



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

(21) **PI0708479-0 A2**



* B R P I 0 7 0 8 4 7 9 A 2 *

(22) Data de Depósito: 01/03/2007
(43) Data da Publicação: 02/08/2011
(RPI 2117)

(51) *Int.Cl.:*
C21B 11/00 2006.01
F27B 14/16 2006.01
C21B 13/00 2006.01
F27D 3/16 2006.01

(54) Título: **UNIDADE DE REDUÇÃO DIRETA PARA PRODUZIR METAL FUNDIDO A PARTIR DE UM MATERIAL DE ALIMENTAÇÃO METALÍFERO**

(30) Prioridade Unionista: 01/03/2006 AU 2006901032

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

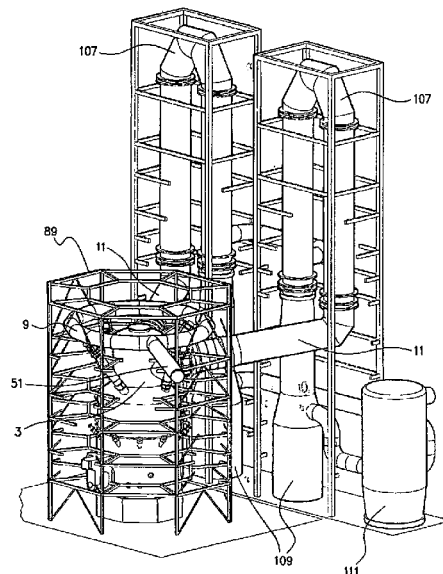
(72) Inventor(es): Mark Hayton, Neil John Goodman

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

(86) Pedido Internacional: PCT AU2007000248 de 01/03/2007

(87) Publicação Internacional: WO 2007/098551 de 07/09/2007

(57) Resumo: UNIDADE DE REDUÇÃO DIRETA PARA PRODUZIR METAL FUNDIDO A PARTIR DE UM MATERIAL DE ALIMENTAÇÃO METALÍFERO Uma unidade de redução direta para produzir metal fundido a partir de um material de alimentação metálico utilizando um processo de redução direta baseado em banho fundido é revelada. A unidade inclui uma instalação de duto de distribuição de gás estendendo-se de um local de fornecimento de gás fora do vaso para levar gás contendo oxigênio para as lanças de injeção de gás estendendo-se para dentro de um vaso de redução direta. A instalação de dutos de distribuição de gás inclui uma única tubulação de distribuição de gás conectada às lanças de injeção de gás para fornecer gás contendo oxigênio para as lanças de injeção de gás. A tubulação de distribuição de gás é localizada a uma altura acima da metade inferior do vaso.



**UNIDADE DE REDUÇÃO DIRETA PARA PRODUZIR METAL FUNDIDO A
PARTIR DE UM MATERIAL DE ALIMENTAÇÃO METALÍFERO**

CAMPO DA TÉCNICA

Refere-se a presente invenção a uma unidade de
5 redução direta para produzir metal fundido a partir de um
material de alimentação metalífero, tais como minérios,
minérios parcialmente reduzidos e correntes de refugo que
contêm metal.

Um processo de redução direta conhecido, o qual
10 se baseia principalmente em um banho fundido como um meio
de reação, e é geralmente chamado de processo Hismelt,
encontra-se descrito no pedido Internacional PCT/AU96/00197
(WO 96/31627) em nome da mesma requerente da presente
invenção. O revelado no pedido Internacional é incorporado
15 no presente através de referências destacadas.

O processo Hismelt conforme descrito no pedido
Internacional, no contexto de produção de ferro fundido,
inclui:

- 20 (a) formar um banho de ferro fundido e de
escória em um vaso;
- (b) injetar no banho: (i) um material de
alimentação metalífero, tipicamente óxidos
de ferro; e (ii) um material carbonáceo
sólido, tipicamente carvão, o qual funciona
25 como um redutor dos óxidos de ferro e como
uma fonte de energia; e
- (c) reduzir o material de alimentação
metalífero para ferro na camada de metal.

O termo "redução" é compreendido neste contexto como significando processamento térmico em que ocorrem reações químicas que reduzem material de alimentação metalífero para produzir metal fundido.

5 O processo HIs melt também inclui a pós-combustão de gases de reação, tais como CO e H₂, os quais são desprendidos a partir do banho para a região acima do banho com gás contendo oxigênio e transferindo o calor gerado pela pós-combustão para o banho para contribuir para a
10 energia térmica requerida para reduzir os materiais de alimentação metalíferos.

O processo HIs melt também inclui a formação de uma zona de transição no espaço acima da superfície quiescente do banho, no qual existe uma massa favorável
15 ascendente e posteriormente descendente de respingos ou gotículas ou correntes de metal fundido e/ou escória que proporciona um meio efetivo para transferir para o banho para o banho a energia térmica gerada pela pós-combustão dos gases de combustão para o banho.

20 No processo HIs melt o material de alimentação metalífero e o material carbonáceo sólido são injetados no banho fundido através de uma quantidade de lanças, as quais são inclinadas em relação à vertical de maneira a estenderem-se descendentemente e para dentro através da
25 parede lateral do vaso de redução direta e em uma região inferior do vaso de maneira a distribuir pelo menos parte do material sólido para dentro da camada de metal no fundo do vaso. Para promover a pós-combustão dos gases de reação na parte superior do vaso, um jorro de ar quente, o qual

pode ser enriquecido com oxigênio, é injetado em uma região superior do vaso através de uma lança de injeção de ar quente que se estende descendentemente. Os gases de descarga resultantes da pós-combustão dos gases de reação no vaso são retirados a partir de uma região superior do vaso através de um condutor de gás de descarga. O vaso inclui painéis refrigerados a água, revestidos de refratário na parede lateral e no teto do vaso, e faz-se circular água continuamente através dos painéis em um circuito contínuo.

O processo HIs melt possibilita que grandes quantidades de metal fundido, tal como ferro fundido, sejam produzidas mediante redução direta em um único vaso compacto. A fim de que isto seja conseguido é necessário transportar grandes quantidades de ar quente para e a partir do vaso de redução direta, transportar grandes quantidades de materiais de alimentação metalíferos, tais como materiais de alimentação que contêm ferro, para o vaso, transportar grandes quantidades de produto metálico fundido e escória produzida em um processo fora do vaso, e circular grandes quantidades de água através dos painéis de água fria - tudo dentro de uma área relativamente confinada. Material carbonáceo e fundentes, às lanças de injeção de sólidos. Essas funções devem prosseguir durante toda a operação de redução, que desejavelmente se estende por pelo menos 12 meses. Também é necessário prover facilidades de acesso e manuseio para que seja possível o acesso ao vaso e manutenção de equipamentos entre as operações de redução.

Uma unidade comercial de redução direta HIs melt baseado em um vaso de 6 m de diâmetro (diâmetro interno da soleira refratária) foi construída em Kwinana, Austrália ocidental. A unidade foi desenhada para operar o processo
5 HIs melt e produzir 800.000 toneladas por ano de ferro fundido no vaso.

O depositante agora desenvolveu um trabalho de pesquisa e desenvolvimento para desenhar uma unidade comercial de redução direta HIs melt de larga escala, para
10 produzir em excesso 1 milhão de toneladas par ano de ferro fundido através do processo HIs melt.

O depositante foi confrontado com uma série de problemas ao aumentar a escala do processo HIs melt e produziu um design alternativo para uma unidade de redução
15 direta HIs melt.

A presente invenção está relacionada a uma unidade de redução direta que é um design alternativo para a unidade de redução direta HIs melt acima mencionada.

A unidade de redução direta da presente invenção
20 também pode ser usada para outros processos de redução direta.

EXPOSIÇÃO DA INVENÇÃO

De acordo com a presente invenção é proporcionada uma unidade de redução direta para produzir metal fundido a
25 partir de um material de alimentação metalífero utilizando um processo de redução direta baseado em banho fundido que inclui:

(a) Um vaso de redução direta fixo para suportar um banho de metal fundido e escória, e um espaço de gás

acima do banho, o vaso incluindo uma soleira e uma parede lateral;

(b) Uma instalação de alimentação de sólidos para fornecer material de alimentação sólida, incluindo material
5 de alimentação metálica e material carbonífero, a partir de um local de suprimento de material de alimentação sólida, de fora do vaso para dentro do vaso;

(c) Uma instalação de alimentação de gás que contém oxigênio para fornecer um gás que contém oxigênio a
10 partir de um local de suprimento de gás que contém oxigênio de fora do vaso para dentro do vaso; a instalação de gás que contém oxigênio incluindo (i) uma instalação de injeção de gás contendo uma pluralidade de lanças de injeção gasosas para injetar o gás que contém oxigênio para dentro
15 do vaso que se estende através das aberturas no vaso, e (ii) uma instalação de dutos de distribuição de gás estendendo-se de um local de suprimento de gás de fora do vaso para levar o gás que contém oxigênio para a instalação de injeção de gás; a instalação de dutos de distribuição
20 de gás incluindo uma única tubulação de distribuição de gás conectada às lanças de injeção gasosas para fornecer o gás contendo oxigênio a partir de um local de suprimento de gás para as lanças de injeção, e a tubulação de distribuição de gás sendo situada a uma altura acima da metade inferior
25 do vaso;

(d) Uma instalação de duto descarga de gás para facilitar o fluxo de gás de saída do vaso;

(e) Uma instalação de corrida de metal para sangrar metal fundido do banho durante uma operação de redução; e

(f) Uma instalação de corrida de escória para sangrar escória do banho durante uma operação de redução.

5 Preferentemente a tubulação de distribuição de gás está situada acima de uma conexão da instalação de injeção de gás do vaso.

10 Preferentemente a tubulação de distribuição de gás é uma tubulação em forma circular que define um caminho sem fim para o fluxo de gás dentro da tubulação;

Preferentemente a tubulação de distribuição de gás é uma tubulação em forma de ferradura.

15 Preferentemente a tubulação de distribuição de gás inclui uma única entrada para gás contendo oxigênio e uma pluralidade de saídas para gás contendo oxigênio, com um número de saídas correspondendo ao número de lanças de injeção gasosas.

20 Preferentemente as saídas para gás contendo oxigênio são igualmente espaçadas em volta do vaso.

Preferentemente as lanças de injeção de gasosas podem ser desconectadas do duto de distribuição de gás e removidas do vaso e repostas por lanças de reposição.

25 Preferentemente a instalação de dutos de distribuição de gás inclui uma pluralidade de membros que conectam a tubulação de distribuição de gás às lanças de injeção gasosas.

Preferentemente os membros são coaxiais às lanças de injeção.

Preferentemente cada membro de conexão inclui uma bobina que se estende de uma extremidade de entrada de uma lança de injeção de gás e uma conexão de expansão que é conectada a uma extremidade da bobina e a outra extremidade a uma das saídas da tubulação de distribuição de gás.

