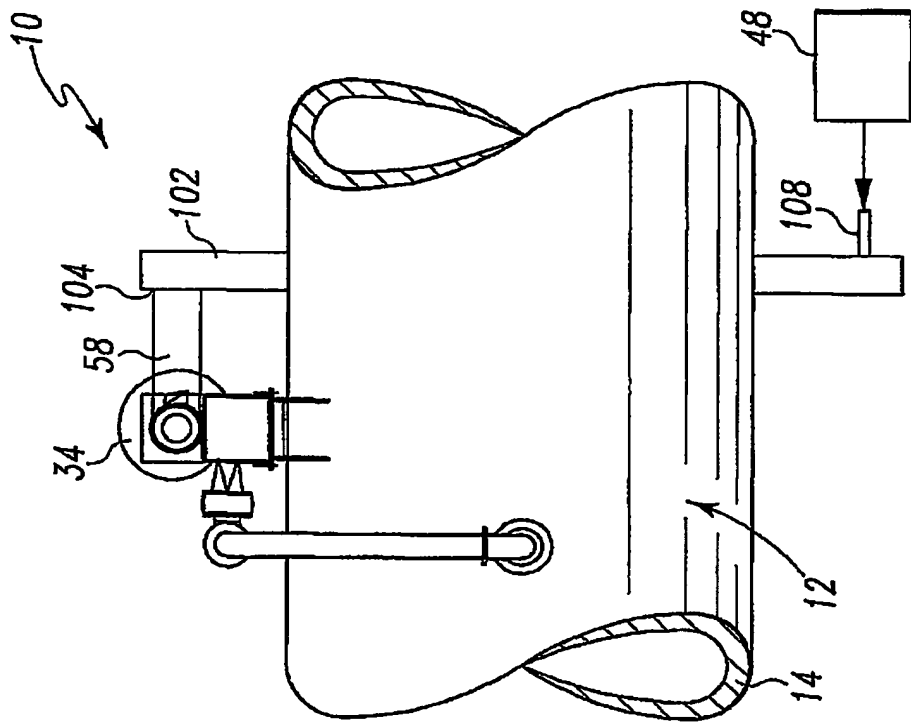


Fig. 17

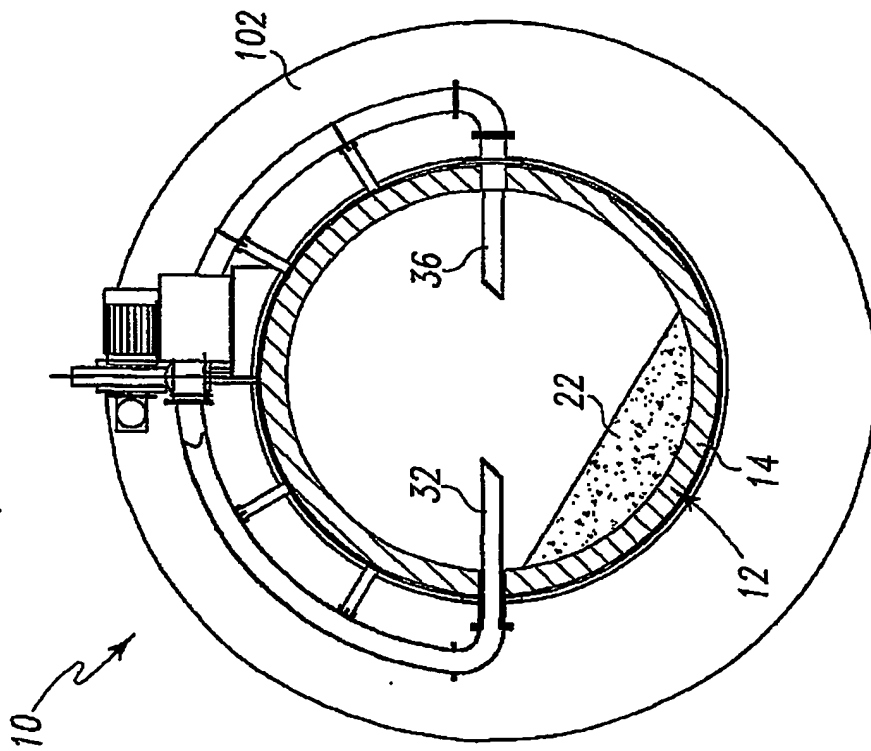


Fig. 16

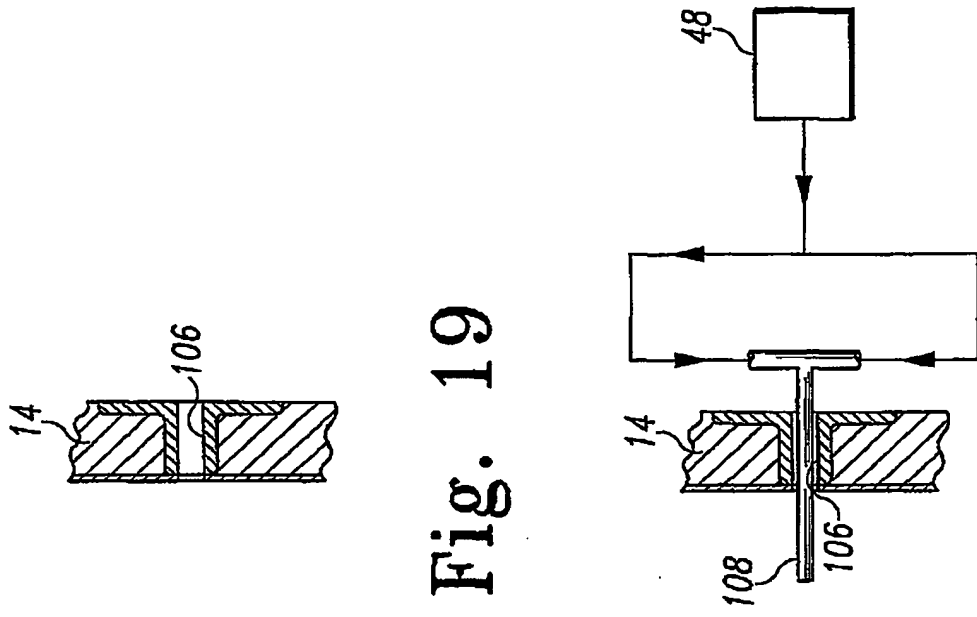


