



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

**(11) PI 0707280-5 B1**

**(22) Data do Depósito: 25/01/2007**

**(45) Data de Concessão: 26/06/2018**



---

**(54) Título:** QUEIMADOR DE CÚPULA DE CHAMA PLANA

**(51) Int.Cl.:** F23C 6/04; F23D 14/24; F23D 14/60; F23M 5/02

**(30) Prioridade Unionista:** 31/01/2006 IT MI2006A000155

**(73) Titular(es):** TENOVA S.P.A.

**(72) Inventor(es):** MARCO DANERI; VITTORIO LAVIOSA; MAURIZIO SENAREGA; MASSIMILIANO FANTUZZI; UMBERTO ZANUSSO; ENRICO MALFA

## “QUEIMADOR DE CÚPULA DE CHAMA PLANA”

A presente invenção relaciona-se a um queimador de cúpula de chama plana com baixas emissões poluentes.

5 Em particular, o objetivo da invenção é um queimador radiante alimentado com gás tendo baixas emissões poluentes de óxidos de nitrogênio.

O tipo anterior de queimador é caracterizado pelo fato de que é instalado na cúpula de fornos de aquecimento ou tratamento térmico, em particular em áreas onde uma alta uniformidade de temperatura gerada por radiância é requerida.

10 Estes queimadores também são conhecidos como "queimadores de chama plana" ou "queimadores de cúpula radiante" e são instalados em uma formação regular na cúpula de forno. A fim de aumentar a eficiência das câmaras de combustão operando a uma alta temperatura e reduzir o consumo de combustível, a temperatura de pré-aquecimento do  
15 comburente é normalmente aumentada tanto quanto possível, com a desvantagem conseqüente de ter altas emissões de  $\text{NO}_x$ , cuja produção é conhecida estar em relação à temperatura de chama máxima.

Neste respeito, Patente Européia N° 0041645 faz parte da técnica conhecida, exclusivamente relativa a um queimador de chama plana,  
20 não caracterizado porém por ter baixas emissões poluentes de óxidos de nitrogênio.

Regulamentos sobre controle de poluição atmosférica, que estavam sofrendo modificações nos últimos anos, idealizam limites constantemente decrescentes para a emissão de óxidos de nitrogênio,  $\text{NO}_x$ .

25 É portanto necessário reduzir a produção de óxidos de nitrogênio intervindo no processo de combustão de queimadores de cúpula, a fim de satisfazer demandas de mercado que dos atuais 100 ppm podem cair até mesmo a 20-30 ppm, também na presença de ar pré-aquecido a 500° C.

Combustão diluída e combustão sem chama são técnicas

usadas geralmente para diminuir óxidos de nitrogênio em queimadores laterais e frontais (que podem ser instalados nas paredes da câmara de combustão e que têm um desenvolvimento axial do jato de reagente).

5 O Requerente portanto sentiu a necessidade de aplicar estas técnicas a queimadores radiantes, uma aplicação foi limitada até agora pela impossibilidade de manter a chama plana, e retornar a uma chama globular em lugar de uma chama longitudinal.

10 Um objetivo geral da presente invenção é portanto prover um queimador de chama plana de baixas emissões de óxidos de nitrogênio de acordo com os princípios de combustão sem chama obtidos por meio de etapas de gás.

15 Um objetivo adicional da presente invenção é ser capaz de trazer o forno a uma temperatura operacional estavelmente acima da temperatura de auto- ignição do combustível, que para gás natural é cerca de 850° C. É de fato conhecido que para ser capaz de operar combustão sem chama em regime sob condições de segurança é necessário estar constantemente e estavelmente acima de dita temperatura de limite.

20 Outro objetivo da presente invenção é melhorar a uniformidade térmica na câmara de combustão na direção perpendicular à cúpula graças à aplicação de combustão sem chama que distribui a reação de combustão dentro do volume inteiro da câmara.

25 Ainda outro objetivo da presente invenção é prover um queimador de gás radiante, capaz de manter baixas emissões em um amplo regime de funcionamento, e que também é capaz de modificar facilmente o perfil térmico dentro da câmara de combustão.

Em vista dos objetivos anteriores, de acordo com a presente invenção, um queimador de cúpula de chama plana com baixas emissões poluentes foi concebido, tendo as características especificadas nas reivindicações inclusas.

As características estruturais e funcionais da presente invenção e suas vantagens com respeito à técnica conhecida aparecerão até mais evidentes da descrição seguinte, se referindo aos desenhos inclusos que ilustram um queimador de cúpula de chama plana com baixas emissões poluentes produzidas de acordo com os princípios inovadores da própria invenção.

