

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 524 349**

51 Int. Cl.:

**F23J 15/00** (2006.01)  
**F27B 7/42** (2006.01)  
**F27B 7/20** (2006.01)  
**F27D 17/00** (2006.01)  
**C01C 1/08** (2006.01)  
**B01D 53/90** (2006.01)  
**F23J 7/00** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **25.10.2011 E 11186501 (0)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **18.06.2014 EP 2587149**

54 Título: **Dispositivo para la disminución del contenido de NOx en los gases de salida de un horno de combustión rotativo**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**05.12.2014**

73 Titular/es:

**MAGNESITAS NAVARRAS S.A. (100.0%)**  
**Avd. Roncesvalles s/n**  
**31630 Zubiri, Navarra, ES**

72 Inventor/es:

**APARICIO MARTÍN, JOSÉ ANTONIO**

74 Agente/Representante:

**PONS ARIÑO, Ángel**

**ES 2 524 349 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**

Dispositivo para la disminución del contenido de NOx en los gases de salida de un horno de combustión rotativo

Objeto de la invención

5 El objeto de la invención es un procedimiento para la disminución del contenido de óxido de nitrógeno (NOx) de los gases de salida de hornos de combustión rotativos en los que se realiza un proceso de descarbonatación de un mineral y donde la temperatura de los gases de salida es normalmente inferior a los 800 °C.

Antecedentes de la invención

10 El horno rotativo es un reactor químico en el que se realiza un proceso de descarbonatación de un mineral, por ejemplo, carbonato magnésico. En funcionamiento el horno gira alrededor de su eje longitudinal. Este tipo de hornos puede tener una longitud de 100 m y un diámetro de 4 m.

El horno rotativo comprende un cuerpo tubular; una fuente de calor se localiza en uno de sus extremos y en su extremo opuesto se produce la evacuación de los gases de salida.

15 Para producirse la descarbonatación del mineral hace falta energía en forma radiante, la cual se genera mediante la combustión de combustibles sólidos o líquidos en un quemador que está situado normalmente en el extremo del cuerpo tubular de donde salen los productos carbonatados.

En dicha combustión, que tiene lugar a una temperatura superior a 2000 °C, se generan óxidos de Nitrógeno (NOx) que se emiten finalmente a la atmósfera a través de los gases de salida del horno.

20 La legislación actual limita la emisión a la atmósfera del contenido de NOx en los gases de salida; por esta razón, se hace necesario un procedimiento que permita la disminución del contenido de NOx de los gases de salida de modo que los gases que son finalmente expulsados a la atmósfera posean un contenido de óxidos de nitrógeno por debajo de un umbral determinado.

Son conocidos en el estado de la técnica diversos procedimientos que permiten la disminución del contenido de óxidos de nitrógeno de los gases de salida de un proceso de combustión.

25 Por ejemplo, se sabe que se pueden introducir aditivos en hornos para reducir el contenido de óxido de nitrógeno; sin embargo en el caso de un horno rotativo la inyección de los mencionados aditivos en las zonas adecuadas es complicada debido al giro constante del cuerpo tubular alrededor de su eje longitudinal.

Son también conocidos los llamados quemadores de bajo NOx, que aunque técnicamente son una solución óptima, tienen la desventaja de su elevado coste y su baja capacidad de reducción de NOx, que es siempre inferior al 20%.

30 Finalmente, se sabe que la urea o el amoníaco pueden ser utilizados para disminuir el contenido de óxido de nitrógeno de los gases de salida, reduciendo el NOx a nitrógeno y agua. El rango óptimo de temperatura para que se produzca la reacción entre la urea o el amoníaco y los gases de salida, es que los gases de salida se encuentren entre 800 °C y 1100 °C. Para ajustar la inyección a la zona del horno en la que se produce el rango óptimo de temperatura existen diferentes soluciones conocidas basadas en la introducción de boquillas de inyección en diferentes niveles del horno. Sin embargo, esta solución no es aplicable a hornos rotativos debido al hecho de que, según lo comentado anteriormente, se encuentran permanentemente en movimiento alrededor de su eje longitudinal.

En hornos rotativos utilizados para la producción de cemento es común pulverizar urea en el extremo del horno del cual los gases de salida son evacuados, debido a que los gases salen a una temperatura en un rango de entre 800 °C y 1000 °C, que por lo tanto es adecuada para realizar el tratamiento con urea.

40 Sin embargo, cuando se utilizan hornos rotativos para carbonato magnésico, los gases a la salida de horno son gases fríos, es decir, tienen una temperatura inferior a 800 °C, razón por la que no es posible extrapolar la anterior realización.