Fig. 19

Fig. 20

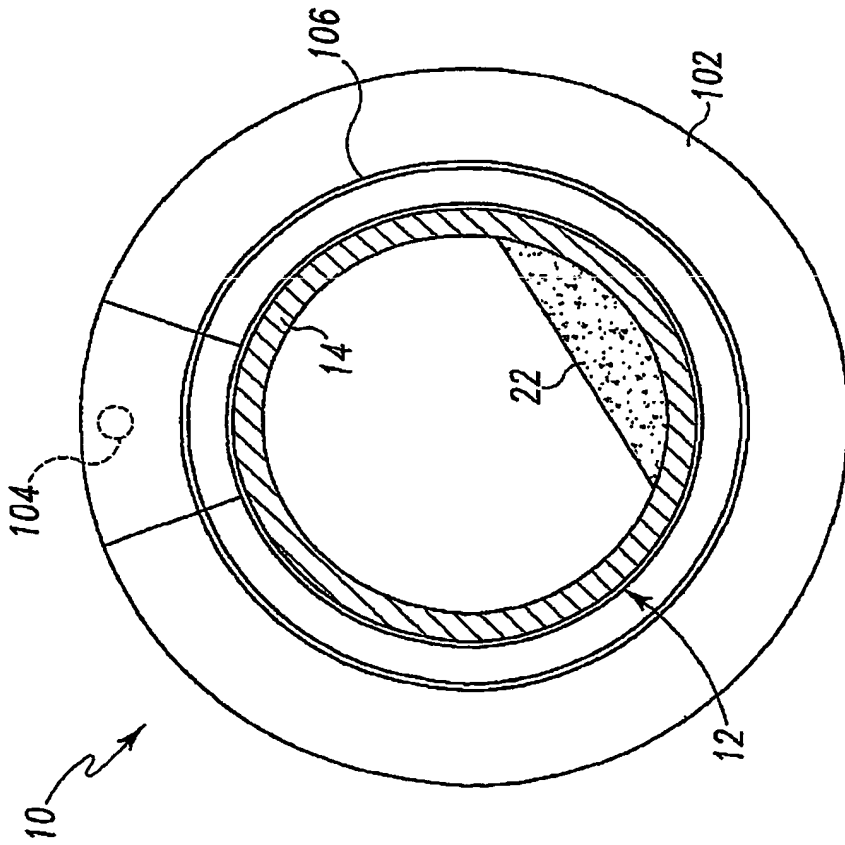


Fig. 18

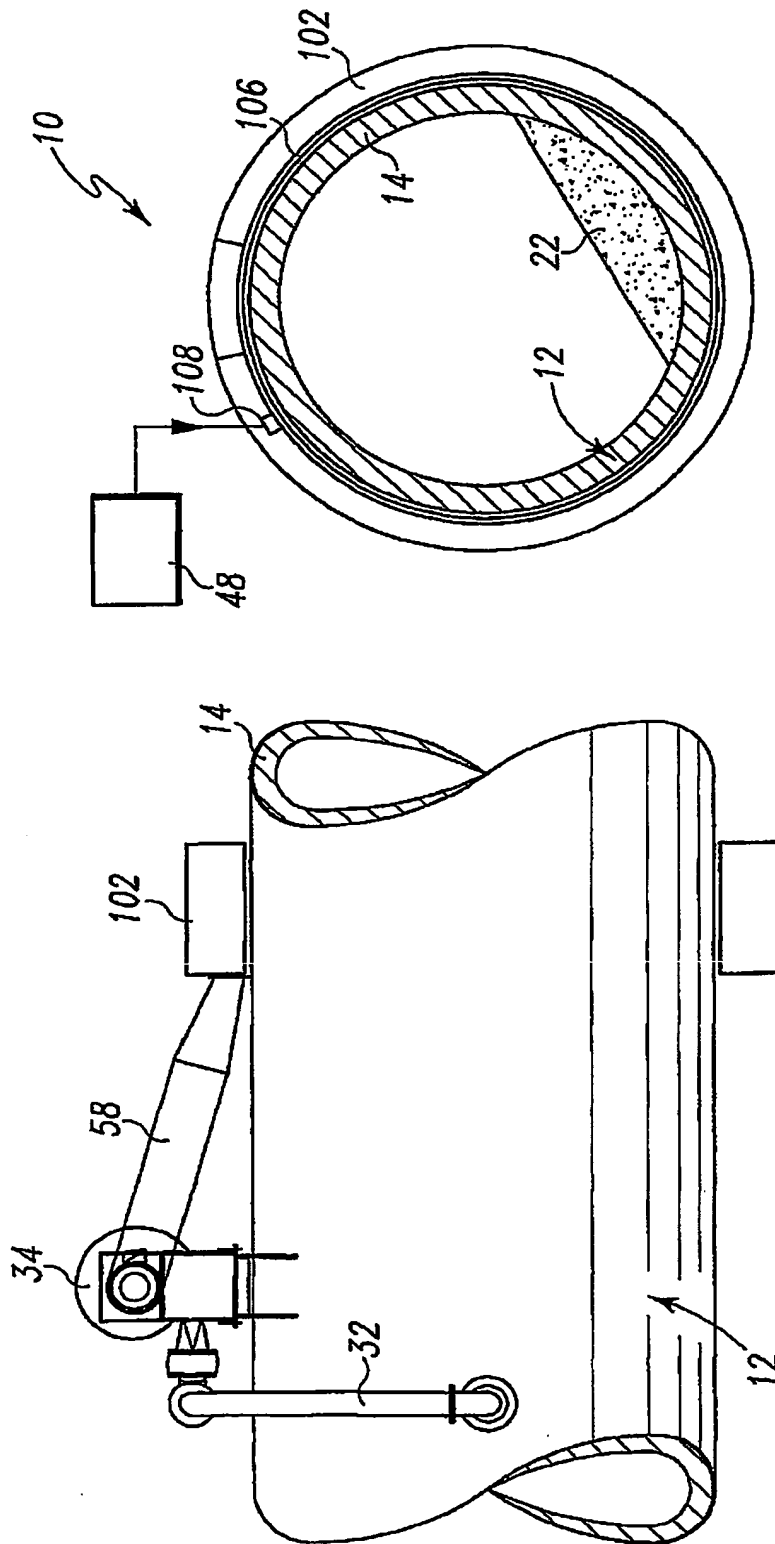


Fig. 22

Fig. 21

