

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 581 234**

51 Int. Cl.:

F23C 9/00

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **14.04.2009 E 09739416 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **13.04.2016 EP 2294336**

54 Título: **Quemador con bajas emisiones de NOx**

30 Prioridad:

30.04.2008 US 150885

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

02.09.2016

73 Titular/es:

**COEN COMPANY, INC. (100.0%)
100 Foster City Boulevard
Foster City, CA 94404, US**

72 Inventor/es:

**LIFSHITS, VLADIMIR y
LONDERVILLE, STEPHEN, B.**

74 Agente/Representante:

ARIAS SANZ, Juan

ES 2 581 234 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

Quemador con bajas emisiones de NOx

Antecedentes de la invención

5 La presente invención se refiere a quemadores con bajas emisiones de NOx que son compactos, eficaces a la hora de funcionar y emplean recirculación de gas de horno dentro de la cámara de combustión del horno para reducir las emisiones de NOx.

10 Las emisiones de horno son motivo de gran preocupación puesto que contribuyen de manera significativa a la contaminación atmosférica. Una gran fuente de emisiones de NOx la constituyen los quemadores tal como se usan en hornos grandes y pequeños, incluyendo, por ejemplo, hornos muy grandes usados para generar potencia eléctrica con turbinas que funcionan con vapor. Se conoce bien que las emisiones de NOx se reducen haciendo descender la temperatura de la llama generada por el quemador en el interior del horno. De manera convencional, esto se ha logrado suministrando al quemador aire en exceso con respecto al que se requeriría para quemar de manera estequiométrica el combustible, puesto que el combustible debe calentar el aire adicional, lo que hace descender la temperatura global de la llama y los gases de horno generados por el mismo.

15 Otro enfoque para hacer descender las emisiones de NOx es mezclar el aire de combustión para el quemador con gas de chimenea que va hacia el tubo de escape. Esta técnica se llama recirculación de gas de chimenea (FGR). El gas de chimenea normalmente tiene una temperatura en el intervalo de entre aproximadamente 93°C (200°F) a 204°C (400°F). El gas de chimenea recirculado hace descender las temperaturas de llama y la generación de NOx, pero en cantidades excesivas provoca inestabilidad de llama y explosión.

20 Ambas aproximaciones pueden usarse de manera individual o en combinación. Sin embargo, las cantidades grandes de FGR que podrían necesitarse para reducir el NOx aumentan sustancialmente el volumen de gas global que debe transportarse a través del quemador y la sección de convección del horno. Esto requiere a su vez sopladores y conductos más grandes, incluyendo la caja de viento común en el exterior de la pared frontal de un quemador, para manejar la masa combinada aumentada de aire y FGR con una temperatura elevada que debe transportarse a través del sistema. Esto aumenta los costes de instalación iniciales así como los costes de mantenimiento y funcionamiento posteriores debido a los requisitos de energía aumentados del soplador, todo lo cual no se desea.

30 El documento US 2005/0271990 A1 que da a conocer un horno según el preámbulo según la reivindicación 1, da a conocer un conjunto de quemador que produce emisiones de NOx muy bajas. Pueden reducirse las grandes cantidades de FGR que debe recircularse mediante la recirculación de gases de horno internamente de la cámara de combustión. Esto ha funcionado bien en la reducción de emisiones de NOx y tiene la ventaja de que reduce o elimina la energía adicional para hacer funcionar un soplador más grande para manejar aire de combustión y/o gas de chimenea recirculado adicionales. La parte principal del quemador es un tubo cilíndrico macizo que se extiende desde la pared del horno. El centrifugador está montado en el extremo de descarga de este tubo. La parte del tubo próxima a la pared del horno incluye aberturas a través de las cuales se conducen aerodinámicamente gases de horno por aire y chorros de gases de combustible en el interior del tubo donde los gases de horno se mezclan con aire de combustión y el combustible antes del encendido de la mezcla. Sin embargo, este quemador es propenso a sobrecalentarse y dañar el tubo si el combustible comienza a quemarse en los límites del tubo. Pueden darse condiciones para el combustible que se quema en el interior del tubo cuando la mezcla entrante global de aire, gas de chimenea y gas combustible está insuficientemente diluida con gases inertes como FGR. Apartar los regímenes de funcionamiento del quemador de la llama que se quema en el interior también requiere el desplazamiento adicional hacia el extremo de descarga del tubo lo que habitualmente no es óptimo para conseguir emisiones de NOx más bajas.

45 El documento US 5.460.512 describe un horno con bajas emisiones de NOx según el preámbulo según la reivindicación 1.

50 El documento US 6.685.462 B2 da a conocer un aparato para quemar combustible con baja formación de NOx. Se proporciona un alojamiento de quemador, unido a un horno, que tiene medios para mezclar una primera parte del gas combustible con una primera parte del aire para formar una mezcla primaria de gas combustible-aire primaria y para descargar la mezcla primaria de gas combustible-aire hacia el interior de una zona de quemado primaria en el horno desde al menos una ubicación de descarga rodeada por una pared que se extiende hacia el interior del horno. Los lados exteriores de la parte de pared del alojamiento están inclinados hacia la zona central de la parte base.

Breve resumen de la invención

55 La presente invención mejora adicionalmente el quemador con bajas emisiones de NOx descrito anteriormente porque elimina la necesidad de que un tubo que encierre al quemador y simplifica la construcción y el funcionamiento del quemador tal como se describe a continuación.

Un quemador con bajas emisiones de NOx construido según la presente invención se instala en un horno que tiene

una pared de horno que encierra la cámara de combustión del horno. El quemador se instala en una pared del horno y se extiende a través de una abertura en la misma hacia el interior de la cámara de combustión, donde genera una llama.

5 El propio quemador tiene un centrifugador de aire de combustión que está completamente dispuesto en la cámara de combustión, y su extremo aguas abajo está separado una distancia sustancial de la pared de horno, tal como se describe adicionalmente a continuación. Un tubo de aire de combustión se extiende hacia el interior de la cámara de combustión, soporta el centrifugador y hace fluir aire de combustión desde una fuente de aire de combustión al exterior del horno a través del centrifugador hacia el interior de la cámara de combustión.