Nos desenhos:

Figuras 1 e 2 são vistas de perspectiva seccionais parcialmente elevadas do queimador de acordo com a invenção instalado em uma cúpula de forno;

Figuras 3 e 4 ilustram uma vista de perspectiva de dois detalhes do queimador de acordo com a invenção;

Figura 5 é uma vista esquemática elevada do queimador instalado.

Com referência aos desenhos, um queimador de gás radiante com baixas emissões poluentes, objetivo da invenção, é indicado como todo com 10, e no exemplo ilustrado, de acordo com a presente invenção, está instalado em uma cúpula 21 que delimita a câmara de combustão 20 do forno de aquecimento de aço.

O queimador 10 inclui:

- um corpo cilíndrico oco metálico principal 12;
- um único duto 13 para levar gás combustível concêntrico ao corpo principal 12;
- um bocal central interno 14 para a injeção de um gás combustível;
- um primeiro dispositivo de separação 15 representado como uma válvula separadora, como um exemplo não limitante, adequada para regular a vazão de gás combustível central;
- um sistema de distribuição de gás 16 consistindo em uma

série de tubos 16';

- pelo menos dois bocais 17 fora de dito corpo principal 12 para a injeção do combustível na câmara de combustão 20 alimentada por ditos tubos 16';

5 - um segundo dispositivo de separação 18 indicado como uma segunda válvula separadora, como um exemplo não limitante, adequada para regular a vazão de gás nos pelo menos dois bocais externos 17 anteriores;

- uma conexão 19 adequada para unir porções de ditos tubos 16' para facilitar a desmontagem da válvula separadora 18 anterior;

10 - um bloco cerâmico 22 feito de um material refratário que forma a cúpula 21 na qual há uma boca de forno 23.

Dita boca de forno 23 inclui uma área traseira substancialmente cilíndrica 24 e uma área dianteira escareada conectora 25, preferivelmente delimitada por uma parede 26 com um perfil tendo um setor circular ou elipsoidal se estendendo por exemplo por um ângulo de 90°.

Um único duto de transporte de ar 30 preferivelmente pré-aquecido está conectado ao corpo metálico principal 12.

O queimador 10 também inclui um difusor de ar 31 preferivelmente feito de um material metálico, incluindo uma placa de ancoragem 32, um corpo tubular 33 e uma série de lâminas 34 em um número variando de quatro a vinte e seis, e preferivelmente dezesseis, orientadas no sentido horário ou anti-horário com uma inclinação variando de 0 a 35°.

Dentro do bocal de gás 14, há um agitador de gás 35 representado por uma hélice fixa consistindo em lâminas, preferivelmente metálicas 36, em um número variando de três a dez, preferivelmente seis, orientadas no sentido horário ou anti-horário com uma inclinação variando de 0 a 60° e o furo de saída 37 na câmara de combustão 20 de dito bocal de gás 14, de qual o combustível é descarregado com uma taxa variando de 10 a 50 m/s.

O corpo metálico 12 está conectado ao bloco refratário 21 por meio de um flange 40 e parafusos 41, como também uma placa 42 e estojos 18, ou de outro modo adequado.

5 O queimador 10 de acordo com a invenção é capaz de funcionar ambos como um piloto no modo de chama (isto é, pode trazer um forno à temperatura correta) ou em um modo sem chama com baixas emissões de óxido de nitrogênio.

10 Dito queimador 10 também inclui um alojamento 45 para um dispositivo de ignição do queimador 10 e também um alojamento 46 para um detector de chama.

Ditos alojamentos 45 e 46 se comunicam com alojamentos situados no bloco cerâmico 21, indicado com 47 e 48, respectivamente.

15 Ditos alojamentos 45 e 46 provêm o suporte mecânico para o posicionamento correto do dispositivo de ignição e detector de chama do queimador 10, respectivamente.

Quando é necessário usar o queimador no modo "piloto", isto é, quando a temperatura da câmara de combustão 20 do forno não alcançou a temperatura de auto-ignição do combustível, o queimador opera com gás deixando o bocal central 14.

20 Quando a câmara de combustão 20 do forno alcançou a temperatura de auto-ignição do gás combustível em ar (isto é, para gás natural, cerca de 850° C), é possível passar a um modo sem chama: operando com as válvulas de separadoras 15 e/ou 18, o gás combustível é injetado por ditos pelo menos dois bocais de gás laterais externos 17 a uma taxa variando  
25 de 20 a 200 m/s.

O ar pré-aquecido entrando do duto 30 flui pelo corpo 12 para o difusor de ar 31, onde alcança taxas variando de 50 a 150 m/s em relação à pressão de alimentação e temperatura de pré-aquecimento do próprio ar.

