

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 813 361**

51 Int. Cl.:

F23D 14/48 (2006.01)

F23D 14/58 (2006.01)

F23M 5/02 (2006.01)

F23D 14/08 (2006.01)

F23D 23/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **25.02.2014** **PCT/FR2014/050390**

87 Fecha y número de publicación internacional: **09.10.2014** **WO14162074**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **25.02.2014** **E 14713173 (4)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **27.05.2020** **EP 2981761**

54 Título: **Procedimiento de combustión de un quemador de gas de premezcla con baja emisión de NOx**

30 Prioridad:

05.04.2013 FR 1353079

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:

23.03.2021

73 Titular/es:

FIVES PILLARD (100.0%)
3 rue Marc Donadille, Les Baronnies - Bâtiment A,
Technopôle de Château-Gombert
13013 Marseille, FR

72 Inventor/es:

RICCI, LOUIS y
SAID, FOUAD

74 Agente/Representante:

ISERN JARA, Jorge

ES 2 813 361 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín Europeo de Patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre Concesión de Patentes Europeas).

DESCRIPCIÓN

Procedimiento de combustión de un quemador de gas de premezcla con baja emisión de NOx

5 Campo técnico

La presente invención se refiere a los procedimientos de combustión que usan quemadores industriales de gas. Estos quemadores emiten óxidos de nitrógeno (NOx) que son fuentes de contaminación. El documento WO93/12388A1 describe dicho procedimiento.

10 La reducción de los óxidos de nitrógeno procedentes de la combustión es por tanto un reto de desarrollo de los quemadores industriales. La combustión del gas (natural u otro gas) genera óxidos de nitrógeno por la oxidación del nitrógeno del aire a alta temperatura. Estos óxidos de nitrógeno se llaman generalmente óxidos de nitrógeno de origen térmico.

- 15
- Las velocidades de formación de óxidos de nitrógeno, que cumplen con las leyes de Arrhenius son muy dependientes: del contenido local de oxígeno,
 - del contenido local de nitrógeno,
 - de la temperatura local (específicamente por encima de 1500 °C).

20 Hoy en día, los quemadores industriales de gas son esencialmente quemadores de llama de difusión, es decir, quemadores en donde la mezcla de comburente y carburante se produce íntegramente en la cámara de combustión. Para estos quemadores de llama de difusión, las técnicas de reducción de óxidos de nitrógeno de origen térmico más ampliamente usadas se basan generalmente en las variaciones locales de los contenidos de oxígeno y combustible, ya sea por introducción de aire por etapas o por introducción de combustible por etapas.

25 En el caso de una combustión de llama con premezcla de comburente y combustible, la temperatura en el núcleo de la llama es más homogénea y depende en gran medida de la relación comburente/combustible. Como consecuencia directa, las emisiones de óxido de nitrógeno son también por tanto extremadamente sensibles a esta relación.

30 El procedimiento objeto de la presente invención se refiere al uso de un quemador de gas con baja emisión de NOx basado en la tecnología de premezcla. La experiencia demuestra que los óxidos de nitrógeno pueden variar en una proporción de más de 10 en función de la relación comburente/combustible. Por ejemplo, cuando el comburente es el aire ambiente, y el gas carburante es un gas rico (Poder Calorífico Inferior > 6 kWh por Nm³) la cantidad de comburente necesaria para una combustión completa del gas y una escasa generación de óxido de nitrógeno está comprendida entre 140 y 170 % de la cantidad de comburente estequiométrico. En estas condiciones, las emisiones de óxido de nitrógeno procedentes de la combustión de premezcla se vuelven extremadamente escasas en comparación con las obtenidas con una llama de difusión.

40 Sin embargo, este exceso de comburente es un obstáculo para el uso de esta técnica de premezcla en procedimientos tales como calderas, hornos industriales, etc... en donde un gran exceso de comburente más allá del 100 % de la estequiometría requerida para la combustión genera pérdidas térmicas adicionales durante su descarga a la chimenea a temperatura elevada ($\geq 100^\circ$).

