

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 377 736**

51 Int. Cl.:  
**F23D 14/08** (2006.01)  
**F23D 14/84** (2006.01)  
**F23M 5/02** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **07252382 .2**  
96 Fecha de presentación: **13.06.2007**  
97 Número de publicación de la solicitud: **1867923**  
97 Fecha de publicación de la solicitud: **19.12.2007**

54 Título: **Aparatos de quemador de gas y métodos con efecto Coanda**

30 Prioridad:  
**14.06.2006 US 454071**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:  
**30.03.2012**

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:  
**30.03.2012**

73 Titular/es:  
**JOHN ZINK COMPANY,L.L.C.**  
**11920 EAST APACHE**  
**TULSA, OK 74116, US**

72 Inventor/es:  
**Poe, Roger L.;**  
**Wilkins, James y**  
**Claxton, Michael G.**

74 Agente/Representante:  
**de Elzaburu Márquez, Alberto**

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).

ES 2 377 736 T3

## DESCRIPCIÓN

Aparatos de quemador de gas y métodos con efecto Coanda.

La presente invención se refiere a aparatos de quemador de gas y a métodos de quemar gas combustible en presencia de aire y de gases de combustión de horno para crear una llama estable al mismo tiempo que se suprime la formación de óxidos nitrosos ("NOx") y monóxido de carbono ("CO").

Se han desarrollado diversos tipos de quemadores de gas y se han utilizado satisfactoriamente con una combinación de capacidades de difusión y de pre-mezcla. En una solución de pre-mezcla, el aire y el gas combustible se convierten en una mezcla homogénea antes de la combustión dentro de los confines del horno. En la solución de difusión se inyecta el gas combustible en una corriente de aire donde tiene lugar la mezcla sin un mezclador Venturi. La llama se estabiliza muy cerca del punto de salida, creando óxidos nitrosos térmicos y prontos. Ambas soluciones se utilizan rutinariamente para encender y quemar un gas combustible determinado con el fin de generar calor dentro de un quemador de proceso.

En ambos quemadores de los tipos de pre-mezcla y de difusión, se puede definir una solución óptima para reducir la formación de ambos óxidos nitrosos térmicos y prontos. La emisión de gases de óxidos nitrosos y de monóxido de carbono por quemadores de proceso así como por cualquier otro equipo de combustión tiene una reglamentación muy severa por parte de las autoridades gubernamentales. Estas autoridades están impulsando constantemente el desarrollo de una metodología mejor para reducir todavía más las emisiones de los equipos de combustión actuales.

Con el fin de disminuir la producción de óxidos nitrosos y de otros gases potencialmente contaminantes, se están desarrollando diversos aparatos perfeccionados de quemadores de gas. En una solución, todo el aire junto con el combustible primario se queman en una primera zona, y el combustible restante se quema en una segunda zona. En esta solución de gas combustible escalonado, el combustible escalonado llega a diluirse con los gases de combustión del horno diluyendo una parte sustancial de la corriente de gas durante la combustión, con lo que se reduce la temperatura de combustión de los gases. El nitrógeno presente en el aire y en los gases de la combustión funciona como un sumidero de calor en el sentido de que absorbe calor de la llama. Los gases de la combustión pueden proceder de la chimenea del horno (gases de combustión externos) o del propio horno (gases de combustión internos). Ejemplos de quemadores con bajo porcentaje de NOx y de métodos en relación de asociación con ellos se muestran en las patentes de EE.UU. Números 5.275.552 (expedida a John Zink Company el 4 de enero de 1994) y 6.729.874 B2 (expedida a John Zink Company el 4 de mayo de 2004).

Un ejemplo de quemador para combustible pesado utilizado hasta ahora se muestra en la patente de EE.UU. N° 2.918.117 concedida a Griffin (en adelante "Griffin"). Esta patente divulga un quemador de combustible líquido para manejar combustibles densos. Según hace notar la patente de Griffin, en aquel tiempo constituía un problema la obtención de una combustión completa de combustibles densos en los quemadores, en particular con los quemadores del tipo "de tiro ascendente" mostrados en los dibujos de Griffin. El combustible sin quemar tendía a volver a caer a la estructura de alimentación de aire primario del quemador, lo cual creaba un efecto de atasco y una acumulación desordenada de los combustibles, resultando en un funcionamiento ineficaz del quemador. En la patente de Griffin se soluciona este problema recirculando una parte de los productos de combustión cuando salen de la corriente siendo expulsados del inyector del quemador de retorno a la corriente de los gases que soportan la combustión que se están introduciendo alrededor del inyector del quemador. Estos productos de combustión recirculados causan que la fuente primaria de la corriente de aire entrante se caliente por encima de su temperatura de vaporización, con el fin de causar una revaporización completa de cualesquiera partículas densas de combustible que se estén formando y tendiendo o comenzando a caer fuera de la corriente de combustible.

Un ejemplo de un aparato y un método con quemadores de bajo porcentaje de óxidos nitrosos se muestra en la patente de EE.UU. N°5.238.395 concedida a Schwartz (en adelante simplemente "Schwartz"), que se expidió a John Zink Company el 24 de agosto de 1993. Schwartz describe algunas modalidades en las que los diseños de quemadores de gas de aquella época habían reducido la producción de NOx y otros gases contaminantes.

La combustión escalonada y la dilución de gas combustible crean problemas adicionales que hay que solucionar, que incluyen la incombustibilidad y la inestabilidad de la llama. Se necesita una cantidad apreciable de aire o de gases de la combustión para diluir la llama lo bastante para lograr una reducción suficiente en la producción de óxidos nitrosos. Sin embargo, si el gas combustible se diluye demasiado, podría ser difícil encender, o bien la llama una vez encendida podría llegar a ser inestable. Las inestabilidades de la llama pueden crear inestabilidades adicionales capaces de desestabilizar todo el horno.

Se han utilizado superficies con efecto Coanda en llamas en las que son una realidad los caudales significativos a presiones elevadas. Una superficie con efecto Coanda es simplemente una superficie curva diseñada para la adherencia de un fluido. Las corrientes de fluidos inyectadas en o junto a una superficie con efecto Coanda tienden a -y a seguir el camino de - la superficie. La presión negativa y las fuerzas de viscosidad tiran del fluido contra la superficie. La corriente de fluido se dispersa en una película u hoja relativamente delgadas, lo cual permite que los fluidos que estén próximos se mezclen con la corriente de fluido de un modo muy eficaz. El área de superficie adicional impartida al gas aumenta significativamente la mezcla. Como resultado, las superficies con efecto Coanda

y el propio efecto Coanda se usan comúnmente en aparatos productores de llama, puesto que se elimina la necesidad de utilizar vapor, ventiladores de impulsión y equipos relacionados con esta tecnología.

Sin embargo, las superficies con efecto Coanda no se han incorporado a los aparatos con quemadores de procesos de bajos porcentajes de óxidos nitrosos. Los componentes de los quemadores son más pequeños e imponen flujos de gas mucho menores que los componentes con llama. Como resultado, la tecnología del efecto Coanda no se ha aplicado activamente a los quemadores de proceso. Asimismo, muchos operadores de refinerías no han cambiado los hornos de éstas debido a la inversión implicada en el cambio. Como resultado, los conjuntos de quemadores de sustitución a menudo tienen que instalarse en cajas de horno existentes que definen los criterios de prestaciones que deba satisfacer el quemador (por ejemplo, la longitud y el diámetro de la llama).

Mediante la presente invención, se han descubierto varias formas de utilizar superficies con efecto Coanda en quemadores de gas combustible escalonado con baja producción de Nox con el fin de aumentar mucho el rendimiento de los quemadores al mismo tiempo que se eviten problemas como la incombustibilidad y la inestabilidad de la llama.

Según la presente invención, se provee un aparato de quemador de gas y unos métodos que satisfacen las necesidades anteriormente indicadas y resuelven las deficiencias de la técnica anterior. Se ha descubierto que una superficie con efecto Coanda se puede aplicar con una corriente de fluido libre para mezclar gases combustibles con aire y un diluyente (en este caso gases de la combustión del horno) al mismo tiempo que se mantienen las capacidades ampliadas de reducción y el aumento de la estabilidad. La superficie con efecto Coanda aumenta mucho la mezcla de los gases de la combustión con los otros fluidos de la corriente. Además, mediante el uso de varias superficies con efecto Coanda, se puede aumentar mucho la cantidad de gases de la combustión que se pueden incorporar a una zona de mezcla y a la llama. De ese modo, se puede aumentar mucho la capacidad de reducir las emisiones de óxidos nitrosos y de monóxido de carbono del quemador al mismo tiempo que se aumentan la calidad de la llama y la distribución del flujo térmico en el horno. Las superficies con efecto Coanda y la forma en que las superficies se sitúan en el interior y en el exterior del azulejo del quemador permiten que los gases de la combustión se impartan a diversas zonas de mezcla y combustión en relación de asociación con el quemador sin diluir los gases combustibles en el estrato de límite inferior hasta un punto en que llegue a ser incombustible o dé lugar a una llama inestable. Las superficies con efecto Coanda permiten también que se controle con precisión la forma de la llama sin necesidad de disponer de otras estructuras como elementos de retención de llama, conos, alas, placas de impacto, etc. Estas y otras ventajas de la invención se describen con detalle más adelante.

La invención se define en las reivindicaciones, e incluye un aparato de quemador de gas y un azulejo de quemador.

El quemador de gas incluye una cámara de distribución, un azulejo de quemador, unos medios de inyección de gas combustible primario y unos medios de inyección de gas combustible secundario. La cámara de distribución incluye un alojamiento para su fijación al horno. El alojamiento incluye un extremo superior fijado al horno, cuyo extremo superior tiene una salida de aire instalada en el mismo, un extremo inferior opuesto al extremo superior, y una pared lateral que une entre sí el extremo superior y el extremo inferior. Al menos uno de entre la pared lateral y el extremo inferior tienen una entrada de aire practicada en los mismos.

El azulejo de quemador tiene una abertura central practicada en el mismo para recibir aire de la salida de aire del alojamiento. Dicho azulejo de quemador incluye un fondo fijado al extremo superior del alojamiento sobre la salida de aire, un extremo superior opuesto al extremo de fondo, cuyo extremo superior incluye una salida de descarga, y una pared que une el extremo de fondo al extremo superior y que circunda la abertura central. La pared se extiende al interior del horno y tiene una superficie interior y una superficie exterior, incluyendo la superficie exterior de la pared una superficie externa con efecto Coanda que se abomba hacia fuera de la superficie exterior.

Los medios de inyección de gas combustible primario están unidos a una fuente de gas combustible y en relación de asociación de forma operable con el aparato de quemador para inyectar gas combustible primario en la abertura central del azulejo de quemador. Los medios de inyección de gas combustible secundario están unidos también a una fuente de gas combustible y en relación de asociación de forma operable con el aparato de quemador para inyectar gas combustible secundario escalonado desde el exterior del azulejo de quemador hasta un punto adyacente a la salida de descarga del azulejo de quemador. Los medios de inyección de gas combustible secundario incluyen un tubo elevador exterior de gas conectado a la fuente de gas combustible y que tiene un inyector de descarga de gas conectado a la misma para inyectar gas combustible escalonado secundario en o junto a la superficie con efecto Coanda.

En otro aspecto, la presente invención incluye azulejos de quemador para uso en relación de asociación con una cámara de distribución de quemador con el fin de formar un aparato de quemador de gas para descargar una mezcla de gas combustible y aire en el interior de un horno en donde la mezcla se quema en presencia de los gases de la combustión al mismo tiempo que produce un bajo porcentaje de óxidos nitrosos y monóxido de carbono. Los azulejos de quemador de la invención son los azulejos de quemador descritos anteriormente en relación de asociación con el aparato de quemador de gas de la invención. Los azulejos de quemador de la invención se pueden usar en aplicaciones de reequipamiento.

En un aspecto de la invención, un método comprende las etapas de:

(a) proveer una superficie con efecto Coanda que se abomba hacia fuera de la superficie exterior de la pared del aparato de quemador;

5 (b) inyectar gas combustible primario en la zona de mezcla de una manera que cause que el gas combustible se mezcle con aire en la zona de mezcla;

(c) descargar la mezcla de aire y gas combustible de la zona de mezcla; y

(d) quemar la mezcla de aire y gas combustible descargada de la zona de mezcla en una zona de reacción primaria del horno;

10 (e) inyectar una corriente de gas combustible escalonado secundario sobre o junto a la superficie externa con efecto de Coanda de una manera que arrastre a los gases de la combustión al interior de la corriente para crear una mezcla de gases de la combustión y gas combustible secundario y cause que la mezcla de gases de la combustión y gas combustible secundario se queme en una zona de reacción secundaria del horno.

15 La superficie interior de la pared del aparato de quemador incluye también preferiblemente una superficie interna con efecto Coanda. El gas combustible inyectado en la zona de mezcla se inyecta sobre o junto a la superficie interna con efecto Coanda de una manera que arrastre a los gases de la combustión situados fuera de la zona de mezcla al interior de la zona de mezcla y cause que los gases de la combustión se mezclen con el aire y el gas combustible en la zona de mezcla.

20 Los objetos, características y ventajas de la presente invención resultarán fácilmente aparentes a los expertos en la técnica tras una lectura de la descripción de las realizaciones preferidas que sigue, tomada en conjunción con los dibujos adjuntos.

La Figura 1 es una vista en corte del aparato de quemador de gas de la presente invención fijado a la solera de un horno.

La Figura 2 es una vista en perspectiva del azulejo de quemador del aparato de quemador de gas de la presente invención.

25 La Figura 3 es una vista en corte del azulejo de quemador del aparato de quemador de gas de la presente invención.

La Figura 3 A es una vista en corte similar a la Figura 3 que ilustra además un estrangulamiento de circulación de gas que se puede incorporar al azulejo de quemador de la invención.

30 La Figura 4 es una vista detallada a escala ampliada de una parte del azulejo de quemador ilustrado por la Figura 3 que muestra el flujo de gas en relación de asociación con el azulejo de quemador.

La Figura 5 es una vista en corte por la línea 5-5 de la Figura 2.

La Figura 6 es una vista en corte por la línea 6-6 de la Figura 2.

La Figura 7 es otra vista detallada de una parte del azulejo de quemador mostrado por la Figura 3, que ilustra una parte de la unidad de pre-mezcla.

35 La Figura 8 es una vista en corte similar a la Figura 1, pero ilustrando el uso de un mezclador Venturi central en lugar de la pistola de gas mostrada por la Figura 1.

La Figura 9 es una vista en corte similar a las Figuras 1 y 8, pero ilustrando el uso de una pluralidad de tubos elevadores internos de gas en la unidad de pre mezcla. La Figura 9 ilustra también el uso de un piloto convencional en relación de asociación con el aparato de quemador de gas de la invención.

40 La Figura 10 es una vista en corte del azulejo de quemador ilustrado por la Figura 3, pero ilustrando una configuración diferente de tubo elevador de gas exterior.

La Figura 11 es una vista en corte que ilustra una realización alternativa del azulejo de quemador de la invención.