De acordo com a presente invenção, na realidade, uma vez que

a potência térmica provida pelo queimador 10 tenha sido estabelecida, é possível passar continuamente de um modo para o outro simplesmente variando a porcentagem de distribuição do fluido de combustível entre o bocal interno central 14 e ditos pelo menos dois bocais externos 17, simplesmente atuando no sistema de distribuição - válvulas 15 e 18 - do combustível sem modificar de modo algum a provisão de ar comburente.

Quando o queimador está funcionando, o ar comburente, preferivelmente pré-aquecido, é introduzido na câmara de combustão 20 pelo difusor de ar 31.

10 O funcionamento dos dois modos de chama e sem chama é descrito aqui abaixo:

no modo de chama - compatível com qualquer temperatura da câmara de combustão - o combustível é dirigido, operando adequadamente nas válvulas de distribuição 15 e/ou 18, pelo bocal de gás central 14 somente.

15 Uma área de mistura excelente é criada na boca de forno 23 entre ar e combustível, que permite a formação de uma frente de chama definida e estável;

no modo de sem chama - compatível com temperaturas na câmara de combustão mais altas do que a temperatura de auto-ignição do combustível - o combustível é desviado, operando adequadamente nas válvulas de distribuição 15 e/ou 18, pelos bocais de gás externos 17 somente.

Os jatos de gás perfuram a camada de ar aderente à superfície curvada da boca de forno 23 e causam a reação de combustão em uma área com uma atmosfera homogênea na qual há mistura ótima entre o gás combustível, ar pré-aquecido e gases queimados; a reação de combustão acontece em uma forma diluída e não há nenhuma formação de uma frente de chama.

Nas áreas de mistura do gás com o comburente e com os produtos de combustão, já a montante da reação, há um conteúdo de oxigênio

reduzido, mais baixo do que o nível atmosférico. A limitação da concentração de oxigênio permite a reação ser desenvolvida em um volume maior. Isto causa a reação entre os reagentes mais diluídos, que conseqüentemente se desenvolve mais lentamente. Isto limita a formação de picos de temperatura, em correspondência com o que a formação de óxidos de nitrogênio ( $\text{NO}_x$  5 térmico) é favorecida.

Em um modo sem chama, o gás pode ser injetado:

- em paralelo ao eixo de queimador ou;  
- pode ser injetado de forma que os jatos de gás combustível 10 tenham componentes de movimento tangencial (de 0 a  $15^\circ$ ) e movimento radial (de 0 a  $15^\circ$ ) com respeito ao eixo do queimador, de forma que eles se movam longe do próprio eixo de queimador ou;

- pode ser injetado de forma que os jatos de gás combustível tenham componentes de movimento tangencial (de 0 a  $15^\circ$ ) e movimento 15 radial (de 0 a  $15^\circ$ ) com respeito ao eixo do queimador, de forma que eles se movam para o próprio eixo de queimador.

A variação de porcentagem no gás distribuído pelas válvulas 15 e 18, entre o bocal central 14 e ditos pelo menos dois bocais externos 17, permite a passagem contínua de um modo de funcionamento com chama a um 20 modo de funcionamento sem chama.

Também é possível produzir o alojamento 45 do dispositivo de ignição coaxial com o eixo de queimador, ou com uma inclinação convergente de  $0^\circ$  a  $30^\circ$  com respeito ao eixo do queimador.

Analogamente, o alojamento 46 do detector de chama pode ser 25 coaxial com o eixo do queimador, ou com uma inclinação convergente de  $0^\circ$  a  $30^\circ$  com respeito ao eixo do queimador.

Há preferivelmente dois bocais externos 17, arranjados simetricamente com respeito ao eixo de queimador, como ilustrado, mas também pode haver quatro deles. De acordo com a concretização preferida, os

bocais são arrançados verticalmente.

Em vez da válvula separadora 15, é possível ter um orifício calibrado interposicionado entre os flanges.

5 Também é vantajosamente possível idealizar a presença de um isolamento refratário dentro do corpo metálico 12.

A conexão 19 não tem que estar presente quando não há nenhum requisito de montagem/desmontagem particular. As características dimensionais seguintes do queimador de acordo com a invenção instalado na cúpula de um forno também são definidas:

10 p: distância da superfície terminal de qualquer de ditos pelo menos dois bocais externos 17 da cúpula da câmara de combustão; distância positiva quando o bocal externo 17 considerado penetra na câmara de combustão; distância negativa quando o bocal externo 17 considerado permanece dentro do bloco refratário 10;

15 h: distância da superfície delimitada pela circunferência do difusor de ar 31 do lado interno da câmara de combustão da cúpula 21 da própria câmara de combustão;

l: distância do centro da superfície terminal de qualquer de ditos pelo menos dois bocais externos 17 do eixo do queimador;

20 dl: diâmetro do furo de alojamento do bloco refratário 22 para o difusor de ar metálico 31 em correspondência com a superfície delimitada pela circunferência do difusor de ar 31 do lado interno da câmara de combustão 20;

H: espessura do bloco refratário 22;

25 D: diâmetro da circunferência terminal máxima da superfície curvada do bloco refratário 22;

DB: diâmetro externo do bloco refratário 22.