Una opción para resolver el anterior problema sería elevar la temperatura de los gases de salida y posteriormente realizar la mencionada pulverización de urea. Sin embargo, esta opción tiene un elevado coste energético.

45 En los hornos rotativos de carbonato magnésico el gradiente de temperatura entre la entrada y la salida del horno va desde los 650 °C hasta los 2000 °C, y el rango de temperatura entre 800 °C y 1000 °C aproximadamente se

encuentra en la zona central del horno; esta es la zona en la cual podría producirse la mencionada reacción de los gases de salida con la urea. Sin embargo, teniendo en cuenta que el cuerpo tubular del horno rota constantemente alrededor de su eje longitudinal, realizar una inyección de urea en esa zona es prácticamente imposible.

5 La presente invención resuelve los anteriores problemas técnicos mediante un procedimiento, un dispositivo y un sistema automatizado que permite la reducción de NOx en los gases de salida de un horno de combustión rotativo.

#### Descripción de la invención

Según la anterior descripción, la invención es aplicable a un horno rotativo que comprende un cuerpo tubular en uno de cuyos extremos se localiza una fuente de calor y cuyo extremo opuesto está adaptado para la evacuación de los gases de salida.

10 El procedimiento para la disminución del contenido de NOx en los gases de salida del proceso de combustión puede comprender un paso en el que se lanza al menos un proyectil de un compuesto con base de amoníaco; este proyectil se lanza desde un extremo del cuerpo tubular hasta una zona diana, es decir, la zona en la que el proyectil termina su recorrido y que se localiza entre ambos extremos del cuerpo tubular y en la que la temperatura de la combustión se sitúa entre 800 °C y 1100 °C, de modo que el proyectil se descompone al menos en amoníaco que  
15 reacciona con los gases de combustión disminuyendo el contenido de NOx de los gases de salida del horno rotativo.

El compuesto con base de amoníaco puede ser urea.

Un objeto de esta invención se resuelve mediante el dispositivo diseñado para el lanzamiento del proyectil según la reivindicación 1, que permite la disminución de NOx de los gases de salida del horno.

El mencionado dispositivo comprende:

- 20 - un elemento tubular cuyo extremo anterior está adaptado para su localización en un extremo del horno rotativo,
- unos medios de admisión al elemento tubular adaptados para la introducción de un proyectil de un compuesto con base de amoníaco, y
- unos medios de propulsión del proyectil.

25 El elemento tubular y los medios de propulsión del proyectil están configurados de tal modo que el proyectil puede ser lanzado hasta una zona diana localizada entre ambos extremos del cuerpo tubular, en la que la temperatura de la combustión en funcionamiento de la zona diana del horno se sitúa entre 800 °C y 1100 °C, de modo que el proyectil se descompone al menos en amoníaco que reacciona con los gases de combustión disminuyendo el contenido de NOx de los gases de salida del horno rotativo.

30 Finalmente, otro objeto de la presente invención es un sistema que permite la automatización del anterior proceso de disminución del contenido de NOx. De esta manera, podrá seleccionarse la cantidad y la periodicidad de la introducción de urea al sistema en función de la reacción de abatimiento de NOx producida. Para ello, el sistema automatizado de la invención comprende:

- unos medios de medición del contenido de NOx en los gases de salida del horno rotativo,
- 35 - un dispositivo para el lanzamiento de un proyectil de un compuesto con base de amoníaco según lo comentado anteriormente, y
- un medio de control conectado con los medios de medición y el dispositivo, configurado de modo que compara el valor de la medición obtenida por los medios de medición con un valor umbral y, cuando el mencionado valor supera el valor umbral, actúa sobre el dispositivo de tal manera que al menos se lanza un proyectil hasta la zona diana localizada entre ambos extremos del cuerpo tubular, en la que la temperatura de la combustión se sitúa entre 800 °C  
40 y 1100 °C, de modo que el proyectil se descompone al menos en amoníaco que reacciona con los gases de combustión disminuyendo el contenido de NOx de los gases de salida del horno rotativo.

#### Descripción de los dibujos

45 Para complementar la descripción que se está realizando y con objeto de ayudar a una mejor comprensión de las características de la invención, de acuerdo con un ejemplo preferente de realización práctica de la misma, se acompaña como parte integrante de dicha descripción, un juego de dibujos en donde con carácter ilustrativo y no limitativo, se ha representado lo siguiente:

Figura 1.- Muestra una vista esquemática de un horno de combustión rotativo.

Figura 2.- Muestra una vista esquemática del dispositivo de lanzamiento del proyectil de acuerdo con la invención.