La Figura 11 A es una vista en corte por la línea 11 A-11 A de la Figura 12 e ilustrando una variante de las secciones de pared planas (inclinadas) del azulejo de quemador de la Figura 11.

45 La Figura 11B es una vista en corte por la línea 11B-11B de la Figura 12 e ilustrando otra variante de las secciones de pared planas (recta/vertical) del azulejo de quemador de la Figura 11.

La Figura 12 es una vista en corte por la línea 12-12 de la Figura 11.

La Figura 13 es una vista en corte que ilustra todavía otra realización del azulejo de quemador de la invención.

La Figura 14 es una vista detallada a escala ampliada de una parte del azulejo de quemador mostrado en la Figura 13.

La Figura 15 es una vista en corte por la línea 15-15 de la Figura 13.

5 La Figura 16 es una vista en corte que ilustra todavía otra realización del azulejo de quemador de la invención.

La Figura 17 es una vista detallada a escala ampliada de una parte del azulejo de quemador de la Figura 16.

La Figura 18 es una vista en corte por la línea 18-18 de la Figura 16.

La Figura 19 es una vista en corte por la línea 19-19 de la Figura 16.

La Figura 20 es una vista en corte que ilustra todavía otra realización del azulejo de quemador de la invención.

10 La Figura 21 es una vista en corte por la línea 21-21 de la Figura 20.

La Figura 22 es una vista en corte parcial que ilustra la punta para gas de la invención tal como se ha configurado para uso como un piloto.

La Figura 23 es una vista detallada a escala ampliada de una parte de la punta para gas ilustrada por la Figura 22.

15 Refiriéndose ahora a los dibujos, y en particular a la Figura 1, el aparato de quemador de gas de la presente invención se ha ilustrado y designado en general con el número 10. Como muestra la Figura 1, el aparato 10 de quemador está fijado con cierre hermético a una pared 12 de horno (preferiblemente la pared del fondo o solera) de un espacio 14 de horno de un horno 16 (no se ha mostrado la totalidad del horno) sobre una abertura 18 practicada en la pared. Aunque los aparatos de quemador de gas se montan comúnmente en dirección vertical y se encienden hacia arriba como se muestra en la Figura 1, se entenderá que el aparato 10 de quemador de gas se puede montar también de otras maneras. Por ejemplo, el aparato 10 de quemador de gas se puede montar horizontalmente y encenderse horizontal o verticalmente, o se puede montar verticalmente y encenderse hacia abajo (encendido descendente). Preferiblemente, el aparato 10 de quemador de gas se monta verticalmente a la solera del espacio 14 de horno y se enciende hacia arriba como se muestra en los dibujos.

20 El aparato 10 de quemador de gas descarga una mezcla de gas combustible y aire al espacio 14 de horno del horno 16, en donde la mezcla se quema en presencia de los gases de la combustión al mismo tiempo que produce un porcentaje pequeño de óxidos nitrosos y monóxido de carbono. El aparato 10 de quemador de gas comprende una cámara de distribución 20 que incluye un alojamiento 22 para la fijación al horno. El alojamiento incluye un extremo superior 24, un extremo inferior 26 opuesto al extremo superior, y una pared lateral 28 que une entre sí al extremo superior y al extremo inferior. El extremo superior 24 del alojamiento 22 tiene una salida 30 de aire dispuesta en el mismo. Como muestra la Figura 1, el extremo superior 24 del alojamiento 22 está fijado a la pared 12 de horno de tal manera que la salida 30 de aire esté situada por debajo de la abertura 18 de la pared del horno. Como mínimo uno de entre la pared lateral 28 y el extremo inferior 26 del alojamiento 22 tiene una entrada 32 de aire instalada en ellos. Preferiblemente, como muestra la Figura 1, la entrada 32 de aire está instalada en la pared lateral 28 del alojamiento 22.

30 Según se ha ilustrado por la Figura 1, el alojamiento 22 está fijado a la pared de fondo o solera 12 del horno 16 por medio de una brida 34 y una pluralidad de pernos 36 que se extienden a través de una aberturas complementarias 38 practicadas en la brida y en la pared de fondo del horno. La pared 12 de horno incluye un estrato interno de material aislante 40 fijado a la misma. A la entrada de aire está fijado un registro o regulador 42 de caudal de aire para regular el caudal de aire que atraviesa la entrada 32 de aire. El regulador 42 incluye una pluralidad de aletas ajustables 44 que se pueden rotar desde la posición vertical hasta la posición horizontal para abrir y cerrar el regulador. Un silenciador 46 para reducir tanto el ruido del chorro como el de la combustión está fijado también a la entrada 32 de aire. Como entenderán los expertos en la técnica, el aparato 10 de quemador de gas puede ser un quemador de tiro natural (es decir, el aire requerido para la combustión es aspirado de forma natural al alojamiento 22), un quemador de tiro forzado (por ejemplo, se usa un ventilador de impulsión para soplar el aire de combustión al alojamiento), un quemador de tiro equilibrado (por ejemplo, se usan ventiladores de impulsión tanto para soplar aire hacia dentro como para soplar aire hacia fuera del quemador para conseguir un balance apropiado del aire de combustión) o variantes de los mismos. Se pueden quemar por el aparato de quemador 10 una variedad de tipos diferentes de gas combustible, incluyendo gas natural, hidrógeno, propano, etano u otros combustibles típicos de refinería.

40 El aparato 10 de quemador de gas comprende además un azulejo 50 de quemador que tiene una abertura central 52 en el mismo para recibir aire desde la salida 30 de aire del alojamiento 22. El azulejo 50 de quemador incluye un extremo de fondo 54, un extremo superior 56 opuesto al extremo de fondo, y una pared 58 que une el extremo de fondo al extremo superior y que circunda la abertura central 52. El extremo de fondo 54 del azulejo 50 de quemador está fijado al extremo superior 24 del alojamiento 22 sobre la salida 30 de aire del alojamiento. El extremo superior

56 del azulejo 50 de quemador incluye en el mismo una salida 60 de descarga.

Refiriéndose ahora a las Figuras 1 a 6, la pared 58 del azulejo 50 de quemador se extiende al interior del espacio 14 de horno y tiene una parte superior 62, una parte inferior 64, una superficie interior 66 y una superficie exterior 68. La pared 58 incluye una pluralidad de lumbreras 70 de circulación de gas que se extienden a través de la pared. La superficie interior 66 de la pared 58 incluye una pluralidad de superficies internas 80 con efecto Coanda situadas junto a- o por encima de - (se ha mostrado por encima) las lumbreras 70 de circulación de gas, cada una de cuyas superficies interna con efecto Coanda se abomba al interior de la abertura central 52 del azulejo 50 de quemador. Cada superficie interna 80 con efecto Coanda y cada lumbrera 70 de circulación de gas están situadas en una sección rebajada 82 de la superficie interior 80 de la pared 58. Cada sección rebajada 82 incluye unas paredes laterales opuestas 84 y 86 que se extienden desde la superficie interior 80 de la pared 58 al interior de la abertura central 52. Como se muestra mejor por la Figura 4B, las paredes laterales 84 y 86 se extienden más al interior de la abertura central de lo que se extiende la superficie interna 80 con efecto Coanda que está situada en la sección rebajada correspondiente 82. Dicho de otro modo, las superficies internas 80 con efecto Coanda están insertadas en la superficie interior 66 de la pared 58. Las superficies internas 80 con efecto Coanda se insertan preferiblemente en la superficie interior 66 de la pared 58 por una distancia comprendida en el intervalo desde 0,635 cm (0,25 pulgadas) hasta aproximadamente 1,905 cm (0,75 pulgadas). Según se describe más adelante, el espacio comprendido entre las superficies internas 80 con efecto Coanda y la superficie interior 66 de la parte restante de la pared 58 impide que el gas combustible o los gases de la combustión sean barridos y eliminados de las superficies internas con efecto Coanda por el flujo de gas combustible o de aire a través de la abertura central 52 del azulejo 50 de quemador.

Con el fin de conseguir un efecto Coanda significativo, las superficies de las superficies internas 80 con efecto Coanda deberían ser sustancialmente lisas y tener un radio o un arco uniforme sustancialmente verdadero. Asimismo, es importante que cada superficie interna con efecto Coanda tenga bastante curvatura para atraer a la corriente de gas en cuestión. Si la superficie con efecto Coanda no tiene bastante curvatura o área de superficie, la superficie podría no tener un área suficiente para iniciar el efecto Coanda debido a la cantidad de movimiento del gas (es decir, la corriente de gas no se podría aspirar a la superficie). Con el fin de asegurar un efecto Coanda suficiente, la relación entre el diámetro de la lumbrera de descarga de combustible que inyecta gas combustible en y a través de la lumbrera 70 de circulación de gas sobre o junto a la superficie interna 80 con efecto Coanda (o el diámetro medio de lumbrera si se usan múltiples lumbreras de descarga de combustible ("diámetro primario de lumbrera") y el radio de la superficie interna con efecto Coanda ("radio interno Coanda") necesita ser como mínimo 7:1. Por ejemplo, la relación entre el diámetro de la lumbrera (o el diámetro medio si están implicadas múltiples lumbreras) del inyector 166 de descarga de gas combustible primario y el radio interno Coanda necesita ser como mínimo 7:1. Preferiblemente, la relación entre el diámetro primario de lumbrera y el radio interno Coanda es como mínimo 10: 1, con la máxima preferencia al menos 12:1. Así, por ejemplo, con un diámetro primario de lumbrera de 0,16 cm (0, 0625 pulgadas) y un radio interno Coanda de 1,9 cm (0,75 pulgadas), la relación entre el diámetro primario de lumbrera y el radio interno Coanda es 12:1.

Suponiendo que la superficie con efecto Coanda tenga suficiente curvatura o área de superficie, la corriente o chorro de gas se alinea para que sea tangente con la curvatura de la superficie con efecto Coanda para iniciar un efecto Coanda apropiado, incluso cuando se trate de lumbreras pequeñas de gas. Esto puede variar significativamente con grandes superficie con efecto Coanda usadas en llamas, por ejemplo, cuando se utilicen caudales máscos mayores en conjunción con un escenario de inyección ranurado.

Aparte de los parámetros anteriores, en particular el tamaño y la forma de las superficies internas 80 con efecto Coanda pueden variar dependiendo del tamaño y forma de las lumbreras de circulación de gas, del tamaño y la forma del azulejo de quemador, y de otros factores relacionados con la aplicación particular. La orientación de las superficies internas 80 con efecto Coanda (por ejemplo, vertical, horizontal, etc.) sobre la superficie interior 66 puede variar también dependiendo de los factores anteriores.

Las superficies internas 80 con efecto Coanda son un componente muy importante del quemador 10 de gas de la invención. Estas superficies permiten que se arrastre una gran cantidad de gases de la combustión sin diluir demasiado el gas combustible ni impedir la combustión ni causar inestabilidad de la llama. Esto se debe, al menos en parte, a que el estrato límite interior permanece rico en combustible. La corriente de gas combustible primario y de aire inyectados a través de las lumbreras 70 de circulación de gas experimenta un esfuerzo de tracción y se mantiene contra las superficies 80 con efecto Coanda. La corriente de gas combustible se rompe y se expande en una película que contiene un área de superficie mucho más amplia. El centro del núcleo de gas queda al descubierto. Como resultado, la distancia y el tiempo necesarios para mezclar los gases de la combustión con el gas combustible ( y cualesquiera otros fluidos implicados en la aplicación particular, por ejemplo, aire o vapor) se disminuyen sustancialmente. Se pueden mezclar con el chorro de gas combustible significativamente más gases de la combustión y aire (y otros fluidos si se desea). Como resultado, se crea una llama más estable, se reduce el porcentaje de óxidos nitrosos en los gases de combustión generados por el quemador, y la llama se puede conformar más fácilmente.

Como se muestra en las Figuras 3A y 4A, en una configuración el azulejo 50 de quemador incluye además unos medios de estrangulamiento de circulación 87 situados en las lumbreras 70 de circulación de gas para inhibir el flujo

de aire desde dentro de la abertura central 52 del azulejo 50 de quemador a través de las lumbreras de circulación de gas al exterior del azulejo. Los medios de estrangulamiento de circulación 87 incluyen una protección 88 para cada lumbrera 70 de circulación de gas. Las protecciones 88 están fijadas a la pared 58 del azulejo 50 de quemador y se extienden hacia arriba hasta la correspondiente lumbrera 70 de circulación de gas. Como se muestra, las protecciones pueden ser una parte integrante del azulejo refractario del quemador. Los medios de estrangulamiento de circulación 87 se usan en aplicaciones en las que es necesario reducir el flujo de fluidos desde el interior del azulejo a través de las lumbreras 70 de circulación de gas hasta el exterior del azulejo. Se podría producir un flujo de fluido hacia fuera, por ejemplo, cuando una corriente de chorro de difusión no se inyecte a través de las lumbreras 70 de circulación de gas. La eliminación del flujo de salida de aire a través de las lumbreras 70 ayuda en la reducción de emisiones y añade posibilidades de conformación de llama al diseño (cuando no se inyecten chorros de difusión a través de las lumbreras 70 para mantener un cierre hermético a los fluidos entre los dos regímenes de flujo de fluido). Los medios de estrangulamiento de circulación 87 impiden que el aire cortocircuite al azulejo y que con ello aumenten las emisiones de óxidos nitrosos, y mantiene a la llama separada de la superficie exterior de la pared del azulejo de quemador. Los medios de estrangulamiento de circulación 87 detienen también cualquier interacción prematura entre el gas pre-mezclado y el gas de difusión en la abertura central 52. En algunos casos, sin la protección 88 en su sitio, la cantidad de movimiento del chorro primario de difusión tirará de la llama pre-mezclada al interior de la lumbrera 70 de circulación donde luego porte aire prematuramente a la base del chorro de difusión.

Todo el azulejo 50 de quemador, incluyendo la protección 88 (cuando se utilice la protección) está hecho de un material refractario resistente al calor y a la llama, es decir, un material que tiene la capacidad de conservar su forma física y su identidad química aunque esté sometido a altas temperaturas. Ejemplos de materiales refractarios que pueden usarse incluyen carburo de silicio, mezclas de alúmina y materiales de fibra cerámicos.