Na base das definições indicadas acima, as relações seguintes entre os parâmetros são estabelecidas para a presente invenção (onde o sinal  $\leq$

significa menos que ou igual a):

$$-0,1 \leq (p/H) \leq 0,1, \text{ preferivelmente } (p/H) = -0,06;$$

$$0 \leq (h/H) \leq 0,75, \text{ preferivelmente } (h/H) = 0,5;$$

$$0,1 \leq D1/D \leq 0,4, \text{ preferivelmente } 0,17 \leq D1/D \leq 0,22;$$

$$5 \quad 0 \leq (DB-D) \leq 0,5, \text{ preferivelmente } (DB-D) = 0,1.$$

Do que é descrito acima com referência às figuras, é evidente como um queimador de gás de acordo com a invenção é particularmente útil e vantajoso. O objetivo mencionado no preâmbulo da descrição é portanto alcançado.

10                   As formas do queimador de gás da invenção, como também os materiais, podem diferir obviamente daquelas mostradas para propósitos puramente ilustrativos e não limitantes nos desenhos.

A extensão de proteção da invenção está portanto delimitada pelas reivindicações inclusas.

## REIVINDICAÇÕES

1. Queimador de cúpula de chama plana (10) adequado para ser instalado em uma cúpula (21) que delimita a câmara de combustão (20) de um forno de aquecimento de aço, o queimador (10) incluindo um corpo cilíndrico oco metálico principal (12), um único duto (13) para o transporte de gás combustível concêntrico ao corpo principal (12), um bocal interno central (14) para a injeção de um gás combustível, caracterizado pelo fato de que inclui pelo menos dois bocais (17) fora de dito corpo principal (12) para a injeção de combustível na câmara de combustão (20).

2. Queimador de cúpula de chama plana (10) de acordo com reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que dito queimador (10) também é equipado com:

- um primeiro dispositivo separador (15) na forma de uma válvula separadora ou orifício, adequado para regular a vazão de gás combustível central;

- um sistema de distribuição de gás (16) consistindo em uma série de tubos (16'), destinados para alimentar ditos pelo menos dois bocais externos (17);

- um segundo dispositivo separador (18) indicado como uma segunda válvula separadora para propósitos ilustrativos não limitantes, adequada para regular a vazão de gás de ditos pelo menos dois bocais externos (17).

3. Queimador de cúpula de chama plana (10) de acordo com reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que ditos bocais externos (17) são arranjados simetricamente com respeito ao eixo do queimador (10).

4. Queimador de cúpula de chama plana (10) de acordo com reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que há quatro de ditos bocais externos (17).

5. Queimador de cúpula de chama plana (10) de acordo com

reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que ditos bocais externos (17) são  
arranjados verticalmente.

5 6. Queimador de cúpula de chama plana (10) de acordo com  
reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que ditos bocais externos (17) são  
arranjados assim para permitir a injeção de gás em paralelo ao eixo do  
queimador (10).

10 7. Queimador de cúpula de chama plana (10) de acordo com  
reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que ditos bocais externos (17) são  
arranjados assim para permitir a injeção de gás com jatos tendo componentes  
de movimento tangencial (de 0 a 15°) e movimento radial (de 0 a 15°) com  
respeito ao eixo de queimador, a fim de se mover longe do eixo do queimador  
(10).

15 8. Queimador de cúpula de chama plana (10) de acordo com  
reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que ditos bocais externos (17) são  
arranjados assim para permitir a injeção de gás com jatos tendo componentes  
de movimento tangencial (de 0 a 15°) e movimento radial (de 0 a 15°) com  
respeito ao eixo de queimador, a fim de se mover para o eixo do queimador  
(10).

20 9. Queimador de cúpula de chama plana (10) de acordo com  
reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que por meio de ditas válvulas (15,  
18), é possível regular a porcentagem de gás distribuído pelas válvulas (15,  
18), entre o bocal central (14) e ditos pelo menos dois bocais externos (17),  
assim para permitir a passagem contínua do modo de funcionamento com  
chama para o modo de funciona sem chama.

25 10. Queimador de cúpula de chama plana (10) de acordo com  
reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que dito queimador é instalado em  
um bloco cerâmico (22) feito de um material refratário que forma a cúpula  
(21) na qual há uma boca de forno (23), dita boca de forno (23) incluindo uma  
área traseira substancialmente cilíndrica (24) e uma área frontal escareada

conectora (25), preferivelmente delimitada por uma parede (26) com um perfil tendo um setor circular ou elipsoidal se estendendo por exemplo por um ângulo de 90°.