Figura 3.- Muestra una sección del elemento tubular del dispositivo de lanzamiento del proyectil de acuerdo con la invención.

5 Figura 4.- Muestra una sección de un elemento de compactación del proyectil del dispositivo de lanzamiento de acuerdo con la invención.

La figura 1 muestra una representación esquemática de un horno (1) rotativo y el proceso de disminución del contenido de NOx de los gases de salida (6).

10 El horno (1) rotativo comprende un cuerpo tubular (2), un primer extremo (3) en el que se localiza una fuente de calor (4) y un segundo extremo (5) por el que se produce la evacuación de los gases de salida (6) a través de una chimenea (9). El mineral a descarbonatar entra a través de este segundo extremo (5) y sale a través del primer extremo (3), en el que se localiza la fuente de calor (4).

15 El procedimiento de disminución del contenido de NOx de los gases de salida (6) del horno (1) de combustión rotativo puede comprender también las siguientes etapas, que permiten seleccionar la tasa de lanzamiento de los proyectiles (7):

- medición del contenido de NOx de los gases de salida (6),

- comparación de la anterior medición con un valor umbral predeterminado, que puede ser, por ejemplo, el valor máximo permitido por la legislación vigente, y

20 - finalmente, en caso de que la anterior medición supere el valor umbral predeterminado se realiza el lanzamiento de al menos un proyectil (7) de un compuesto con base de amoníaco.

El procedimiento puede comprender también las siguientes etapas que permiten modificar la zona de impacto del proyectil (7), estando situada esta zona de impacto normalmente dentro de la zona diana (8):

- medición del contenido de NOx de los gases de salida (6),

25 - comparación de la anterior medición con un segundo valor umbral predeterminado asociado a una reducción esperada del contenido de NOx de los gases de salida (6), es decir, se determina un segundo valor umbral en función de la reducción de NOx que se espera obtener,

30 - en caso de que la anterior medición supere el segundo valor umbral predeterminado, es decir, si posteriormente al lanzamiento de uno o más proyectiles (7), se excede el mencionado segundo valor umbral, no se está logrando la máxima eficiencia en el descenso del contenido de NOx; consecuentemente, se modifican los parámetros de lanzamiento del proyectil (7) con el objeto de variar la zona de impacto del mismo (7). Esto es así debido al hecho de que la posición de máxima eficiencia del descenso del contenido de NOx en el horno (1) rotativo varía en función de la producción,

- finalmente, se realiza el lanzamiento de al menos un proyectil (7) de un compuesto con base de amoníaco según los parámetros de lanzamiento anteriormente modificados.

35 Se representa también un dispositivo (10) de lanzamiento que se localiza junto al primer extremo (3) en el que se sitúa la fuente de calor (4). Se ha representado también la trayectoria del proyectil (7) lanzado desde el dispositivo (10), de modo que sea capaz de llegar hasta la zona diana (8), que es una zona definida por el rango de temperatura entre 800 °C y 1100 °C.

40 La figura 2 muestra el dispositivo (10) de lanzamiento, que comprende un elemento tubular (11) cuyo extremo anterior (12) está adaptado para su localización en el primer extremo (3) del horno rotativo (1).

45 La figura 3 representa una sección del elemento tubular (11). Dicho elemento tubular (11) comprende unos medios de admisión (13) al elemento tubular (11), que están adaptados para la introducción de un proyectil (7) de urea. Una vez que el proyectil (7) se introduce en el elemento tubular (11), es empujado hasta la zona de disparo (19). Los medios de propulsión del proyectil (7) y el elemento tubular (11) están configurados de modo que el proyectil (7) puede ser lanzado hasta la zona diana (8), en la que la temperatura de la combustión se sitúa entre 800 °C y 1100 °C. Por lo tanto, los medios de propulsión determinan la diana del proyectil (7). Para un ejemplo de realización

específico, estos medios de propulsión son neumáticos, y se realiza una introducción de 50 l de aire a 6 bar de presión, logrando así el empuje necesario para que el proyectil (7) alcance la zona deseada en el interior del horno (1).

5 Los medios de admisión (13) están equipados con un accionamiento neumático de apertura y cierre de la entrada del proyectil (7). En caso de querer variar la zona de impacto del proyectil (7), con el objeto de lograr la máxima eficiencia de descenso del contenido de NOx de los gases de salida (6), el sistema automatizado actúa sobre la presión del disparo, aumentando o disminuyendo la distancia de la zona de impacto del proyectil (7).