Refiriéndose ahora a las Figura 4, 4 A y 4B, se han ilustrado con detalle las lumbreras 70 de circulación de gas. Cada lumbrera 70 de circulación de gas incluye una repisa 90, una superficie superior 92 (que es una parte de la superficie interna 80 con efecto Coanda) y un par de paredes laterales opuestas 94 y 96 que interconectan juntas la repisa 90 y la superficie superior 92. Cuando el azulejo de quemador no incluye los medios de estrangulamiento de circulación

87, como se muestra en la Figura 4, las repisas 90 son o bien planas, es decir, sustancialmente coplanarias con las superficies superiores 92 de las lumbreras 70, o bien inclinadas hacia abajo desde la superficie interior 66 hacia la superficie exterior 68 de la pared 58. Preferiblemente, las repisas 90 se inclinan hacia abajo desde la superficie interior 66 hacia la superficie exterior 68 con un ángulo en el intervalo comprendido entre 15° y 60°. Por ejemplo, cuando los tubos elevadores exteriores de gas (descritos más adelante) no se extienden sustancialmente a través de la pared 12 del horno, las repisas 90 están inclinadas hacia abajo con un ángulo mayor. En las configuraciones en las que los tubos elevadores exteriores de gas se extienden sustancialmente por encima de la pared de fondo 12 del horno, las repisas 90 se inclinan hacia abajo con un ángulo desde aproximadamente 10° hasta alrededor de 60°. Preferiblemente, las repisas 90 están inclinadas hacia abajo desde la superficie interior 66 hacia la superficie exterior 68 de la pared 58 con un ángulo en el intervalo desde 15° a 25°. Cuando el azulejo 50 de quemador incluye los medios de estrangulamiento de circulación 87, como se ha mostrado en la Figura 4 A, las repisas 90 están inclinadas hacia abajo desde la superficie interior 66 hacia la superficie exterior 68 de la pared 58 con un ángulo un poco más riguroso debido a la presencia de la protección 88 en la lumbrera 70 de circulación de gas. La inclinación hacia abajo de las repisas sirve para impedir que el aire situado dentro de la abertura central 52 salga radialmente de la abertura central 52 a través de las lumbreras 70. El hecho de que se usen o no se usen los medios de estrangulamiento de circulación 87 y el ángulo en que se incline la repisa 90 depende de la aplicación particular.

La superficie interior 66 de la parte superior 62 de la pared 58 incluye además un cuerpo farol primario 100 que tiene una superficie plana 102 que mira hacia arriba, que está mirando a la salida 60 de descarga del azulejo de quemador. El cuerpo farol primario 100 se extiende por completo alrededor de la superficie interior 66 de la pared 58. Cada una de las superficies internas 80 con efecto Coanda incluye un extremo inferior 104, un extremo superior 106 y una parte de protuberancia 66 que une juntos al extremo inferior con el extremo superior. Los extremos inferiores 104 de las superficies internas 80 con efecto Coanda se extienden sobre la parte más alta de las lumbreras 70 de circulación de gas. Los extremos superiores 106 de las superficies internas 80 con efecto Coanda terminan en la superficie plana 102 del cuerpo farol primario 100. El extremo superior 56 del azulejo 50 de quemador incluye un cuerpo farol secundario 110 que tiene una superficie plana 112 que mira hacia arriba que está mirando hacia arriba, es decir, que está mirando al espacio 14 de horno. El cuerpo farol secundario 110 se extiende completamente alrededor de la superficie interior 66 de la pared 58. El cuerpo farol primario 100 crea una zona de baja presión y proporciona una zona de mezcla en la parte superior de la abertura central 52. El cuerpo farol secundario 110 sirve para estabilizar el gas en la salida 60 de descarga del azulejo 50. El combustible escalonado tiene la capacidad para enriquecer al combustible estabilizado en el extremo superior 56 del azulejo 50 en el caso de que llegue a hacerse demasiado pobre o difuso.

La superficie exterior 68 de la pared 58 del azulejo 50 de quemador incluye una pluralidad de secciones 116 de lumbrera (que incluyen una lumbrera 70 de circulación de gas) y una pluralidad de secciones 118 sin lumbrera (que no incluyen una lumbrera 70 de circulación de gas). La parte superior 62 de la superficie exterior 68 de la pared 58 del azulejo 50 de quemador incluye también una superficie externa 130 con efecto Coanda que sobresale hacia

fuera desde la superficie exterior 68.

En una realización, como muestran las Figuras 1 a 10, la superficie externa 130 con efecto Coanda se extiende completamente alrededor de la superficie exterior 68 de la pared 58. Este escenario permite que todo el combustible escalonado se conforme mediante una superficie con efecto Coanda.

5 En otra realización, como muestran las Figuras 11 y 12, la parte superior 62 de la superficie exterior 68 de la pared 58 del azulejo 50 de quemador incluye una pluralidad de superficies externas 130 con efecto Coanda, cada una sobresaliendo hacia fuera de la superficie exterior 68. En la realización mostrada por las Figuras 11 y 12, las superficies externas 130 con efecto Coanda están separadas por unas superficies externas planas 132. Como muestran las Figuras 11A y 11B, las superficies externas planas 132 pueden ser, o bien inclinadas hacia la abertura central 52 del azulejo de quemador (Figura 1 A) o bien derechas o verticales (sustancialmente paralelas al eje longitudinal del azulejo de quemador). (11B). Si son inclinadas, las superficies externas planas 132 tienen una pendiente hacia dentro formando un ángulo en el intervalo desde 5° a 25°. El uso de superficies alternadas externas y planas con efecto Coanda (inclinadas o derechas) proporciona más control con respecto a la forma de la llama. El combustible escalonado se puede conformar más agresivamente para mantener una llama estrecha. Esto es especialmente importante cuando se tengan que superar los efectos de la pared 58. Una parte del gas combustible se puede inyectar con ángulos agresivos para aumentar más la conformación de la llama, o para permitir una derivación más agresiva del combustible escalonado.

10 En todavía otra realización, como muestran las Figuras 13 a 15, la parte superior 62 de la superficie exterior 68 de la pared 58 del azulejo 50 de quemador incluye una superficie plana externa 134 que se extiende completamente alrededor de la superficie exterior 68 de la pared 58. La superficie plana externa 134 se inclina hacia dentro formando un ángulo desde 5° a 25°. También puede ser sustancialmente derecha o vertical (no inclinada hacia dentro). Esta realización permite que las perforaciones escalonadas sean más agresivas para hacer posible que se obtengan capacidades significativas dentro de la conformación de la llama.

15 Por tanto, las diversas configuraciones de la parte superior 62 de la superficie exterior 68 del azulejo 50 de quemador permiten que se controlen con precisión el tamaño y la forma de la llama dependiendo de la aplicación. También se obtienen ventajas adicionales.

20 Para conseguir un efecto Coanda significativo, las superficies externas 130 con efecto Coanda deben ser sustancialmente lisas y tener un radio sustancialmente verdadero o un arco uniforme. Asimismo, es importante que cada superficie externa con efecto Coanda tenga bastante curvatura para atraer lo suficiente a la corriente de gas en cuestión. Si la superficie con efecto Coanda no tiene curvatura o área de superficie suficientes, la superficie podría no tener suficiente área para iniciar el efecto Coanda debido a la cantidad de movimiento del gas (es decir, la corriente de gas no se podría aspirar a la superficie). Para asegurar un efecto Coanda suficiente, la relación entre el diámetro de la lumbrera de descarga de combustible que inyecta gas combustible en o junto a la superficie externa 130 con efecto Coanda de que se trate (o el diámetro medio de lumbrera si se usan múltiples lumbreras de descarga de combustible) ("diámetro secundario de lumbrera"), y el radio de la superficie externa con efecto Coanda "Radio externo Coanda") necesita ser como mínimo 7:1. Por ejemplo, la relación entre el diámetro de lumbrera (o el diámetro medio si se usan múltiples lumbreras) del inyector 166 de descarga de gas combustible secundario necesita ser como mínimo 7:1. Preferiblemente, la relación entre el diámetro secundario de lumbrera y el radio externo Coanda es como mínimo 10:1, con máxima preferencia al menos 12:1.

25 Aparte de los parámetros anteriores, en particular el tamaño y la forma de las superficies externas 130 con efecto Coanda pueden variar dependiendo del tamaño y forma de las lumbreras de circulación de gas, del tamaño y la forma del azulejo de quemador, y de otros factores relacionados con la aplicación particular. La orientación de las superficies externas 130 con efecto Coanda (por ejemplo, vertical, horizontal, etc.) sobre la superficie exterior 68 puede variar también dependiendo de los factores anteriores.

30 Las superficies externas 130 con efecto Coanda son también un componente muy importante del aparato 10 de quemador de gas de la invención. Las superficies 130 sirven para arrastrar más gases de la combustión a la corriente de gas combustible escalonado y aumentan mucho el proceso de mezcla. Cuando se combinan con las superficies planas externas 132 más convencionales o superficies 134, las superficies externas con efecto Coanda permiten mucha más precisión y flexibilidad en conseguir el tipo y grado de combustión escalonada necesarios para la aplicación particular. Las superficies externas 132 con efecto Coanda aumentan la dilución del chorro de gas combustible al mismo tiempo que mantienen una llama estable. Si se desea, se pueden usar las superficies externas 132 con efecto Coanda en unión del azulejo 50 de quemador de la invención cuando el azulejo no tenga lumbreras 70 de circulación de gas en el mismo.

35 En todavía otra realización, como muestran las Figuras 16 a 19, el azulejo 50 de quemador comprende además un labio 140 que se extiende transversalmente desde la superficie interior 66 de la pared 58 a la abertura central 52 del azulejo de quemador. El labio 140 está fijado a la pared 58 adyacente al extremo superior 58 del azulejo 50 de quemador y se extiende alrededor de la superficie interior 66 de la pared. El labio 140 incluye un extremo inferior 142, un extremo superior 144 y un cuerpo 146 que une juntos al extremo inferior y al extremo superior. El cuerpo 150 incluye una pluralidad de salientes 150 que se extienden al interior de dicha abertura central 52 del azulejo de quemador.

quemador. Los salientes 150 incluyen diversas formas de sección transversal (por ejemplo, elíptica, cuadrada, y triangular) y están separados por unas acanaladuras 152. Como se ve mejor en la Figura 19, el extremo inferior 142 es curvo, lo cual facilita el flujo de los fluidos por debajo del labio 140. La totalidad del labio 140 sirve para girar 90° el flujo de fluido. El fluido se llega a diluir mucho con el aire; la velocidad de la llama llega a ser baja. Los salientes 150 y las acanaladuras 152 causan que el gas se estabilice y ayude a mantener la llama en el caso de que se necesite la estabilización debido a un exceso de dilución de combustible. Los salientes radiales 150 sirven como un cuerpo farol para coger la mezcla pobre y estabilizarla en la punta de la superficie del azulejo. Esta geometría puede funcionar también con la pistola de gas central 170 o el mezclador Venturi central 176 para proporcionar a la llama un mecanismo incrementado de enfriamiento rápido.

10 Dependiendo de la aplicación, el aparato 10 de quemador de gas puede incluir las superficies internas con efecto Coanda 80 y las superficies externas con efecto Coanda 130. Preferiblemente, el aparato 10 de quemador de gas incluye ambas superficies internas con efecto Coanda 80 y superficies externas con efecto Coanda 130.

El aparato 10 de quemador de gas comprende además unos medios 160 de inyección de gas combustible primario y unos medios 162 de inyección de gas combustible secundario. Los medios 160 de inyección de gas combustible primario están conectados a una fuente de gas combustible (que no se ha mostrado) y en relación de asociación operativa con el aparato 10 de quemador para inyectar gas combustible primario en la abertura central 52 del azulejo 50 de quemador. Los medios 162 de inyección de gas combustible secundario están conectados a una fuente de gas combustible (que no se ha mostrado) y en relación de asociación operativa con el aparato 10 de quemador para inyectar gas combustible secundario desde el exterior de la abertura central 52 y azulejo 50 de quemador a un punto adyacente a la salida 60 de descarga del azulejo de quemador. Tal como se usa en la presente memoria y en las reivindicaciones que se adjuntan como apéndice, el término "gas combustible primario" significa simplemente gas combustible inyectado en la abertura central 52 del azulejo de quemador (es decir, cualquier gas inyectado en la zona de combustión formada por los confines del azulejo 50 de quemador). El término "gas combustible secundario" significa simplemente el gas combustible inyectado en la parte exterior o sobre la pared 58 del azulejo 50 de quemador.

Los medios de inyección de gas combustible primario pueden incluir una variedad de componentes que se pueden usar por separado o juntos, dependiendo de la aplicación particular.

Como un primer componente, los medios 160 de inyección de gas combustible primario incluyen una pluralidad de elevadores exteriores 164 de gas conectados a una fuente de gas combustible. Cada tubo elevador exterior 164 de gas tiene una boquilla exterior de descarga (difusión) 166 de gas combustible primario (incluyendo en la misma una o más lumbreras de gas) conectada al mismo que está situada en el exterior de dicha pared 58 del citado azulejo de quemador para inyectar gas combustible primario a través de una lumbrera 70 de circulación de gas sobre o junto a las superficies internas con efecto Coanda 80. El gas combustible primario se inyecta con preferencia directamente sobre las superficies internas con efecto Coanda 80. Tal como se usa en la presente memoria y en las reivindicaciones que se adjuntan como apéndice, una "boquilla", por ejemplo una "boquilla de descarga de gas combustible", es cualquier clase de extremidad o punta para gas (típicamente conectada a un elevador de gas) que incluya una o más aberturas de descarga de gas (por ejemplo, lumbreras o ranuras) en la misma para descargar o inyectar una corriente o un chorro de gas desde la boquilla. Tal como se usa en la presente memoria y en las reivindicaciones que se adjuntan como apéndice, la inyección de un fluido (en este caso gas combustible) "sobre o junto a una superficie" significa la inyección del fluido directamente sobre la superficie o en una proximidad muy cercana a la superficie para que la superficie tenga un efecto (por ejemplo, un efecto Coanda) sobre la misma. Por ejemplo, es suficiente si la corriente o el chorro de gas combustible se inyectan en una proximidad muy cercana a la curvatura de la superficie con efecto Coanda para que se inicie el efecto Coanda por la presión de la corriente o chorro en conjunción con el área de superficie de la superficie curva. En aplicaciones en las que la temperatura en relación de asociación con el aparato 10 de quemador es muy elevada (por ejemplo, 1093 ° C (2000 °F) y superiores) los tubos elevadores exteriores 164 de gas no se extienden sustancialmente por encima de la pared 12 del horno, con el fin de prevenir daños a la misma. En otras aplicaciones, tanto los tubos elevadores 164 como las boquillas 166 se extienden a través y por encima de la pared 12.

Como otro componente, los medios de inyección 160 de gas combustible primario pueden incluir también uno o más tubos elevadores interiores 167 de gas, estando conectado cada tubo elevador interior de gas a una fuente de gas combustible y situado dentro del alojamiento 22 de quemador. Cada tubo elevador interior de gas tiene una boquilla interior 168 de descarga de gas combustible primario (que incluye en la misma una o más lumbreras de gas) conectada al mismo para inyectar gas combustible primario escalonado directamente a la abertura central 52 del azulejo de quemador. En la Figura 9 se muestra el uso de una pluralidad de tubos elevadores interiores 167 de gas y de boquillas interiores 168 de descarga de gas combustible primario para inyectar gas combustible directamente en la abertura central 52 del azulejo 50 de quemador. Como se muestra en la Figura, se pueden situar uno o más tubos elevadores 167 y sus boquillas correspondientes 168 en cada lumbrera 70 de circulación de gas para inyectar una fracción del gas combustible primario directamente en o junto a una superficie interna 80 con efecto Coanda, para ayudar a estabilizar la llama.