5 11. Queimador de cúpula de chama plana (10) de acordo com reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que dito queimador (10) também inclui um difusor de ar (31) feito preferivelmente de um material metálico, incluindo uma placa de ancoragem (32), um corpo tubular (33) e uma série de lâminas (34) em um número variando de quatro a vinte e seis, e preferivelmente dezesseis, orientadas no sentido horário ou anti-horário com  
10 uma inclinação variando de 0 a 35°.

12. Queimador de cúpula de chama plana (10) de acordo com reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que dentro do bocal de gás central (14) há um agitador de gás (35) representado por uma hélice fixa consistindo em lâminas, preferivelmente metálicas (36), em um número variando de três a  
15 dez, preferivelmente seis, orientadas no sentido horário ou anti-horário com uma inclinação variando de 0 a 60° e o furo de saída (37) na câmara de combustão (20) de dito bocal de gás central (14).

13. Queimador de cúpula de chama plana (10) de acordo com reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que dito queimador (10) também  
20 inclui um alojamento (45) para um dispositivo de ignição do queimador (10) como também um alojamento (46) para um detector de chama, ditos alojamentos (45, 46) são arrançados assim para se comunicarem com alojamentos respectivos (47, 48) situados no bloco cerâmico (21), ditos alojamentos (45, 46) provêm o suporte mecânico para o posicionamento  
25 correto do dispositivo de ignição e detector de chama respectivamente do queimador (10).

14. Queimador de cúpula de chama plana (10) de acordo com reivindicação 13, caracterizado pelo fato de que o alojamento (45) do dispositivo de ignição é coaxial com o eixo do queimador, ou com uma

inclinação convergente de  $0^\circ$  a  $30^\circ$  com respeito ao eixo do queimador e o alojamento (46) do detector de chama é coaxial com o eixo do queimador, ou com uma inclinação convergente de  $0^\circ$  a  $30^\circ$ .

5 15. Queimador de cúpula de chama plana (10) de acordo com reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que:

- sendo (p) a distância da superfície terminal de qualquer de ditos pelo menos dois bocais externos (17) da cúpula da câmara de combustão, dita distância sendo considerada um valor positivo quando o bocal externo (17) considerado penetra na câmara de combustão, e um valor  
10 negativo quando o bocal externo (17) considerado permanece dentro do bloco refratário (10);

- sendo (h) a distância da superfície delimitada pela circunferência do difusor de ar (31) do lado interno da câmara de combustão da cúpula (21) da própria câmara de combustão;

15 - sendo (l) a distância do centro da superfície terminal de qualquer de ditos pelo menos dois bocais externos (17) do eixo do queimador;

- sendo (dl) o diâmetro do furo de alojamento do bloco refratário (22) para o difusor de ar metálico (31) em correspondência com a superfície delimitada pela circunferência do difusor de ar (31) do lado interno  
20 da câmara de combustão (20);

- sendo (H) a espessura do bloco refratário (22);

- sendo (D) o diâmetro da circunferência terminal máxima da superfície curvada do bloco refratário (22);

25 - sendo (DB) o diâmetro externo do bloco refratário (22), as relações seguintes entre parâmetros são estabelecidas:  $-0,1 \leq (p/H) \leq 0,1$ , preferivelmente  $(p/H) = -0,06$  (em que o sinal  $\leq$  significa menos que ou igual a).

16. Queimador de cúpula de chama plana (10) de acordo com reivindicação 15, caracterizado pelo fato de que é  $0 \leq (h/H) \leq 0,75$ ,

preferivelmente  $(h/H) = 0,5$ .

17. Queimador de cúpula de chama plana (10) de acordo com reivindicação 15, caracterizado pelo fato de que é  $0,1 \leq D1/D \leq 0,4$ , preferivelmente  $0,17 \leq D1/D \leq 0,22$ .

5

18. Queimador de cúpula de chama plana (10) de acordo com reivindicação 15, caracterizado pelo fato de que é  $0 \leq (DB-D) \leq 0,5$ , preferivelmente  $(DB-D) = 0,1$ .