Preferentemente o gás contendo oxigênio é ar ou ar enriquecido com oxigênio.

Preferentemente as lanças de injeção de gás se estendem para baixo e para dentro em relação à tubulação de distribuição de gás.

Preferentemente a tubulação de distribuição de gás é situada distante do vaso, de maneira que haja um espaço entre o vaso e a tubulação de distribuição de gás que possibilita a remoção das lanças de injeção de gás através da abertura.

Preferentemente a parede lateral do vaso inclui:

- a. Uma seção cilíndrica inferior;
- b. Uma seção cilíndrica superior que possui um diâmetro menor do que o da seção inferior; e
- c. Uma seção de transição que interliga as seções superior e inferior.

Preferentemente a seção de transição inclui as aberturas para as lanças de injeção de gás e as lanças se estendem através das aberturas para dentro do vaso.

Preferentemente a seção de transição é frustocônica.

Preferentemente a tubulação de distribuição de gás está localizada acima da seção cilíndrica inferior do

vaso.

Mais preferentemente a tubulação de distribuição de gás está localizada acima da seção cilíndrica superior do vaso.

5 É uma particularidade preferencial que a tubulação de distribuição de gás esteja localizada adjacente a uma parte superior da seção cilíndrica superior do vaso.

10 Em uma concretização a tubulação de distribuição de gás está posicionada de forma a estar fora do diâmetro da seção cilíndrica inferior do vaso.

BREVE DESCRIÇÃO DOS DESENHOS

15 Na presente invenção encontram-se descritas adiante de forma mais detalhada com referência aos desenhos anexos, dos quais:

20 As Figuras 1 e 2 representam uma vista em perspectiva de duas direções diferentes que ilustram o vaso de redução direta e uma parte do sistema de duto de descarga que faz parte de uma modalidade da unidade de redução direta de acordo com a presente invenção;

 A Figura 3 representa uma vista em perspectiva do vaso;

 A Figura 4 representa uma elevação lateral do vaso;

25 A Figura 5 representa uma elevação lateral do vaso, que ilustra o layout dos ladrilhos refratários no interior do vaso;

 A Figura 6 representa uma elevação lateral do

vaso que ilustra o arranjo de lanças de injeção de sólidos e as lanças de injeção de gás quente do vaso;

A Figura 7 é uma seção em corte transversal na linha A-A na Figura 6;

5 A Figura 8 é uma seção em corte transversal na linha A-A na Figura 6;

A Figura 9 é um diagrama que ilustra o arranjo de lanças de injeção de sólidos do vaso;

A Figura 10 é uma vista frontal diagramática de
10 componentes selecionados do vaso, que ilustram os envelopes de extração e inserção das lanças de injeção de sólidos e lanças de injeção de ar quente do vaso;

A Figura 11 é uma vista frontal do vaso; e

A Figura 12 é uma vista frontal do caso com o
15 duto de descarga e o sistema BLAST de distribuição de ar quente removidos.

DESCRIÇÃO DETALHADA DAS CONCRETIZAÇÕES

A unidade de redução direta mostrada nas figuras é adequada particularmente para redução de material
20 metalífero de acordo com o processo Hismelt conforme descrito no Pedido internacional de patente PCT/AU96/00197 (WO 96/00197).

A unidade não está confinada a redução de material metalífero de acordo com o processo Hismelt.

25 A descrição seguinte está no contexto de redução de minério de ferro purificado para produzir ferro fundido de acordo com o processo Hismelt.

A presente invenção não está restrita a produção

de ferro fundido e se estende a redução de qualquer material metalífero.

A descrição seguinte se foca em um vaso de redução direta de uma unidade de redução direta e
5 aparelhagens, tais como lanças de injeção de sólidos e gás, que são diretamente associadas ao vaso.

A unidade de redução direta também inclui outras aparelhagens, incluindo aparelhagens para processamento de materiais alimentados para o vaso contra o fluxo do vaso e
10 aparelhagens para processamento de produtos (metal fundido, escórea fundida e gás de saída) produzidos no vaso. Tais outras aparelhagens não são aqui descritas em detalhes porque este não é o foco da presente invenção, mas estas, entretanto, formam parte da unidade. Tais outras
15 aparelhagens são descritas em outros pedidos de patente em nome do requerente e a descoberta nesses pedidos de patente e patentes são aqui incorporados através de referência remissiva.

Com referência às figuras, no contexto da
20 presente invenção, as características principais das concretizações da unidade de redução direta mostrados nas figuras são:

(a) um vaso de redução direta fixo 3 para suportar um banho fundido 41 de metal e escórea e um espaço
25 gasoso 43 acima do banho;

(b) uma instalação de alimentação de sólidos que inclui 12 lanças de injeção de sólidos 5a, 5b para fornecer material de alimentação sólida, incluindo material de

alimentação metalífera e material carbonífero, dentro do vaso;

(c) uma instalação de alimentação de gás que contém oxigênio para fornecer um gás que contém oxigênio ao vaso, que inclui:

(c) (i) uma instalação de injeção de gás na forma de 4 lanças de injeção 7 para injetar o gás contendo oxigênio dentro do espaço gasoso e/ou do banho dentro do vaso; e

(c) (ii) uma instalação de dutos de distribuição que inclui uma tubulação circular 9 e uma pluralidade de membros 49, o qual associado a cada lança de injeção gasosa 7, que conecta a tubulação circular 9 e as lanças de injeção de gás 7 para distribuir o gás contendo oxigênio, tipicamente ar ou ar enriquecido de oxigênio, às lanças de injeção de gás 7; e

(d) um duto de gás de saída que inclui dois dutos de gás de saída 11 para facilitar a vazão de gás de saída do vaso para fora do vaso;

Com referência às Figuras 1, 2 e 10, é relevante observar, a esse ponto, que unidade de redução direta também inclui uma superestrutura 89 formada de vigas de aço conectadas juntas para definir uma forma octogonal externa ao perímetro 91, uma forma octogonal interna ao perímetro 93 e uma série de membros conectados 95 interconectando as vigas perimetrais. A superestrutura 89 suporta a tubulação circular 9 da instalação de dutos de distribuição de gás através de ganchos (não demonstrados).

A superestrutura também inclui uma pluralidade de plataformas (não demonstradas) que provêm acesso a operários no vaso 3 em diferentes alturas do vaso 3.

O vaso 3 inclui (a) uma soleira que inclui uma base 21 e laterais 23 formadas de ladrilhos refratários, (b) uma parede lateral 25 que se estende para cima a partir da soleira, e (c) uma cobertura torisférica 27. De modo a colocar o tamanho do vaso 3 em contexto, um vaso 3 que é designado a produzir 2 milhões de toneladas por ano de ferro fundido necessita de um diâmetro de soleira (interno) de aproximadamente 8m.

A parede lateral 25 do vaso 3 é formada de modo que o vaso inclui (a) uma seção cilíndrica inferior 29, (b) uma seção cilíndrica superior 31 que possui um diâmetro menor que a seção 29, e (c) uma seção frustocônica 33 que interconecta as duas seções 29, 31.

É evidente a partir da seguinte descrição e desenhos que as 3 seções 29, 31, 33 da parede lateral 25 do vaso dividem a parede lateral 25 em 3 zonas separadas. A seção inferior 29 suporta lanças de injeção de sólidos 7. Finalmente a seção superior 33 em vigor, é uma câmara de gás de exaustão a partir do qual o gás de exaustão deixa o vaso.

A parede lateral 25 e a cobertura 27 do vaso 3 suportam a pluralidade de painéis de água refrigerada (não demonstrados) e a unidade inclui um circuito de água refrigerada. Com referência a Figura 5, a seção superior 33 inclui painéis de aço simples e a seção inferior 29 inclui

painéis de aço duplos. O circuito de água refrigerada fornece e remove água aquecida dos painéis de água refrigerada e, portanto extrai calor da água aquecida antes de retornar a água aos painéis de água refrigerada.

5 A seção frustocônica 33 da parede lateral 25 do vaso 3 inclui aberturas 35 para lanças de injeção de gás 7. As lanças 7 se estendem através das aberturas 35. A aberturas das lanças 25 incluem flanges de montagem 37, e as lanças 7 são montadas em cima e sustentadas pelos
10 flanges 37. As aberturas das lanças 35 são na mesma altura do vaso 3 e são posicionadas em intervalos iguais em torno do perímetro da parede lateral 25 do vaso 3.

 Com referência a figura 5, no caso de uso do vaso 3 para reduzir minério de ferro purificado para produção de
15 ferro fundido de acordo com o processo Hismelt, o vaso 3 contem um banho fundido 41 de ferro e escória que inclui uma camada (não demonstrada) de ferro fundido contido na soleira do vaso 3 e uma camada (não mostrada) de escória fundida na camada de metal 22. O banho fundido 41
20 demonstrado na Figura 5 está sob condições quiescentes - ex: sob condições em que não há injeção de sólidos ou gás no vaso 3. Tipicamente, quando o processo Hismelt está operando no vaso 3 para produzir 2 milhões de toneladas por ano de ferro fundido, o vaso 3 contém 500 toneladas de
25 ferro fundido e 700 toneladas de escória fundida.

 Com referência às figuras 3 e 4, o vaso 3 também inclui 2 portas de acesso 45 na lateral da soleira para permitir acesso ao interior do vaso 11 para novo

revestimento ou outro trabalho de manutenção no interior do vaso.

As portas de acesso 45 são na forma de placas de aço que são soldadas às laterais 23. Quando o acesso ao interior do vaso é necessário, as placas são eliminadas da lateral 23 da soleira e placas de reposição são soldadas na posição após o trabalho no vaso 3 ter sido completado. As portas de acesso 45 são dispostas à pelo menos 90° em volta da circunferência do vaso 3. Esse espaçamento faz com que seja possível a demolição da parede refratária para estender através das portas 45 dentro do vaso e demolir uma parte substancial dos refratores de uma parede lateral alinhada refratária enquanto o vaso está quente. Além disso, as portas de acesso 45 são suficientemente largas, tipicamente 2.5m de diâmetro, para permitir que equipamento bob-cat ou similar acesse o interior do vaso 3.

Com referência a Figura 3, o vaso 3 também inclui uma porta de acesso similar 47 na cobertura 27 do vaso 3 para permitir acesso ao interior do vaso 11 para revestimento ou outro trabalho de manutenção no interior do vaso 3.

Em funcionamento, as quatro lanças de injeção de gás 7 da instalação de injeção de gás injeta uma explosão de ar quente enriquecido de oxigênio a partir de uma estação de abastecimento de gás quente (não demonstrada) situada a alguma distância do vaso de redução 11. A estação de abastecimento de gás quente inclui uma série de fornos de gás (não demonstrados) e uma unidade de oxigênio (não

demonstrada) para permitir que uma corrente de ar enriquecido de oxigênio possa passar através dos fornos de gás quente e para dentro de um duto de distribuição gasosa 51 (figura 2 e 11) o qual é conectado à tubulação circular 5 9. Alternativamente, oxigênio pode ser adicionado a uma corrente de ar após a corrente de ar ter sido aquecida pelos fornos.