60 Como muestran las Figuras 1, 3 y 3A, se pueden usar un tubo elevador interior 167 de gas y la correspondiente boquilla interior 168 de descarga de gas combustible para formar una pistola central 170 de gas. Un tubo elevador

interior 167 de gas está conectado a una fuente de gas combustible y se extiende al centro de la abertura central 52 del azulejo 50 de quemador. Una boquilla interior 168 de descarga de gas combustible en la forma de una punta de nariz de toro (incluyendo una pluralidad de lumbreras de gas en la misma) está conectada al tubo elevador interior 167 de gas. Un cono 172 de dispersión de gas está fijado al tubo elevador central y se extiende alrededor de la punta 168 de nariz de toro para dispersar el gas descargado por la punta. La pistola central 170 de gas se puede usar para inyectar un chorro libre de gas combustible primario directamente en el azulejo 50 de quemador. La cantidad de movimiento del chorro libre de gas combustible primario, junto con la cantidad de movimiento del aire, ejercen un esfuerzo de tracción sobre los gases de la combustión al interior de la abertura central 52 del azulejo 50 de quemador que ayuda a reducir las emisiones nocivas.

Como muestra la Figura 8, se pueden usar también un tubo elevador interior 167 de gas y la correspondiente boquilla interior 168 de descarga de gas combustible para formar un mezclador Venturi central 176. Un tubo elevador interior 167 de gas está conectado a una fuente de gas combustible y situado dentro del alojamiento 22 de quemador. Una boquilla interior 168 de descarga de gas combustible en la forma de un adaptador roscado para gas (incluyendo en la misma una o más lumbreras de gas) está conectada al tubo elevador interior 167 de gas. Un alojamiento Venturi 178 está conectado en relación de asociación operativa con el tubo elevador 167 y la boquilla 168. El alojamiento Venturi 178 está fijado al tubo elevador interior 167 de gas y situado por encima del adaptador roscado 168 para recibir el gas combustible descargado del adaptador roscado. El alojamiento Venturi 178 incluye una entrada 180, una salida 182 y un cuerpo Venturi 184 que tiene en el mismo una parte estrecha 186. El cuerpo Venturi 184 crea una zona de baja presión que arrastra aire al interior del alojamiento 178. En el alojamiento 178 se forma una mezcla de gas combustible y aire. Se puede usar el mezclador Venturi central para inyectar una corriente de pre-mezcla de gas combustible primario y aire directamente en el azulejo 50 de quemador. Con ello se crea una zona de pre-mezcla pobre o incluso ultra-pobre para reducir la longitud de la llama y disminuir más las emisiones de óxidos nitrosos. Si se desea, se pueden utilizar múltiples mezcladores Venturi 176.

Como muestran las Figuras 1, 3, 3A, 7 y 8, los medios de inyección 160 de gas combustible primario pueden incluir también una unidad 190 de pre-mezcla que se extiende en la abertura central 52 del azulejo 50 de quemador. Como se muestra mejor en la Figura 7, la unidad 190 de pre-mezcla incluye una membrana 192 de pre-mezcla que se extiende alrededor y está un poco insertada (para una estabilidad óptima) en la superficie interior 66 de la pared 58 del azulejo 50 de quemador por debajo de las lumbreras 70 de circulación de gas practicadas en la pared. Una pluralidad de lumbreras 194 de gas de pre-mezcla están instaladas en la parte superior de la membrana 192. Un par de mezcladores Venturi 196 alimentan corrientes de pre-mezcla de gas combustible y aire en la membrana 192. Cada mezclador Venturi 196 incluye un tubo elevador interior 198 de gas conectado a una fuente de gas combustible y que tiene una boquilla interior 200 de descarga de gas combustible primario en la forma de un adaptador roscado para gas (que incluye en la misma una o más lumbreras de gas) conectadas al mismo. Un alojamiento Venturi 202 está en relación de asociación operativa con el tubo elevador 198 y la boquilla 200. El alojamiento Venturi 202 está fijado al tubo elevador 198 y posicionado para recibir gas combustible descargado de la boquilla 200. El alojamiento Venturi 202 incluye una entrada 204, una salida 206 y un cuerpo Venturi 208, preferiblemente que tiene una parte estrecha 210 en el mismo. En algunas aplicaciones, no es necesaria la parte estrecha. El cuerpo Venturi 208 crea una zona de baja presión que arrastra aire al alojamiento 202. En el alojamiento 202 se forma una mezcla de gas combustible y aire y se conduce a la membrana 192 de pre-mezcla. Se puede usar la unidad 190 de pre-mezcla para inyectar una corriente de pre-mezcla de gas combustible primario escalonado y aire alrededor del perímetro de la superficie interior 66 de la pared 58 del azulejo 50 de quemador.

La unidad 190 de pre-mezcla puede servir como la pre-mezcla primaria total o pre-mezcla parcial con el resto constituido por gas combustible primario de difusión. La pre-mezcla puede ser con liberación fija de calor o con liberación modulada de calor como el resto del quemador. La unidad 190 de pre-mezcla descarga el combustible simétricamente alrededor del perímetro interior de la pared 58 de al azulejo 50 para aumentar la reducción y la estabilidad. También ayuda a reducir las emisiones de óxidos nitrosos debido a la descarga homogénea de aire y gas combustible, que reduce la temperatura basal del núcleo que se observaría típicamente con un chorro libre del tipo de difusión. Cuando la unidad 190 de pre-mezcla se utilice en conjunción con una solución de difusión, los chorros de difusión pueden discurrir más diluidos, o separados, porque la llama de difusión entonces se estabilizará por la llama de la pre-mezcla, que es pobre. Como los chorros de difusión tienen una llama estabilizada, se pueden aumentar las lumbreras 70 de circulación de gas en un área de flujo hasta un punto en exceso de seis (6) veces de lo que normalmente se podría conseguir sin impactar negativamente en la estabilidad de la llama (la llama se estabiliza por la llama de pre-mezcla de la unidad de pre-mezcla). La unidad de pre-mezcla se puede mantener en una liberación constante de calor, lo cual permite que esta zona se diseñe de tal manera que el retorno de la llama no constituya un problema en la gama de combustibles. Esto permite no solamente aumentar la reducción debida a la estabilización de la llama, sino que también asegura que se consiga una zona primaria menor al mismo tiempo que se mantiene un dimensionamiento aceptable de las lumbreras. Esto significa que se puede lograr una liberación de calor de zona primaria con un porcentaje tan pequeño como del uno por ciento (1%) del combustible total en la zona primaria. Debido al mayor tamaño de las lumbreras de circulación de gas, se pueden minimizar las emisiones de monóxido de carbono (en adelante CO) durante situaciones de puesta en marcha en frío. Las lumbreras de circulación de gas apreciablemente mayores tiran de los gases de la combustión significativos al interior del quemador donde el CO se vuelve a quemar para reducir las fracciones de CO observadas en la caja del horno.

La unidad 190 de pre-mezcla aporta también una fuente de ignición para las zonas restantes de combustión del

- quemador. Puede adoptar muchas formas y cantidades de lumbreras según lo requiera la aplicación específica. Se puede ajustar por diseño para generar una mezcla de aire y gas combustible que sea tan pobre como sea necesario para reducir más las emisiones de óxidos nitrosos. La unidad 190 de pre-mezcla sirve como la liberación mínima de calor para el quemador, de tal manera que se pueda cumplir un ciclo de descoquizado con poca liberación de calor si es necesario sin afectar a la estabilidad de la llama. Los principales componentes de descarga de gas se pueden desconectar con la excepción de la unidad de pre-mezcla. Entonces, esta operación sirve para descargar una liberación de calor muy pequeña manteniendo la estabilidad. Cuando se vuelve a encender la parte principal del quemador, la unidad de pre-mezcla se puede volver a meter en línea a presiones muy bajas, mucho menores de las que serían típicamente posibles.
- Los medios de inyección 162 de gas combustible secundario incluyen una pluralidad de tubos elevadores exteriores de gas, cada uno conectado a una fuente de gas combustible y teniendo una boquilla de descarga de gas combustible secundario (que incluye en la misma una o más lumbreras) conectada a los mismos. Los medios de inyección de gas combustible secundario sirven para inyectar gas combustible escalonado secundario en o junto a la superficie exterior 68 (por ejemplo, las superficies externas con efecto Coanda 130) de la pared 58 del azulejo 50 de quemador. El gas combustible escalonado secundario se inyecta con preferencia directamente sobre la superficie exterior 68 (por ejemplo, las superficies externas con efecto Coanda 130). Se pueden utilizar diversas configuraciones de tubos elevadores y boquillas. Por ejemplo, como se muestra en las Figuras 1, 4 y 4 A, los tubos elevadores exteriores de gas y las boquillas de descarga de gas combustible secundario de los medios de inyección del gas combustible secundario son también los tubos elevadores exteriores 164 de gas y boquillas 166 de los medios de inyección de gas combustible primario. Las boquillas 166 incluyen tanto las lumbreras primarias que inyectan gas combustible primario en las lumbreras 70 de circulación de gas, como las lumbreras secundarias que inyectan gas combustible secundario en o junto a la superficie exterior 68 (por ejemplo, las superficies externas con efecto Coanda 130) de la pared 58 del azulejo 50 de quemador. En otra configuración, cada tubo elevador exterior 164 de gas incluye boquillas separadas de descarga de gas combustible primario y boquillas de descarga de gas combustible secundario. En todavía otra configuración, como muestra la Figura 10, los medios de inyección de gas combustible primero y los medios de inyección de gas combustible secundario utilizan tubos elevadores exteriores separados de gas. Una pluralidad de tubos elevadores exteriores 164 de gas, cada uno conectado a una fuente de gas combustible y que tiene una boquilla exterior 166 de descarga de gas combustible primario (incluyendo en la misma una o más lumbreras) conectada al mismo, se usan para inyectar gas combustible primario a través de las lumbreras 70 de circulación de gas a la abertura central 52 del azulejo 50 de quemador. Los tubos elevadores separados exteriores 214 de gas, cada uno conectado a una fuente de gas combustible y que tiene una boquilla 216 de descarga de gas combustible secundario incluyendo en la misma una o más lumbreras de gas ) conectada a los mismos, se usan para inyectar gas combustible escalonado secundario en o junto a la superficie exterior 68 (por ejemplo, las superficies externas con efecto Coanda 130) de la pared 58 del azulejo 50 de quemador. La configuración particular de tubo elevador utilizada dependerá de la cantidad de gas escalonado, y de la forma requerida para la llama.
- El alojamiento 22 de quemador y el azulejo 50 de quemador preferiblemente tienen formas de sección transversal circulares o redondas como se ha mostrado en los dibujos. Sin embargo, el alojamiento 22 y el azulejo 50 de quemador pueden tener también otras formas. Por ejemplo, el alojamiento 22 y el azulejo 50 de quemador pueden tener una forma de sección transversal elíptica, cuadrada o rectangular. La forma puede ser simétrica o asimétrica siempre que se empleen correctamente las superficies con efecto Coanda. La forma del alojamiento 22 no necesita ser igual que la forma del azulejo 50 de quemador. Las Figuras 20 y 21 ilustran un azulejo 50 de quemador que tiene una forma de sección transversal rectangular. El azulejo rectangular 50 de quemador se puede usar para generar una llama plana y es útil en las aplicaciones del tipo de encendido en pared, por ejemplo.
- Como muestra la Figura 1, excepto para la unidad 190 de pre-mezcla, los diversos componentes de los medios de inyección 160 de gas combustible primario y de los medios de inyección 162 de gas combustible secundario, están conectados a un colector 217 de gas de quemador que a su vez está conectado a una fuente de gas combustible (por ejemplo, el colector total del horno). El colector 217 de gas de quemador incluye una entrada 218 de colector y una pluralidad de salidas 219 de colector y en relación de asociación unas válvulas 220 de colector. La unidad 190 de pre-mezcla, específicamente sus tubos elevadores 198 de gas, están con preferencia conectados directamente a una fuente separada de gas combustible (por ejemplo, del colector total de gas del horno). Los tubos elevadores 198 están interconectados típicamente por un conducto 220 que se conecta a la fuente separada de gas combustible. El conducto 220 tiene una válvula 222 instalada en el mismo para controlar el caudal de gas combustible que pasa por el conducto. La conexión de la unidad 190 de pre-mezcla a una fuente independiente de combustible permite que la unidad 190 de pre-mezcla se opere a una presión fija al mismo tiempo que sirve como combustible primario del quemador. También permite que el caudal de la mezcla de gas combustible y aire de la unidad de pre-mezcla se aumente hasta un punto tal que no sea necesario inyectar gas combustible primario a través de las lumbreras 70 de circulación de gas si se necesitase dicha configuración. Si se desea, la unidad de pre-mezcla se puede conectar también al colector 218 de gas de quemador simplemente con un conector separado.
- Como muestra la Figura 9, el aparato 10 de quemador de gas puede comprender también unos medios piloto convencionales 223 para encender el gas combustible primario en el azulejo 50 de quemador. Los medios piloto 223 incluyen un tubo elevador interior 226 de gas fijado a una fuente de gas combustible, un mezclador Venturi 228 fijado al tubo elevador interior de gas, y una punta 230 para gas (que incluye en la misma una o más lumbreras)

fijada al mezclador Venturi. La punta 230 para gas se extiende al interior de la abertura central 52 del azulejo 50 de quemador. Una protección 232 está situada alrededor de la punta para gas para estabilizar la llama piloto asegurando la estequiometría apropiada mediante la adición de más aire y de protección adicional a la llama. Como se muestra mediante las flechas en la Figura 9, el aire se aspira a través de las lumbreras en la protección 232. La llama se descarga fuera de la parte superior de la protección.