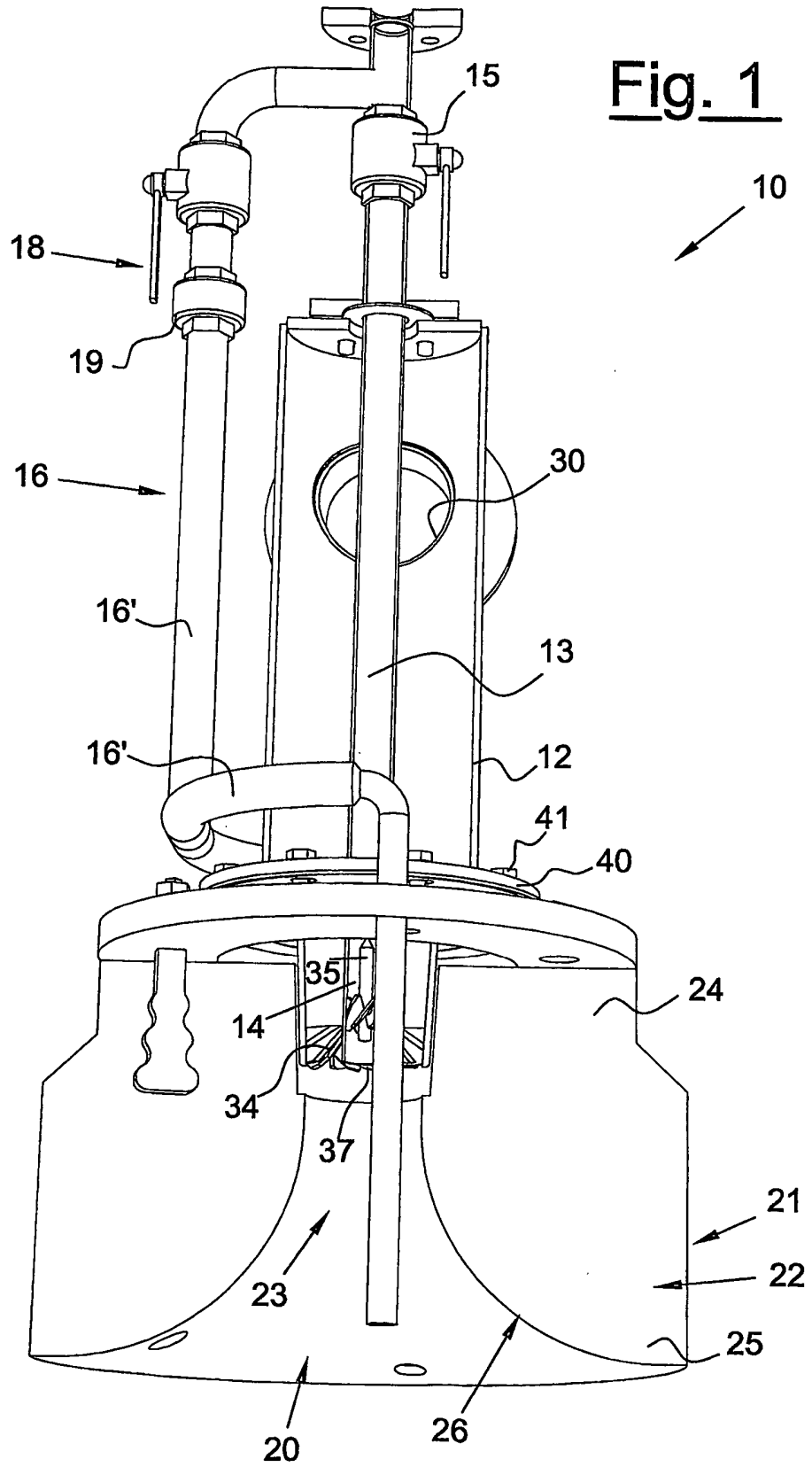


Fig. 2