10 Pueden usarse una pluralidad de orificios de aire, preferiblemente seis, pero pueden ser más o menos, que se extienden desde la pared de horno hacia el interior de la cámara de combustión. Están separados de manera circunferencialmente equidistante unos de otros para definir espacios entre ellos y para suministrar normalmente una parte importante del aire de combustión requerido solo o, cuando sea necesario, mezclado con FGR. Sus extremos de descarga están dispuestos en el interior de la cámara de combustión, aguas arriba del centrifugador, y están separados del centrifugador y la pared de horno.

15 Placas adecuadas entre orificios de aire adyacentes bloquean que el aire de combustión fluya desde la fuente de aire de combustión hacia el interior del horno excepto a través de los orificios y la tubería en el centro del quemador.

20 Un primer conjunto de espitas de combustible alargados, preferiblemente un número de espitas de combustible que se corresponde con el número de orificios de aire, se extiende desde la fuente de combustible más allá de la pared de horno hacia el interior de la cámara de combustión. Sus orificios de descarga de gas combustible están separados en los extremos de las espitas de la pared de horno al menos tanto como el extremo aguas abajo del centrifugador de modo que se descarga gas combustible hacia el interior de la cámara de combustión, donde el gas combustible se mezcla con aire de combustión del centrifugador.

25 Al menos una segunda espita de combustible está ubicada en cada espacio de cavidad entre orificios de aire adyacentes, y se extiende desde la fuente de combustible más allá de la pared de horno hacia el interior de la cámara de combustión. Cada segunda espita de gas combustible está separada radialmente del eje del quemador de modo que está ubicada próximo a una parte radialmente más externa de los orificios adyacentes. Cada segunda espita de combustible tiene un extremo aguas abajo que incluye uno o más orificios de descarga de combustible dispuestos en el interior de la cámara de combustión y en el interior de las cavidades, aguas abajo de la pared de horno y aguas arriba de los extremos de descarga de los orificios de aire.

30 Las fuerzas aerodinámicas creadas por los segundos chorros de combustible y el flujo de aire que se descarga a través de los orificios de aire provocan una circulación de productos de combustión (a continuación en el presente documento también denominados "gas de horno") desde la llama en la cámara de combustión de vuelta a la pared frontal del horno. Durante esta circulación, los productos de combustión se enfrían parcialmente debido a la transferencia de calor a las paredes del tubo de agua del horno. Como resultado, el gas combustible que se propaga desde las segundas espitas a través del espacio entre los orificios de aire se mezcla primero con gas de horno de temperatura reducida esencialmente inerte. Esta mezcla no combustible se mezcla adicionalmente con aire de combustión de los extremos de descarga de los orificios de aire aguas arriba del centrifugador para el encendido posterior de la mezcla mediante la llama en la cámara de combustión en el lado aguas abajo del centrifugador.

40 El quemador está asociado además preferiblemente con una válvula o regulador de gas combustible que se acopla de manera operativa con la fuente de gas combustible y se fija para dirigir relativamente más gas combustible a través de las segundas espitas de gas combustible que a través de las primeras espitas de gas combustible.

45 Según una realización preferida actualmente de la invención, el quemador incluye un tercer conjunto de espitas de gas combustible con boquillas que están dispuestas en el interior de los respectivos orificios de aire. Las terceras boquillas de gas combustible están situadas a lo largo de las líneas centrales de los orificios de aire (normalmente están dispuestas múltiples boquillas en cada orificio de aire, por ejemplo, a lo largo de la línea central radial del orificio de aire). El tamaño y la ubicación de las boquillas se escogen para crear una distribución de combustible aproximadamente uniforme con la corriente de aire. La totalidad de las terceras boquillas inyectan el combustible en la misma dirección que las corrientes de aires circundantes.

50 Las cavidades mencionadas anteriormente entre orificios de aire adyacentes están abiertas circunferencialmente en el interior de la cámara de combustión, y ni el tubo de aire ni el centrifugador están encerrados en el interior de un tubo o conducto de modo que están en la recirculación de gas de horno. Esto quiere decir que los gases de horno que recirculan en el interior de la cámara de combustión pueden entrar en las cavidades entre orificios de aire adyacentes, donde se mezclan con gas combustible para formar una mezcla no combustible de gas combustible/gas de horno que fluye en una dirección aguas abajo hacia el centrifugador. Aguas abajo del orificio de aire, esta mezcla se mezcla adicionalmente con aire de combustión de los orificios de aire y forma una mezcla de gas combustible/aire de combustión/gas de horno que puede encenderse mediante la llama existente aguas abajo del centrifugador.

55 Para aplicaciones específicas puede desearse, o necesitarse, una mezcla de aire de combustión y FGR para abastecer a la caja de viento. Esta alternativa se limita preferiblemente a aplicaciones donde deben obtenerse

emisiones de NOx particularmente bajas, por debajo de las que pueden lograrse solo con recirculación de gas de horno, puesto que requiere sopladores, canalizaciones, cajas de viento, etc. mayores y por tanto más costosos.

En el funcionamiento que sigue al encendido inicial del quemador, la llama generada por el quemador queda anclada en el extremo aguas abajo del centrifugador, relativamente lejos de la pared frontal del horno donde está montado el quemador. Dado que el quemador no está encerrado en el interior de un tubo o elemento tubular y que los principales orificios de descarga de aire están ubicados relativamente cerca de la pared frontal del horno, aunque el centrifugador está relativamente lejos de la pared y muy en el interior de la cámara de combustión, las velocidades de flujo del gas combustible, el aire de combustión y su mezcla han disminuido significativamente para cuando alcanzan el centrifugador. Esto evita el problema encontrado con los quemadores típicos de la técnica anterior que están ubicados en el interior y próximos a los extremos de conductos tubulares circundantes donde las velocidades de la mezcla de gas combustible y aire de combustión más altas pueden conducir a inestabilidades de llama y extinciones de la llama relativamente tempranas cuando se intentan conseguir las emisiones de NOx más bajas. Con el quemador de la presente invención, el aire y los gases descargados no están restringidos a secciones transversales limitadas y, por tanto, se desaceleran relativamente rápido, lo que ayuda en la estabilización de la llama en el centrifugador. Por tanto, la presente invención hace descender la velocidad de flujo de los gases que circundan el centrifugador, aumenta la estabilidad de llama y hace descender significativamente la posibilidad de extinciones de la llama, mientras que se consiguen emisiones de NOx inferiores con un quemador que es menos costoso de construir, instalar, mantener y hacer funcionar que los quemadores de la técnica anterior comparables.