10 Para que el proyectil (7) alcance la zona deseada, es también determinante la inclinación del elemento tubular (11) respecto del cuerpo tubular (2) del horno (1) rotativo. Los medios para la variación de la inclinación del elemento tubular (11) respecto del horno (1) rotativo comprenden una mesa regulable (20). La mesa regulable (20) comprende un primer elemento fijo de unión (21) al elemento tubular (11), y un segundo elemento de unión (22) al mismo (21); el segundo elemento de unión (22) comprende una unión pivotante con el elemento tubular (11) alrededor de un eje perpendicular al eje del elemento tubular (11), estando unido además el segundo elemento de unión (22) a una placa intermedia (23) regulable en altura.

15 La mesa regulable (20) comprende también medios que permiten su regulación en deriva. Para ello, el primer elemento de unión (21) se dispone solidario a un eje (24) con capacidad de desplazamiento en la dirección de deriva y que por lo tanto desplaza también el elemento tubular (11) a través del primer elemento de unión (21).

20 El dispositivo mostrado en la figura 2 comprende también un elemento de conformación (14) del proyectil (7) que está conectado con los medios de admisión (13) del elemento tubular (11). De este modo, es posible tener proyectiles (7) en función de la demanda necesaria dependiendo del contenido de NOx en los gases de salida (6).

25 La figura 4 representa el elemento de conformación (14) de los proyectiles (7). El elemento de conformación (14) comprende unos medios de admisión (15) del compuesto con base de amoníaco, por ejemplo, en estado granulado, unos medios de compactación (16) del compuesto con forma aerodinámica para la conformación del proyectil (7), los cuales consisten en cilindros hidráulicos enfrentados que poseen unas punteras de material de alta dureza que conforman la forma geométrica del proyectil (7). La compactación se produce en el interior de una cámara de compresión (26) a la que se desplazan los medios de compactación (16). Los medios de compactación (16) comprimen la urea con una fuerza de, por ejemplo, unas 100 Tm obteniéndose un proyectil (7) con la forma aerodinámica necesaria y la dureza suficiente para no descomponerse en el disparo.

30 El dispositivo (10) comprende también un sistema de refrigeración del elemento de conformación (14) del proyectil (7). El sistema de refrigeración impide la elevación de la temperatura de la cámara de compresión (26) por encima de, por ejemplo, 50 °C, ya que de lo contrario se podría provocar degradación de la urea y la fragilidad del proyectil (7).

35 El dispositivo (10) de la invención comprende además unos medios de dosificación (18), véase la figura 2. Estos medios de dosificación (18) permiten proporcionar la cantidad de urea necesaria en función del contenido de NOx de los gases de salida (6). Para un ejemplo de realización concreto, se utilizan cálculos estequiométricos para definir una cantidad de urea adecuada para un proyectil (7) que contenga 150 g de urea para reducir las emisiones de NOx hasta los valores diana.

Los medios de dosificación (18) están conectados con los medios de admisión (15) del elemento de conformación (14).

40 El dispositivo (10) comprende también una tolva (25) de almacenamiento de la urea a granel, que está conectada con los medios de dosificación (18).

Finalmente, el dispositivo (10) puede comprender además un alimentador (17) localizado entre el elemento tubular (11) y el elemento de conformación (14) que puede ser, por ejemplo, una cinta transportadora que manipula los proyectiles (7) de forma suave evitando así su rotura.

45 La figura 1 representa también los elementos del sistema automatizado según las reivindicaciones 2 y 3, tales como los medios de medición (30) del contenido de NOx en los gases de salida (6) de un horno rotativo (1) y el medio de control (40) conectado con los medios de medición (30) y el dispositivo (10), que compara el valor de la medición obtenida por los medios de medición (30) con un valor umbral y, cuando el mencionado valor supera el valor umbral, actúa sobre el dispositivo (10) de tal manera que lance al menos un proyectil (7) hasta una zona diana (8) localizada entre ambos extremos (3, 5) del cuerpo tubular (2), en donde la temperatura de la combustión se sitúa entre 800 °C y 1100 °C, de tal modo que el proyectil (7) se descompone al menos en amoníaco que reacciona con los gases de combustión disminuyendo el contenido de NOx de los gases de salida (6) del horno rotativo (1).