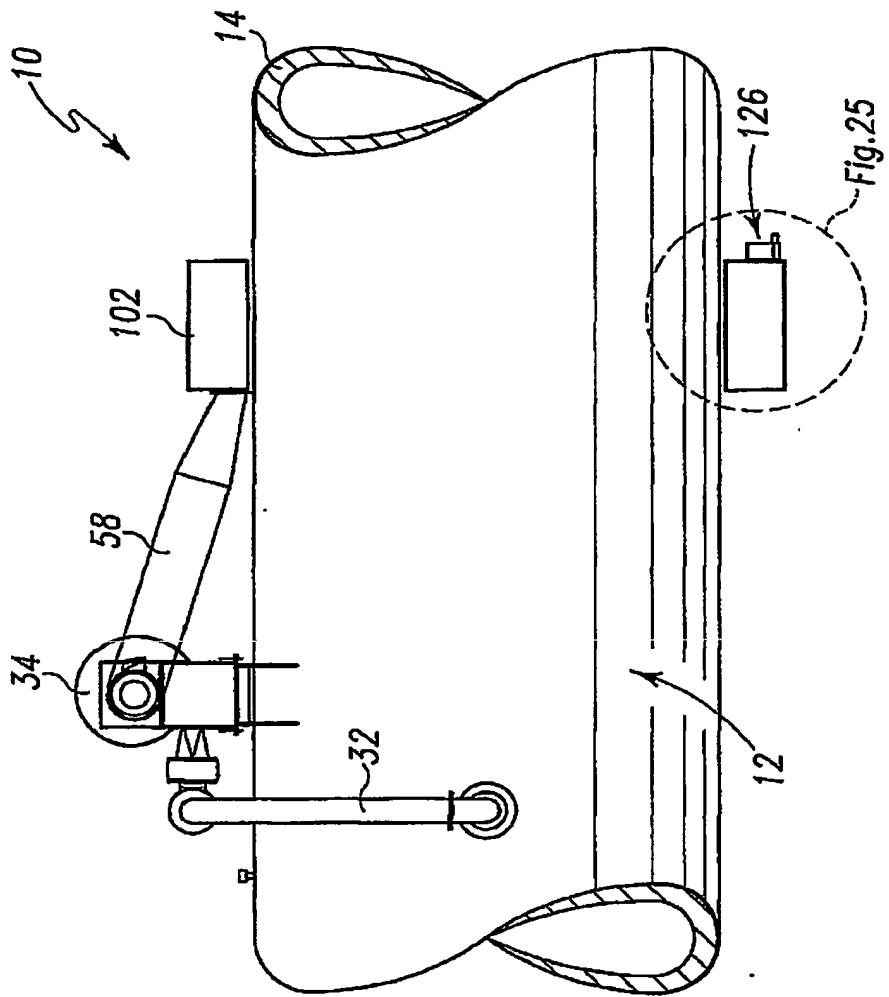


Fig. 24

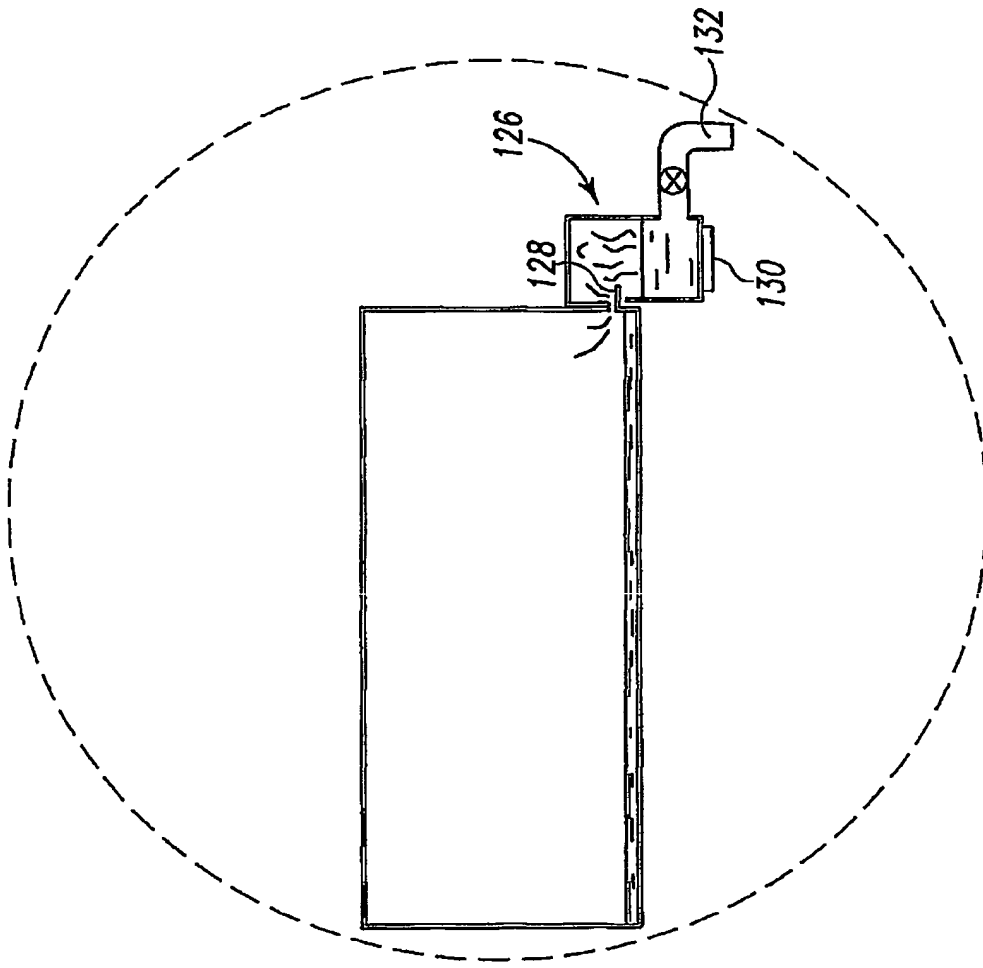
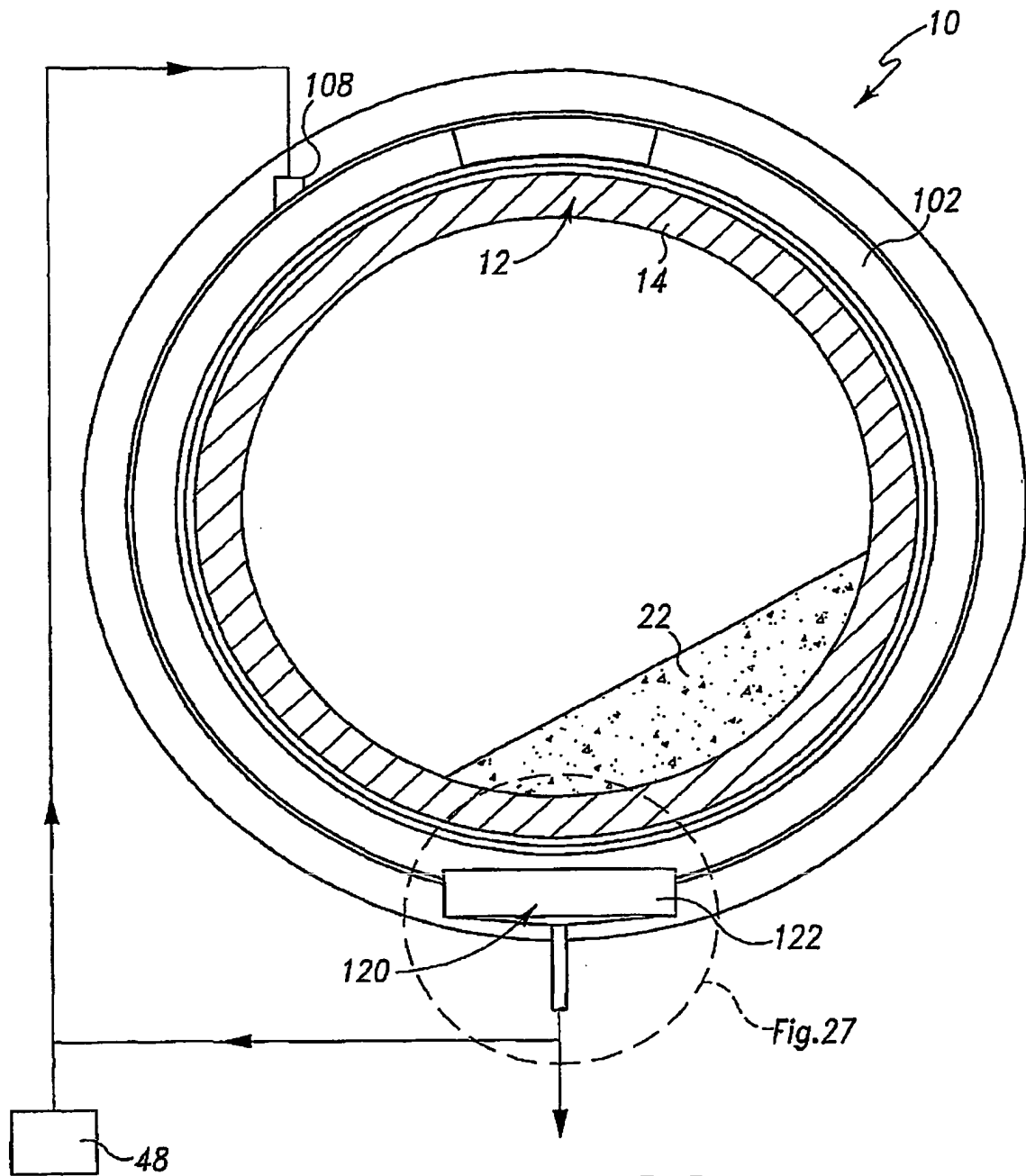