O propósito das lanças de injeção de gás 7 é injetar uma taxa de fluxo suficiente de ar quente 10 enriquecido de oxigênio a uma velocidade suficiente para que o ar quente penetre uma fonte, tipicamente uma fonte anular, de metal fundido e escória que é projetada para acima, para dentro do vaso 3 como parte do processo HIs melt e o ar quente enriquecido de oxigênio queima gás 15 inflamável, tal como dióxido de carbono e hidrogênio liberados do banho, que está na fonte. Queima de gás combustível produz calor que é transferido ao banho fundido quando o metal fundido e escória se movem de volta para baixo dentro do banho.

20 As lanças de injeção de gás 7 são lanças de injeção diretas avançadas em termos de construção básica e não incluem turbinas para transmissão de turbilhão para o ar enriquecido de oxigênio fluindo através das lanças. Como indicado acima, trabalho de pesquisa do requerente 25 descobriu que lanças de injeção de gás 7 operando sem turbinas podem alcançar performance comparável a lanças que operam sem turbinas.

As lanças de injeção de gás 7 estendem-se para

baixo através da seção frusto-cônica 33 da parede lateral 25 do vaso 3 dentro da região superior do vaso 3. As lanças 7 são equi-espaçadas em volta da seção frusto-cônica 33 e estão na mesma altura. As lanças 7 são posicionadas para estenderem-se para baixo e para fora para injetar ar quente pela seção inferior 29 da parede lateral 25. É importante notar que é indesejável que o gás contendo oxigênio tenha contato com a parede lateral 25 do vaso - altas temperaturas geradas pela combustão na parede lateral são indesejáveis a partir do ponto de vista da vida útil do vaso. Conseqüentemente, as lanças 7 são dispostas de modo que as pontas 53 das lanças 7 são apontadas em um círculo horizontal.

A acima descrita injeção para cima e para fora de gás de saída contendo oxigênio é também desejável a partir do ponto de vista de evitar combustão de gases de reação, tal como CO, em um núcleo central vertical do vaso, geralmente identificado pelo numeral 139, na Figura 5, e perda resultante de calor com gás de saída dos dutos de gás de saída 11.

Como pode ser mais bem visto na Figura 3, a tubulação circular 9 da instalação de dutos de distribuição é um duto circular que é posicionado acima do vaso 3. Conforme descrito acima, a tubulação circular 9 é conectada ao duto de distribuição de gás quente 51 e recebe ar enriquecido de oxigênio a partir do duto 51.

A tubulação circular 9 inclui 4 saídas 65.

Os membros conectores 49 da instalação de duto de

distribuição de gás conecta a tubulação circular 9 às lanças de injeção de gás 7.

Os membros conectores de calor 49 para cada lança de injeção de gás 7 incluem um cilindro que se estende de uma entrada final da lança 7 e uma conexão de expansão 63 que é conectada a uma terminação do cilindro 61 e a outra terminação a uma saída 65 da tubulação circular 9.

Em funcionamento, as lanças de injeção de gás 7 recebem ar quente enriquecido de oxigênio através a tubulação circular 9 e os membros conectores 49 que conectam as lanças 7 à tubulação circular 9. A tubulação circular 9 distribui a mesma taxa de fluxo de ar quente a cada lança 7.

Com referência às Figuras 6 e 8, a localização de cada lança de gás 7 dentro do vaso 3 pode ser estabelecida teoricamente por:

(a) posicionamento da lança 7 verticalmente em relação ao bico ponta 53 da lança 7 em uma posição exigida - indicada pelos ícones circulares 55 nas Figuras 6 e 8 - e então,

(b) com o bico da lança 53 fixado, pivotando a lança 35° em um plano vertical que intersecciona o bico da lança 53 e está perpendicular a um plano radial que intersecciona o bico da lança 35 e então,

(c) com um bico da lança 53 fixado, rotacionando a lança 30° para fora em direção ao plano radial.

As lanças de injeção de gás 7 são dispostas para serem removíveis do vaso 3.

Especificamente, cada lança 7 pode ser extraída através do desencaixe do cilindro 61 e a junta expansora 63 do membro de conexão associado 49 de cada lança 7 e da tubulação circular 9, posteriormente despreendendo a lança 7 do flange de montagem 37 da abertura da lança 35 na seção frusto-cônica 33 da parede lateral 25, e posteriormente conectando a lança 7 a uma grua superposta (não demonstrada) e levantando a lança 7 para cima a partir da abertura 35.

10 Lanças de reposição 7 podem ser inseridas no vaso 3 através do procedimento inverso ao descrito no parágrafo anterior.

As 12 lanças de injeção de sólidos 5a, 5b da instalação de alimentação de sólidos se estende para baixo e para dentro através das aberturas (não demonstradas) na parede lateral 25 da seção inferior 29 da parede lateral 25 do vaso 3 e dentro da camada de escória (não demonstrada) do banho fundido 41. As lanças 5a, 5b são dispostas de modo que os bicos das lanças sejam pontas de um círculo horizontal imaginário. A parede lateral 25 inclui flanges de montagem 69 e as lanças 5a, 5b são montadas nestas e suportadas pelos flanges 69.

Com referência às Figuras 7 e 9, as lanças de injeção de sólidos 5a, 5b incluem (a) 8 lanças 5a para injetar minérios de ferro purificados e fluir para dentro do vaso 3 e (b) 4 lanças 5b para injeção de material carbonáceo sólido e fluir para dentro do vaso 3.

Os materiais sólidos são carregados em um

transportador de gás desprovido de oxigênio. Tudo sobre as lanças 5a, 5b é o mesmo diâmetro externo e são posicionadas à mesma altura do vaso 3. As lanças 5a, 5b são equiespaçadas em volta da circunferência da seção inferior 29 da
5 parede lateral 25 e são dispostas de modo que as lanças de injeção de minério de ferro 5a são dispostas em pares e há uma lança de injeção de carvão 5b separando cada par adjacente das lanças de injeção de minério de ferro 5a. O pareamento das lanças de minério de ferro 5a para injeção
10 de minério de ferro quente dentro do vaso reduz problemas com acesso de tubulações em volta do vaso.

Em funcionamento, as lanças de injeção de minério de ferro 5a recebem minério de ferro purificado quente e fluem através de um sistema de injeção de minério quente e
15 lanças de injeção de carvão 5b recebem carvão e fluem através da injeção de um sistema de material carbonáceo durante uma operação de redução.

Com referência a Figura 9, o sistema de injeção de minério quente inclui um pré-aquecedor (não demonstrado)
20 para aquecer o minério de ferro purificado e um sistema de transferência de minério aquecido que inclui uma série de linhas de tubulação de reposição 73 e pares de série de reposição ramificados 75 para cada par de lança de injeção de minério de ferro 5a e um fornecimento de transportador
25 gasoso para transportar de minério purificado quente nas linhas de fornecimento 71, 73 e para injetar o minério purificado dentro do vaso 3 a uma temperatura da ordem de 680°C.

Com referência a Figura 9, o sistema de injeção de material/fluxo carbonáceo inclui uma linha de fornecimento simples 77 para cada lança de injeção de carvão 5b.

5 O diâmetro exterior das linhas de fornecimento de carvão 75 é menor que, tipicamente 40-60% menor, o diâmetro exterior das linhas ramificadas de minério quente 75. Enquanto o diâmetro interno das lanças 5a, 5b é preferivelmente o mesmo, a necessidade de isolar as linhas
10 de fornecimento de minério quente 75 e as linhas ramificadas de minério quente 77 aumenta significativamente o diâmetro exterior das lanças. Tipicamente, as linhas ramificadas de minério quente 75 têm o mesmo diâmetro exterior em uma variação de 400-600mm e as linhas de
15 fornecimento de carvão 77 têm o mesmo diâmetro exterior em uma variação de 100-300mm. Em um exemplo particular, as linhas ramificadas de minério quente 75 têm um diâmetro de 500mm e as linhas de suprimento de carvão 77 tem um diâmetro exterior de 200mm.

20 As lanças de injeção de sólidos 5a, 5b são dispostas para serem removíveis do vaso 3.

Especificamente, a instalação de alimentação de sólidos inclui uma instalação para suportar cada lança de injeção de sólidos, 5a, 5b durante a remoção da lança do
25 vaso e inserção de uma lança de reposição dentro do vaso 3. A instalação de suporte para cada lança 5a, 5b inclui um trilho alongado (não demonstrado) se estendendo para cima e para fora da parede lateral 25 do vaso 3, um carregador

removível ao longo do trilho, e um carregador dirigível (não demonstrada) operacional para mover o carregador ao longo do trilho, com o carregador sendo conectado às lanças 5a, 5b para permitir que a lança seja suportada no trilho e movimentada para cima e para baixo através de execução do operador do carregador e através disso extraída do vaso 3. A instalação de suporte é descrita em Pedidos internacionais PCT/2005/001101 e PCT/AU2005/01103 no nome do requerente e a descoberta em Pedidos internacionais é aqui incorporado por referência remissiva.

Como será evidente a partir da descrição acima, a unidade de redução direta acomoda retirada e reposição de 16 lanças compreendendo as 4 lanças de injeção de gás 7 e as 12 lanças de injeção de sólidos 5a, 5b. O vaso 3 é um vaso relativamente compacto. Esse tamanho compacto do vaso e a posição da tubulação circular 9 e os dutos de gás 11 em relação ao vaso 3 estabelece um espaço apertado restrito na remoção e reposição das lanças 7, 5a, 5b.

Com referência a Figura 10, para facilitar a remoção e reposição das lanças 7, 5a, 5b, a unidade de redução direta inclui uma pluralidade de zonas de acesso a guias superiores se estendendo verticalmente 97a, 97b.

As zonas de acesso 97a são externas à tubulação circular 9 e internas ao perímetro exterior 91 da super-estrutura 89. Existem 12 zonas de acesso 97a no total, correspondendo a 12 lanças de injeção de sólidos 5a, 5b. As zonas de acesso 97a permitem remoção e reposição de lanças de injeção de sólidos 5a, 5b.

As zonas de acesso 97b são internas à tubulação circular 9. Existem 4 zonas de acesso 97b no total, correspondendo as 4 lanças de injeção de gás 7. As zonas de acesso 97b permitem remoção e reposição das lanças de injeção de gás.

O par de dutos de gás de saída 11 da instalação do duto de gás de saída permite que o gás de saída produzido em um processo de Hismelt operando no vaso 3 para fluir a partir vaso 3 para processamento em direção a corrente antes de ser liberado para a atmosfera.