Además, situando todas las espitas de gas combustible en el interior de la extensión radialmente más externa de los orificios de aire y eliminando una garganta de quemador formada tradicionalmente por la pared de horno, la cobertura radial del quemador (en relación con la pared de horno) se reduce de modo que ocupa menos espacio en la pared frontal del quemador y en el interior de la cámara de horno. Esta característica es particularmente ventajosa para readaptar hornos existentes con quemadores con bajas emisiones de NOx donde el tamaño de la abertura disponible para el quemador está limitado por los tubos de agua de pared frontal (puesto que los quemadores con bajas emisiones de NOx disponibles actualmente normalmente son significativamente más grandes que los quemadores convencionales debido a su necesidad de tasas más altas de FGR y características adicionales necesarias para hacer descender el NOx).

Breve descripción de los dibujos

La figura 1 es una vista en sección transversal en alzado lateral esquemática de un quemador con bajas emisiones de NOx realizado según la presente invención, instalado sobre una pared de horno y tomado en la línea I-I de la figura 2.

La figura 2 es una vista en alzado frontal del quemador mostrado en la figura 1.

La figura 3 es un diagrama esquemático que ilustra la recirculación de gases de horno en el interior de la cámara de combustión del horno según la presente invención.

Descripción detallada de la invención

Con referencia a los dibujos, un horno 2 tiene una pared frontal 4 con una abertura 6 que proporciona acceso al interior de una cámara de combustión 8 en el interior del horno. Un quemador con bajas emisiones de NOx construido según la presente invención se extiende a través de la abertura 6 hacia el interior de la cámara de combustión de horno 2, donde forma una llama 84 para generar calor. Por ejemplo, el horno puede ser una caldera que genera vapor.

Un suministro de gas combustible 12 y un suministro de aire de combustión 90 están acoplados de manera adecuada a la caja de viento 14 unida a la pared frontal 4 del horno. El quemador dirige el combustible y el aire de combustión hacia el interior de la cámara de combustión, donde se mezclan, se encienden y se queman, liberando de ese modo energía térmica y generando gases de horno a alta temperatura que se descargan normalmente hacia el interior de una sección de convección 16 del horno donde la temperatura se reduce, normalmente hasta un intervalo de entre aproximadamente 93-204°C (200-400°F). El gas de chimenea enfriado se descarga a la atmósfera a través de un tubo de escape 20. Como se explicará en detalle más adelante, una parte del gas de chimenea enfriado se recircula a veces hacia el interior de la cámara de combustión por medio de un sistema de recirculación de gas de chimenea 18.

Haciendo referencia ahora específicamente a las figuras 1 y 2, el quemador 10 tiene un eje de quemador alargado 22 que también es el eje de un tubo de aire de combustión 24 que está soportado mediante un soporte de tubo 26 adecuado sobre una placa 28. Un extremo aguas arriba o trasero 30 del tubo está abierto, extendiéndose hacia el interior de la caja de viento 14, y tiene un amortiguador 32 que puede usarse para ajustar el flujo de aire de combustión hacia el interior del tubo, tal como conocen bien los expertos habituales en la técnica.

En su extremo aguas abajo 34, el tubo de quemador soporta un centrifugador de aire de combustión 36 que tiene un extremo aguas abajo con las palas del centrifugador 38. El tubo de aire de combustión es suficientemente largo de modo que el extremo aguas abajo del centrifugador está ubicado a una distancia sustancial de la pared frontal 4 del

horno. En una realización de la invención, el tubo de quemador tiene un diámetro de aproximadamente 16,5 cm (6,5 pulgadas) y el extremo aguas abajo del centrifugador está separado de la pared de horno aproximadamente 112 cm (44 pulgadas), de modo que el extremo aguas abajo del centrifugador está separado de la pared de horno ligeramente menos de seis veces el diámetro del tubo. Para la mayoría de las aplicaciones, la distancia entre la pared frontal del horno y el extremo aguas abajo del centrifugador estará en el intervalo de entre aproximadamente cuatro a ocho veces el diámetro del tubo de aire de combustión 24, aunque para finalidades e instalaciones particulares y configuraciones de horno este intervalo puede ser mayor o menor.

En la realización ilustrada, una pluralidad de seis espitas de gas combustible centrales 40 están separadas de manera circunferencialmente equidistante alrededor de la periferia del centrifugador 36, se mantienen en su sitio en el centrifugador mediante apoyos de espita 42 adecuados, y sus extremos aguas abajo 44 están separados de la pared de horno 4 al menos tanto como el extremo aguas abajo 38 del centrifugador y, preferiblemente, se extienden ligeramente más allá del centrifugador, tal como se ilustra en la figura 1. Los extremos aguas abajo de las espitas centrales tienen orificios 46 desde los cuales se descarga gas combustible en el flujo de aire en remolino que pasa a través del centrifugador. Un extremo aguas arriba 48 de cada espita central está acoplado de manera fluida a la fuente de gas combustible 12, mostrada en la figura 1 como un tubo o colector de suministro de gas combustible circular 12a.

En la realización ilustrada, una pluralidad de seis orificios de aire de combustión 50 formados mediante conductos alargados están separados de manera circunferencialmente equidistante alrededor del tubo de aire de combustión 24, como puede observarse de la mejor manera en la figura 2. Cada orificio de aire está formado por paredes radialmente internas y externas 54, 56 y paredes laterales 52. La sección transversal de los orificios de aire presenta una sección decreciente en una dirección aguas abajo por las paredes laterales 52 de modo que un extremo aguas arriba 58 del orificio de aire tiene una mayor sección transversal que un extremo de descarga aguas abajo 60 del mismo. El extremo de descarga presenta a su vez una sección decreciente (como puede verse de la mejor manera en la figura 1) de modo que la pared más externa 56 del orificio de aire se extiende más hacia el interior de la cámara de combustión 8 que la pared más interna 54 de la misma. Esta sección decreciente induce una desviación en el aire de combustión que hace fluir a través de los orificios de aire que dirige el flujo de aire hacia el centrifugador 36 para su encendido mediante la llama en el lado aguas abajo del centrifugador.