45 El objeto de la presente invención usa la técnica de premezcla por su bajo rendimiento de NOx, y un dispositivo complementario a fin de reducir este exceso de aire global en el quemador sin por ello aumentar las emisiones de óxidos de nitrógeno de origen térmico.

50 Los ensayos han demostrado que para asegurar tanto una temperatura suficiente para la combustión como una producción muy escasa de óxidos de nitrógeno de origen térmico, la relación comburente/carburante en la premezcla o más precisamente la relación (R) era de gran importancia.

$$R = \frac{\text{Caudal. Combustible Premezcla} \times \text{PCI combustible}}{1000 \times (\text{Caudal Combustible Premezcla. CP combustible} + \text{Caudal Comburente. CP comburente})}$$

55 Siendo PCI el poder calorífico inferior, es decir, el poder calórico sin tener en cuenta la energía de condensación en kJ/kg.

Siendo CP la capacidad térmica en kJ/kg.

60 Siendo los caudales en kg/h.

El procedimiento de combustión según la invención se define en la reivindicación 1 y comprende el uso de un quemador de premezcla constituido por un conjunto de boquillas de premezcla dispuestas circularmente según un diámetro DB alrededor de una boquilla central dispuesta en un eje central al quemador y destinada a crear una llama radial caracterizada por que el conjunto de boquillas tiene una relación comburente/carburante (R) comprendida entre

1,3 y 1,75.

El quemador es un quemador de premezcla constituido por dos tipos de boquillas. Un conjunto de boquillas de premezcla dispuestas circularmente según un diámetro DB y destinadas a producir llamas principalmente axiales. Estas boquillas periféricas están posicionadas alrededor de una boquilla central dispuesta en el eje central del quemador y destinada a crear una llama radial.

La llama radial que sale de la boquilla central tiene por objeto asegurar el interencendido entre las diferentes boquillas de premezcla denominadas boquillas "periféricas". La llama radial también se produce por una combustión de premezcla con, a nivel de esta boquilla, una relación (R) comprendida entre 1,3 y 1,75.

Según una característica particular, la boquilla central es de premezcla. Esto garantiza una mejor distribución de la relación (R).

Según otra característica, la llama radial es una llama de premezcla que representa de 3 a 20 % del caudal total de carburante emitido por las boquillas.

Cada una de las boquillas es de premezcla y tiene una relación comburente/carburante (R) comprendida entre 1,3 y 1,75. Cada una de las boquillas tiene una relación (R) óptima, la cantidad de NOx emitida por cada boquilla se reduce, y las zonas de intersección entre las llamas de las diferentes boquillas también emiten poco NOx.

Según otra disposición, la boquilla central es desmontable. La boquilla central es desmontable y puede ser fácilmente reemplazada por una tobera de inyección de combustible líquido, lo que confiere al quemador la posibilidad de mezclar gas y líquido.

Según una característica particular, las boquillas de premezcla tienen un elemento de desviación que da a la premezcla un ángulo de salida comprendido entre -45° y +45° con respecto al eje central A. Las boquillas de premezcla tienen salidas axiales o inclinadas con respecto al eje del quemador y el ángulo de salida de las boquillas varía entre -45° y +45° para adaptar la forma de la llama a las diferentes geometrías de la cámara de combustión y variando las proporciones longitud/diámetro de la llama en una proporción de más de 4.

Según una disposición particular, los inyectores de gas se colocan en la periferia del quemador alrededor de las boquillas periféricas en un diámetro DL. Para reducir el exceso de aire/comburente en el quemador sin aumentar las emisiones de óxidos de nitrógeno, una proporción de gas debe ser inyectada en el exterior de las boquillas de premezcla. Esta inyección complementaria de gas se realiza mediante inyectores dispuestos entre cada boquilla o cada dos o tres boquillas.

Según una característica particular, los inyectores de gas se colocan en la periferia del quemador alrededor de las boquillas periféricas en un diámetro DL y los inyectores inyectan de 20 % a 50 % del carburante total inyectado.