Conforme indicado acima, o processo Hismelt funciona preferivelmente com ar ou ar enriquecido de oxigênio e, portanto, gera um volume substancial de gás de saída e requer um duto de gás de saída com diâmetro relativamente grande 11.

Os dutos de gás de saída 11 se estendem a partir da seção superior 31 da parede lateral 25 a um ângulo de 7° em relação ao plano horizontal.

Como pode ser mais bem visto na Figura 11 e 12, os dutos de gás de saída descrevem uma forma em "V" quando vistos de cima do vaso 3. Os eixos longitudinais "X" dos dutos de gás de saída 11 descrevem um ângulo de $66,32^\circ$. Os dutos de gás de saída são posicionados de forma que os eixos centrais "X" dos dutos 11 interseccionam um ao outro e um ponto 101 em uma linha radial "L" que se estende do eixo vertical central 105 do vaso 3. Em outras palavras, os eixos "X" dos dutos de gás de saída 11 não são radiais a partir do eixo vertical central 105 do vaso 3.

Com referência a Figura 1 e 2, a unidade de redução direta inclui uma tampa de gás de saída separada 107 conectada a cada duto de gás de saída 11 para esfriar o gás de saída do vaso 3. As tampas de gás de saída 107 se estendem verticalmente e para cima a partir dos terminais de saída dos dutos de gás de saída 11. As tampas de gás de saída 107 esfriam o gás de saída do vaso 3 através de troca de calor com água/evaporação que passa através das tampas a uma temperatura da ordem de 900°-1100°C.

10 Com mais uma referência às Figuras 1 e 2, a unidade de redução direta também inclui esfregadores de gás de saída separados 109 conectados a cada tampa de gás de saída 107 para remover partículas do gás de saída resfriado. Em adição, cada tampa de gás de saída 107 é conectada a uma válvula de controle de fluxo (não demonstrada) que controla o fluxo de gás de saída do vaso e através da tampa de gás de saída 107. As válvulas de controle de fluxo podem ser incorporadas aos esfregadores de gás de saída 109.

20 Com mais uma referência às Figuras 1 e 2, a unidade de redução direta também inclui um único refrigerador de gás de saída 111 conectado a ambos esfregadores de gás de saída 109. Em funcionamento, o refrigerador de gás de saída 111 recebe correntes de gás de saída lavados de ambos os esfregadores de gás de saída 109 e resfria o gás de saída a uma temperatura da ordem de 25°-40°C.

Em funcionamento, o gás de saída esfriado do

refrigerador de gás de saída 111 é um processo necessário, por exemplo, ao ser utilizado como um combustível gasoso em fornos (não demonstrados) ou boiler de dissipação de calor (não demonstrado) para recuperar energia química do gás de saída e posteriormente ser liberado na atmosfera como um gás limpo.

A unidade de redução direta também inclui uma instalação de corrida de metal que inclui uma soleira frontal 13 para sangrar ferro fundido continuamente do vaso 3. Metal quente produzido durante uma operação de redução é descarregado do vaso 3 através da soleira frontal 13 e um lavador de metal quente (não demonstrado) conectado à soleira frontal 13. O terminal de saída do lavador de metal quente é posicionado acima da estação da concha de metal quente (não demonstrado) para fornecer metal fundido para baixo em direção às conchas localizadas na estação.

A unidade de redução direta também inclui uma instalação de corrimento de metal final para sangrar metal fundido do vaso 3 no final da operação de redução fora da parte inferior do vaso 3 e para transportar o ferro fundido para longe do vaso 3. A instalação de corrimento de metal final inclui uma pluralidade de metais e buracos de sangramento 15 no vaso 3.

A unidade de redução direta também inclui uma instalação de corrimento de escória para sangrar escória fundida do vaso 3 periodicamente da parte inferior do vaso e transportar a escória para longe do vaso 3 durante uma operação de redução. A instalação de corrimento de escória

inclui uma pluralidade de fendas de escória 17 no vaso 3.

A unidade de redução direta também inclui uma instalação de corrimento de escória para drenar escória do vaso 3 no final de uma operação de redução. A instalação
5 final de corrimento de escória inclui uma pluralidade de buracos de sangramento de escória 19 no vaso 3.

Em uma operação de redução de acordo com o processo HIs melt, metais de ferro purificados e transportador apropriado de gás e carvão e transportador
10 adequado de gás são injetados dentro do banho fundido através das lanças 5a, 5b. O momento dos materiais sólidos e transportadores de gases faz com que os materiais sólidos penetrem a camada de metal do banho fundido 41. O carvão é desvolatilizado através disso produz gás na camada de
15 metal. O carbono parcialmente dissolve no metal e particularmente resta na forma de carbono sólido.

Os minerais de ferro purificados são reduzidos a ferro fundido a reação de redução gera monóxido de carbono. O metal fundido é removido continuamente do vaso 3 através
20 da soleira frontal 13.

Escória fundida é removida periodicamente do vaso 3 através das fendas de escória 17.

Os gases que são transportados para dentro da camada de metal e gerados por desvolatilização e reações de
25 redução produzem levantamento significativo de metal fundido flutuante, carbono sólido e escória (extraído para a camada de metal como consequência da injeção de gás/sólido) Da camada de metal que gera um movimento para

cima de respingos e gotas e fluxos de metal fundido e escória e esses respingos, gotas e fluxos adentram a escória enquanto se movem através da camada de escória. O levantamento de metal fundido flutuante, carbono sólido e escória causa uma agitação substancial da camada de escória, com resultado de que a camada de escória se expande em volume. Adicionalmente, o movimento para cima dos respingos, gotas e fluxos de metal fundido e escória - causados pelo levantamento de metal fundido flutuante, carbono sólido e escória - se estendem ao espaço acima do banho fundido e forma a fonte acima descrita.

A injeção de gás contendo oxigênio na fonte através de lanças de injeção de gás 7 pós-queima gases de reação, tais como monóxido de carbono e hidrogênio no vaso 3. Calor gerado pela pós-combustão é transferido para o banho de fundição quando o material cai dentro do banho.

O gás de saída resultante da pós queima de gases de reação no vaso 3 é tirada do vaso 3 através de dutos de gás de saída 11.

Muitas modificações podem ser feitas às concretizações da presente invenção acima descrita sem sair do espírito e escopo da invenção.

Como forma de exemplo, enquanto que a concretização acima descrita inclui 2 dutos de gás de saída 11, a presente invenção não está limitada a esse número de dutos de gás de saída 11 e se estende a qualquer número adequado de dutos de gás de saída 11.

Em adição, enquanto a concretização acima

descrita inclui uma tubulação circular 9 para distribuição de gás contendo oxigênio para as lanças de injeção gasosas 7, a presente invenção não está limitada a essa disposição e se estende a qualquer instalação de distribuição de gás
5 adequada.

Em adição, enquanto a concretização acima descrita inclui 4 lanças de injeção de gás 7, a presente invenção não está limitada ao número e disposição de lanças 7 e se estende a qualquer número e disposição de lanças 7.

10 Em adição, enquanto a concretização acima descrita inclui 12 lanças de injeção de sólidos 5a, 5b com 8 lanças 5a sendo lanças de injeção de minérios dispostas em pares e as 4 lanças restantes 5b sendo lanças de injeção de carvão, a presente invenção não está limitada ao número
15 e disposição das lanças 5a, 5b.

Em adição, enquanto a concretização acima descrita inclui uma soleira frontal, 13 para sangrar ferro fundido continuamente a partir do vaso 3, a presente invenção não está limitada ao uso de soleira frontal e ao
20 corrimento contínuo de ferro fundido.

REIVINDICAÇÕES

1. Unidade de redução direta para produzir metal fundido a partir de um material de alimentação metálico utilizando um processo de redução direta baseado em banho fundido, **caracterizada** por incluir:
- 5
- (a) Um vaso de redução direta fixo para suportar um banho de metal fundido e escória, e um espaço de gás acima do banho, o vaso incluindo uma soleira e uma parede lateral;
- 10
- (b) Uma instalação de alimentação de sólidos para fornecer material de alimentação sólida, incluindo material de alimentação metálica e material carbonífero, a partir de um local de suprimento de material de alimentação sólida, de fora do vaso para dentro do vaso;
- 15
- (c) Uma instalação de alimentação de gás que contém oxigênio para fornecer um gás que contém oxigênio a partir de um local de suprimento de gás que contém oxigênio de fora do vaso para dentro do vaso; a instalação de gás que contém oxigênio incluindo (i) uma instalação de injeção
- 20
- de gás contendo uma pluralidade de lanças de injeção gasosas para injetar o gás que contém oxigênio para dentro do vaso que se estende através das aberturas no vaso, e (ii) uma instalação de dutos de distribuição de gás estendendo-se de um local de suprimento de gás de fora do
- 25
- vaso para levar o gás que contém oxigênio para a instalação de injeção de gás; a instalação de dutos de distribuição de gás incluindo uma única tubulação de distribuição de gás conectada às lanças de injeção gasosas para fornecer o gás contendo oxigênio a partir de um local de suprimento de gás

para as lanças de injeção, e a tubulação de distribuição de gás sendo situada a uma altura acima da metade inferior do vaso;

(d) Uma instalação de duto descarga de gás para
5 facilitar o fluxo de gás de saída do vaso;

(e) Uma instalação de corrida de metal para sangrar metal fundido do banho durante uma operação de redução; e

(f) Uma instalação de corrida de escória para
10 sangrar escória do banho durante uma operação de redução.

2. Unidade, de acordo com a reivindicação 1, **caracterizada** pelo fato de que a tubulação de distribuição de gás está situada acima de uma conexão da instalação de injeção de gás do vaso.

15 3. Unidade, de acordo com as reivindicações 1 ou 2, **caracterizada** pelo fato de que a tubulação de distribuição de gás é uma tubulação em forma circular que define um caminho sem fim para o fluxo de gás dentro da tubulação;

20 4. Unidade, de acordo com a reivindicação 1 ou 2, **caracterizada** pelo fato de que a tubulação de distribuição de gás é uma tubulação em forma de ferradura.

5. Unidade, de acordo com qualquer uma das reivindicações anteriores, **caracterizada** pelo fato de que a
25 tubulação de distribuição de gás inclui uma única entrada para gás contendo oxigênio e uma pluralidade de saídas para gás contendo oxigênio, com um número de saídas correspondendo ao número de lanças de injeção gasosas.

6. Unidade, de acordo com a reivindicação 5, **caracterizada** pelo fato de que as saídas para gás contendo oxigênio são igualmente espaçadas em volta do vaso.

7. Unidade, de acordo com qualquer uma das
5 reivindicações anteriores, **caracterizada** pelo fato de que as lanças de injeção de gasosas podem ser desconectadas do duto de distribuição de gás e removidas do vaso e repostas por lanças de reposição.