Para construcciones de quemador típicas según la presente invención, la separación entre la pared frontal 4 del horno y el extremo de descarga 60 de los orificios de aire 50 está en el intervalo de entre aproximadamente un cuarto y la mitad de la distancia entre la pared de horno y el extremo aguas abajo 38 de centrifugador 36. En una realización particularmente preferida de la invención, el extremo de descarga del orificio de aire está separado 16 pulgadas de la pared de horno, mientras que el extremo aguas abajo del centrifugador está separado 112 cm (44 pulgadas). Sin embargo, estos intervalos pueden superarse por arriba o por abajo si se desea para una instalación dada.

Entre cada par adyacente de orificios de aire hay una separación abierta radialmente hacia fuera que está cerrada en una dirección aguas arriba mediante la placa de quemador 28 y el aislamiento térmico 62. Los espacios entre orificios de aire adyacentes forman cavidades 64 que están cerradas en una dirección trasera y también sustancialmente en una dirección radialmente hacia dentro y que están abiertas en las direcciones aguas abajo y radialmente hacia fuera, como puede observarse en la figura 1. Como resultado, no fluye aire de combustión de manera eficaz desde la caja de viento 14 hacia el interior a través de las cavidades.

Las espitas centrales 40 se extienden a través de la placa de quemador 28 hacia el interior y más allá de las cavidades 64 hacia el centrifugador en la cámara de combustión. Un conjunto adicional de segundas espitas de gas combustible 66 está dispuesto cerca de la parte radialmente más externa de cavidades 64 que está próxima a paredes exteriores 56 de los orificios de aire 50. Los extremos aguas abajo de las segundas espitas tienen orificios 68. Los extremos aguas abajo de las segundas espitas 66 con orificios 68 están ubicados en la cámara de combustión justo aguas abajo de la pared de horno 4 y aguas arriba de los extremos de descarga 60 de los orificios de aire 50 en las cavidades 64. Los extremos aguas arriba 70 de las espitas 66 están conectados de manera fluida a la fuente de combustible 12 en forma de un segundo colector circular de gas combustible 12b. El gas combustible que sale a través de los orificios 68 fluye hacia el interior de las cavidades 64.

Un tercer conjunto de espitas de combustible 72 está dispuesto preferiblemente en el interior de cada orificio de aire 50 e incluye un tubo de boquilla alargado 74 que se extiende transversalmente con respecto a la dirección de flujo, preferiblemente a lo largo de la línea central del orificio de aire, a través del orificio de aire y tiene orificios de descarga de gas combustible 76. Un extremo aguas arriba 78 del tercer conjunto de espitas 72 está conectado de manera fluida al suministro de gas combustible 12 en forma de un tercer colector de gas combustible circular 12c. Cada espita 72 normalmente tiene múltiples orificios de descarga 78 que están situados a lo largo de las líneas centrales del orificio de aire. El tamaño y la ubicación de las boquillas se escogen para crear una distribución de combustible aproximadamente uniforme en la corriente de aire. Los orificios 76 tienen líneas centrales que se orientan en la dirección del eje 22 tal como se muestra en la figura 1.

Durante el uso, el aire de combustión fluye desde la caja de viento 14 a través de los orificios de aire 50 más allá de los extremos de descarga 60 de los mismos en una dirección aguas abajo tal como se describió anteriormente. Los

5 tubos de boquilla de descarga de gas 74 en los orificios de aire presentan una resistencia perjudicial al flujo de aire de combustión que es proporcional a la segunda potencia de velocidad de aire alrededor de los tubos de boquilla 74. Para minimizar esta resistencia, los tubos 74 están situados en el interior de los orificios 64 en una ubicación donde la sección transversal de los orificios de aire (en el plano perpendicular al eje 22) es sustancialmente mayor que la sección transversal del orificio de aire en el extremo de descarga 60 de modo que la velocidad del flujo de aire más allá de los tubos de boquilla 74 es sustancialmente menor que su velocidad en el extremo de descarga.

10 Un piloto 80 mostrado en la figura 1 está ubicado de manera apropiada en el interior de al menos uno de los orificios de aire 50 y se activa para encender inicialmente una primera parte de una mezcla de aire de combustión-gas combustible formada aguas abajo del tubo de boquilla de gas combustible 74. La llama originada por el piloto se extiende adicionalmente más allá del extremo de descarga de centrifugador 38, donde enciende el resto del combustible abastecido al quemador.

15 Un regulador de flujo de gas combustible 82 recibe gas combustible desde la fuente 12, dirige cantidades controladas del gas combustible a los colectores de gas combustible 12a-c y controla la cantidad de gas combustible abastecido a cada uno de los colectores. Para funcionamientos típicos normales del gas de horno, el regulador de gas combustible abastece entre aproximadamente el 5 y el 20% de los requisitos totales de gas combustible a las espitas centrales 40, entre aproximadamente el 30 y el 70% de los requisitos totales de gas a las espitas externas 66, y entre aproximadamente el 10 y el 40% de los requisitos de gas combustible a las espitas de gas combustible 72 en el interior de los orificios de aire 50.

20 Para la puesta en marcha del horno, el quemador 10 se activa inicialmente inyectando aire desde la caja de viento 14 hacia el interior de y a través de la cámara de combustión 8 del horno para purgar la cámara de combustión de cualquier residuo de combustible que pueda estar presente. Para encender el quemador, se inicia un flujo de aire de combustión reducido a través del tubo de aire 24 y los orificios de aire 50 hacia el interior de la cámara de combustión. La luz de piloto 80 se enciende en al menos un orificio de aire 50 para generar una llama que se extiende hacia delante hacia el centrifugador 36, y se abre el regulador de flujo de gas combustible 82 para hacer fluir gas combustible más allá de los orificios en los extremos aguas abajo de las espitas internas 40, las espitas externas 66 y las espitas 72 en el interior de los orificios de aire 50. Por tanto, la llama de piloto y el gas combustible encendido se extienden más allá del extremo aguas abajo 38 de centrifugador 36, lo que provoca el encendido del gas combustible emitido por todas las espitas de gas combustible del quemador.