Fig. 25

**Fig. 26**

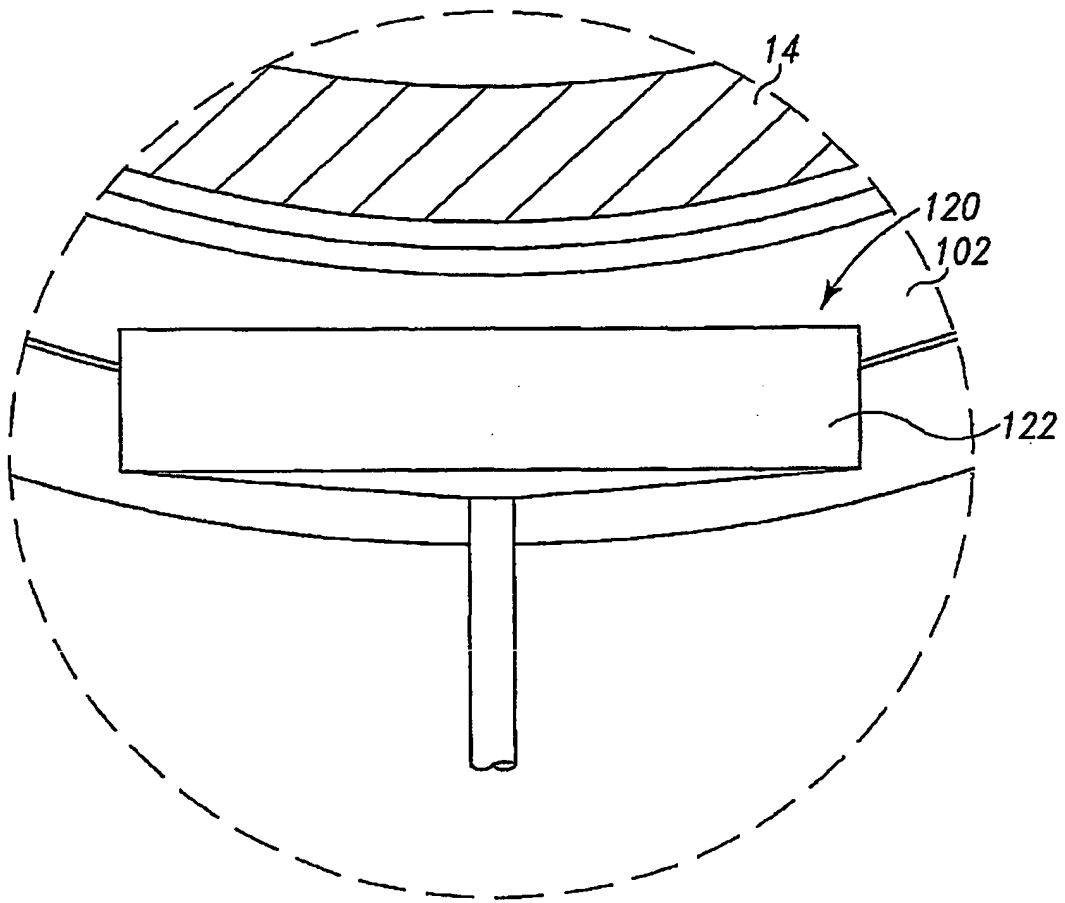


Fig. 27

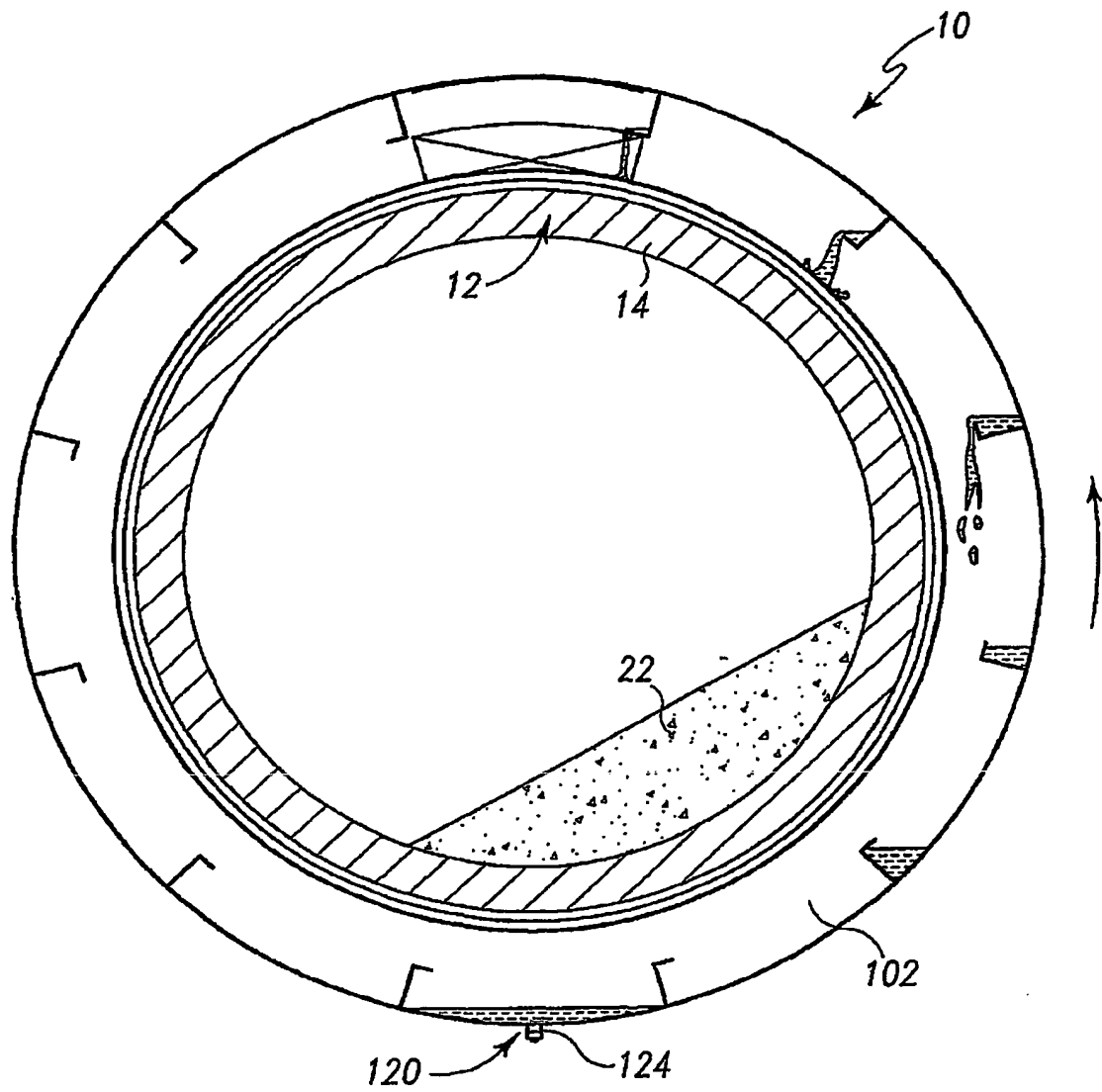


Fig. 28