Como se ha indicado anteriormente, la configuración particular del aparato 10 de quemador de gas, incluyendo la configuración del azulejo 50 de quemador y las configuraciones de los medios de inyección 160 y 162 de gas combustible primario y secundario, pueden variar dependiendo de la aplicación. En la mayoría de los casos, se utilizarán ambas superficies internas con efecto Coanda 80 y superficies externas con efecto Coanda 130. Independientemente de la configuración utilizada, la intención es mezclar una gran cantidad de gases de la combustión con el gas combustible y el aire sin impactar negativamente en la estabilidad de la llama. Las superficies con efecto Coanda permiten aplicar una herramienta nueva al arrastre y la mezcla de gases de la combustión, a la conformación de la llama y a la descarga de gas. El aumento de la mezcla provisto por las superficies con efecto Coanda resulta en un flujo térmico mejorado, un aumento de la calidad de la llama y un aumento de la descarga de calor al fondo del horno (flujo). La zona de combustión secundaria y el combustible escalonado sirven para reducir las emisiones de óxidos nitrosos, y permiten que se conforme la llama. Ahora se puede aplicar un diámetro estrecho de gas haciendo uso de curvaturas de superficie apropiadas para entregar la forma de llama requerida o necesaria. El mecanismo estabilizador de las superficies con efecto Coanda permite que el quemador se encienda satisfactoriamente en caudales mucho menores de combustible. Este diseño permite también que las puntas primarias de difusión se ubiquen en un lugar un poco más profundo del horno para mayores longitudes de arrastre. Los diseños anteriores no permitían una longitud mayor de arrastre sin que se produjesen inestabilidades. El uso de las superficies con efecto Coanda permite que el estrato límite interior siga siendo suficientemente rico para permanecer combustible. La adición del anillo de pre-mezcla pobre o colector de distribución permite que las zonas primarias de difusión estabilicen más la llama mediante una llama homogénea con un bajo porcentaje de NOx. La llama de pre-mezcla permite que la reducción del quemador se impulse más allá de los diseños típicos sin que se produzca inestabilidad. También permite que el quemador sea muy estable cuando se ha observado que otros quemadores se han vuelto inestables. La combinación de las geometrías anteriores permite que el diseñador del quemador diseñe un quemador de intervalo medio de porcentaje de NOx, de bajo porcentaje de NOx, o de muy bajo porcentaje de NOx dentro de la misma configuración básica de quemador. La estabilidad del quemador es sustancialmente superior a la de los quemadores típicos de procesos de tiro natural o de tiro forzado, permitiendo que las superficies con efecto Coanda añadan más gases de la combustión a la zona primaria de la llama. La reducción para el quemador puede estar ahora en exceso de 10 a 1, dependiendo del combustible y de los parámetros operativos del quemador.

El tamaño total del aparato de quemador de gas, incluyendo en general el tamaño del azulejo 50 de quemador, puede variar también dependiendo de cómo se use el aparato. Asimismo, según se ha indicado antes, la forma, tamaño, longitud, altura y orientación de las superficies internas y externas con efecto Coanda se pueden ajustar según se necesite siempre que se mantengan ciertos otros parámetros (por ejemplo, una curvatura suficiente) para lograr un efecto Coanda suficiente.

En algunas aplicaciones, se puede realizar una modificación retroactiva en el azulejo 50 de quemador para adaptarlo a las cámaras actuales de distribución de quemador. Por ejemplo, el azulejo 50 de quemador se puede retroequipar a un aparato de quemador de gas de un diseño de gas escalonado. Al azulejo 50 de quemador se le pueden añadir puntas y tubos elevadores nuevos para hacer uso del concepto del efecto Coanda para emisiones disminuidas y estabilidad de la llama. Se pueden reducir los óxidos nitrosos en un horno caliente al mismo tiempo que se disminuye el monóxido de carbono en una caja fría o durante la puesta en marcha.

Como muestran las Figuras 22 y 23, la presente invención incluye también una punta para gas con efecto Coanda. Esta punta se puede usar, por ejemplo, como una boquilla 168 de descarga de gas combustible primario en conexión con la pistola central 170 de gas (como la punta de nariz de toro) o el mezclador Venturi central 176. Se puede usar también como una boquilla de descarga de gas combustible primario o secundario, o como la punta piloto 230 para gas. La Figura 22 ilustra el uso de la punta para gas con efecto Coanda como una punta piloto para gas.

La punta para gas con efecto Coanda de la invención, designada en general en las Figuras 22 y 23 con el número de referencia 240, incluye un cilindro 242 para gas para su conexión a una fuente de gas combustible (o a un tubo elevador de gas, por ejemplo), un deflector 244 de gas fijado al cilindro de gas, y una salida 246 de gas combustible instalada entre el cilindro para gas y el deflector de gas. El deflector 244 de gas está fijado al cilindro 242 por un conjunto 248 de conexión interna roscada (se pueden usar también otras conexiones mecánicas o soldadas). El deflector 244 de gas tiene una superficie exterior que incluye una superficie con efecto Coanda posicionada con respecto a la salida 246 de gas combustible de tal manera que el gas combustible descargado de la salida de gas combustible siga el camino de la superficie con efecto Coanda. El deflector 244 de gas de la punta para gas con efecto Coanda 240 tiene preferiblemente una forma de tulipán que imparte una superficie anular con efecto Coanda 250 al deflector.

Con el fin de conseguir un efecto Coanda significativo, la superficie de la superficie con efecto Coanda 250 debería

5 ser sustancialmente lisa y tener un radio o un arco uniforme sustancialmente verdaderos. Asimismo, es importante que la superficie con efecto Coanda 250 tenga bastante curvatura para atraer suficientemente a la corriente de gas en cuestión. Si la superficie con efecto Coanda no tiene una curvatura o un área de superficie suficientes, la superficie podría no tener suficiente área para iniciar el efecto Coanda debido a la cantidad de movimiento del gas (es decir, la corriente de gas no podría aspirarse a la superficie). Con el fin de asegurar un efecto Coanda suficiente, la relación entre el diámetro de las lumbreras de la salida 246 de gas combustible (si se usan lumbreras), o la anchura de las ranuras de la salida 246 de gas combustible (si se usan ranuras) (o del diámetro medio de lumbrera o la anchura de ranura si se usan múltiples lumbreras o ranuras) (el "diámetro de la abertura de descarga de punta") y el radio de la superficie con efecto Coanda 250 ("radio de punta Coanda") necesita ser al menos 10:1, con máxima preferencia al menos 12:1. Suponiendo que la superficie con efecto Coanda 250 tiene una curvatura o un área de superficie suficientes, la corriente o chorro de gas se alinea para ser tangente con la curvatura de la superficie con efecto Coanda para iniciar un efecto Coanda apropiado, aún cuando se trate con lumbreras de gas de pequeño tamaño.

15 En una realización, la salida 246 de gas combustible comprende una ranura anular 252 que descarga el gas combustible formando un ángulo apropiado (por ejemplo, de 0° a 45°) con el cilindro 242, dependiendo de la aplicación particular. La salida 246 de gas combustible puede comprender también una pluralidad de pequeñas lumbreras circulares (que no se han mostrado) en lugar de la ranura 252 o además de ella. Como muestra la Figura 22, en las aplicaciones piloto y en otras aplicaciones en las que la estabilidad de la llama es importante o se requiere una mezcla aumentada, se puede fijar una protección 254 al cilindro 242 para circundar el deflector 244 y la salida 246. La protección 254 incluye en la misma una o más entradas 260 de aire.

20 La superficie anular con efecto Coanda 250 de la punta 240 para gas con efecto Coanda está posicionada con respecto a la salida 246 de gas combustible de tal manera que el gas combustible descargado de la salida de gas combustible siga el camino de la superficie con efecto Coanda. La superficie con efecto Coanda dispersa el gas combustible en una película delgada que permite que se arrastre más aire o más gases de la combustión, o ambos, a la corriente de gas combustible, y crear una mezcla de tres fluidos rápidamente mezclada con un estrato límite interior rico en combustible para conseguir estabilidad. Esta solución permite que la llama a granel se aproxime a la incombustibilidad manteniendo una llama estable. La cantidad de gases de la combustión que se puede arrastrar a la corriente de gas combustible se puede aumentar apreciablemente sin comprometer la estabilidad. El tamaño máximo de la punta 240 para gas con efecto Coanda incluyendo la longitud y el diámetro del cilindro 242 y el tamaño del deflector puede variar dependiendo del tamaño del quemador total y de la manera en que se use la punta. Por ejemplo, cuando la punta se usa como la punta de nariz de toro 168 de la pistola central 170 de gas, es relativamente grande comparada con su tamaño cuando se use como la punta piloto 230. Un tamaño pequeño de la punta se usa típicamente cuando se trate con liberaciones de calor desde aproximadamente  $0,015 \times 10^6$  hasta alrededor de  $0,439 \times 10^6$  julios /seg. (aproximadamente 0,05 hasta alrededor de 1,5 MMBtu/H). Se puede usar una escala mayor para descargar una cantidad significativamente mayor de gas combustible, por ejemplo cuando la punta se use como el inyector principal en el centro del azulejo (la punta de la pistola central 170 de gas). En este caso, la punta puede descargar, por ejemplo,  $0,879 \times 10^{12}$  hasta  $2,929 \times 10^{12}$  julios/seg. (3 a 10 millones de MMBtu) o más si lo requiere la aplicación particular. No son necesarios el cono y otros componentes superfluos usados típicamente.

40 Refiriéndose ahora a la Figura 1, a continuación se describe el funcionamiento del aparato 10 de quemador de gas de la invención. El aparato 10 se enciende inicialmente mediante un piloto interno o se enciende a mano con una antorcha externa. Una vez que se ha encendido la unidad primaria 190 de pre-mezcla y está funcionando, se abren las diversas válvulas 220 de colector para suministrar gas combustible a los restantes componentes del quemador. Se introduce aire al alojamiento 22 de quemador a través de la entrada 32 de aire del mismo.

45 El registro o regulador 42 de aire regula el caudal del aire que entra al alojamiento 22. El aire se conduce a través del alojamiento 22 y se descarga por la salida 30 de aire del mismo a la abertura central 52 del azulejo 50 de quemador.

50 Se introduce una mezcla de gas combustible primario y aire en la abertura central 52 del azulejo 50 de quemador mediante la unidad 190 de pre-mezcla. La mezcla de gas combustible y aire se descarga través de las lumbreras 194 de gas de pre-mezcla alrededor de la superficie interior 66 de la pared 58 del azulejo 50 de quemador. El gas combustible primario se inyecta también en la abertura central 52 del azulejo 50 de quemador por la pistola central 170 de gas. El flujo de gas combustible y de aire de combustión se ha representado con unas flechas en los dibujos. Simultáneamente, el gas combustible primario se conduce a través de los tubos elevadores exteriores 164 de gas y se descarga por las boquillas 166 de descarga de gas combustible primario en y a través de las lumbreras 70 de circulación de gas. La inyección de gas combustible desde las boquillas 166 de descarga de gas combustible primario a las lumbreras 70 de circulación de gas arrastra gases de la combustión del horno a la abertura central 52 del azulejo 50 de quemador. El gas combustible primario y los gases de la combustión transportados a través de las lumbreras 70 encuentran a las superficies internas con efecto Coanda 80 y siguen el camino de ellas hasta el extremo superior 56 del azulejo de quemador. Según se ha indicado anteriormente, las superficies internas con efecto Coanda 80 causan que el gas combustible y los gases de la combustión se mezclen juntos rápidamente y mantengan a la mezcla muy cerca de la superficie interior 66 de la pared 58 del azulejo 50 de quemador, lo cual permite que se arrastre una gran cantidad de gases de la combustión a la abertura central para controlar la

temperatura de la llama y de ese modo controlar la emisión de óxidos nitrosos y monóxido de carbono sin diluir demasiado el gas combustible en la abertura central 52 (por ejemplo, hasta el punto de incombustibilidad). La mezcla de gas combustible primario, aire y gases de la combustión se enciende mediante la unidad 190 de premezcla (u otros medios piloto) en la abertura central 52, se descarga por la salida 60 de descarga y se quema en una zona de reacción primaria 270. La zona de reacción primaria 270 está dentro de la abertura central 52 del azulejo 50 de quemador y fuera del azulejo de quemador adyacente a la salida 60 de descarga de la misma.

El gas combustible escalonado secundario se conduce simultáneamente a través de los tubos elevadores exteriores 164 y se descarga por las boquillas 168 de descarga de gas combustible secundario (que pueden ser también las boquillas de descarga de gas combustible primario) sobre o junto a las superficies externas continuas con efecto Coanda 130. El gas combustible secundario escalonado sigue el camino de las superficies externas con efecto Coanda 130 hasta el extremo superior 56 del azulejo de quemador, donde se enciende por la llama en la zona de combustión primaria 170 y se quema en una zona de combustión secundaria 280 alrededor y sobre la parte superior de la zona de combustión primaria. El flujo de gas combustible y de los gases de la combustión con respecto a las superficies internas y externas con efecto Coanda 80 y 130 se ha mostrado mejor en las Figuras 4 y 4 A. La Figura 4 A ilustra el flujo de gas cuando se utilicen los medios de estrangulamiento de circulación 87 para reducir el flujo de salida de los fluidos a través de las lumbreras 70 de circulación de gas

Como muestra la Figura 8, el mezclador Venturi central 176 se puede sustituir por la pistola central 170 de gas para servir como un mecanismo de enfriamiento rápido para disminuir las emisiones de óxidos nitrosos y también para crear una llama más corta. Como se muestra en la Figura 9, se pueden usar una pluralidad de tubos elevadores interiores 167 de gas y las correspondientes boquillas 168 de descarga de gas combustible en lugar de – o conjuntamente con – la unidad 190 de pre-mezcla. Los medios de estrangulamiento de circulación se necesitan típicamente cuando los tubos elevadores interiores 167 de gas y las boquillas 168 se colocan junto a las lumbreras 70 de circulación de gas y no se inyecta gas combustible de difusión a través de las lumbreras. Como se muestra en las Figuras 11 a 16, se pueden utilizar diversas configuraciones de la pared 58 y superficie exterior 68 (por ejemplo, una pluralidad de superficies externas con efecto Coanda 130 separadas por unas superficies planas externas inclinadas 132 o por un superficie plana externa continua 132) para conseguir una llama de menor diámetro y ayudar a controlar la llama. Como se muestra en las Figuras 16 a 19, el labio 140 se puede incluir en el azulejo 50 de quemador para ofrecer una mezcla adicional así como una estabilización de cuerpo farol. Por último, se pueden utilizar formas diferentes del aparato 10 de quemador de gas para adaptarse a la aplicación particular

El gas combustible se quema en el espacio 14 de horno a un caudal que resulte en la liberación de calor prevista. El caudal de aire se introduce en el alojamiento 22 por medio de la entrada 32 de aire y del registro o regulador 42 de aire de tal manera que resulte la mezcla estequiométrica prevista de gas combustible y aire en el espacio 14 de horno. Es decir, se introduce un caudal de aire en el espacio 14 de aire con respecto al caudal total de gas combustible introducido en el mismo que resulta en una relación entre combustible y aire mayor que el caudal estequiométrico. Preferiblemente, el caudal de aire está en el intervalo desde aproximadamente un 10% hasta alrededor del 25% mayor que el caudal estequiométrico. Los gases de la combustión formados por la combustión del gas combustible en el espacio 14 de horno tienen un porcentaje muy bajo de óxidos nitrosos. La parte de gas combustible que se usa como gas combustible primario está generalmente en el intervalo desde aproximadamente el 5% hasta alrededor del 25% en volumen del gas combustible total descargado por el aparato 10 de quemador en el espacio 14 de horno. Es decir, el caudal de gas combustible primario descargado en el espacio del horno es desde aproximadamente un 5% hasta alrededor de un 25% del caudal de gas combustible total descargado al aparato 10 de quemador, y el caudal de gas combustible secundario escalonado descargado es desde aproximadamente un 95% hasta alrededor de un 75% del caudal total de gas combustible. El gas combustible primario se mezcla con los gases de la combustión en una cantidad que está en el intervalo desde aproximadamente 1 volumen hasta alrededor de 30 volúmenes de gases de la combustión por volumen del gas combustible primario dependiendo de la presión disponible, de la longitud del arrastre, y del tamaño de las lumbreras 70 de circulación de gas. El gas escalonado se puede derivar hasta casi cualquier porcentaje entre las lumbreras primarias y las lumbreras escalonadas de tubo elevador escalonado para optimizar el flujo térmico. La liberación de calor del quemador en cuestión gobernará la mayoría de las escisiones utilizadas entre tubos elevadores diferentes.