Según otra característica, los inyectores tienen un ángulo de salida comprendido entre 0 y 40° con respecto al ángulo de salida de las boquillas periféricas. El gas complementario se inyecta en un diámetro DL cercano al diámetro exterior DB de las boquillas a $\pm 10\%$ y se inyecta con un ángulo de 0 a 40° con respecto al eje de las boquillas de esta premezcla, y preferentemente comprendido entre 10 y 30°. Esto permite que la relación (R) no aumente localmente por una mezcla demasiado rápida entre este complemento de gas inyectado y la premezcla procedente de las boquillas. El gas se inyecta de tal manera que primero se mezcla con los humos que recirculan en la periferia de la llama. La ventaja de esta configuración es facilitar su adaptación a las aberturas de las cámaras de combustión y/o calderas, en particular a las cámaras de combustión o calderas existentes.

Según una característica particular, el diámetro DL tiene una dimensión en mm inferior o igual a: $[P \text{ (en MW)} \times 20] + 450$. Siendo P la potencia en megavatios. Esta dimensión permite una optimización del tamaño del quemador y, por tanto, de la abertura de la cámara de combustión y/o la caldera.

Según otra disposición, los inyectores están equipados con un sistema venturi. El gas se inyecta con un sistema venturi que acelera la premezcla del humo periférico a la llama del gas y el complemento del gas inyectado.

Según otra característica, el diámetro DL está comprendido entre 1,2 y 1,6 veces el diámetro DB de las boquillas periféricas. Los inyectores inyectan el gas en un diámetro superior al diámetro DB de las boquillas. Las inyecciones complementarias de gas se establecen mediante inyectores rectos que atraviesan la pared de la cámara de combustión y/o la caldera, o mediante inyectores acodados establecidos por rotación mecánica desde el exterior de la cámara de combustión para las cámaras de combustión cuyas paredes no permiten el paso de toberas rectas.

Según otra característica, los inyectores tienen un ángulo de salida comprendido entre -20° y +20° con respecto al eje del quemador.

Según una variante, las boquillas tienen un estabilizador de llama que representa de 0,1 a 0,4 veces la sección de

dicha boquilla. La estabilidad de las llamas de premezcla es sensible a los gradientes de velocidades locales, es necesario usar un dispositivo fiable que sirva para "agarrar" y estabilizar la llama. Para ello ha sido necesario desarrollar un dispositivo eficaz de agarre y estabilización de la llama con un estabilizador insertado a la salida de cada boquilla que permite extender la estabilidad de la llama de premezcla para una mayor relación (R), y también

Según una característica particular, el estabilizador de llama determina el ángulo de salida de la premezcla. El ángulo de salida de la premezcla viene dado por elementos de desviación que pueden o no estar asociados al estabilizador de llama.

Según otra disposición, las boquillas periféricas tienen un estabilizador de llama que consta de una parte radial dispuesta en el centro de cada boquilla periférica. Para un mejor agarre de la llama en la nariz de cada boquilla de premezcla, el estabilizador consta de una parte estabilizadora radial que asegura una mejor difusión de la llama central radial hacia el centro de cada boquilla periférica. Esto asegura una rápida ignición de la premezcla a la salida de las boquillas periféricas a nivel del estabilizador para un amplio intervalo de velocidad de la salida de las boquillas de premezcla y, por tanto, un amplio intervalo de variación de potencia del quemador.

Para un experto en la materia todavía podrán aparecer otras ventajas al leer los ejemplos a continuación, ilustrados por las figuras adjuntas, dadas a modo de ejemplo.