8. Unidade, de acordo com qualquer uma das
10 reivindicações anteriores, **caracterizada** pelo fato de que a instalação de dutos de distribuição de gás inclui uma pluralidade de membros que conectam a tubulação de distribuição de gás às lanças de injeção gasosas.

9. Unidade, de acordo com a reivindicação 8,
15 **caracterizada** pelo fato de que os membros são coaxiais às lanças de injeção.

10. Unidade, de acordo com qualquer uma das
reivindicações 8 ou 9, **caracterizada** pelo fato de que cada membro de conexão inclui uma bobina que se estende de uma
20 extremidade de entrada de uma lança de injeção de gás e uma conexão de expansão que é conectada a uma extremidade da bobina e a outra extremidade a uma das saídas da tubulação de distribuição de gás.

11. Unidade, de acordo com qualquer uma das
25 reivindicações anteriores, **caracterizada** pelo fato de que o gás contendo oxigênio é ar ou ar enriquecido com oxigênio.

12. Unidade, de acordo com qualquer uma das
reivindicações anteriores, **caracterizadas** pelo fato de que

as lanças de injeção de gás se estendem para baixo e para dentro em relação à tubulação de distribuição de gás.

13. Unidade, de acordo com qualquer uma das reivindicações anteriores, **caracterizadas** pelo fato de que a tubulação de distribuição de gás é situada distante do vaso, de maneira que haja um espaço entre o vaso e a tubulação de distribuição de gás que possibilita a remoção das lanças de injeção de gás através da abertura.

14. Unidade, de acordo com qualquer uma das reivindicações anteriores, **caracterizada** pelo fato de que a parede lateral do vaso inclui:

- a. Uma seção cilíndrica inferior;
- b. Uma seção cilíndrica superior que possui um diâmetro menor do que o da seção inferior; e
- c. Uma seção de transição que interliga as seções superior e inferior.

15. Unidade, de acordo com a reivindicação 14, **caracterizada** pelo fato de que a seção de transição inclui as aberturas para as lanças de injeção de gás e as lanças se estendem através das aberturas para dentro do vaso.

16. Unidade, de acordo com a reivindicação 15, **caracterizada** pelo fato de que a seção de transição é frustocônica.

17. Unidade, de acordo com qualquer uma das reivindicações 14 a 16, **caracterizada** pelo fato de que a tubulação de distribuição de gás está localizada acima da seção cilíndrica inferior do vaso.

18. Unidade, de acordo com qualquer uma das reivindicações 14 a 16, **caracterizada** pelo fato de que a

tubulação de distribuição de gás está localizada acima da seção cilíndrica superior do vaso.

19. Unidade, de acordo com qualquer uma das reivindicações 14 a 16, **caracterizada** pelo fato de que a
5 tubulação de distribuição de gás está localizada adjacente a uma parte superior da seção cilíndrica superior do vaso.

20. Unidade, de acordo com a reivindicação 19, **caracterizada** pelo fato de que a tubulação de distribuição de gás está posicionada de forma a estar fora do diâmetro
10 da seção cilíndrica inferior do vaso.