En una realización preferida, se utilizan tanto las superficies internas con efecto Coanda 80 como las superficies externas con efecto Coanda 130. Los medios de inyección de gas combustible primario incluyen los tubos elevadores exteriores 164 de gas y la unidad 190 de pre-mezcla. Es decir, el gas combustible primario se inyecta en el azulejo 50 de quemador a través de las lumbreras 70 de circulación de gas y por encima de la unidad 190 de pre-mezcla. En otra realización preferida, se utilizan tanto las superficies internas con efecto Coanda 80 como las superficies externas con efecto Coanda 130. Sin embargo, los medios de inyección de combustible primario podrían consistir solamente en la unidad 190 de pre-mezcla. Es decir, la única fuente de gas combustible primario sería la unidad 190 de pre-mezcla. La descarga del gas combustible y del aire desde la unidad 190 de pre-mezcla y el flujo de aire a través de la abertura central 52 arrastrarían todavía gases de la combustión a las lumbreras 70 de circulación de gas a la abertura central. Incluso aunque no se inyectase gas combustible primario a través de las lumbreras de circulación de gas. Los gases de la combustión arrastrados por el flujo de aire a través del quemador circularán todavía a través de las lumbreras de recirculación en el azulejo, después de lo cual una gran parte de los gases de la combustión se adherirá a la superficie con efecto Coanda ubicada en el interior.

La invención provee también un método de quemar una mezcla de aire y gas combustible en presencia de gases de la combustión en un horno para generar calor en el horno. El método incluye las etapas siguientes:

5 En primer lugar, se instala el aparato de quemador de gas de la invención a través de una pared del espacio de horno (preferiblemente, la pared del fondo o solera del espacio de horno). Según se ha descrito anteriormente, una pluralidad de lumbreras 70 de circulación de gas se extienden a través de la pared 58 del azulejo 50 de quemador. La superficie interior 66 de la pared 58 incluye una pluralidad de superficies internas con efecto Coanda 80, cada una de cuyas superficies internas con efecto Coanda está situada junto a la lumbrera 70 de circulación de gas. Dependiendo de la aplicación, el aparato 10 de quemador de gas puede incluir también uno o más de los otros componentes anteriormente descritos.

10 Se inyecta aire en la abertura central 52 del azulejo 50 de quemador. Se inyecta gas combustible primario a través de las lumbreras 70 de circulación de gas sobre o junto a las superficies internas con efecto Coanda para arrastrar a los gases de la combustión desde el exterior de la pared 58 (por ejemplo, desde el espacio de horno) a la abertura central 52 del azulejo 50 de quemador y formar una mezcla homogénea de aire, gas combustible y gases de la combustión en la abertura central. La mezcla de aire, gas combustible y gases de la combustión se descarga desde la salida 60 de descarga del extremo superior 56 del azulejo 50 de quemador al espacio 14 de horno, y la mezcla de aire y gas combustible se quema en el espacio de horno al mismo tiempo que se diluye intensamente con los gases de la combustión del horno.

En otra realización, el método de quemar una mezcla de aire y gas combustible en presencia de gases de la combustión en un horno para generar calor en el horno comprende las etapas siguientes:

20 Se instala el quemador 10 de gas de la invención a través de una pared del espacio 14 de horno (preferiblemente una pared del fondo o solera del espacio 14 de horno). La superficie exterior 68 de la pared 58 del azulejo 50 de quemador incluye una superficie externa con efecto Coanda 130 que se extiende hacia fuera de la superficie exterior.

25 Se inyectan aire y gas combustible en la abertura central 52 del azulejo 50 de quemador, por lo que se forma una mezcla de aire y gas combustible en la abertura central. La mezcla de aire y gas combustible se descarga luego desde la salida 60 de descarga del azulejo 50 de quemador al espacio 14 de horno, y se quema la mezcla en una zona de reacción primaria 270 del espacio de horno. Se inyecta también gas combustible escalonado en o junto a la superficie externa con efecto Coanda 130 de una manera que arrastre a los gases de la combustión del espacio 14 de horno para crear una mezcla de gas combustible escalonado y gases de la combustión y causar que la mezcla de gas combustible escalonado y gases de la combustión se queme en una zona de reacción secundaria 280 en el espacio de horno.

30 Si se desea, se pueden combinar las etapas de los métodos anteriormente descritos en un solo método.

Para ilustrar más la invención, se provee el siguiente ejemplo.

Ejemplo

35 Se hicieron pruebas del aparato 10 de quemador de gas de la invención para determinar sus prestaciones. Las superficies internas con efecto Coanda 80 y una superficie continua con efecto Coanda se incluyeron sobre la pared 58 del azulejo 50 de quemador. Los medios de inyección de gas combustible primario en la configuración particular de quemador probada incluían los tubos elevadores exteriores 164 y las boquillas 166 de descarga de gas combustible. Las boquillas de descarga de gas combustible incluían tanto las lumbreras para inyectar gas combustible primario a través de las lumbreras 70 de circulación de gas, como las lumbreras para inyectar gas combustible secundario sobre o junto a la superficie externa con efecto Coanda 130. Se utilizó también la unidad 190 de pre-mezcla para reducir las emisiones de óxidos nitrosos. La membrana 192 de pre-mezcla incluía 36 lumbreras 194 de gas de pre-mezcla que tenían un diámetro d 0,266 cm (0,261 pulgadas). Estas lumbreras se espaciaron alrededor de la superficie superior de la membrana 192 de pre-mezcla. Cada lumbrera de 0,266 cm (0,261 pulgadas) tenía una lumbrera de 0,318 cm (0,125 pulgadas) situada entre ellas que estaba también avellanada con una lumbrera de 0,318 cm (0,125 pulgadas) superpuesta sobre ella. Las lumbreras pequeñas tenían por objeto servir como lumbreras de ignición que se utilizasen conjuntamente con las lumbreras grandes. No se utilizaron ni elevadores exteriores 167 de gas, ni pistola central 170 de gas, ni el mezclador central Venturi 176. En general, el aparato 10 de quemador de gas que se probó estaba configurado como el aparato 10 de quemador de gas mostrado en las Figuras 1 a 7, excepto que no se incluyó la pistola central 170 de gas.

45 La unidad de pre-mezcla se encendió manualmente seguida por la ignición del resto del quemador. El regulador 42 se dejó totalmente abierto durante todos los puntos de prueba. La unidad primaria de pre-mezcla se encendió perfectamente creando un conjunto uniforme de llamas azules alrededor del perímetro interno del azulejo de quemador. Luego se encendió la parte principal del quemador con una presión de aproximadamente 0,690 kPa (0,1 psig). Después se aumentó la liberación de calor del quemador hasta aproximadamente 0,246 X 10<sup>6</sup> julios/segundo (0,84 MMBtuh) para empezar a calentar el horno. La llama era rígida y aparecía muy estable. Los niveles de monóxido de carbono y óxidos nitrosos eran muy buenos en todos los puntos de prueba manteniendo emisiones registrables de menos de 26 ppmv (en volumen) (media) desde el apagado hasta la saturación. Se observó que el

## ES 2 377 736 T3

azulejo 50 de quemador estuvo brillando con un color rojo a lo largo de todas las pruebas.

Se generaron los siguientes datos de pruebas

Datos de pruebas

Liberación de calor	0,249 x 106 julios/seg. (0,85 MMBtuh)
Presión de la punta	2,75 kPa (0,4 psig)
Gas combustible	100% TNG*
Tamaño de adaptador roscado	# 52 MTD
Gas de pre-mezcla	
Emisiones de Nox	5,31 ppmv
Emisiones de CO	34,80 ppmv
Porcentaje de O2	18,63%
Calidad de llama	Muy buena
Tipo de mezclador	Piloto estándar de quemador
Punta de pre-mezcla (lumbreras grandes)	0,663 cm (0,261 ")
Punta de pre-mezcla (lumbreras pequeñas)	0,318 cm (0,125")
Temp <sup>a</sup> de solera del horno	168,9 °C (336°F)
Temp <sup>a</sup> del horno	195,6°C (384° F)
*Gas natural Tulsa	

Liberación de calor	0,606 X 106 julios/seg. (2,07 MMBtuh)
Presión de la punta	17,926 kPa (2,6 psig)
Gas combustible	100% TNG*
Tamaño de adaptador roscado	#52 TMD
Gas de pre-mezcla	
Emisiones de Nox	11,2 ppmv
Emisiones de CO	9,04 ppmv
Porcentaje de O2	16,15
Calidad de llama	Muy buena
Tipo de mezclador	Piloto estándar de quemador
Punta de pre-mezcla (lumbreras grandes)	0,663 cm (0,261")
Punta de pre-mezcla (lumbreras pequeñas)	0,318 cm (0,125")
Temp <sup>a</sup> de solera del horno	361,7 °C(683°F)
Temp <sup>a</sup> del horno	380,6° C (717°F)
+ Gas natural Tulsa	

## ES 2 377 736 T3

Liberación de calor	0,879 X 106 julios/seg. (3,0 MMBtuh)
Presión de la punta	37,232 kPa (5,4 psig)
Gas combustible	100% TNG*
Tamaño de adaptador roscado	#52 MTD
Gas de pre-mezcla	
Emisiones de Nox	12,42ppmv
Emisiones de CO	12,33 ppmv
Porcentaje de O2	14,38%
Calidad de llama	Muy buena
Tipo de mezclador	Piloto estándar de quemador
Punta de pre-mezcla (lumbreras grandes)	0,663 cm (0,261 ")
Punta de pre-mezcla (lumbreras pequeñas)	0,318 cm (0,125")
Temp <sup>a</sup> de solera del horno	459,4°C (859°F)
Temp <sup>a</sup> del horno	478,3°C (893°F)
+ Gas natural Tulsa	

Liberación de calor	1,172 X106 julios/seg. (4,00 MMBtuh)
Presión de la punta	64,811 kPa (9,4 psig)
Gas combustible	100% TNG*
Tamaño de adaptador roscado	#52 MTD
Gas de pre-mezcla	
Emisiones de Nox	10,19 ppmv
Emisiones de CO	26,62 ppmv
Porcentaje de O2	12,56%
Calidad de llama	Muy buena
Tipo de mezclador	Piloto estándar de quemador
Punta de pre-mezcla (lumbreras grandes)	0,663 cm (0,261")
Punta de pre-mezcla (lumbreras pequeñas)	0,318 cm (0,125")
Temp <sup>a</sup> de solera del horno	546,1°C (1015°F)
Temp <sup>a</sup> del horno	557,8°C (1036°F)
+ Gas natural Tulsa	

Liberación de calor	1,456 X 106 julios/seg. (4,97 MMBtuh)
Presión de la punta	105.490 kPa (15,3 psig)
Gas combustible	85% TNG* y 15% H2

## ES 2 377 736 T3

Tamaño de adaptador roscado	352 MTD
Gas de pre-mezcla	
Emisiones de Nox	9,95 ppmv
Emisiones de CO	10,99 ppmv
Porcentaje de O2	10,22%
Calidad de llama	Muy buena
Tipo de mezclador	Piloto estándar de quemador
Punta de pre-mezcla (lumbreras grandes)	0,663 cm (0,261")
Punta de pre-mezcla (lumbreras pequeñas)	0,318 cm (0,125")
Temp <sup>a</sup> de solera del horno	614°C (1138°F)
Temp <sup>a</sup> del horno	627°C (1161°F)
*Gas natural Tulsa	

Liberación de calor	1,760 X 106 julios/seg. (6,01 MMBtuh)
Presión de la punta	144.100 kPa (20,9 psig)
Gas combustible	85% TNG* /15% H2
Tamaño de adaptador roscado	#52 MTD
Gas de pre-mezcla	
Emisiones de Nox	10,74 ppmv
Emisiones de CO	9,30 ppmv
Porcentaje de O2	8,12%
Calidad de llama	Muy buena
Tipo de mezclador	Piloto estándar de quemador
Punta de pre-mezcla (lumbreras grandes)	0,663 cm (0,261")
Punta de pre-mezcla (lumbreras pequeñas)	0,318 cm (0,125")
Temp <sup>a</sup> de solera del horno	614,4°C (1216°F)
Temp <sup>a</sup> del horno	680°C (1256°F)
*Gas natural Tulsa	

Liberación de calor	1,904 X 106 julios/seg.(6,50 MMBtuh)
Presión de la punta	162.716 kPa (23,6 psig)
Gas combustible	85% TNG* /15% H2
Tamaño de adaptador roscado	#52 MTD
Gas de pre-mezcla	
Emisiones de Nox	12,99 ppmv

## ES 2 377 736 T3

Emisiones de CO	1,10 ppmv
Porcentaje de O2	7,01%
Calidad de llama	Muy buena
Tipo de mezclador	Piloto estándar de quemador
Punta de pre-mezcla (lumbreras grandes)	0,663 cm (0,261")
Punta de pre-mezcla (lumbreras pequeñas)	0,318 cm (0,125")
Temp <sup>a</sup> de solera del horno	672,2 °C (1241°F)
Temp <sup>a</sup> del horno	716,7°C (1322°F)
*Gas natural Tulsa	

Liberación de calor	2,062 X 106 julios/seg. (7,04 MMBtuh)
Presión de la punta	184.090 kPa (26,7 psig)
Gas combustible	85% TNG* /15% H2
Tamaño de adaptador roscado	#52 MTD
Gas de pre-mezcla	
Emisiones de Nox	13,66 ppmv
Emisiones de CO	0,00 ppmv
Porcentaje de O2	5,63%
Calidad de llama	Muy buena
Tipo de mezclador	Piloto estándar de quemador
Punta de pre-mezcla (lumbreras grandes)	0,663 cm (0,261")
Punta de pre-mezcla (lumbreras pequeñas)	0,318 cm (0,125")
Temp <sup>a</sup> de solera del horno	688,3°C (1271°F)
Temp <sup>a</sup> del horno	741,7°C (1367°F)
*Gas natural Tulsa	

Liberación de calor	2,132 X 106 Julios/seg. (7,28 MMBtuh)
Presión de la punta	193.743 kPa (28, 1psig)
Gas combustible	85% TNG* /15% h2
Tamaño de adaptador roscado	# 52 MTD
Gas de pre-mezcla	
Emisiones de Nox	13,37 ppmv
Emisiones de CO	0,00 ppmv
Porcentaje de O2	4,68%
Calidad de llama	Muy buena

## ES 2 377 736 T3

Tipo de mezclador	Piloto estándar de quemador
Punta de pre-mezcla (lumbreras grandes)	0,663 cm (0,261")
Punta de pre-mezcla (lumbreras pequeñas)	0,318 cm (0,125")
Temp <sup>a</sup> de solera del horno	695°C (1283°F)
Temp <sup>a</sup> del horno	746,7°C (1376°F)
*Gas natural Tulsa	