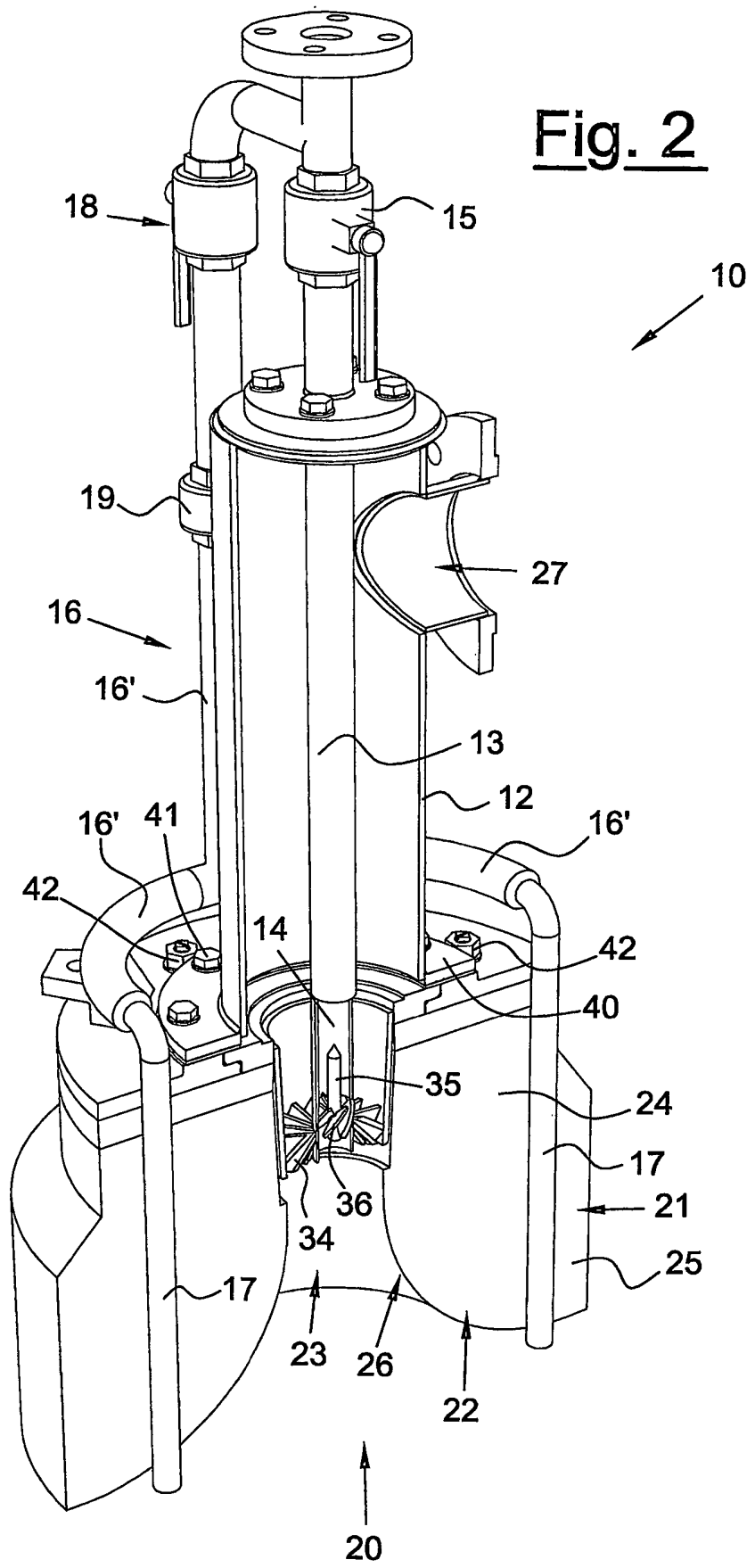


Fig. 3

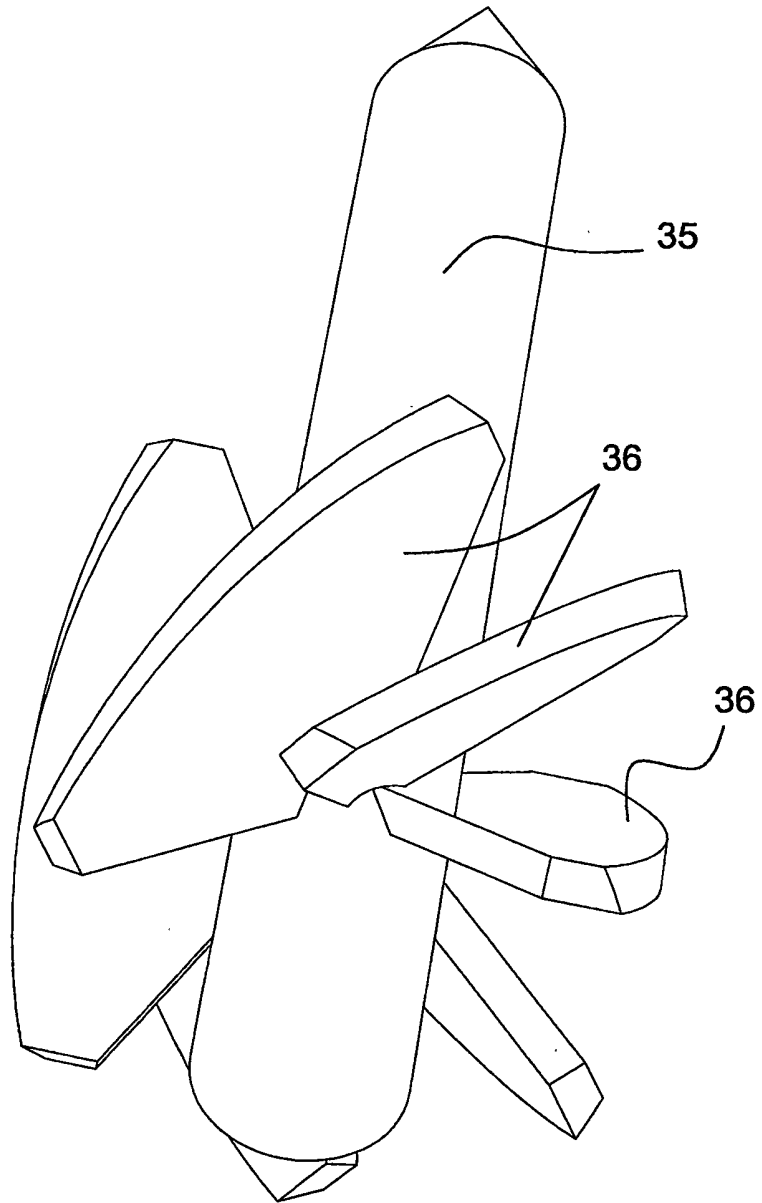