30 Una vez que se enciende una llama aguas abajo del centrifugador 36, el piloto 80 se apaga. La llama que se extiende desde el interior de los orificios de aire 50 al centrifugador se extingue debido a la falta de estabilidad de llama en el interior de los orificios de aire sin la presencia de una llama de piloto suficientemente fuerte. El funcionamiento del quemador continúa con una llama 84 formada en el interior de la cámara de combustión 8 y aguas abajo de centrifugador 36, alimentada por combustible de las espitas del quemador y aire de combustión descargado en el interior de la cámara de combustión por medio del centrifugador 36 y orificios de aire 50.

35 El impulso de aire y chorros de combustible que salen de los extremos de descarga de los orificios 50 y el impulso de chorros de gas combustible desde los orificios 68 en las cavidades 64 provocan una recirculación 86 de gases de horno desde partes internas de la cámara de combustión (aguas abajo de centrifugador 36) hacia la pared frontal 4 del horno, tal como se ilustra en la figura 3. Los gases de horno de recirculación normalmente se enfrían parcialmente desde la temperatura de llama inicial mediante transferencia de calor a las paredes de horno cubiertas con tubos 88 dispuestos normalmente en el interior del horno, por ejemplo a lo largo de las paredes del mismo. Algo del gas de chimenea de recirculación se introduce en las cavidades 64 entre pares adyacentes de orificios de aire 50 donde se arrastra gas combustible desde las espitas externas 66 en el gas de horno. Aguas debajo de los extremos de descarga 60 del orificio de aire, esta mezcla de gas combustible/gas de horno se mezcla con aire de combustión de los orificios de aire 50, que normalmente incluye gas combustible de los tubos de boquilla 74 del tercer conjunto de espitas 72. La mezcla de gas de horno/aire de combustión/com combustible fluye hacia el centrifugador 36 tal como se describió anteriormente, y aguas abajo del centrifugador 36 se enciende la mezcla mediante la llama 84 estabilizada mediante la acción del centrifugador 38.

50 El arrastre de gas de horno de recirculación hacia la mezcla de gas combustible/aire de combustión da como resultado una temperatura reducida de la llama 84, que a la vez reduce la generación y emisión de NOx. Esto se obtiene de manera ventajosa sin un aumento en el flujo hacia el interior de y a través de la sección de convección de horno 16 y sin necesidad de un soplador 92 más grande y de tamaños de conducto que se requerirían si la temperatura de llama se reduce, por ejemplo, aumentando el flujo de recirculación de gas de chimenea 18.

55 Además, cuando el gas de horno de recirculación alcanza de nuevo la parte frontal de la caldera, tiene normalmente una temperatura de aproximadamente 538 a 1093°C (de 1000 a 2000°F). Cuando este gas se mezcla con flujos procedentes de orificios de aire 60, aumenta la temperatura global de la mezcla resultante antes de su encendido hasta aproximadamente de 316 a 427°C (de 600 a 800°F). Esto aumenta sustancialmente la relación entre las temperaturas de gas antes y después del encendido (para una llama con emisiones muy bajas de NOx, su temperatura es de aproximadamente 1371°C (2500°F)). Como resultado, el proceso de combustión se inicia y mantiene de manera más fácil. Esto estabiliza la llama y constituye un beneficio significativo obtenido con la presente invención.

5 Si es necesario reducir las emisiones de NOx hasta por debajo de lo que es factible mediante gas de horno de recirculación en el interior de la cámara de combustión, se añade algo del gas de chimenea al aire de combustión por medio de un sistema de recirculación de gas de chimenea 18. El gas de chimenea recirculado hace descender el suministro de oxígeno disponible en la mezcla de gas combustible/aire de combustión/gas de horno recirculado, lo que conduce a una reducción adicional de temperaturas de llama y con ello del contenido de NOx del gas de horno antes de que se descargue al entorno mediante tratamiento de gas de chimenea 16 y el tubo de escape 20.

El dispositivo descrito permite conseguir emisiones de NOx mínimas inferiores con una llama estable que otros dispositivos conocidos que ocuparían el mismo espacio global sobre la pared frontal del horno, y es en general más eficiente energéticamente para abastecer niveles comparables de las emisiones de NOx.