Liberación de calor	2,337 X 106 julios/seg. (7,98 MMBtuh)
Presión de la punta	219.943 kPa (31,9 psig)
Gas combustible	85% TNG* /15% H2
Tamaño de adaptador roscado	#52 MTD
Gas de pre-mezcla	
Emisiones de Nox	11,32 ppmv
Emisiones de CO	0,00 ppmv
Porcentaje de O2	2,56%
Calidad de llama	Muy buena
Tipo de mezclador	Piloto estándar de quemador
Punta de pre-mezcla (lumbreras grandes)	0,663 cm (0,261")
Punta de pre-mezcla (lumbreras pequeñas)	0,318 cm (0,125")
Temp <sup>a</sup> de solera del horno	701.1°C (1294°F)
Temp <sup>a</sup> del horno	798,3°C (1469°F)
*Gas natural Tulsa	

Liberación de calor	2,372 X 106 julios/seg. (8,10 MMBtuh)
Presión de la punta	223.390 kPa (32,4 psig)
Gas combustible	85% TNG* /15% H2
Tamaño de adaptador roscado	#52 MTD
Gas de pre-mezcla	
Emisiones de Nox	10, 82 ppmv
Emisiones de CO	0,00 ppmv
Porcentaje de O2	1,93%
Calidad de llama	Muy buena
Tipo de mezclador	Piloto estándar de quemador
Punta de pre-mezcla (lumbreras grandes)	0,663 cm (0,261")
Punta de pre-mezcla (lumbreras pequeñas)	0,318 cm (0,125")

## ES 2 377 736 T3

Temp <sup>a</sup> de solera del horno	696,7°C (1286°F)
Temp <sup>a</sup> del horno	801,7°C (1475°F)
*Gas natural Tulsa	

Liberación de calor	2,440 X 106 julios/seg. (8,33 MMBtuh)
Presión de la punta	234.422 kPa (34,0 psig)
Gas combustible	85% TNG*/15% H2
Tamaño de adaptador roscado	#52 MTD
Gas de pre-mezcla	
Emisiones de Nox	10, 24 ppmv
Emisiones de CO	0,00 ppmv
Porcentaje de O2	2,08%
Calidad de llama	Muy buena
Tipo de mezclador	Piloto estándar de quemador
Punta de pre-mezcla (lumbreras grandes)	0,663 cm (0,261")
Punta de pre-mezcla (lumbreras pequeñas)	0,318 cm (0,125")
Temp <sup>a</sup> de solera del horno	694,4°C (1282°F)
Temp <sup>a</sup> del horno	815°C (1499°F)
*Gas natural Tulsa	

Liberación de calor	2,513 X106 julios/seg. (8,58 MMBtuh)
Presión de la punta	242.006 kPa (35,1 psig)
Gas combustible	85% TNG*/15% H2
Tamaño de adaptador roscado	#52 MTD
Gas de pre-mezcla	
Emisiones de Nox	10,34 ppmv
Emisiones de CO	0,00 ppmv
Porcentaje de O2	0,67%
Calidad de llama	Muy buena
Tipo de mezclador	Piloto estándar de quemador
Punta de pre-mezcla (lumbreras grandes)	0,663 cm (0,261")
Punta de pre-mezcla (lumbreras pequeñas)	0,318 cm (0,125")
Temp <sup>a</sup> de solera del horno	694,4°C (1282°F)
Temp <sup>a</sup> del horno	833,3°C (1532°F)
*Gas natural Tulsa	

## ES 2 377 736 T3

Liberación de calor	2,525 X106 julios/seg. (8,62 MMBtuh)
Presión de la punta	243.385 kPa (35,3 psig)
Gas combustible	85% TNG*/15% H2
Tamaño de adaptador roscado	#52 MTD
Gas de pre-mezcla	
Emisiones de Nox	9,71ppmv
Emisiones de CO	2,44 ppmv
Porcentaje de O2	0,37%
Calidad de llama	Muy buena
Tipo de mezclador	Piloto estándar de quemador
Punta de pre-mezcla (lumberas grandes)	0,663 cm (0,261")
Punta de pre-mezcla (lumberas pequeñas)	0,318 cm (0,125")
Temp <sup>a</sup> de solera del horno	695,6°C (1284°F)
Temp <sup>a</sup> del horno	836,1°C (1537°F)
*Gas natural Tulsa	

Liberación de calor	2,533 X 106 julios/seg. (8,65 MMBtuh)
Presión de la punta	243.385 kPa (35,3 psig)
Gas combustible	85% TNG* /15% H2
Tamaño de adaptador roscado	# 52 MTD
Gas de pre-mezcla	
Emisiones de Nox	9,22 ppmv
Emisiones de CO	131,8 ppmv
Porcentaje de O2	0,15%
Calidad de llama	Buena
Tipo de mezclador	Piloto estándar de quemador
Punta de pre-mezcla (lumberas grandes)	0,663 cm (0,261")
Punta de pre-mezcla (lumberas pequeñas)	0,318 cm (0,125")
Temp <sup>a</sup> de solera del horno	695°C (1283°F)
Temp <sup>a</sup> del horno	816,1°C (1501°F)
*Gas natural Tulsa	

5 Por tanto, el aparato de quemador de gas de la invención funcionó muy bien. La unidad 190 de pre-mezcla trabajó bien. El monóxido de carbono observado durante el apagado, el calentamiento y el funcionamiento estable fue en su mayor parte inexistente. Se observó también que las emisiones de óxidos nitrosos eran muy bajas.

REIVINDICACIONES

- 5 1. Un azulejo (50) de quemador para uso en relación de asociación con una cámara de distribución (20) de quemador para formar un aparato de quemador de gas para descargar una mezcla de gas combustible y aire a un horno (16) en donde la mezcla se quema en presencia de los gases de la combustión al mismo tiempo que se produce un bajo porcentaje de óxidos nitrosos, en el que la cámara de distribución del quemador incluye un alojamiento (22) para su fijación al horno que incluye un extremo superior (24) que tiene una salida (30) de aire instalada en el mismo, cuyo azulejo de quemador tiene una abertura central (52) practicada en el mismo para recibir aire desde la salida de aire del alojamiento de cámara de distribución y que comprende:
- 10 un extremo de fondo (54) para su fijación al extremo superior del alojamiento de cámara de distribución sobre la salida de aire dispuesta en el mismo;
- un extremo superior (56) opuesto a dicho extremo de fondo, cuyo extremo superior incluye una salida de descarga; y
- 15 una pared (58) que une dicho extremo de fondo a dicho extremo superior y que rodea a dicha abertura central, cuya pared es para extenderse en el interior de dicho horno y tiene una superficie interior (66) y una superficie exterior (68), **caracterizado porque** dicha superficie exterior (68) de dicha pared incluye una superficie externa con efecto Coanda (130) que se abomba hacia fuera de dicha superficie exterior (68) para aumentar la mezcla de los gases de la combustión con el gas combustible secundario adyacente a la misma.
2. El azulejo de quemador de la reivindicación 1, en donde dicha pared de dicho azulejo de quemador incluye al menos una lumbrera (70) de circulación de gas que se extiende a través de dicha pared.
- 20 3. El azulejo de quemador de la reivindicación 2, en donde dicha superficie interior de dicha pared incluye una superficie interna con efecto Coanda (80) que se abomba al interior de dicha abertura central de dicho azulejo de quemador.
4. El azulejo de quemador de la reivindicación 3, en donde dicha superficie interna con efecto Coanda (80) está situada sobre dicha superficie interior (66) de dicha pared (58) junto a dicha lumbrera (70) de circulación de gas.
- 25 5. El azulejo de quemador de las reivindicaciones 3 ó 4, en donde dicha superficie interior (66) de dicha pared de dicho azulejo incluye una sección rebajada (82) y dicha lumbrera (70) de circulación de gas y dicha superficie interna con efecto Coanda (80) están situadas en dicha sección rebajada.
6. El azulejo de quemador de la reivindicación 5, en donde dicha sección rebajada (82) incluye unas paredes laterales opuestas (84, 86) que se extienden hacia fuera de dicha superficie interior al interior de dicha abertura central de dicho azulejo, cuyas paredes laterales opuestas se extienden al interior de dicha abertura central más de lo que dicha superficie interna con efecto Coanda (80) se extiende al interior de dicha abertura central.
- 30 7. El azulejo de quemador de la reivindicación 1, en el que dicha pared de dicho azulejo de quemador incluye una pluralidad de lumbreras (70) de circulación de gas que se extienden a través de dicha pared.
8. El azulejo de quemador de las reivindicaciones 1 ó 7, en donde dicha superficie interior (66) de dicha pared incluye una pluralidad de superficies internas con efecto Coanda (80), cada una de cuyas superficies internas con efecto Coanda (80) se abomba al interior de dicha abertura central (52) de dicho azulejo de quemador.
- 35 9. El azulejo de quemador de las reivindicaciones 1, 7 u 8, en donde dicha superficie interior de dicha pared de dicho azulejo de quemador incluye una pluralidad de secciones rebajadas (82), teniendo cada una de dichas secciones rebajadas (82) una lumbrera de circulación de gas y una superficie interna con efecto Coanda posicionadas en la misma.
- 40 10. El azulejo de quemador de la reivindicación 9, en donde cada una de dichas secciones rebajadas (82) incluye unas paredes laterales opuestas que se extienden desde dicha superficie interior a dicha abertura central de dicho azulejo de quemador, cuyas paredes laterales opuestas se extienden al interior de dicha abertura central más de lo que la superficie interna con efecto Coanda que está posicionada en la sección rebajada se extiende al interior de dicha abertura central.
- 45 11. El azulejo de quemador de una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en donde dicha superficie exterior (68) de dicha pared de dicho azulejo de quemador incluye una pluralidad de superficies externas con efecto Coanda (130), cada una de dichas superficies externas con efecto Coanda (130) abombándose hacia fuera de dicha superficie exterior.
- 50 12. El azulejo de quemador de una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 10, en donde dicha superficie externa con efecto Coanda (130) se extiende completamente alrededor de dicha superficie exterior (68) de dicha pared de dicho azulejo de quemador.
13. El azulejo de quemador de una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en donde dicho azulejo (50) de

quemador tiene una forma de sección transversal sustancialmente circular.

- 5 14. El azulejo de quemador de un cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en donde dicho azulejo (50) de quemador comprende además un labio (140) que se extiende transversalmente desde dicha superficie interior de dicha pared al interior de dicha abertura central, cuyo labio está fijado a dicha pared junto a dicho extremo superior de dicho azulejo de quemador y se extiende alrededor de dicha superficie interior de dicha pared de dicho azulejo de quemador.
15. El azulejo de quemador de la reivindicación 14, en donde dicho labio (140) incluye un extremo inferior, un extremo superior y un cuerpo que une juntos a dicho extremo inferior y a dicho extremo superior, cuyo cuerpo incluye una pluralidad de protuberancias que se extienden al interior de dicha abertura central.
- 10 16. Un aparato (10) de quemador de gas para descargar una mezcla de gas combustible y aire al interior de un horno en donde la mezcla se quema en presencia de los gases de la combustión al mismo tiempo que se produce un bajo porcentaje de óxidos nitrosos, cuyo aparato comprende:
- un alojamiento (22) para su fijación a dicho horno, cuyo alojamiento (22) incluye:
- un extremo superior(24) fijado a dicho horno, cuyo extremo superior
- 15 tiene una salida de aire instalada en el mismo;
- un extremo inferior (26) opuesto a dicho extremo superior; y
- una pared lateral (28) que une juntos a dicho extremo superior y dicho extremo inferior, en donde al menos una de dicha pared lateral y de dicho extremo inferior tienen una entrada de aire practicada en los mismos;
- 20 un azulejo (50) de quemador según la reivindicación 1, en donde dicho extremo de fondo (54) está fijado a dicho extremo superior (24) de dicho alojamiento sobre dicha salida de aire;
- unos medios de inyección (160) de gas combustible primario conectados a una fuente de gas combustible y en relación de asociación operativa con dicho aparato de quemador para inyectar gas combustible primario al interior de dicha abertura central de dicho azulejo de quemador; y
- 25 unos medios de inyección (162) de gas combustible secundario conectados a una fuente de gas combustible y en relación de asociación operativa con dicho aparato de quemador para inyectar gas combustible secundario escalonado desde el exterior de dicho azulejo de quemador sobre o junto a dicha superficie externa con efecto Coanda.
- 30 17. El aparato de quemador de gas de la reivindicación 16, en donde dicha superficie exterior (68) de dicha pared de dicho azulejo (50) de quemador incluye una pluralidad de superficies externas con efecto Coanda (130), cada una de cuyas superficies externas con efecto Coanda se abomba hacia fuera de dicha superficie exterior, y dichos medios de inyección de gas combustible secundario incluyen una pluralidad de tubos elevadores exteriores (164) de gas, cada uno de cuyos tubos elevadores exteriores de gas está conectado a dicha fuente de gas combustible y tiene una boquilla de gas combustible secundario conectada a la misma para inyectar gas combustible secundario escalonado sobre o junto a dicha superficie externa con efecto Coanda
- 35 18. El aparato de quemador de gas de la reivindicación 16, en donde dicha superficie externa con efecto Coanda (130) se extiende completamente alrededor de dicha superficie exterior de dicha pared de dicho azulejo de quemador, y dichos medios de inyección de gas combustible secundario incluyen una pluralidad de tubos elevadores exteriores (164) de gas, cada uno de cuyos tubos elevadores está conectado a dicha fuente de gas combustible y tiene una boquilla de gas combustible secundario conectada a la misma para inyectar gas combustible secundario escalonado sobre o junto a dicha superficie externa con efecto Coanda.
- 40 19. El aparato de quemador de gas de la reivindicación 16, en donde dichos medios de inyección (162) de gas combustible secundario incluyen un tubo elevador exterior (164) de gas conectado a dicha fuente de gas combustible y que tiene una boquilla de gas combustible secundario conectada a la misma para inyectar gas combustible secundario escalonado sobre o junto a dicha superficie externa con efecto Coanda.
- 45 20. El aparato de quemador de gas de una cualquiera de las reivindicaciones 16 a 19, en donde dicha pared de dicho azulejo de quemador incluye además como mínimo una lumbrera (70) de circulación de gas que se extiende a través de dicha pared.
- 50 21. El aparato de quemador de gas de la reivindicación 20, en donde dicha superficie interior de dicha pared incluye una superficie interna con efecto Coanda (80) que se abomba al interior de dicha abertura central de dicho azulejo de quemador.
22. El aparato de quemador de gas de la reivindicación 21, en donde dicha superficie interna con efecto Coanda (80) está posicionada sobre dicha superficie interior de dicha pared junto a dicha lumbrera de circulación de gas.