- La figura 1 es un corte de un quemador del estado de la técnica, que muestra la implantación de las boquillas periféricas,
- La figura 2 representa una vista frontal del quemador de la figura 1,
- La figura 3 representa un corte de un quemador según la invención, que muestra la disposición de la boquilla central y la difusión de la llama radial,
- La figura 4 es una vista frontal del quemador de la figura 2,
- La figura 5 es el detalle de una boquilla con el estabilizador según un primer modo de realización,
- La figura 6 es un detalle de un segundo modo de realización de una boquilla según la invención,
- La figura 7 es el detalle de un tercer modo de realización de una boquilla según la invención con el estabilizador y los elementos de desviación,
- La figura 8 es el detalle de una boquilla según un cuarto modo de realización,
- La figura 9 es el detalle de una boquilla periférica con la boquilla central,
- La figura 10 es una vista en corte de un quemador según un segundo modo de realización, con la inyección de gas complementario
- La figura 11 es una vista frontal del quemador de la figura 10,
- La figura 12 muestra el detalle de un inyector visto de perfil,
- La figura 13 es una vista frontal del inyector de la figura 12,
- La figura 14 es una vista en corte de un quemador según un tercer modo de realización,
- La figura 15 es una vista en corte de un cuarto modo de realización de un quemador según la invención.

El quemador 1 del estado de la técnica ilustrado en la figura 1 comprende las boquillas 2 de premezcla dispuestas circularmente alrededor del eje A del quemador 1. Cada boquilla 2 es preferentemente cilíndrica, se introduce la casi totalidad del comburente (generalmente aire). El combustible es, a su vez, inyectado en estas boquillas 2 a través de una serie de inyectores primarios, cuyo número puede variar de 1 a 16 en función de la potencia del quemador y de la presión de gas disponible.

Cada inyector primario 3 difunde el gas a través de una serie de agujeros (no representados) distribuidos radialmente en el inyector primario 3 y formando un ángulo de 90° a 45° con respecto al eje de la boquilla 2. La posición de los inyectores primarios 3 en la boquilla 2 y la distribución escalonada de los agujeros se define a fin de difundir el gas de la manera más homogénea posible en toda la superficie de la boquilla 2, evitando las zonas de intersección de los chorros y, por consiguiente, las zonas de acumulación de gas y las zonas sin gas en la premezcla.

El quemador 1 representado en las figuras 3 y 4 comprende boquillas 2 periféricas y una boquilla central 4. Las boquillas de premezcla 2 están preferentemente dispuestas circularmente alrededor de una boquilla central 4 creando una llama radial 5. Esta llama radial 5 tiene como misión asegurar el interencendido entre las diferentes boquillas de premezcla 2. También se produce una llama radial por una combustión de premezcla a fin de mantener la relación (R) favorable a la escasa producción de óxidos de nitrógeno de origen térmico en la intersección de la llama radial 5 y las llamas axiales procedentes de las boquillas 2.

La boquilla central 4 es desmontable y puede ser reemplazada por otro tipo de boquilla que da un cierto carácter mixto al quemador 1.

Las diferentes variantes de boquillas 2 ilustradas en las figuras 5 a 8 comprenden un estabilizador 6 dispuesto:

- en el centro de la boquilla 2 en la figura 5,
- a ambos lados de la boquilla 2 en la figura 6,
- 5 - en el centro con aletas 60 en la figura 7,
- con un conducto redondo 61 al final del cual se coloca el estabilizador 6 en la figura 8.

10 La figura 9 muestra una forma del estabilizador 6 que presenta una parte radial 62 que permite a la vez poder disponer el estabilizador 6 en el centro de la boquilla 2. Esta parte radial 62 asegura una mejor difusión de la llama central radial 5 hacia el centro de cada boquilla periférica 2.

15 Las figuras 10 y 11 muestran un segundo modo de realización del quemador 1 en donde los inyectores 7 están dispuestos en la periferia del quemador 1 en el exterior del diámetro DB de las boquillas 2 en un diámetro DL. Los inyectores 7 se colocan entre dos boquillas 2 (cf. la figura 11) o ambas boquillas. Esta posición permite una mezcla más fácil de las mezclas de las boquillas 2 con el gas de los inyectores 7.