10

REIVINDICACIONES

1. Horno con bajas emisiones de NOx (2) que comprende:
- una pared (4) y una cámara de combustión (8) en el interior de la pared (4),
 - un quemador con bajas emisiones de NOx (10) adaptado para emplear recirculación de gas de horno en el interior de la cámara de combustión (8) del horno (2), comprendiendo el quemador (10):
 - un tubo alargado (24) para la conexión a un suministro de aire de combustión (90),
 - un centrifugador de aire de combustión (36) que define un eje del quemador (10),
 - una pluralidad de primeras espitas de gas combustible (40) que tienen orificios de descarga de gas combustible (46),
- en el que,
- el tubo (24) está instalado en la pared (4) y se extiende una distancia sustancial desde la pared (4) hacia el interior de la cámara de combustión (8),
 - una pluralidad de orificios de aire alargados (50) para la conexión al suministro de aire de combustión (90) y que se extienden desde la pared (4) hacia el interior de la cámara de combustión (8), aguas abajo de los extremos de descarga de los orificios de aire (50) que están separados de la pared de horno (4) y el centrifugador (36),
 - los orificios de descarga de gas combustible (46) de las primeras espitas de gas combustible (40) están en las proximidades de un extremo aguas abajo del centrifugador (36),
 - una segunda espita de gas combustible (66) dispuesta entre cada par adyacente de orificios de aire (50), está conectada a una fuente de gas combustible (12) y tiene orificios de descarga de combustible (68) aguas abajo de la pared de horno (4) y aguas arriba de los extremos de descarga,
- caracterizado porque:
- el centrifugador de aire de combustión (36) está conectado al tubo (24) de modo que un extremo aguas abajo del centrifugador (36) está en el interior de la cámara de combustión (8) y lejos de la pared de horno (4),
 - dicha segunda espita de gas combustible (66) está dispuesta en relación con el eje próxima a las partes radialmente más externas de los orificios de aire (50).
2. Horno con bajas emisiones de NOx (2) según la reivindicación 1, que incluye una tercera espita de combustible (72) dispuesta en el interior de cada orificio de aire (50) y que tiene un orificio de descarga de gas combustible (76) ubicado aguas arriba del extremo de descarga para inyectar gas combustible en aire de combustión que fluye a través del orificio de aire (50).
3. Horno con bajas emisiones de NOx (2) según la reivindicación 1, en el que cada orificio de aire (50) forma un conducto alargado que tiene una sección transversal que es la más grande en un extremo aguas arriba del conducto y la más pequeña en un extremo aguas abajo del mismo de modo que, tras hacer fluir aire de combustión a través del conducto, la velocidad de aire de combustión es la mayor en el extremo de descarga del conducto.
4. Horno con bajas emisiones de NOx (2) según la reivindicación 3, que incluye una tercera espita de gas combustible (72) dispuesta en cada conducto, y en el que la tercera espita de gas combustible (72) está colocada en el interior del conducto en una ubicación aguas arriba del extremo de descarga del conducto donde la velocidad del aire de combustión más allá de las terceras espitas de gas combustible (72) es inferior a la velocidad del aire de combustión en el extremo de descarga del conducto.
5. Horno con bajas emisiones de NOx (2) según la reivindicación 3, en el que el extremo de descarga del conducto está conformado de modo que una parte radialmente más externa del conducto se extiende más hacia el interior de la cámara de combustión (8) que una parte radialmente más interna del conducto para desviar el flujo de aire de combustión descargado del orificio de aire (50) hacia el centrifugador (36).
6. Horno con bajas emisiones de NOx (2) según la reivindicación 1, en el que los extremos de descarga de los orificios de aire (50) se extienden entre aproximadamente el 25% y el 50% de la distancia entre la pared de horno (4) y un extremo aguas abajo del centrifugador (36).
7. Horno con bajas emisiones de NOx (2) según la reivindicación 1, en el que el extremo aguas abajo del centrifugador (36) está ubicado en el interior de la cámara de combustión (8) a una distancia sustancial de

- la pared de horno (4),
- al menos seis orificios de aire (50) separados, alargados dispuestos sustancialmente equidistantes alrededor del tubo (24) para hacer fluir aire de combustión hacia el interior de la cámara de combustión (8), teniendo cada orificio de aire (50) un extremo de descarga aguas abajo que está separado una distancia intermedia de la pared de horno (4) que es menor que la distancia sustancial,
- 5 un elemento de pared dispuesto en cavidades (64) próximas a los extremos aguas arriba de las mismas para impedir que el aire de combustión fluya entre orificios de aire adyacentes (50),
- la primera pluralidad de espitas de descarga de gas combustible (40) dispuestas alrededor de una periferia del centrifugador (36) y los orificios de descarga (46) se extienden al menos la distancia sustancial hacia el interior de la cámara de combustión (8), y
- 10 la segunda espita de descarga de gas combustible (66) tiene un orificio de descarga de gas combustible (68) para hacer fluir gas combustible hacia el interior de la cámara de combustión (8) que está separada de la pared de horno (4) una distancia que es menor que la distancia intermedia.
8. Horno con bajas emisiones de NOx (2) según la reivindicación 1 ó 7, en el que el quemador con bajas emisiones de NOx (10) con un eje longitudinal adaptado para generar una llama (84) en la cámara de combustión (8) para generar gases de horno en la cámara (8) que se descargan como gases de chimenea tras un tratamiento de los gases de horno,
- 15 una fuente de aire de combustión y una fuente de gas combustible (12) para generar la llama (84),
- un conducto de aire de combustión para hacer fluir aire de combustión desde la fuente a través del centrifugador (36) hacia el interior de la cámara de combustión (8),
- 20 la pluralidad de orificios de aire (50) se extienden separados de manera circunferencialmente equidistante unos de otros para definir cavidades (64), estando los extremos de descarga de los orificios de aire (50) aguas arriba del centrifugador (36),
- 25 placas entre pares adyacentes de orificios de aire (50) que impiden que el aire de combustión fluya desde la fuente de aire de combustión a través de las cavidades (64),
- el primer conjunto de espitas de combustible alargadas (40) que se extienden desde la fuente de combustible (12) más allá la pared de horno (4) se abren hacia el interior de la cámara de combustión (8) y los orificios de descarga de gas combustible (46) están separados de la pared de horno (4) al menos tanto como el extremo aguas abajo del centrifugador (36) para descargar gas combustible hacia el interior de la cámara de combustión (8) y mezclar el gas combustible con aire de combustión del centrifugador (36),
- 30 el orificio de descarga de gas combustible (68) de cada segunda espita de gas combustible (66) está dispuesto en el interior de la cámara de combustión (8), de modo que el gas combustible descargado por las segundas espitas (66) se mezcla con gas de horno que recircula en la cámara de combustión (8) hacia la pared de horno (4) y hacia el interior de cavidades para formar una mezcla no combustible de gas combustible-gas de horno aguas arriba de los extremos aguas abajo de los orificios de aire (50), mezclándose adicionalmente la mezcla no combustible con aire de combustión de los extremos de descarga de los orificios de aire (50) aguas arriba del centrifugador (36) para el encendido posterior mediante la llama (84) en la cámara de combustión (8) sustancialmente aguas abajo del centrifugador (36),
- 35 y
- 40 un regulador de descarga de gas combustible (82) acoplado de manera operativa con la fuente de gas combustible (12) y las espitas de gas combustible (40, 66, 72) para dirigir relativamente más gas combustible a través de las segundas espitas de gas combustible (66) que a través de las primeras espitas de gas combustible (40).
9. Horno con bajas emisiones de NOx (2) según la reivindicación 8, en el que los espacios, las primeras espitas de gas combustible (40), el centrifugador (36) y el conducto de aire de combustión no están obstruidos en una dirección radial en relación con el eje de modo que el gas combustible de recirculación en la cámara de combustión (8) puede hacerse fluir libremente hacia los espacios y hacia las proximidades de las primeras espitas de gas combustible (40), el centrifugador (36) y el conducto de aire de combustión para facilitar el mezclado del gas combustible, el aire de combustión y el gas de horno de recirculación
- 45 aguas arriba del extremo aguas abajo del centrifugador (36).
10. Horno con bajas emisiones de NOx (2) según la reivindicación 9, que incluye una tercera espita de gas combustible (72) dispuesta en el interior de cada orificio de aire (50) y que tiene un orificio de descarga de gas combustible (76) ubicado aguas arriba del extremo de descarga del orificio de aire (50) para arrastrar gas combustible en el aire de combustión que fluye a través del orificio de aire (50) y formar ahí una mezcla
- 50

de gas combustible y aire de combustión.