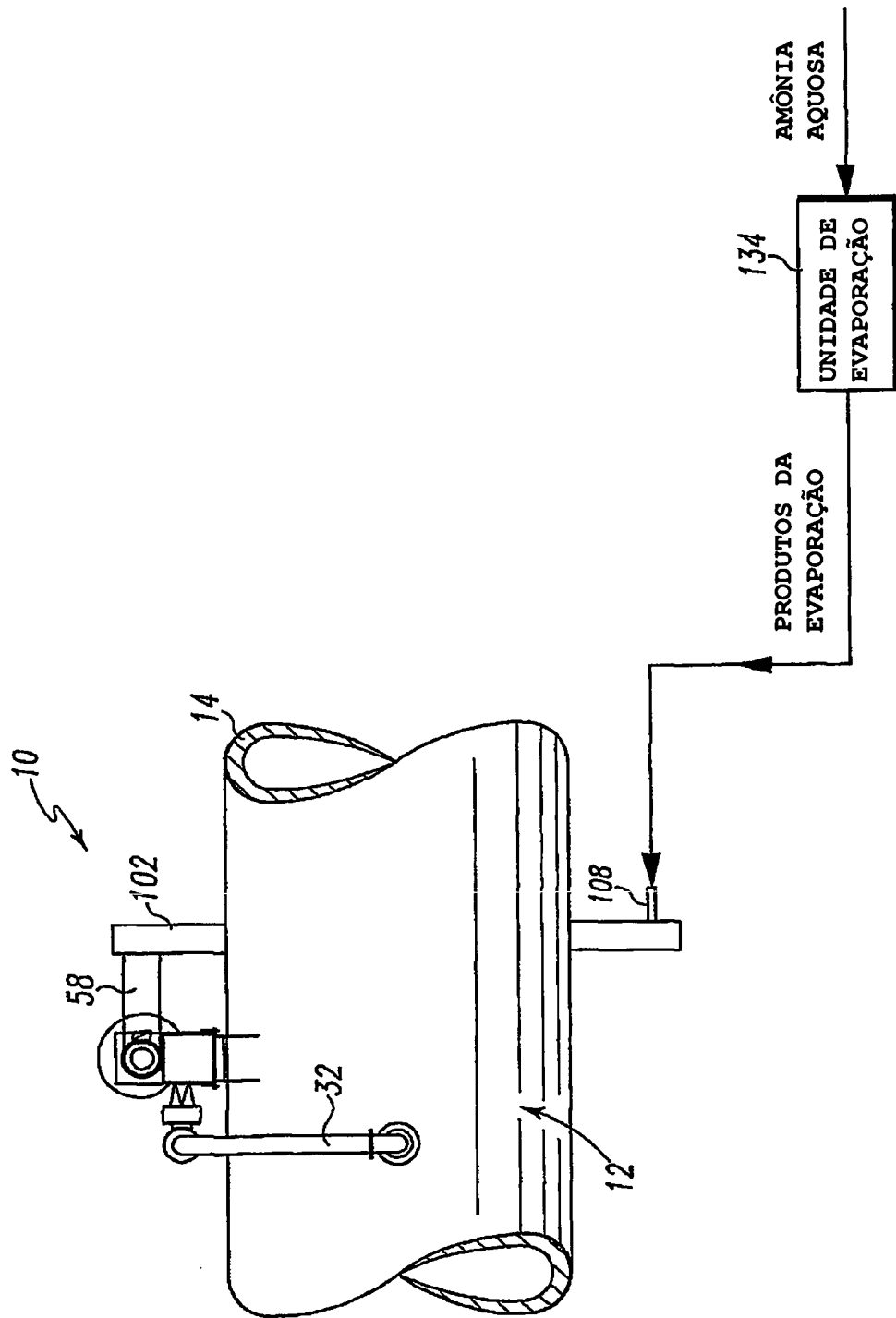


Fig. 29

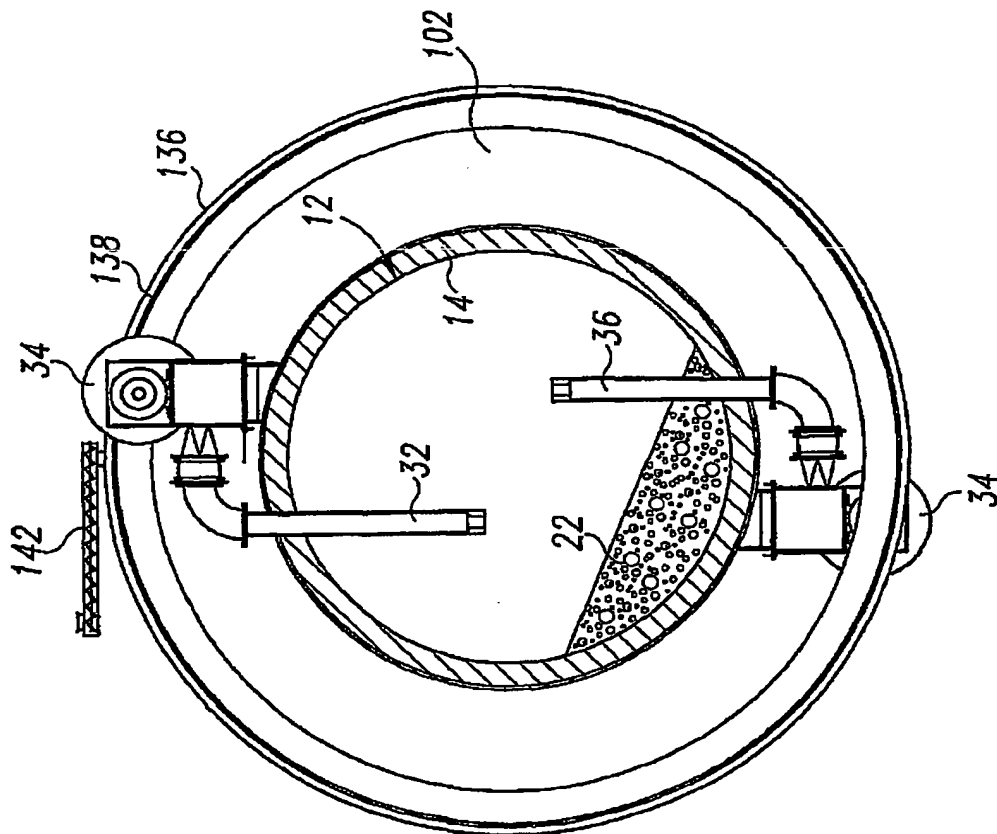


Fig. 30

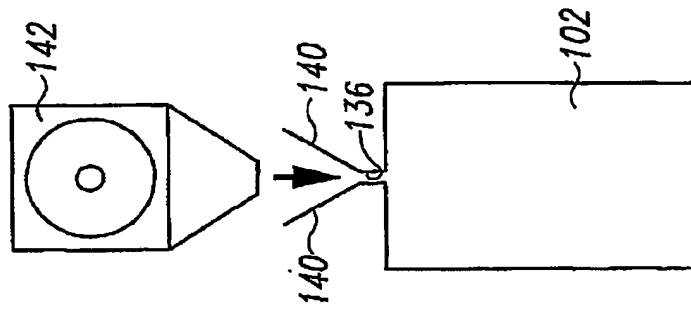