20 En un modo de realización, El inyector 7 desemboca en un venturi 70 (cf. las figuras 12 y 13) que permite la aceleración de la mezcla del gas procedente de los inyectores 7 con los gases de combustión con escaso contenido de oxígeno que circulan por la periferia de la llama del quemador. Esta disposición permite una combustión lenta de este gas adicional inyectado por los inyectores 7 y limita la formación de NOx ligada a esta combustión. Este venturi 71 tiene una forma semicircular a fin de rodear el extremo 71 del inyector 7.

25 El quemador 1 ilustrado en la figura 14 está dispuesto en una pared 8 y presenta los inyectores 7 colocados en el exterior del diámetro DB de las boquillas 2. Los inyectores 7 son rectos y pasan a través de la pared 8. Cuando no es posible atravesar la pared 8, los inyectores 7 bordean el quemador 1 para atravesar la pared 8 y luego continúan por una parte acodada 73 que permite inyectar el gas a la distancia elegida. Los inyectores 7 inyectan el gas con un ángulo comprendido entre -20° y +20°, este ángulo de inyección se realiza de forma conocida, por ejemplo, mediante orificios inclinados (no representados).

REIVINDICACIONES

- 5 1. Procedimiento de combustión que comprende el uso de un quemador (1) de premezcla constituido por un conjunto de boquillas (2) de premezcla dispuestas circularmente según un diámetro DB alrededor de una boquilla central (4) dispuesta en un eje A central al quemador (1), creando el quemador una llama radial (5), caracterizada por que el conjunto de boquillas (2, 4) tiene una relación comburente/carburante (R) comprendida entre 1,3 y 1,75, en donde

$$R = \frac{\text{Caudal.Combustible Pr emezcla} \times \text{PCI combustible}}{1000 \times (\text{Caudal.Combustible Pr emezcla.CP combustible} + \text{Caudal.Comburente.CP comburente})}$$

- 10 2. Procedimiento según la reivindicación anterior, caracterizado por que la llama radial (5) es una llama de premezcla que representa de 3 a 20 % del caudal total de carburante emitido por las boquillas (2, 4).
- 15 3. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que la boquilla central (4) y las boquillas (2) periféricas son de premezcla y cada una tiene una relación comburente/carburante (R) comprendida entre 1,3 y 1,75.
- 20 4. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que las boquillas (2) de premezcla tienen un elemento de desviación (60, 61) que da a la premezcla un ángulo de salida comprendido entre -45° y +45° con respecto al eje central A.
- 25 5. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que los inyectores (7) de gas se colocan en la periferia del quemador (1) alrededor de las boquillas (2) periféricas en un diámetro DL y por que los inyectores (7) inyectan de 20 % a 50 % del carburante total inyectado.
- 30 6. Procedimiento según la reivindicación anterior, caracterizado por que los inyectores (7) tienen un ángulo de salida comprendido entre 0 y 40° con respecto al ángulo de salida de las boquillas (2) periféricas.
- 35 7. Procedimiento según una de las reivindicaciones 5 o 6, caracterizado por que el diámetro DL tiene una dimensión en mm inferior o igual a: $[P \text{ (en MW)} \times 20] + 450$.
8. Procedimiento según una de las reivindicaciones 5 a 7, caracterizado por que el diámetro DL está comprendido entre 1,2 y 1,6 veces el diámetro DB de las boquillas (2) periféricas.
9. Procedimiento según una de las reivindicaciones 5 a 8, caracterizado por que los inyectores (7) tienen un ángulo de salida comprendido entre -20° y +20° con respecto al eje A del quemador.
10. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que las boquillas (2) tienen un estabilizador de llama (6) que representa de 0,1 a 0,4 veces la sección de dicha boquilla (2).
- 40 11. Procedimiento según la reivindicación anterior, caracterizado por que las boquillas (2) periféricas tienen un estabilizador de llama (6) que consta de una parte radial (62) dispuesta en el centro de cada boquilla (2) periférica.