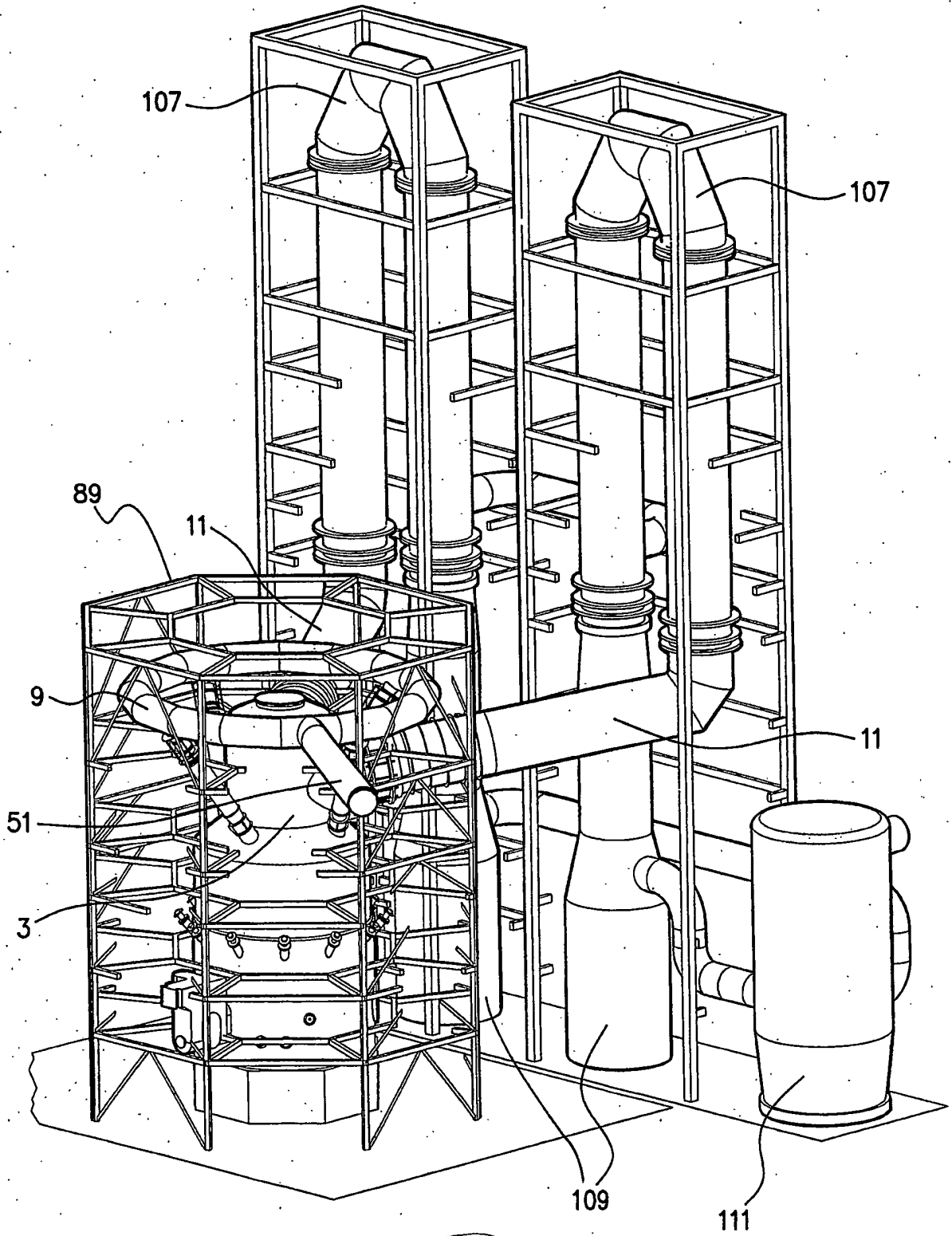


FIG. 1

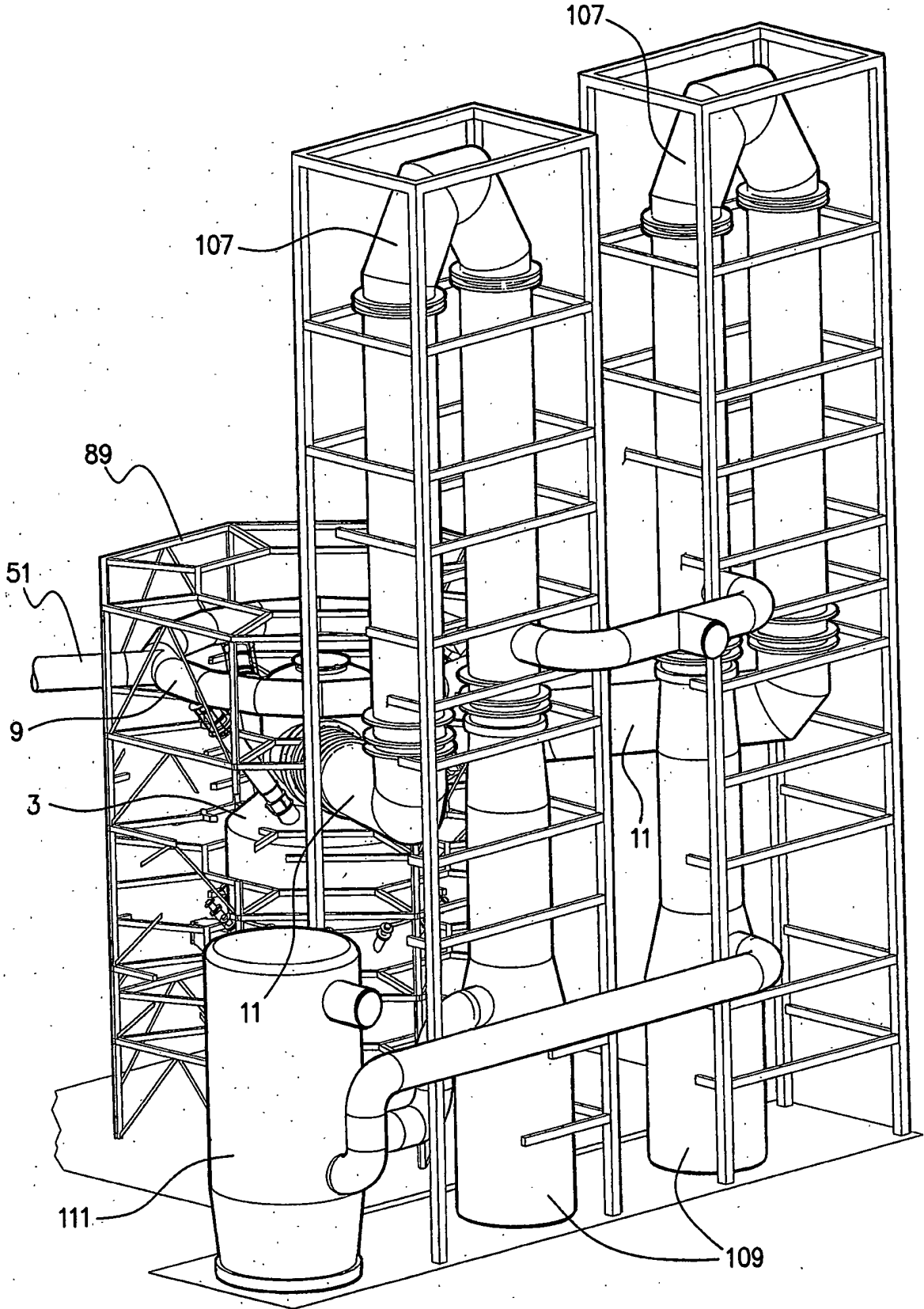


FIG. 2

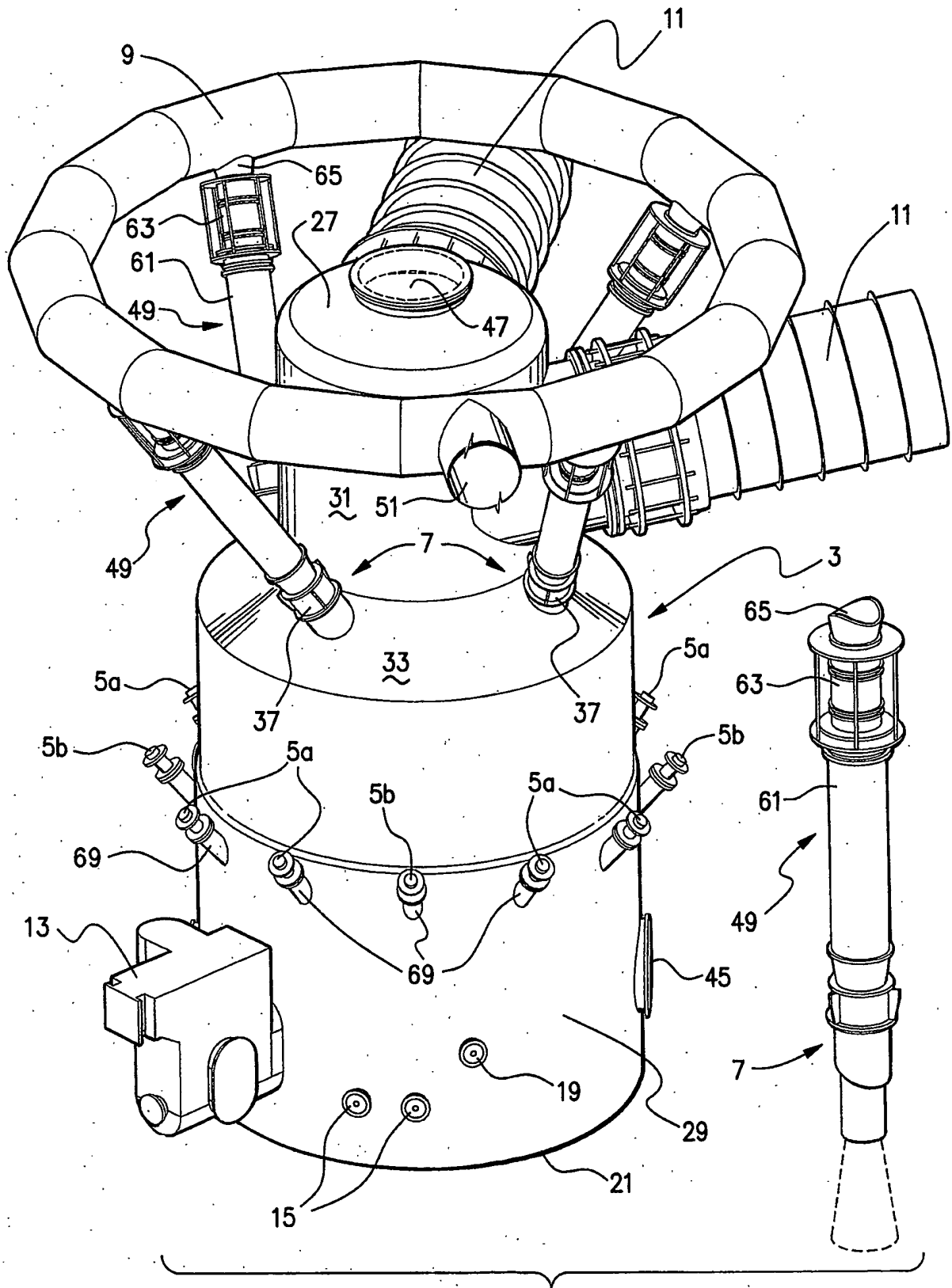


FIG. 3

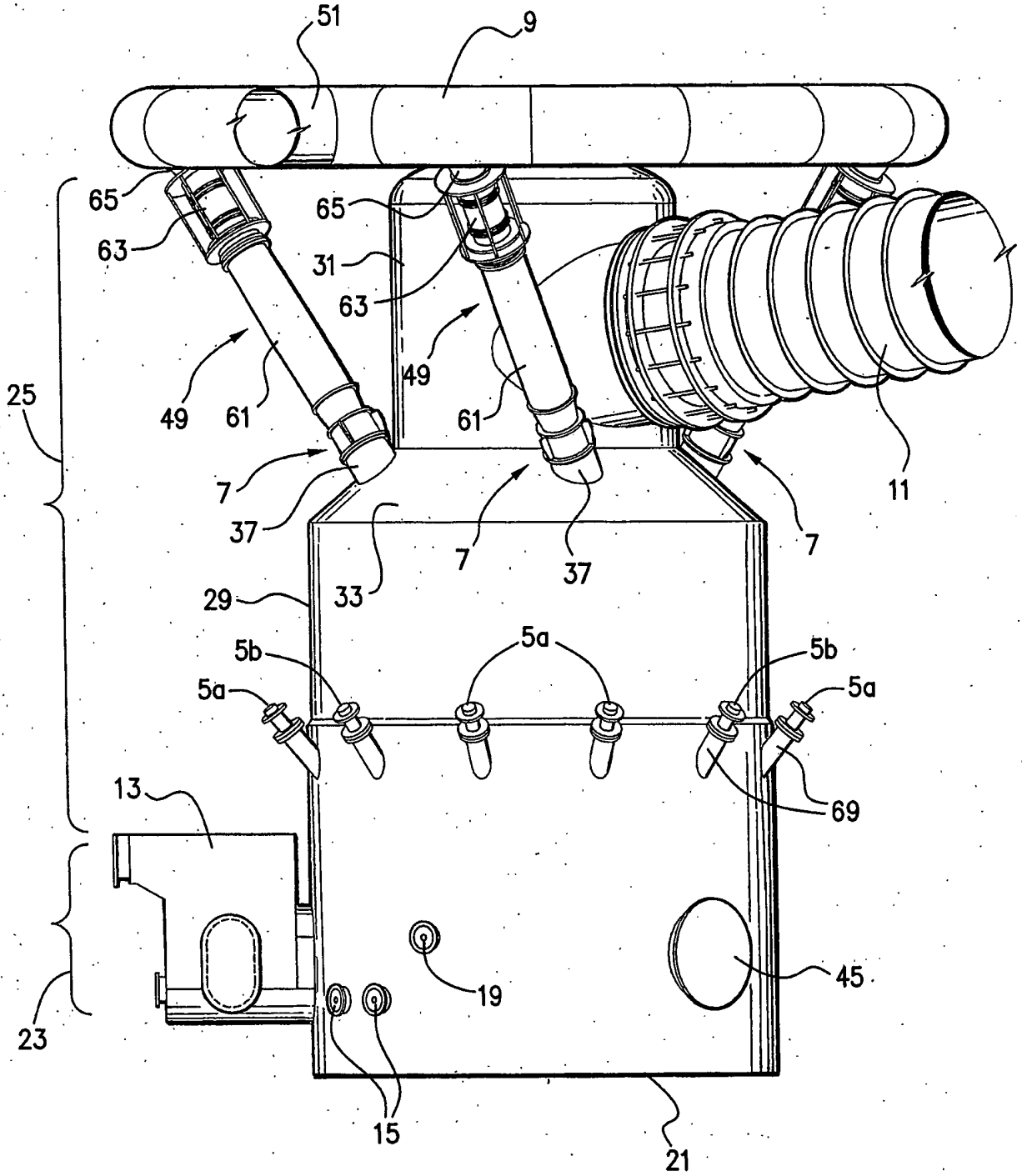


FIG. 4

5/11

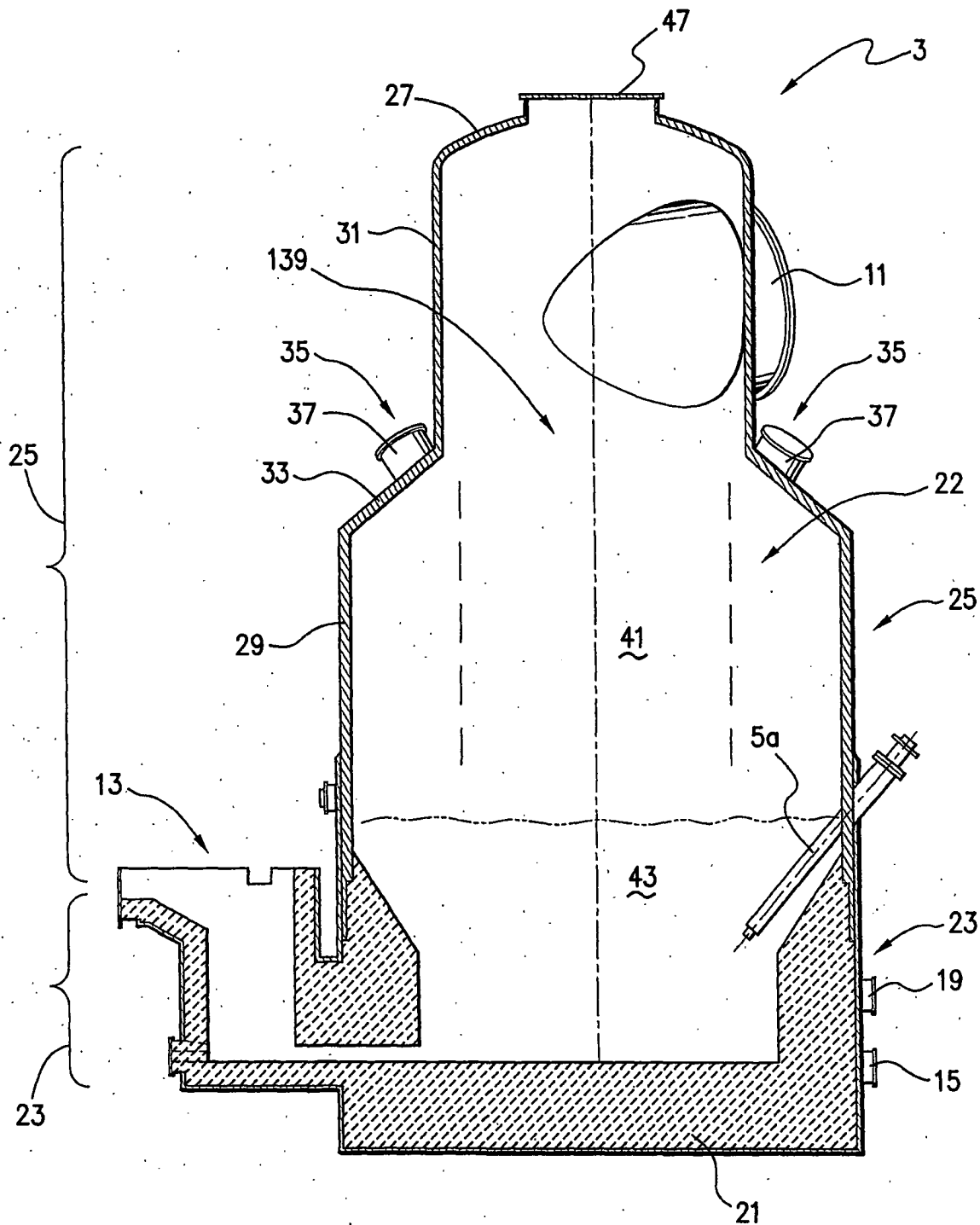


FIG. 5

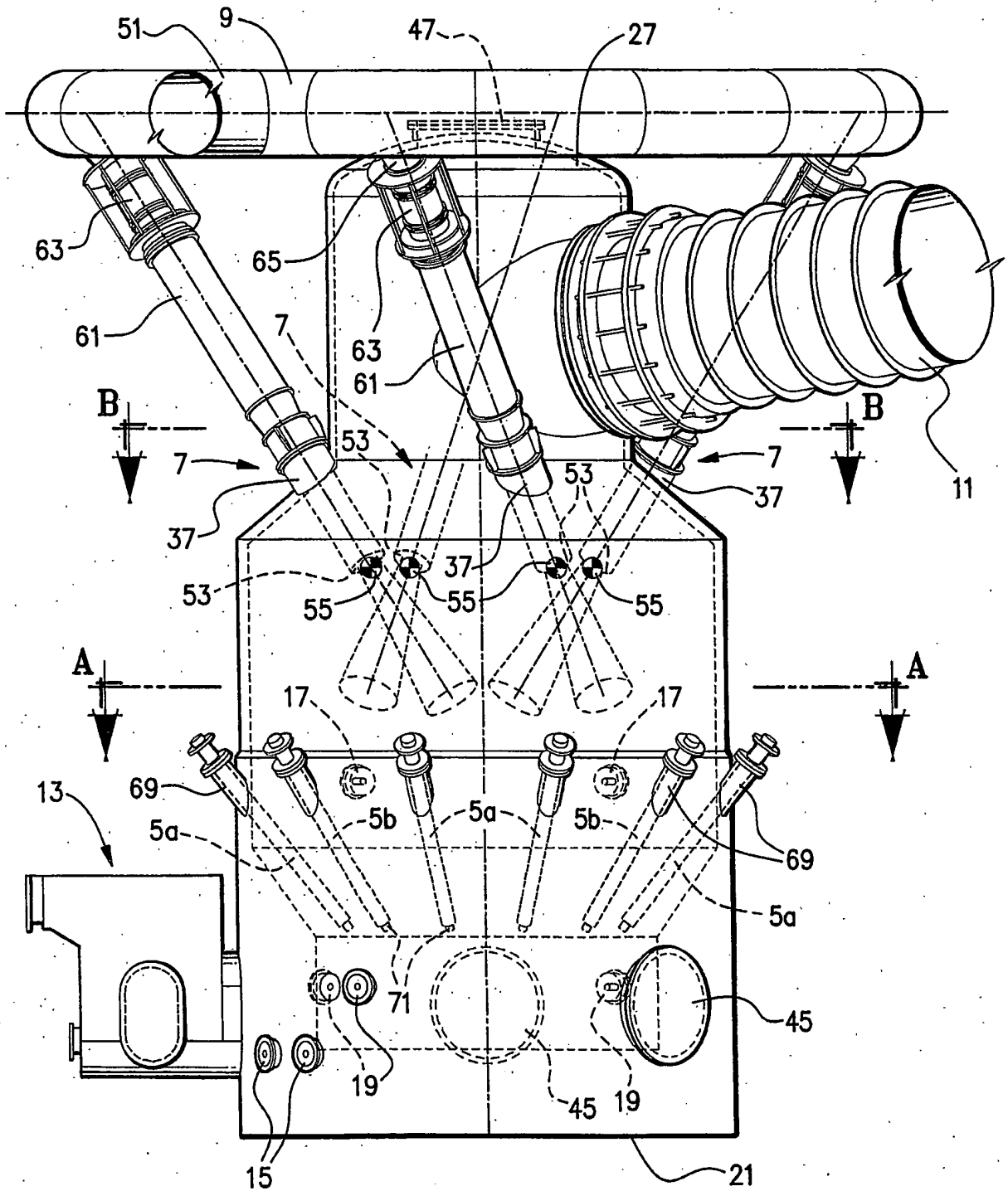


FIG. 6

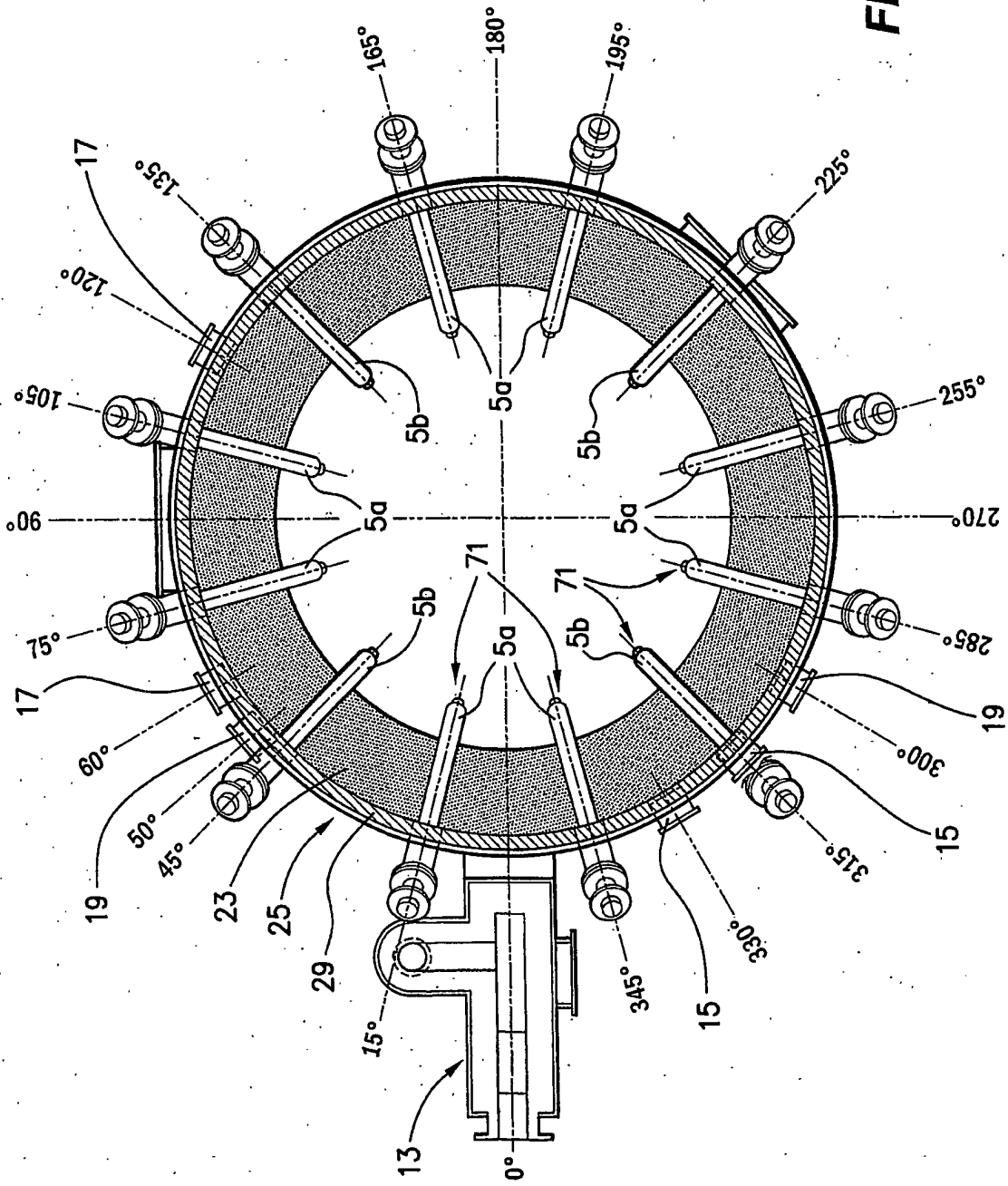


FIG. 7

9/11

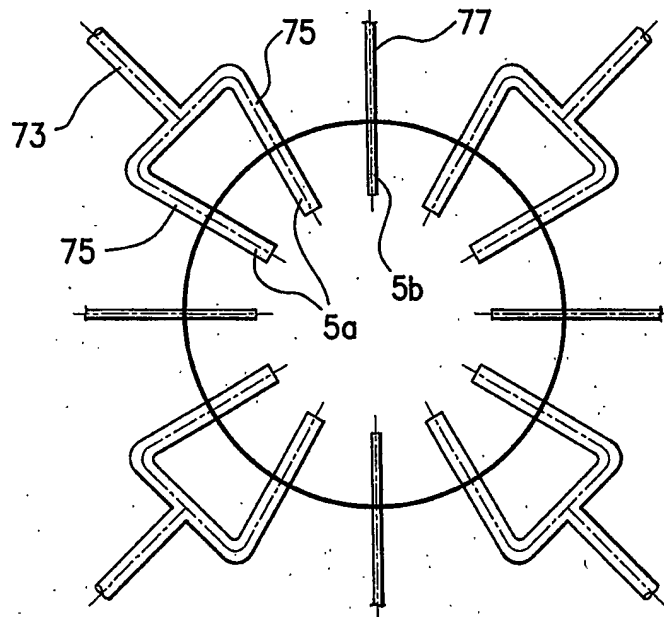


FIG. 9

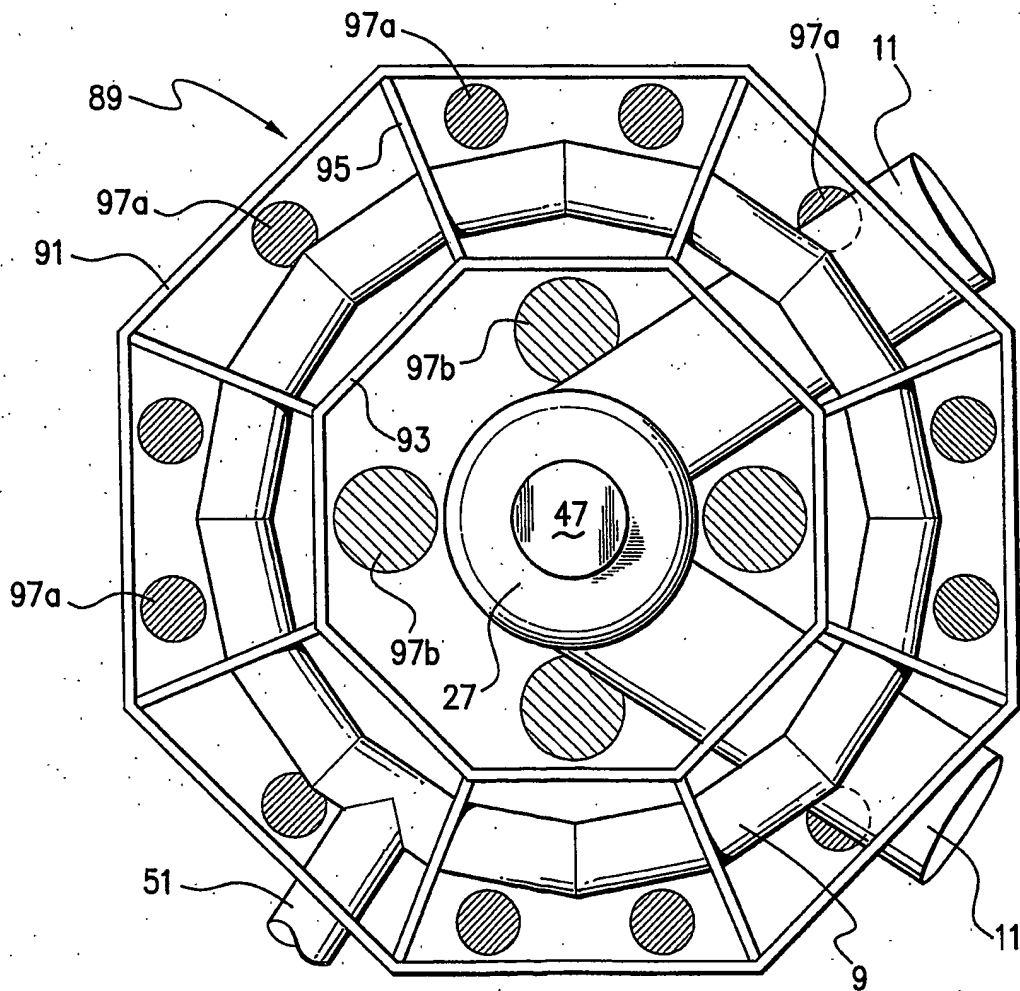


FIG. 10