**REIVINDICACIONES**

- 5 1. Dispositivo (10) adecuado para la disminución del contenido de NOx de los gases de salida (6) de un horno (1) de combustión rotativo, que comprende un cuerpo tubular (2), un primer extremo (3) en donde se localiza una fuente de calor (4), y un segundo extremo (5) que está adaptado para la evacuación de los gases de salida (6), en donde el dispositivo comprende:
- un elemento tubular (11), cuyo extremo anterior (12) está adaptado para ser localizado en un extremo (3) del horno (1) rotativo,
  - medios de admisión (13) al elemento tubular (11), que están adaptados para la introducción de un proyectil (7) de un compuesto con base de amoniaco,
  - 10 - medios de propulsión del proyectil,
- 15 donde el elemento tubular (11) y los medios de propulsión del proyectil (7) están configurados de tal manera que el proyectil (7) se lanza hasta una zona diana (8) localizada entre ambos extremos (3, 5) del cuerpo tubular (2), en donde la temperatura de la combustión en funcionamiento se sitúa entre 800 °C y 1100 °C, de modo que el proyectil (7) está adaptado para su descomposición al menos en amoniaco y para su reacción con los gases de combustión disminuyendo el contenido de NOx de los gases de salida (6) del horno rotativo (1), **caracterizado porque** además comprende
- medios para la variación de la inclinación del elemento tubular (11) con respecto al cuerpo tubular (2) del horno (1) rotativo, para regular el punto de impacto del proyectil (7), donde los medios de variación comprenden una mesa regulable (20) que comprende un primer elemento fijo de unión (21) al elemento tubular (11) y un segundo elemento de unión (22) que comprende una unión pivotante con el elemento tubular (11) alrededor de un eje perpendicular al mismo (11) y una unión a una placa (23) regulable en altura,
  - 20 - un elemento de conformación (14) del proyectil (7) conectado a los medios de admisión (13) del elemento tubular (11), en donde
- 25 el elemento de conformación (14) comprende medios de admisión (15) para el compuesto con base de amoniaco, medios de compactación (16) del compuesto con una forma aerodinámica, para la configuración del proyectil (7), y medios de expulsión del proyectil (7) para la alimentación del mismo al elemento tubular (11), donde el dispositivo comprende además un sistema de refrigeración para el elemento de conformación (14) del proyectil (7) y medios de dosificación (18) conectados a los medios de admisión (15) del elemento
- 30 de conformación (14), para la dosificación de la cantidad de compuesto con base de amoniaco adecuada para la reacción con los gases de combustión, reduciendo de esta manera el contenido de NOx de los gases de salida (6) del horno (1) rotativo.
- 35 2. Sistema automatizado para la disminución de NOx de los gases de salida (6) de un horno (1) de combustión rotativo que comprende un cuerpo tubular (2), un primer extremo (3) donde se localiza una fuente de calor (4), y un segundo extremo (5) que está adaptado para la evacuación de los gases de salida (6), **caracterizado porque** comprende:
- unos medios de medición (30) del contenido de NOx en los gases de salida (6) de un horno rotativo (1),
  - el dispositivo (10) descrito en la reivindicación 1, para el lanzamiento de un proyectil (7) de un compuesto con base de amoniaco, adaptado para estar situado en uno de los extremos (3) del horno rotativo (1), y
  - 40 - un medio de control (40) conectado con los medios de medición (30) y el dispositivo (10), configurado de tal modo que, en funcionamiento, compara el valor de la medición obtenida por los medios de medición (30) con un valor umbral y, cuando el mencionado valor supera el valor umbral actúa sobre el dispositivo (10) de manera que lance al menos un proyectil (7) hasta una zona diana (8) localizada entre ambos extremos (3, 5) del cuerpo tubular (2), en donde la temperatura de la combustión en funcionamiento de la zona diana (8)
  - 45 se sitúa entre 800 °C y 1100 °C, de tal modo que el proyectil (7) se descompone al menos en amoniaco que reacciona con los gases de combustión, disminuyendo el contenido de NOx de los gases de salida (6) del horno (1) rotativo.
- 50 3. Sistema automatizado para la disminución de NOx de los gases de salida (6) de un horno (1) de combustión rotativo, según la reivindicación 2, **caracterizado porque** el medio de control (40) está adaptado para conectarse con los medios de medición (30) y el dispositivo (10), estando configurado de modo que en funcionamiento compara el valor de la medición obtenida por los medios de medición (30) con un segundo valor umbral predeterminado y,

cuando el mencionado valor supera el segundo valor umbral predeterminado, actúa sobre el dispositivo (10) para modificar los parámetros de lanzamiento del proyectil (7), para variar la zona de impacto del mismo (7), y posteriormente lanzar al menos un proyectil (7) de un compuesto con base de amoníaco según los parámetros de lanzamiento modificados.