11. Horno con bajas emisiones de NOx (2) según la reivindicación 10, en el que el regulador (82) dirige relativamente menos gas combustible a las terceras espitas de gas combustible (72) que a las segundas espitas de gas combustible (66).
- 5 12. Horno con bajas emisiones de NOx (2) según la reivindicación 8, en el que los extremos de descarga de los orificios de aire (50) están inclinados de modo que una parte radialmente más externa de cada orificio de aire (50) se extiende más hacia el interior de la cámara de combustión (8) que un extremo radialmente más interno del orificio de aire (50) para de ese modo desviar aire de combustión de los orificios de aire (50) hacia el centrifugador (36).
- 10 13. Horno con bajas emisiones de NOx (2) según la reivindicación 8, en el que el horno (2) incluye una multiplicidad de tuberías de intercambio de calor dispuestas en el interior de la cámara de combustión (8), y en el que los gases de horno de recirculación entran en contacto con los tubos de intercambio de calor y se enfrían mediante los tubos de intercambio de calor antes de que los gases de horno de recirculación se mezclen con aire de combustión.
- 15 14. Método para hacer descender las emisiones de NOx de un horno (2) que tiene una pared de horno (4), una cámara de combustión (8) en el interior de la pared (4), un quemador (10) que se extiende hacia el interior de la cámara de combustión (8) generando una llama (84) a partir de aire de combustión y gas de chimenea descargados por el quemador (10) en la cámara de combustión (8), y un centrifugador (36) ubicado en un eje longitudinal del quemador (10), comprendiendo el método:
- 20 - colocar el centrifugador (36) en la cámara de combustión (8) de modo que el centrifugador (36) está ubicado a una distancia sustancial de la pared de horno (4),
- dirigir un primer flujo de aire de combustión a través del centrifugador (36) y descargar el aire de combustión desde un extremo aguas abajo del centrifugador (36) hacia el interior la cámara de combustión (8),
- 25 - mezclar aguas abajo de un extremo aguas abajo del centrifugador (36) un primer flujo de gas combustible con el primer flujo de aire de combustión y encender una mezcla resultante de los mismos para generar la llama (84) en la cámara de combustión (8),
- disponer una pluralidad de corrientes de aire de combustión espaciadas, separadas alrededor del primer flujo de aire de combustión y descargar las corrientes de aire de combustión hacia el interior de la cámara de combustión (8),
- 30 - formar cavidades sustancialmente libres de aire de combustión (64) entre corrientes adyacentes de aire de combustión aguas arriba de donde las corrientes de aire de combustión se descargan hacia el interior de la cámara de combustión (8),
- 35 - hacer fluir de manera separada un segundo gas combustible hacia el interior de las cavidades (64) en una dirección hacia el centrifugador (36) proporcionando una segunda espita de gas combustible (66) dispuesta entre el par adyacente de orificios de aire (50), estando dispuesta dicha segunda espita de gas combustible (66) en relación con el eje próxima a las partes radialmente más externas de los orificios de aire (50),
- hacer recircular gases de horno desde la cámara de combustión (8) hacia el interior de las cavidades (64), haciendo fluir desde las cavidades (64) el gas de horno recirculado hacia el centrifugador (36), y arrastrando el segundo flujo de gas combustible hacia el aire de combustión recirculado en las cavidades (64) para formar una mezcla de gas combustible-gas de horno,
- 40 - mezclar la mezcla de gas combustible-gas de horno con las corrientes de aire de combustión aguas arriba del centrifugador (36) para formar una mezcla combustible de gas combustible/gas de horno/aire de combustión que fluye en una dirección aguas abajo más allá del centrifugador (36), y
- 45 - encender la mezcla de gas combustible/gas de horno/aire de combustión con la llama (84) generada por el centrifugador (36).
15. Método según la reivindicación 14, que incluye arrastrar un tercer flujo de gas combustible en las corrientes de aire de combustión antes de que las corrientes de aire de combustión se mezclen con la mezcla de gas combustible-gas de horno, siendo el tercer flujo de gas combustible más grande que el primer flujo de gas combustible y más pequeño que el segundo flujo de gas combustible.
- 50