Fig. 31

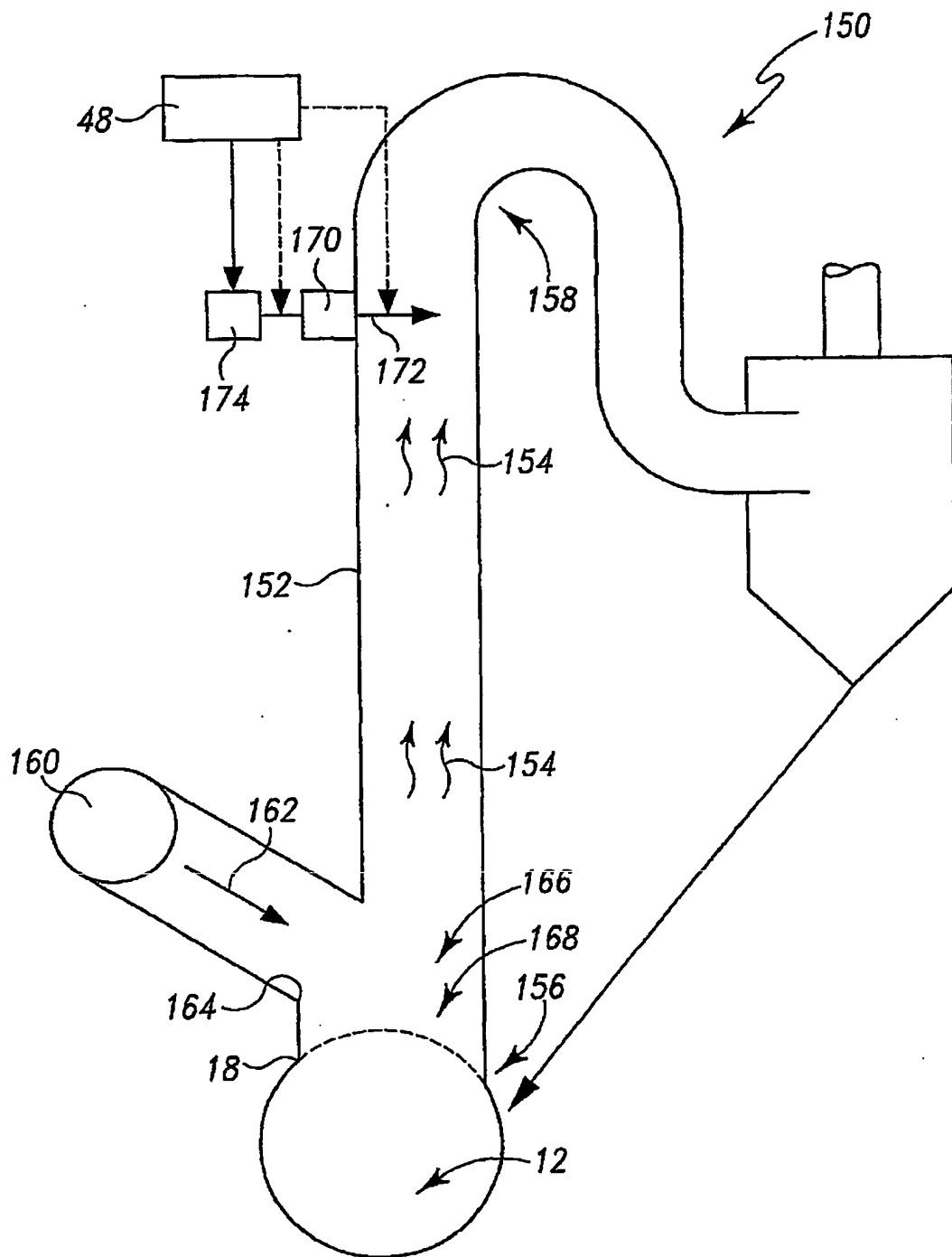


Fig. 32

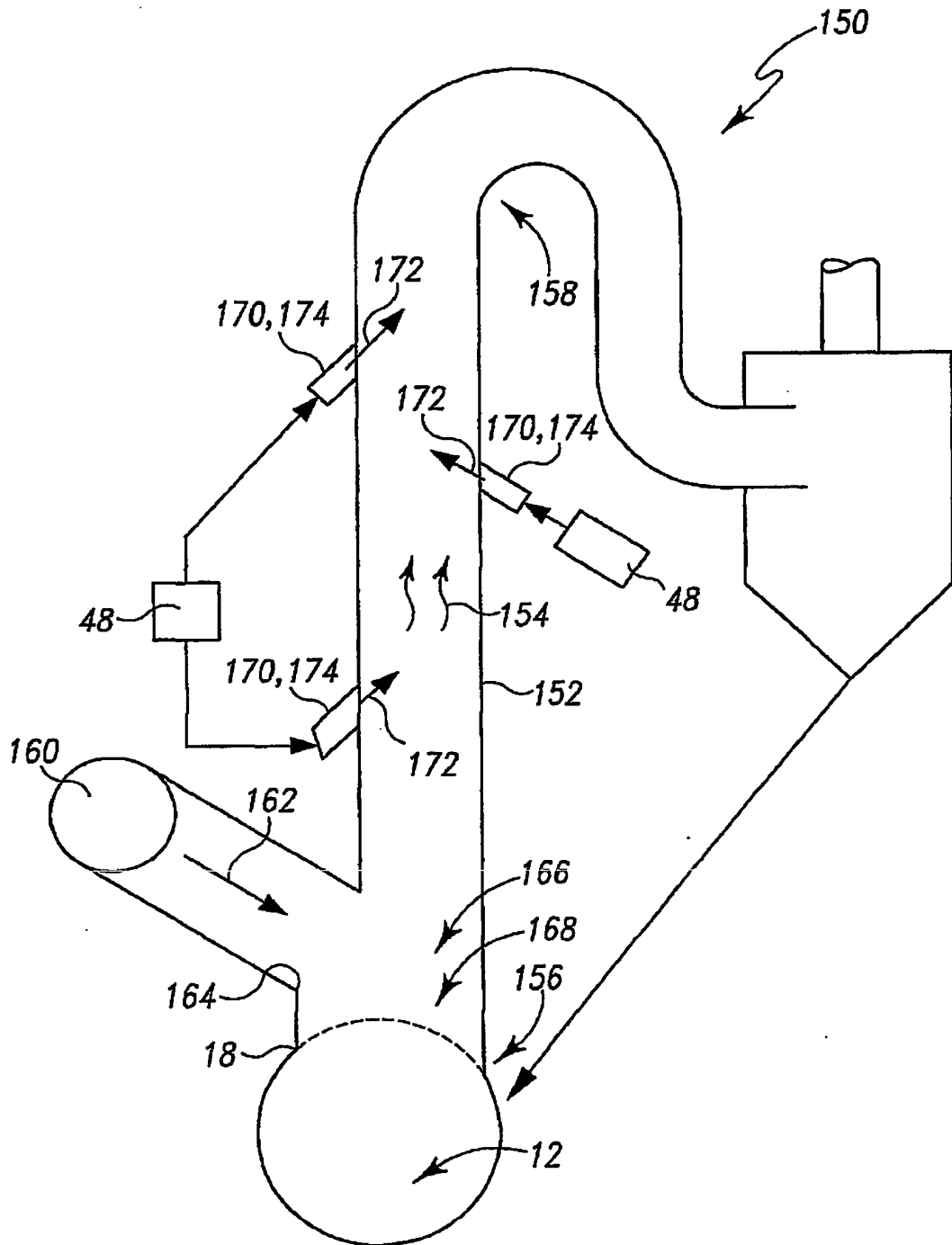


Fig. 33