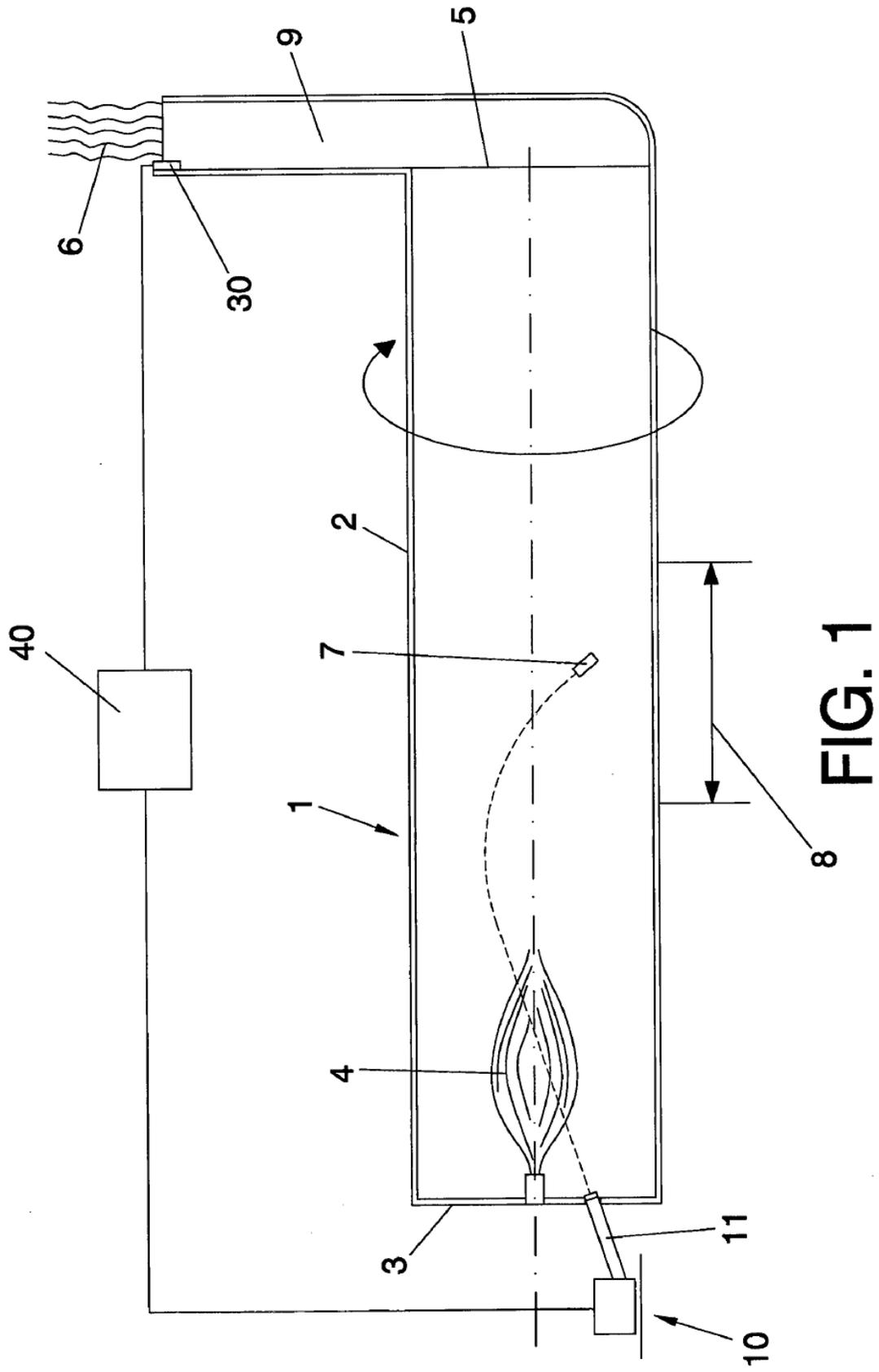


FIG. 1