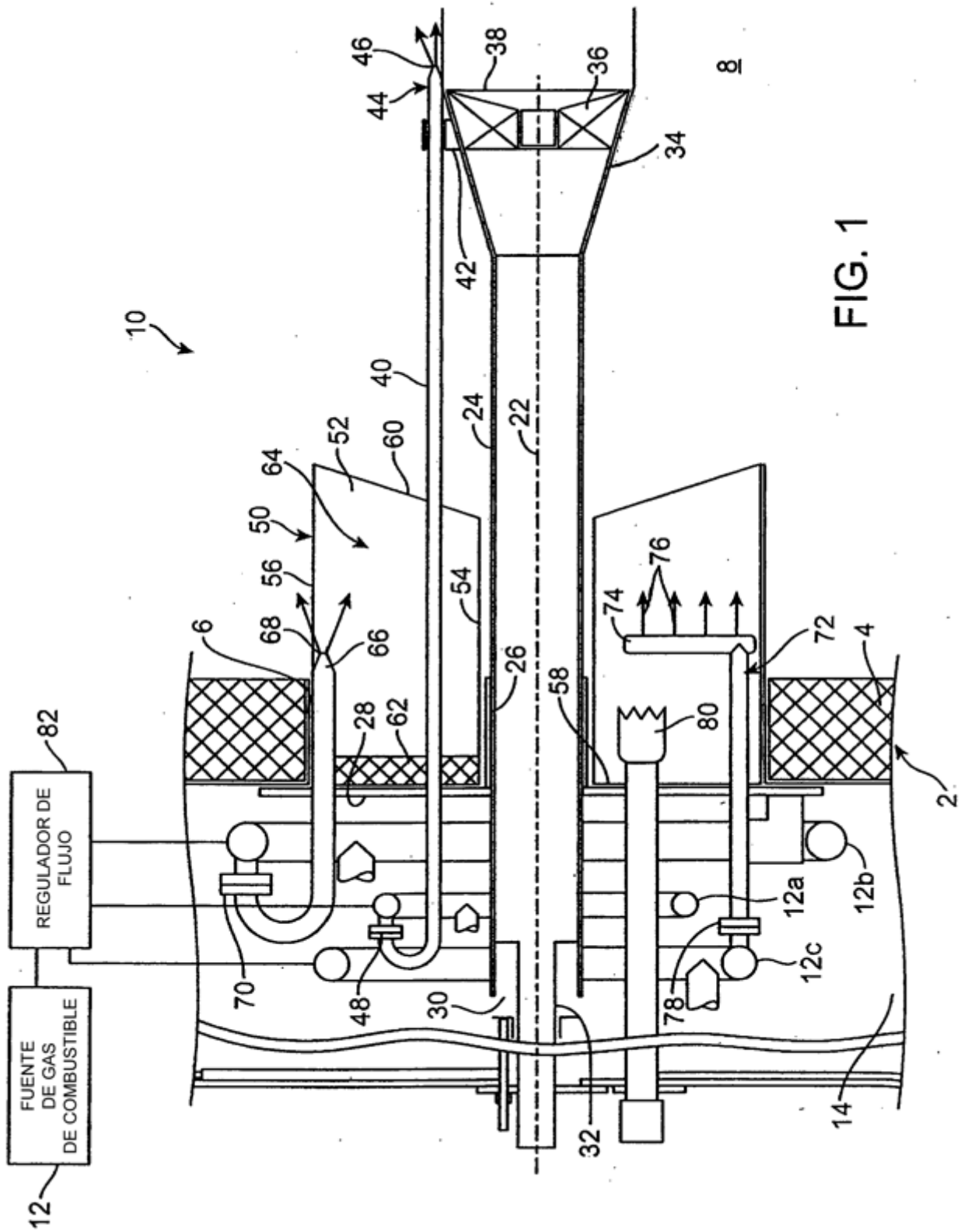


FIG. 1

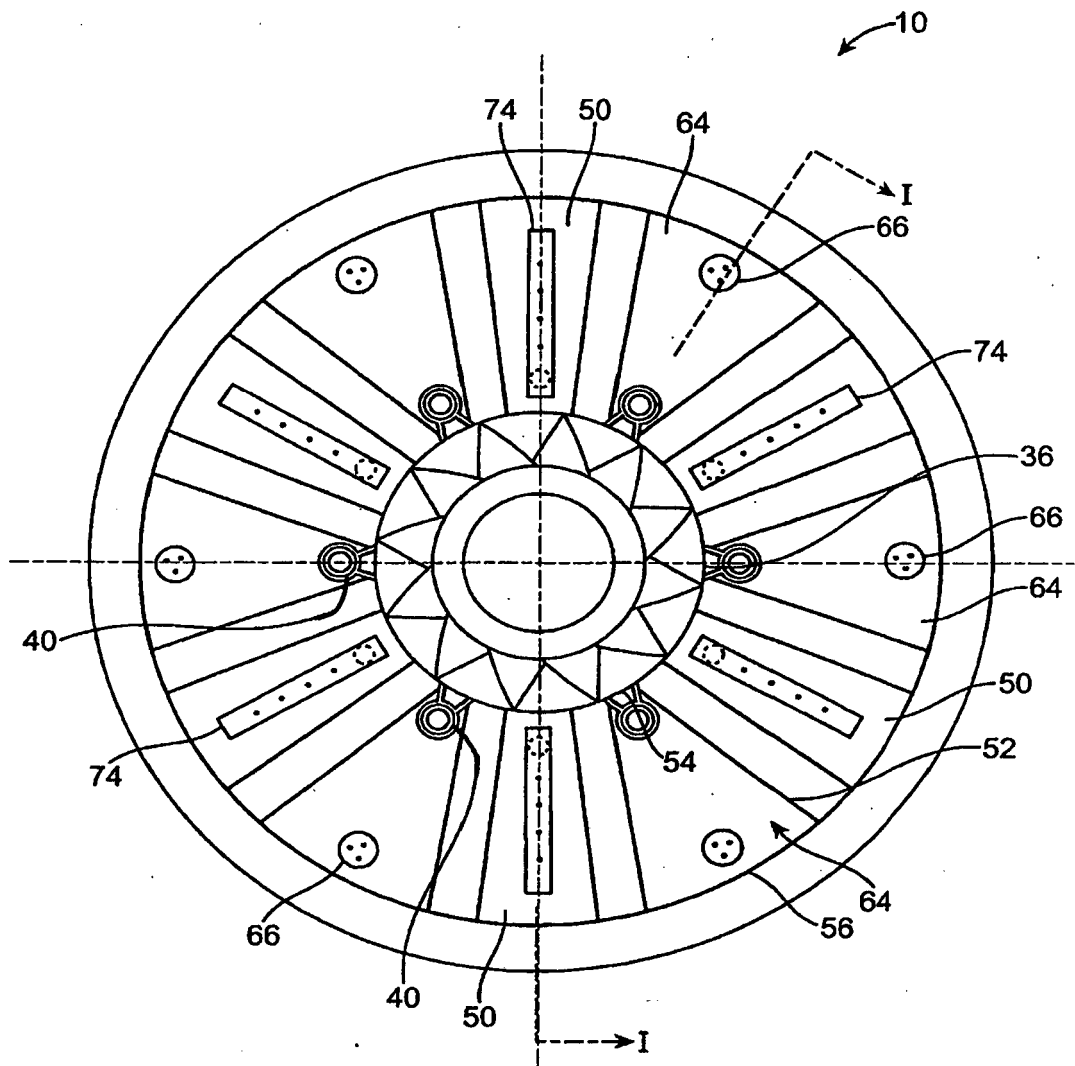


FIG. 2