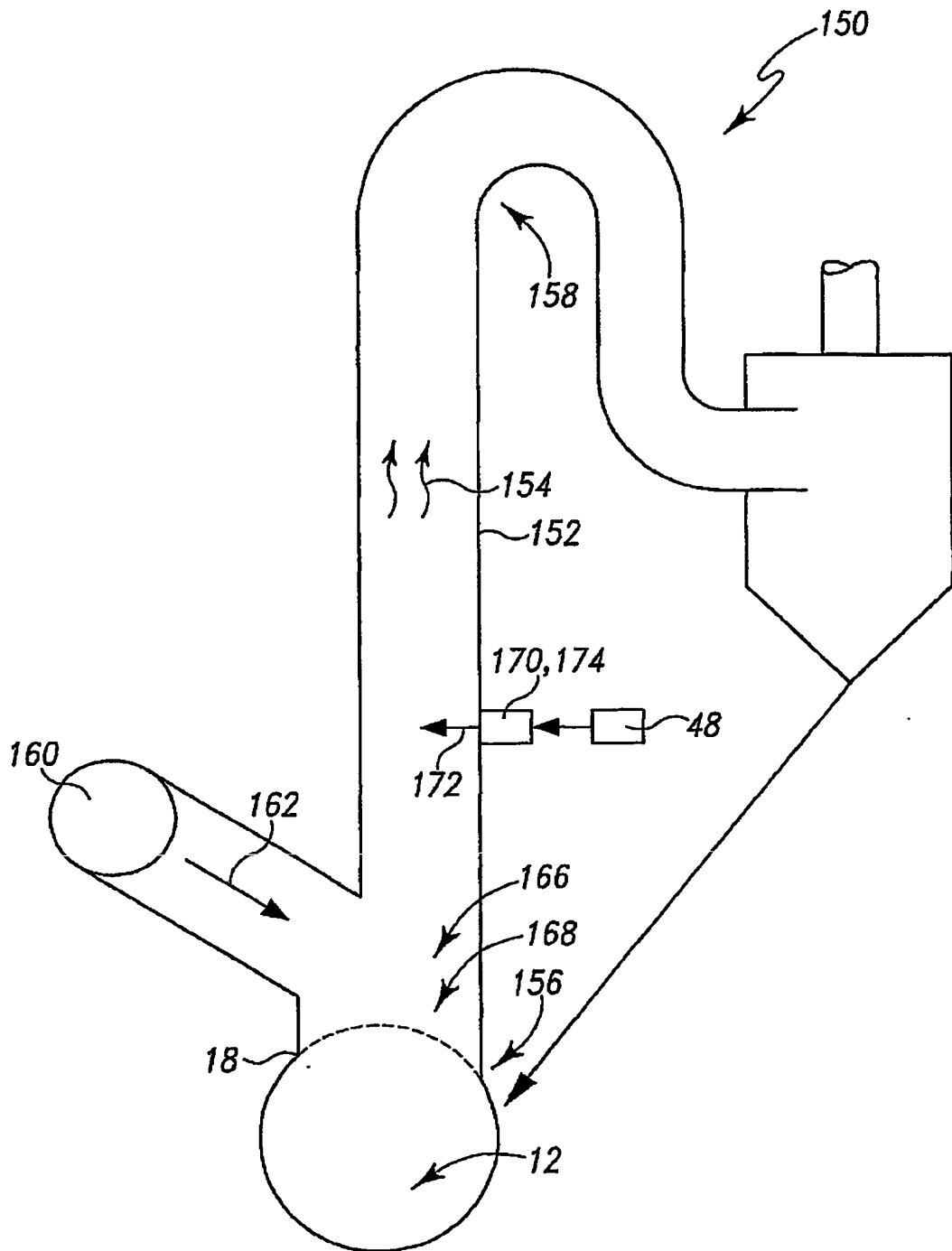
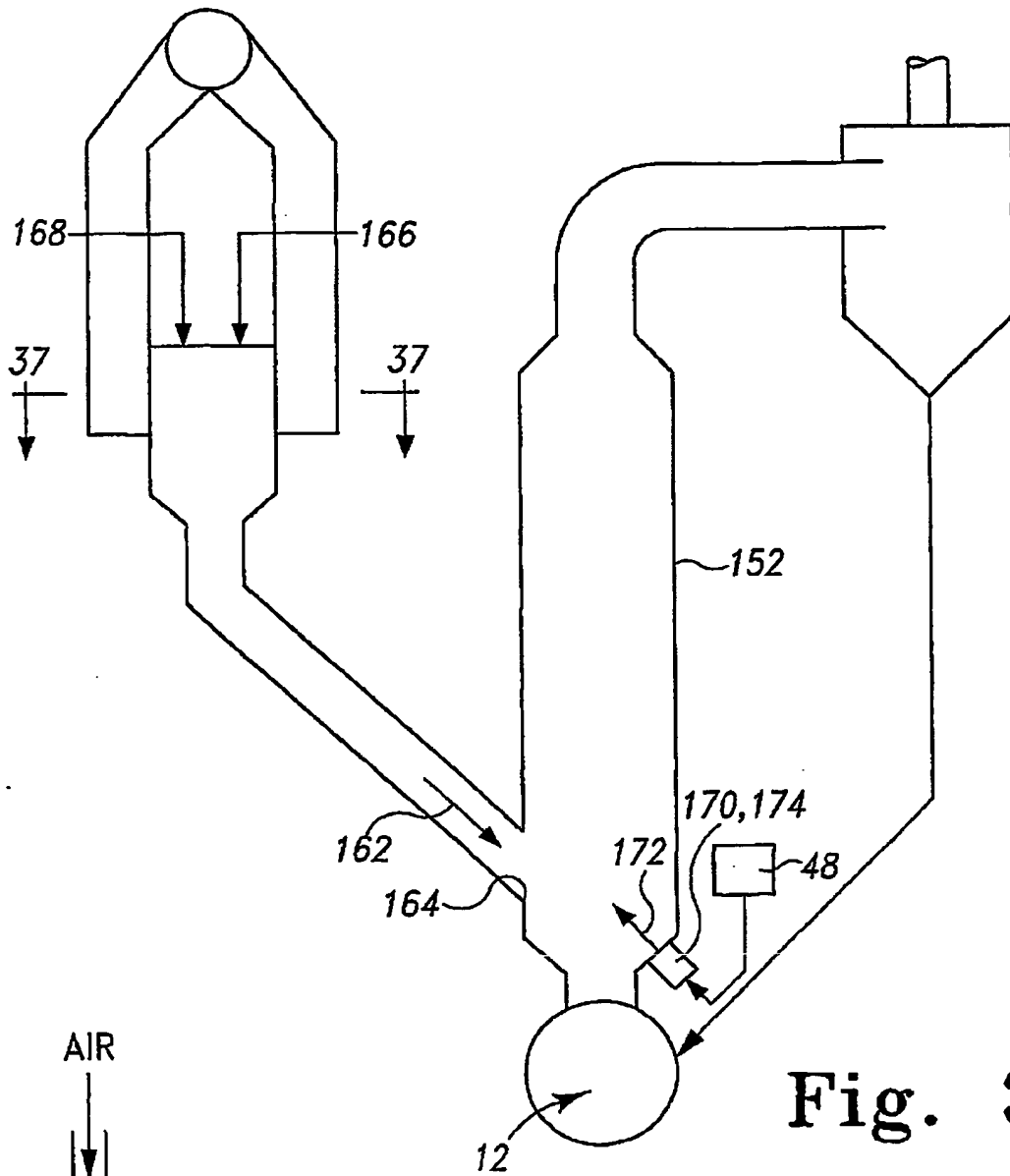
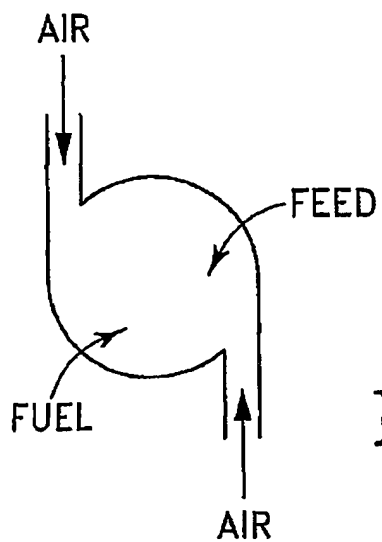