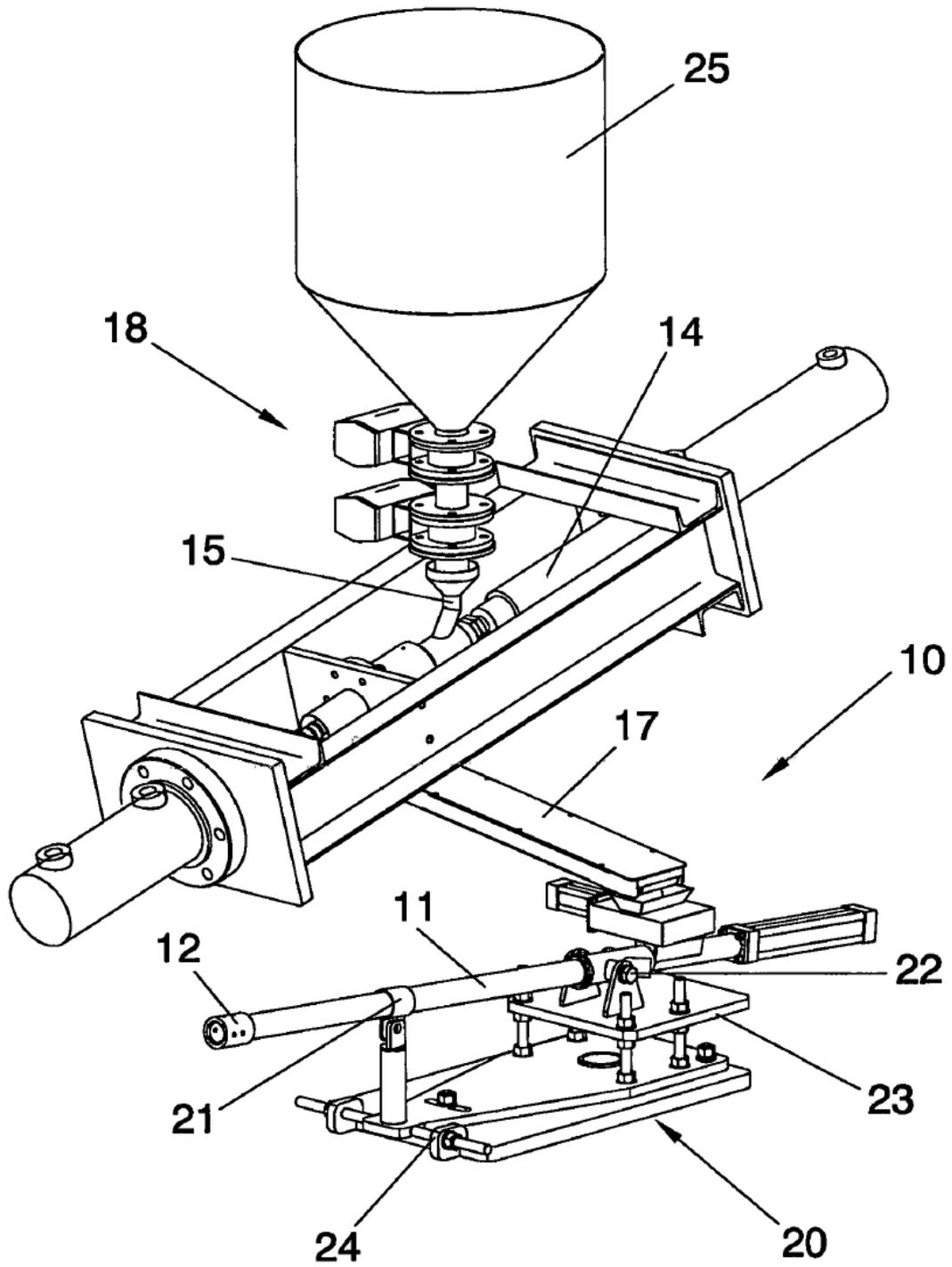


FIG. 2

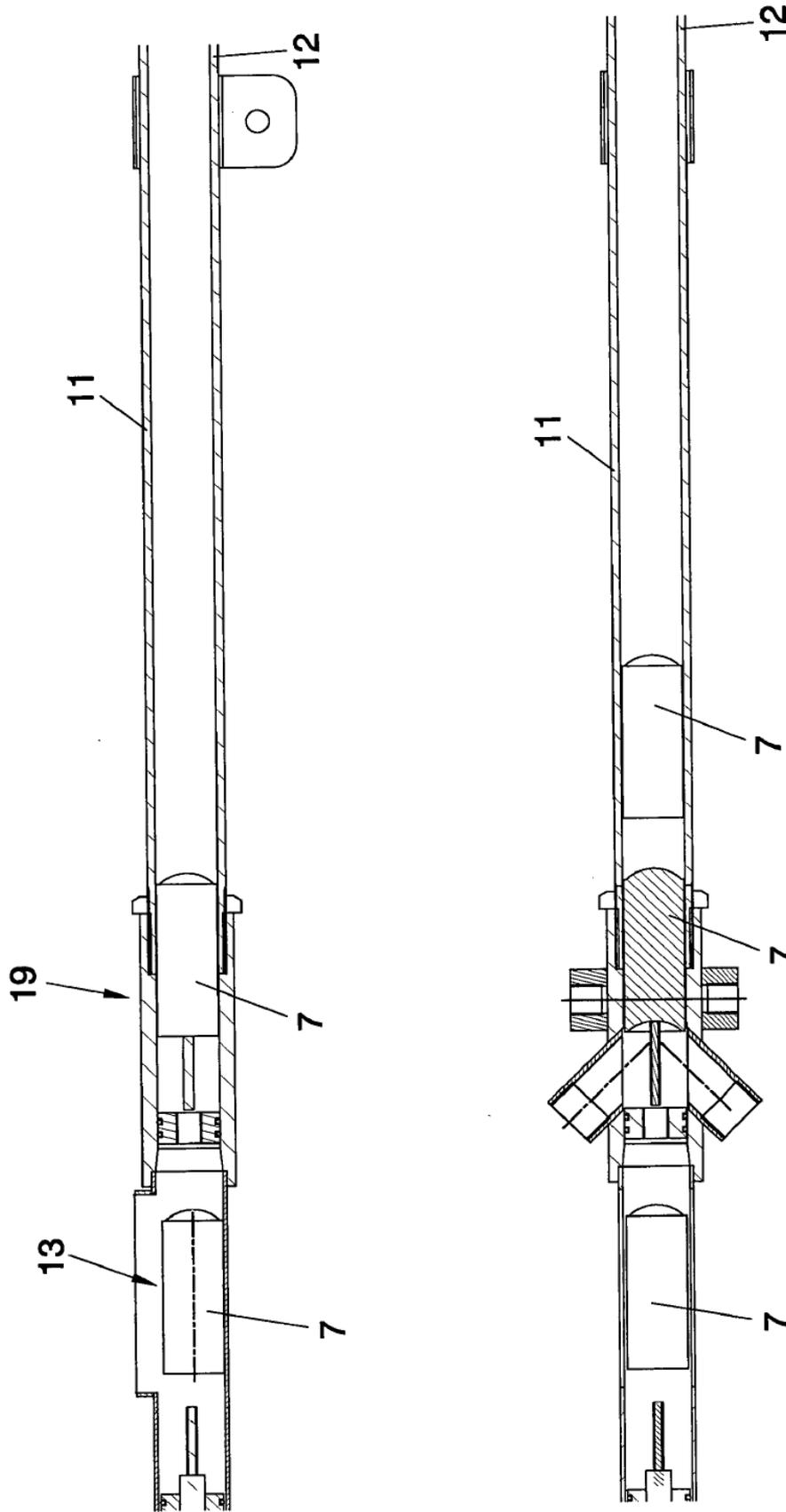