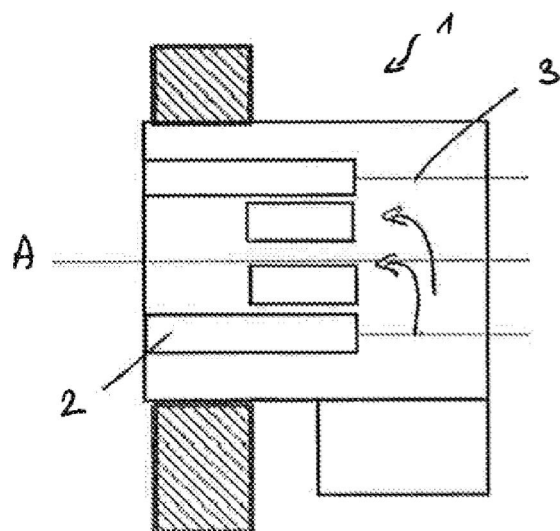


Figura 1

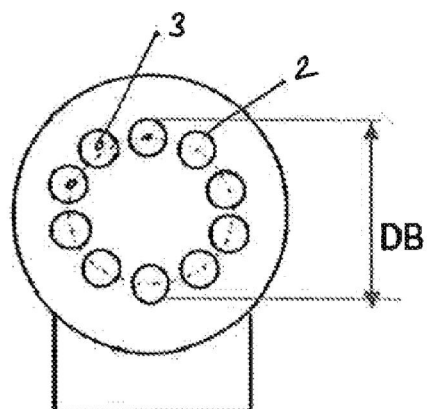


Figura 2

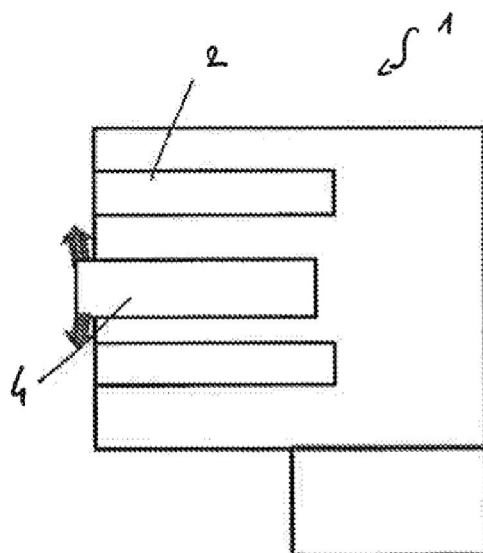


Figura 3

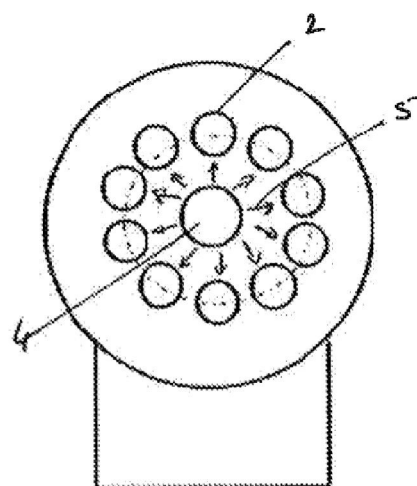


Figura 4

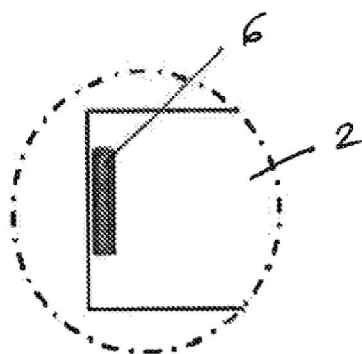


Figura 5