Fig. 4

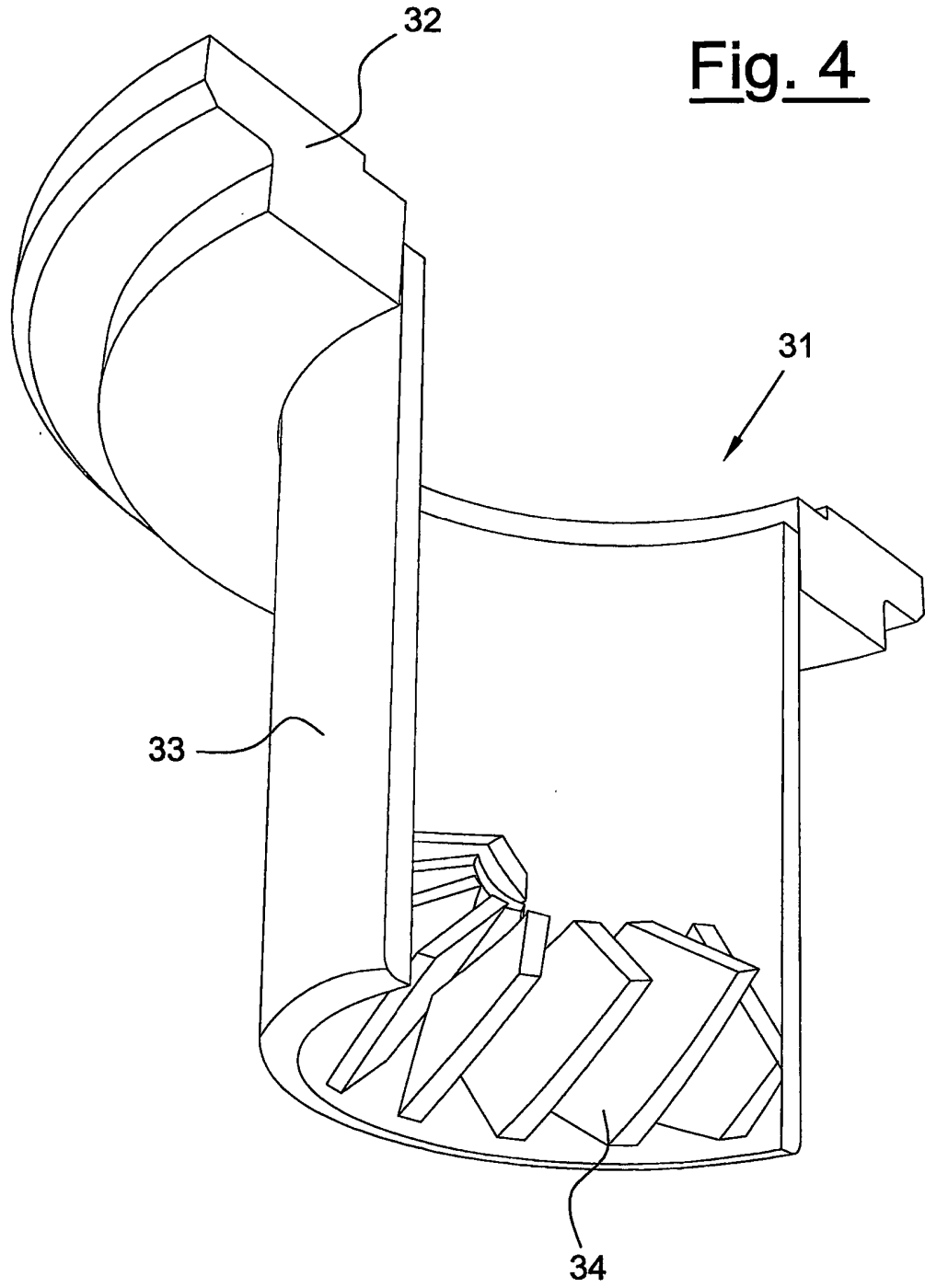


Fig. 5