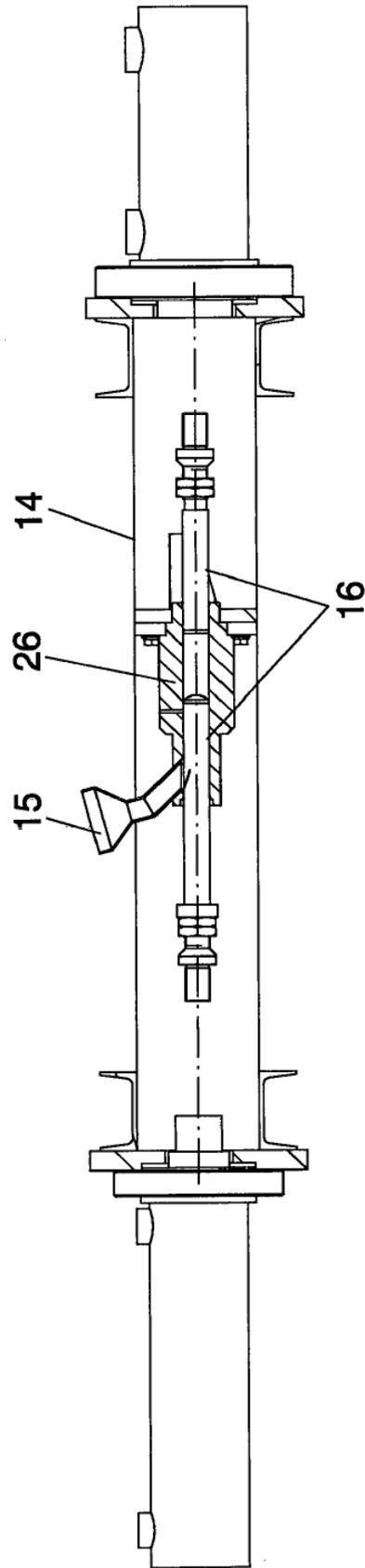


FIG. 3



**FIG. 4**