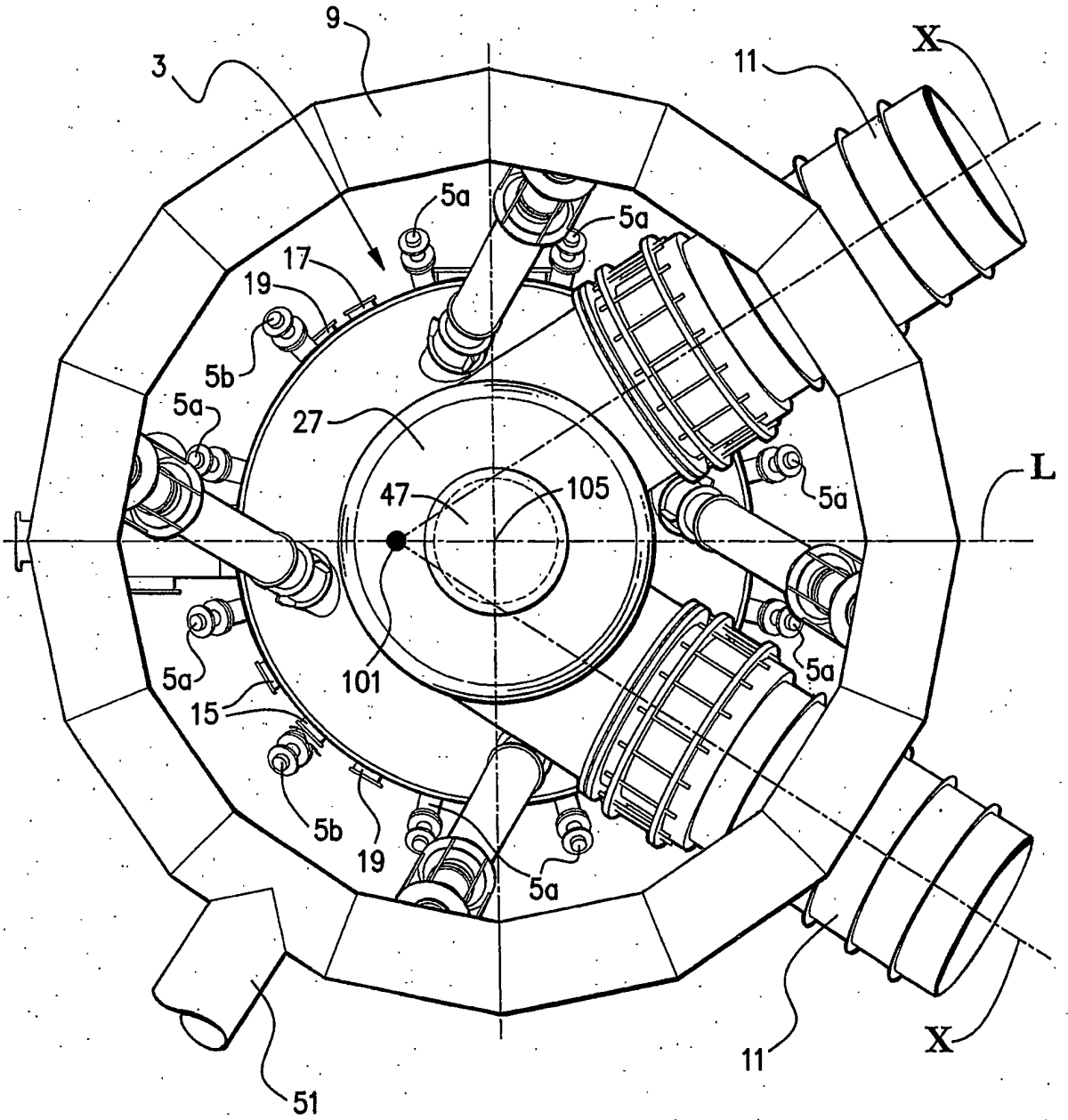


FIG. 11

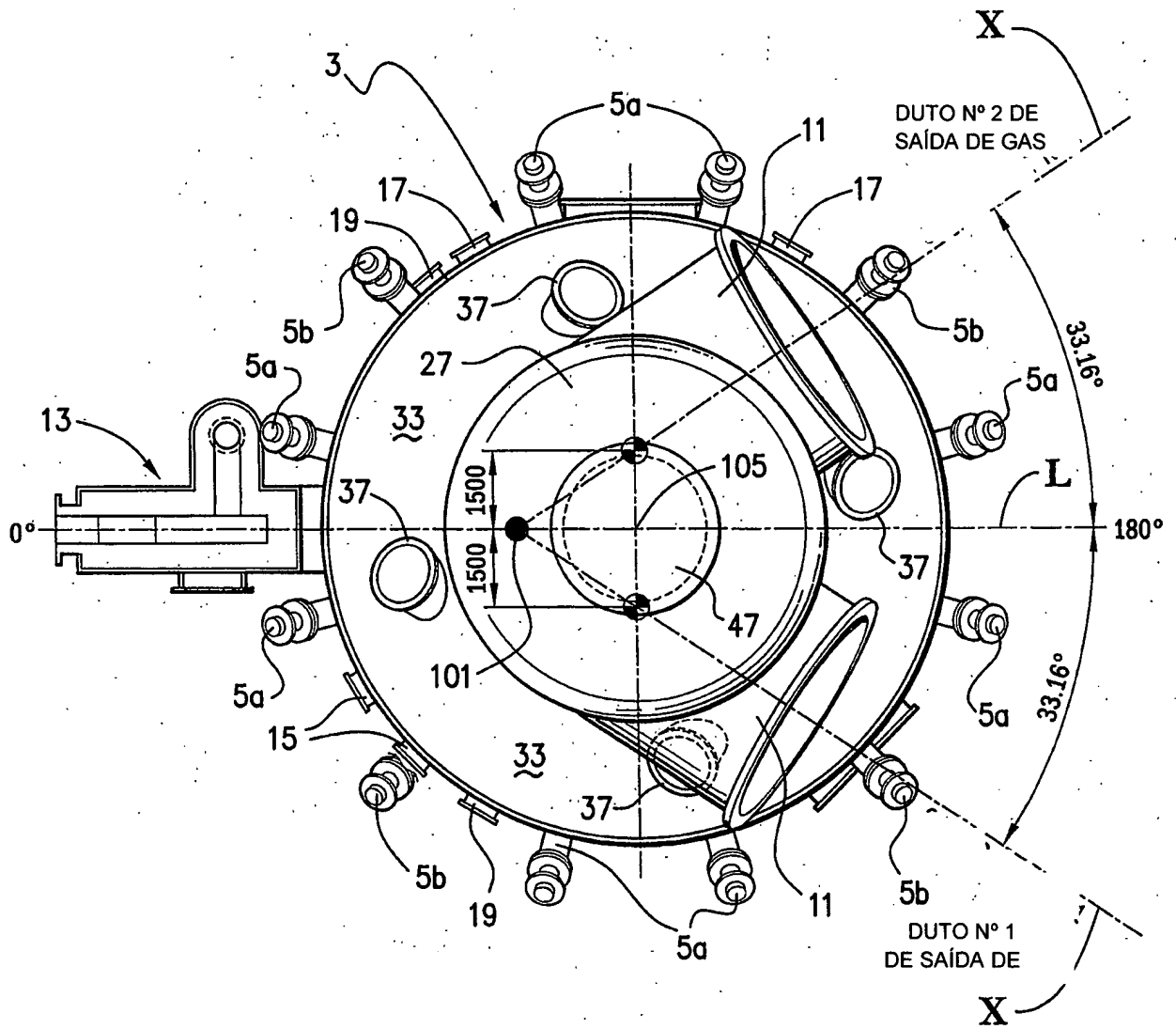


FIG. 12

RESUMOUNIDADE DE REDUÇÃO DIRETA PARA PRODUZIR METAL FUNDIDO A PARTIR DE UM MATERIAL DE ALIMENTAÇÃO METALÍFERO

Uma unidade de redução direta para produzir metal fundido a partir de um material de alimentação metalífero utilizando um processo de redução direta baseado em banho fundido é revelada. A unidade inclui uma instalação de duto de distribuição de gás estendendo-se de um local de fornecimento de gás fora do vaso para levar gás contendo oxigênio para as lanças de injeção de gás estendendo-se para dentro de um vaso de redução direta. A instalação de dutos de distribuição de gás inclui uma única tubulação de distribuição de gás conectada às lanças de injeção de gás para fornecer gás contendo oxigênio para as lanças de injeção de gás. A tubulação de distribuição de gás é localizada a uma altura acima da metade inferior do vaso.