Fig. 35

**Fig. 36****Fig. 37**

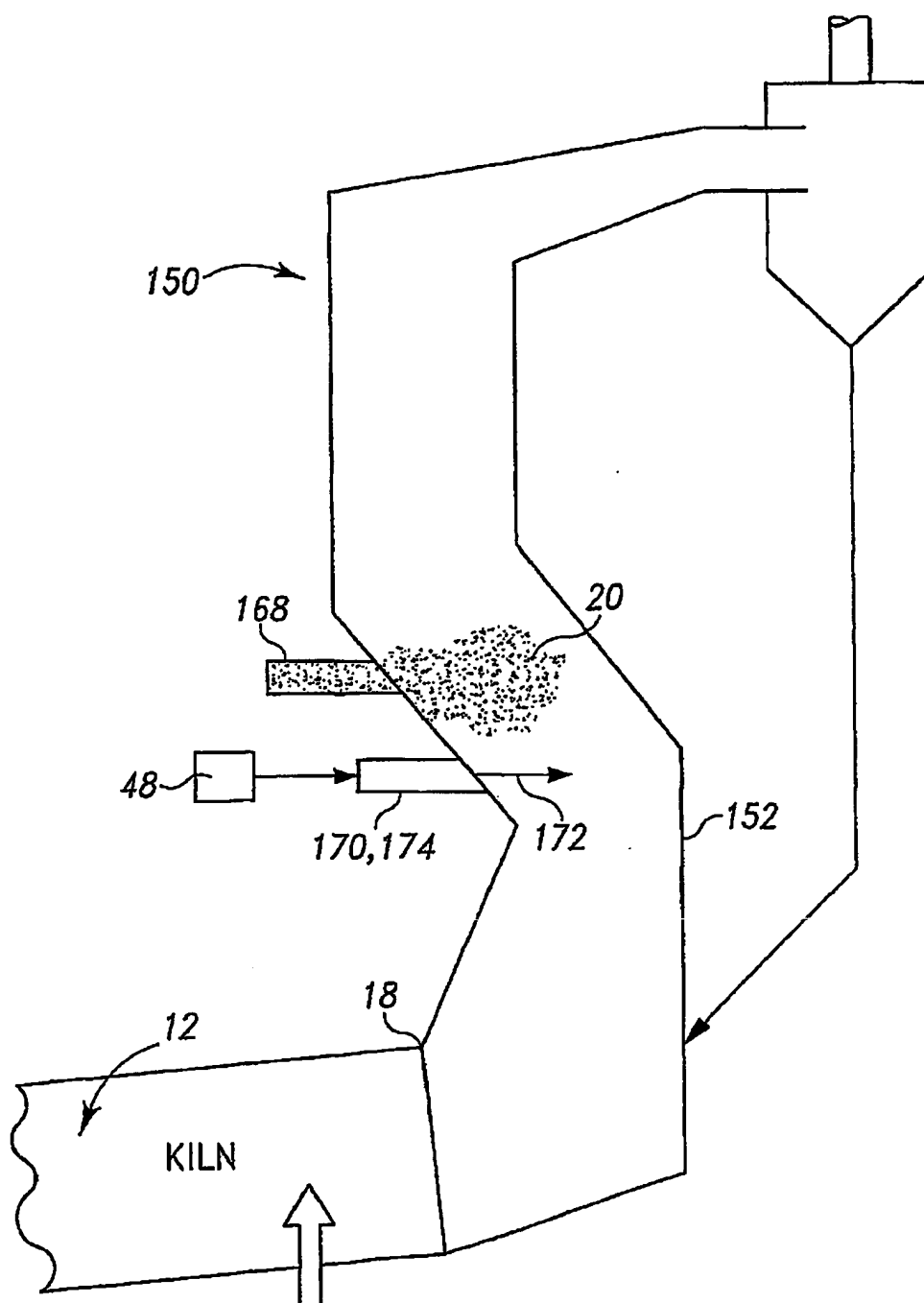


Fig. 38

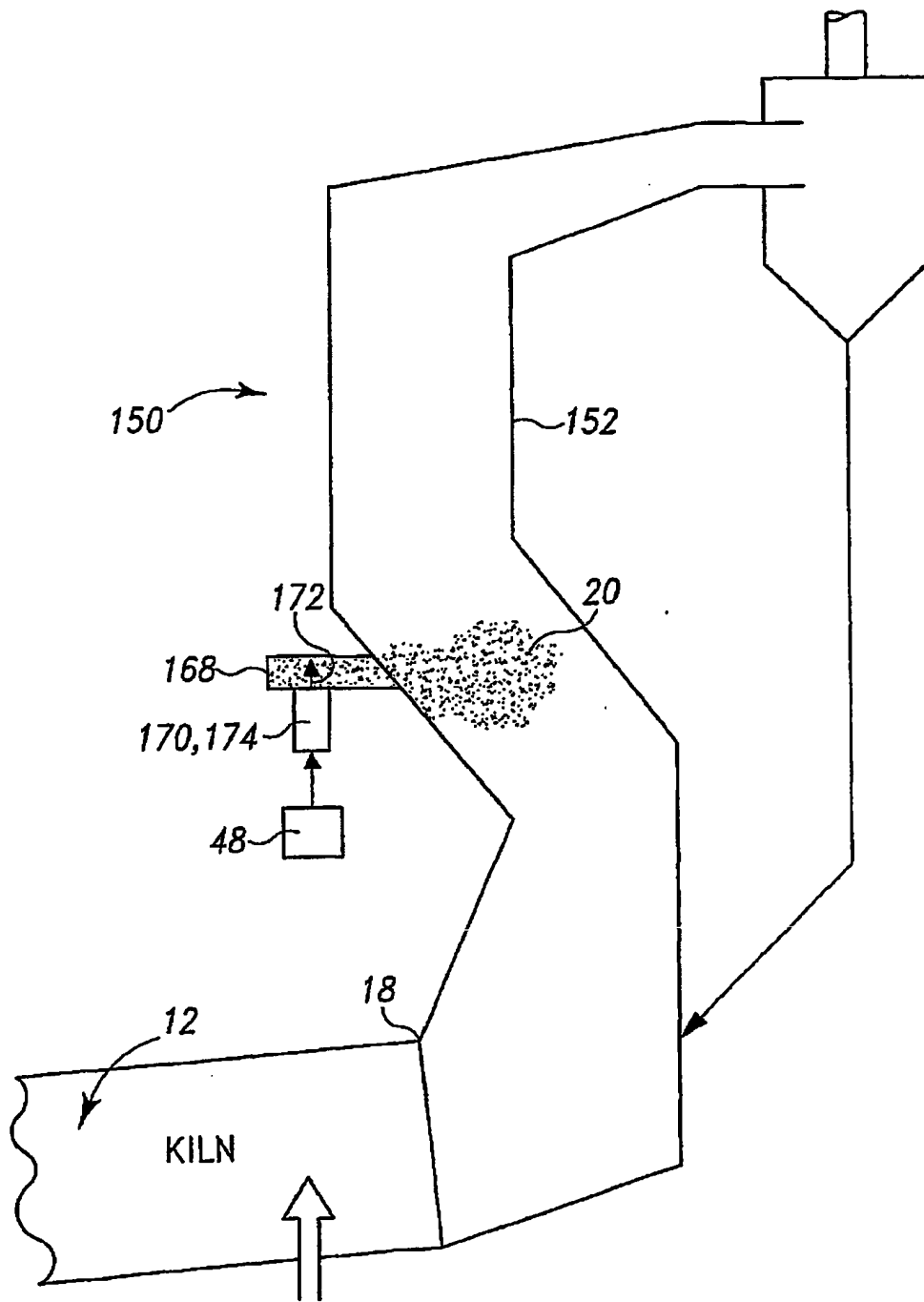


Fig. 39

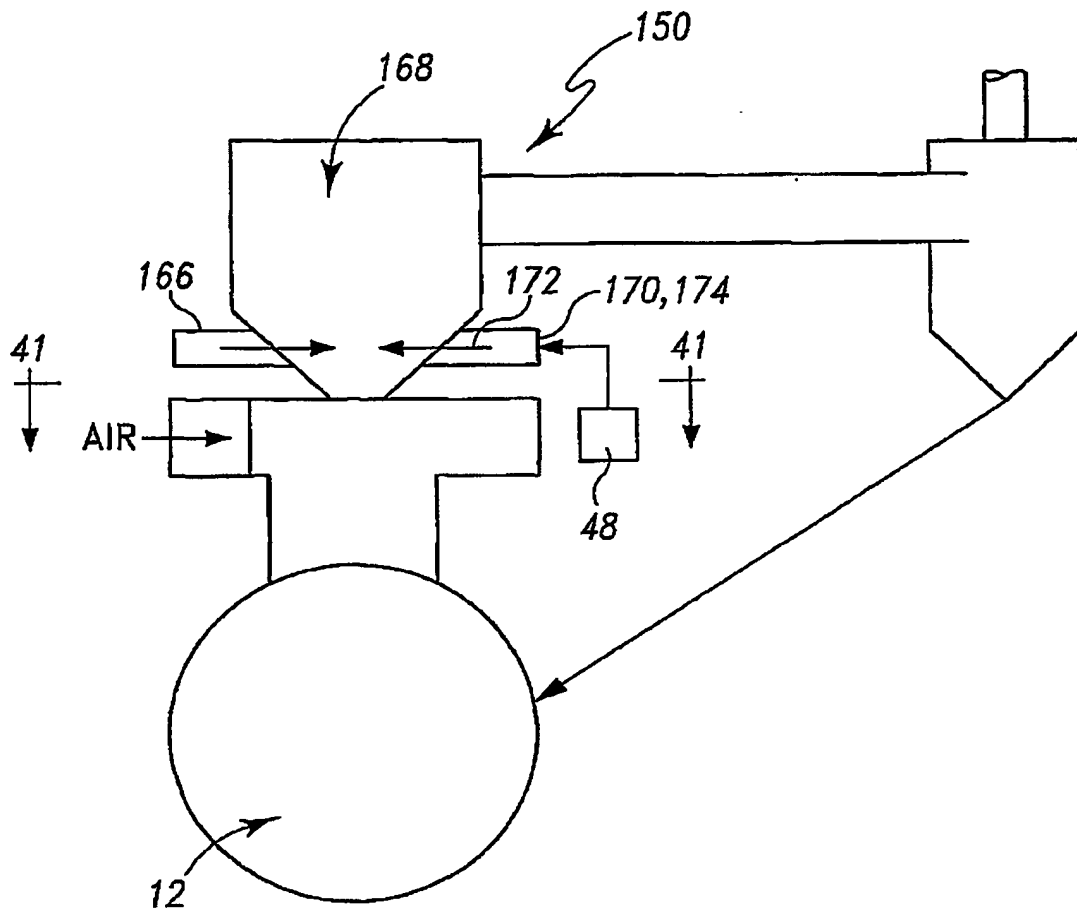
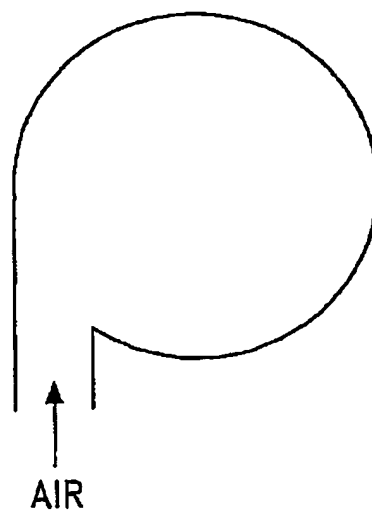


Fig. 40

Fig. 41



RESUMO

"MÉTODO E APARELHO PARA REDUZIR EMISSÕES DE NO_x EM
FORNOS GIRATÓRIOS POR SNCR"

Método para operar um forno de processamento de
5 minério que inclui introduzir uma quantidade de agente redu-
tor de redução não catalítica seletiva (SNCR) no forno. O
agente redutor de SNCR pode ser um sólido, líquido ou gás. É
também descrito um forno de processamento de minério modifi-
cado para implementação de SNCR.