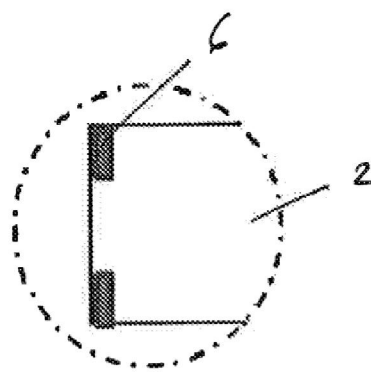


Figura 6

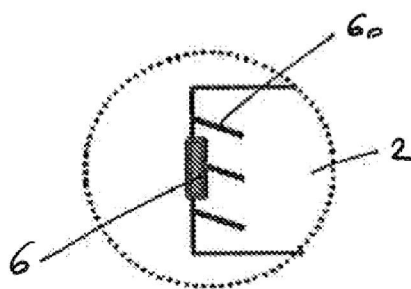


Figura 7

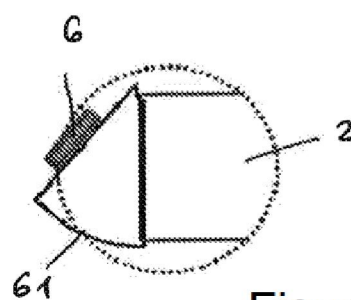


Figura 8

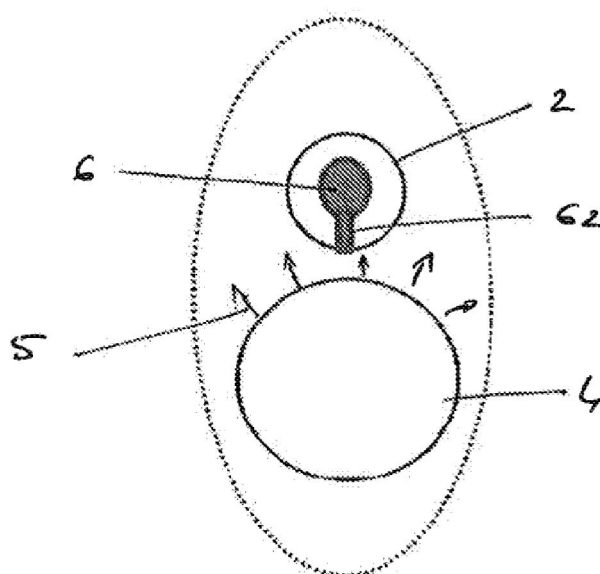


Figura 9

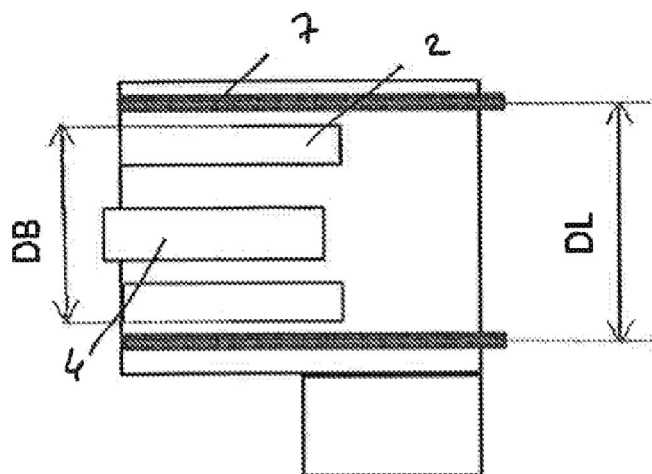


Figura 10

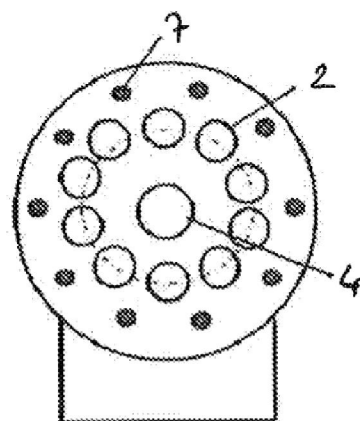


Figura 11

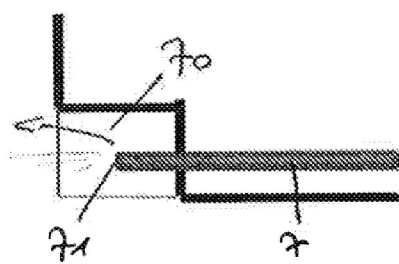


Figura 12

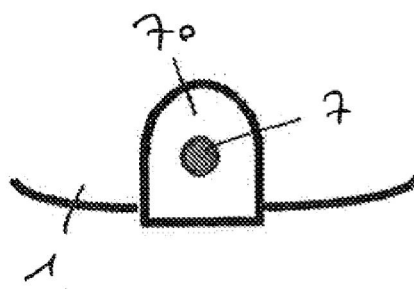


Figura 13

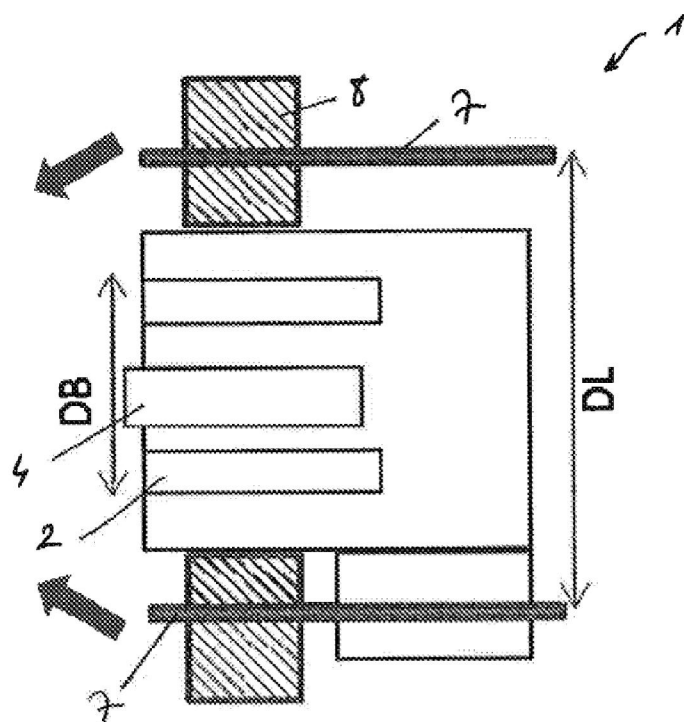


Figura 14

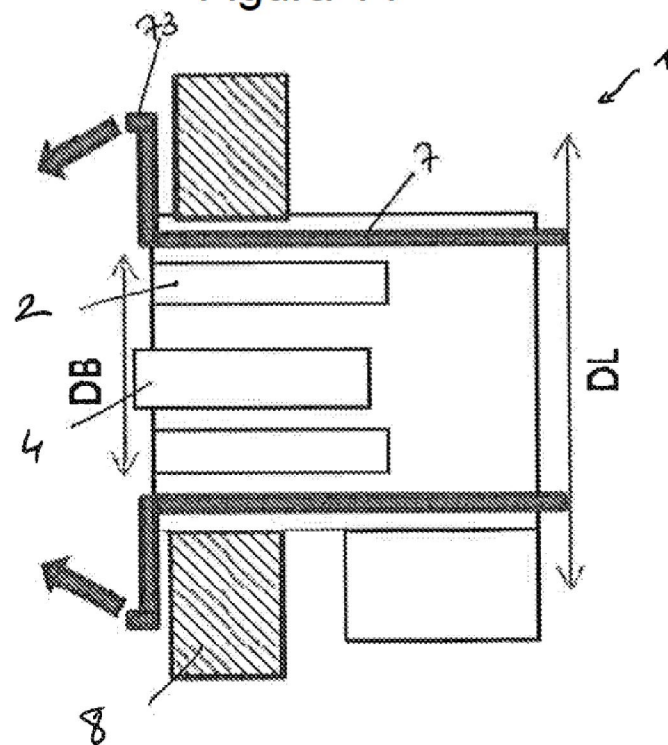


Figura 15