23. El aparato de quemador de gas de las reivindicaciones 21 ó 22, en donde dichos medios de inyección (160) de gas combustible primario incluyen un tubo elevador exterior (164) de gas conectado a dicha fuente de gas combustible, cuyo tubo elevador exterior de gas tiene una boquilla exterior de gas combustible primario conectada a la misma y posicionada en el exterior de dicha pared de dicho azulejo de quemador para inyectar gas combustible primario a través de dicha lumbrera de circulación sobre o junto a dicha superficie interna con efecto Coanda.
24. El aparato de quemador de gas de la reivindicación 23, en donde dichos medios de inyección (162) de gas combustible secundario incluyen dicho tubo elevador exterior (164) de gas de dichos medios de inyección de gas combustible primario y una boquilla de descarga de gas combustible secundario conectada a dicho tubo elevador para inyectar gas combustible secundario escalonado sobre o junto a dicha superficie externa con efecto Coanda.
25. El aparato de quemador de gas de una cualquiera de las reivindicaciones 20 a 24, en donde dicho azulejo (50) de quemador incluye unos medios de estrangulamiento de circulación (87) situados en dicha lumbrera de circulación para inhibir la circulación de fluidos desde dentro de dicha abertura central de dicho azulejo a través de dicha lumbrera de circulación de gas.
26. El aparato de quemador de gas de la reivindicación 25, en donde dichos medios de estrangulamiento de circulación (87) incluyen una protección (88) fijada a dicha pared de dicho azulejo de quemador y que se extiende hacia arriba al interior de dicha lumbrera de circulación de gas.
27. El aparato de quemador de gas de la reivindicación 26, en donde dicha protección (88) está fijada a dicha pared de dicho azulejo de quemador por debajo de dicha lumbrera (70) de circulación de gas.
28. El aparato de quemador de gas de una cualquiera de las reivindicaciones 20 a 27, en donde dicha superficie interior de dicha pared de dicho azulejo de quemador incluye una sección rebajada (82), y dicha lumbrera de circulación de gas y dicha superficie interna con efecto Coanda están situadas en dicha sección rebajada.
29. El aparato de quemador de gas de la reivindicación 28, en donde dicha sección rebajada (82) incluye unas paredes laterales opuestas (84, 86) que se extienden desde dicha superficie interior al interior de dicha abertura central de dicho azulejo de quemador, cuyas paredes laterales opuestas se extienden al interior de dicha abertura central más de lo que dicha superficie interna con efecto Coanda (80) se extiende al interior de dicha abertura central.
30. El aparato de quemador de gas de una cualquiera de las reivindicaciones 16 a 29, en donde dichos medios de inyección (160) de gas combustible primario incluyen una unidad (190) de pre-mezcla que comprende:  
una membrana (192) de pre-mezcla que se extiende alrededor de dicha pared de dicho azulejo de quemador por debajo de dicha lumbrera de circulación practicada en la misma y que tiene una pluralidad de lumbreras de gas de pre-mezcla en la parte superior de la misma; y  
un mezclador Venturi (196) que incluye un tubo elevador interior (198) de gas conectado a dicha fuente de gas combustible y que tiene una boquilla interior de descarga de gas combustible primario conectada a la misma, y un alojamiento Venturi (202) en relación de asociación operativa con dichos tubo elevador interior de gas y boquilla de descarga de gas combustible primario y conectado a dicha membrana de pre-mezcla para alimentar una mezcla de gas combustible primario y aire a dicha membrana de pre-mezcla.
31. El aparato de quemador de gas de una cualquiera de las reivindicaciones 18 a 30, en donde dicha entrada (32) de aire está instalada en dicha pared lateral (28) de dicho alojamiento (22).
32. El aparato de quemador de gas de una cualquiera de las reivindicaciones 16 a 31, en donde dichos medios de inyección (160) de gas combustible primario incluyen un tubo elevador interior (167) de gas conectado a dicha fuente de gas combustible y posicionado dentro de dicho alojamiento, cuyo tubo elevador interior (167) de gas tiene una boquilla interior (168) de descarga de gas combustible primario conectada al mismo para inyectar gas combustible primario en dicha abertura central de dicho azulejo de quemador.
33. El aparato de quemador de gas de una cualquiera de las reivindicaciones 16 a 31, en donde dichos medios de inyección (160) de gas combustible primario incluyen un tubo elevador interior (167) de gas conectado a dicha fuente de gas combustible y posicionado dentro de dicho alojamiento, cuyo tubo elevador interior (167) de gas tiene una boquilla interior (168) de descarga de gas combustible primario conectada al mismo y un alojamiento Venturi (178) en relación de asociación operativa con el mismo para inyectar una mezcla de gas combustible primario y aire en dicha abertura central de dicho azulejo de quemador.
34. El aparato de quemador de gas de una cualquiera de las reivindicaciones 16 a 19, en donde dicha pared de dicho azulejo de quemador incluye una pluralidad de lumbreras (70) de circulación de gas que se extienden a través de dicha pared.
35. El aparato de quemador de gas de la reivindicación 34, en donde dicha superficie interior incluye una pluralidad de superficies internas con efecto Coanda (80), cada una de cuyas superficies internas con efecto Coanda se

abomba al interior de dicha abertura central de dicho azulejo de quemador.

36. El aparato de quemador de gas de la reivindicación 35, en donde dicha superficie interior de dicha pared de dicho azulejo de quemador incluye una pluralidad de secciones rebajadas (82), cada una de cuyas secciones rebajadas tiene una lumbrera de circulación y una superficie interna con efecto Coanda posicionadas en la misma.
- 5 37. El aparato de quemador de gas de la reivindicación 36, en donde cada una de dichas secciones rebajadas (82) incluye una paredes laterales opuestas que se extienden desde dicha superficie interior a dicha abertura central de dicho azulejo de quemador, cuyas paredes laterales opuestas se extienden al interior de dicha abertura central más de lo que se extiende al interior de dicha abertura central la superficie interna con efecto Coanda que está situada en la sección rebajada.
- 10 38. El aparato de quemador de gas de una cualquiera de las reivindicaciones 16 a 37, que comprende además unos medios piloto (223) para encender dicho quemador fijados a una fuente de gas combustible y que se extienden al interior de dicha abertura central de dicho azulejo.
39. El aparato de quemador de gas de la reivindicación 38, en donde dichos medios piloto (223) comprenden un tubo elevador (226) de gas y una punta (230) para gas que tiene una o más lumbreras practicadas en la misma.
- 15 40. El quemador de gas de la reivindicación 39, en donde dicha punta (230) para gas incluye un cilindro (242) de gas conectado a dicho tubo elevador, un deflector (244) de gas fijado a dicho cilindro de gas y una salida (246) de gas combustible dispuesta entre dicho cilindro de gas y dicho deflector de gas, cuyo deflector de gas tiene una superficie exterior que incluye una superficie con efecto Coanda posicionada con respecto a dicha salida de gas combustible de tal manera que el gas combustible descargado desde dicha salida de gas combustible siga el camino de dicha superficie con efecto Coanda.
- 20 41. El aparato de quemador de gas de una cualquiera de las reivindicaciones 16 a 40, en donde dicho azulejo (50) de quemador tiene una sección transversal sustancialmente redonda.
42. El aparato de quemador de gas de una cualquiera de las reivindicaciones 16 a 41, en donde dicho azulejo (50) de quemador comprende además un labio (140) que se extiende transversalmente desde dicha superficie interior de dicha pared a dicha abertura central, cuyo labio está fijado a dicha pared junto a dicho extremo superior de dicho azulejo de quemador y se extiende alrededor de dicha superficie interior de dicha pared de dicho azulejo de quemador.
- 25 43. El aparato de quemador de gas de la reivindicación 42, en donde dicho labio (140) incluye un extremo inferior, un extremo superior y un cuerpo que une juntos a dicho extremo inferior y dicho extremo superior, cuyo cuerpo incluye una pluralidad de salientes que se extienden a dicha abertura central.
- 30 44. El aparato de quemador de gas de una cualquiera de las reivindicaciones 16 a 43, que comprende además una cámara de distribución que incluye dicho alojamiento.
45. Un método de quemar una mezcla de aire, gas combustible y gases de la combustión en un espacio (14) de horno de un horno (16) para generar calor en el espacio de horno, en donde se utiliza un aparato de quemador de gas que incluye una pared que circunda una zona de mezcla para mezclar el aire, el gas combustible y los gases de la combustión antes de la combustión de dicha mezcla, cuyo método comprende:
- 35
- proveer una superficie con efecto Coanda (130) que se abomba hacia fuera de la superficie exterior de la pared del aparato de quemador para aumentar la mezcla de gases de la combustión con gas combustible adyacente a los mismos;
  - 40 inyectar gas combustible primario en la zona de mezcla de una manera que cause que el gas combustible se mezcle con el aire en la zona de mezcla;
  - descargar la mezcla de aire y gas combustible de la zona de mezcla;
  - quemar la mezcla de aire y gas combustible descargada de la zona de mezcla en una zona de reacción primaria del espacio de horno;
  - 45 inyectar una corriente de gas combustible secundario escalonado sobre o junto a la superficie externa con efecto Coanda de una manera que arrastre gases de la combustión al interior de la corriente para crear una mezcla de gas combustible secundario y gases de la combustión y cause que dicha mezcla de gas combustible secundario y gases de la combustión se queme en una zona de reacción secundaria del espacio del horno.
- 50 46. El método de la reivindicación 45, en donde la superficie interior (66) del aparato de quemador incluye una superficie interna con efecto Coanda (80), y el gas combustible inyectado en la zona de mezcla se inyecta sobre o junto a la superficie interna con efecto Coanda de una manera que arrastre a los gases de la combustión del exterior de la zona de mezcla a la zona de mezcla y cause que los gases de la combustión se mezclen con el aire y el gas combustible en la zona de mezcla.

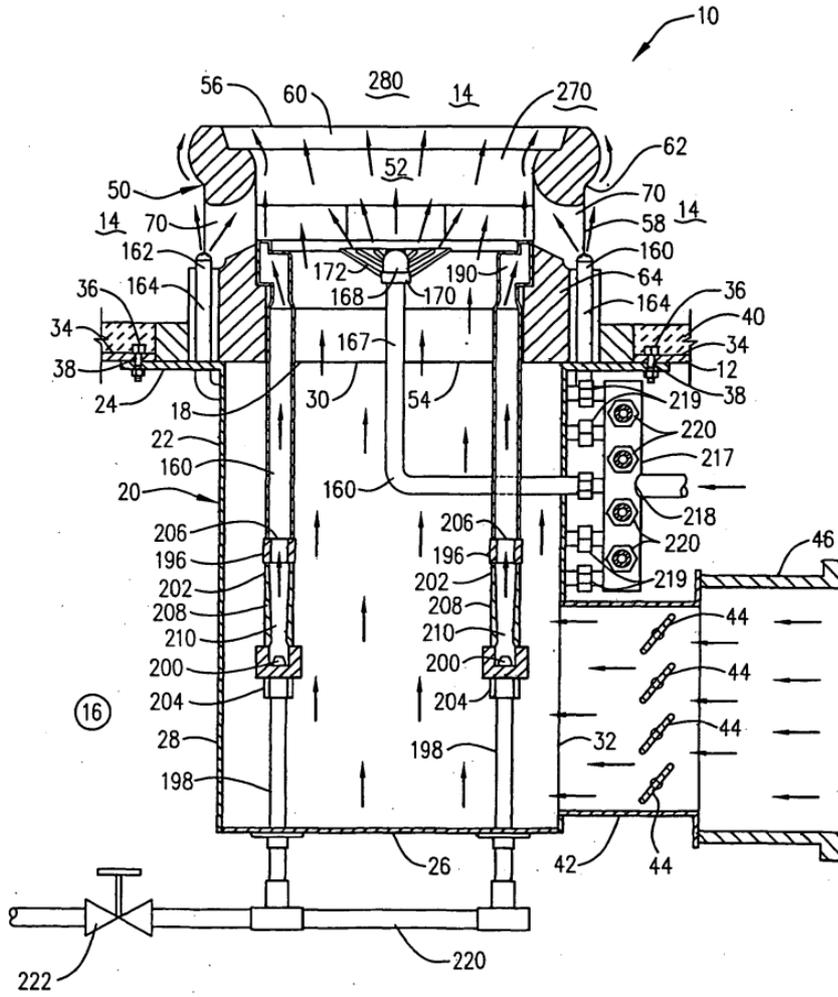
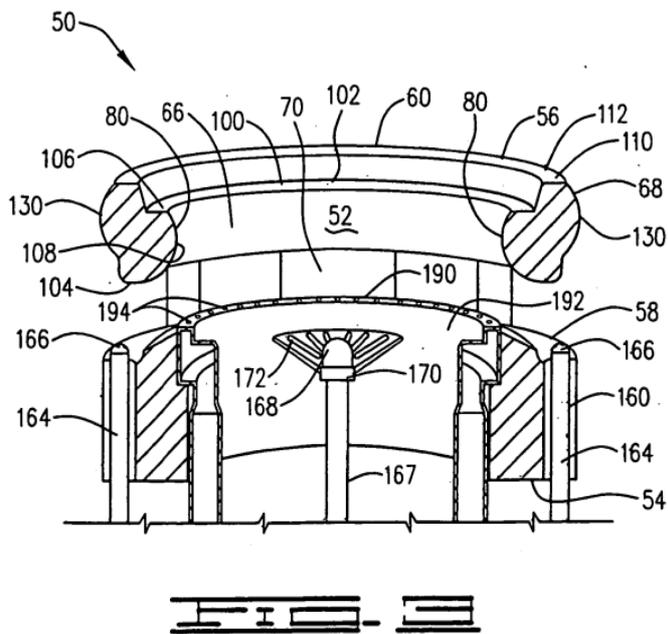
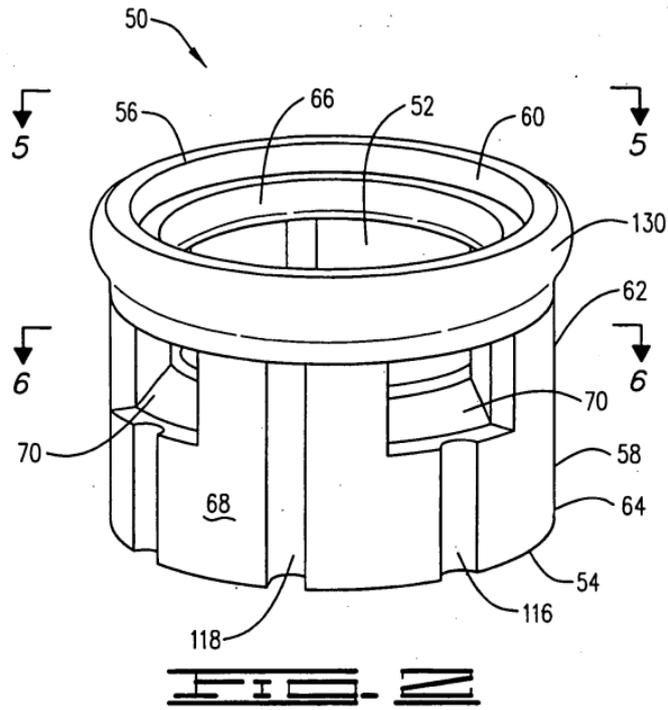
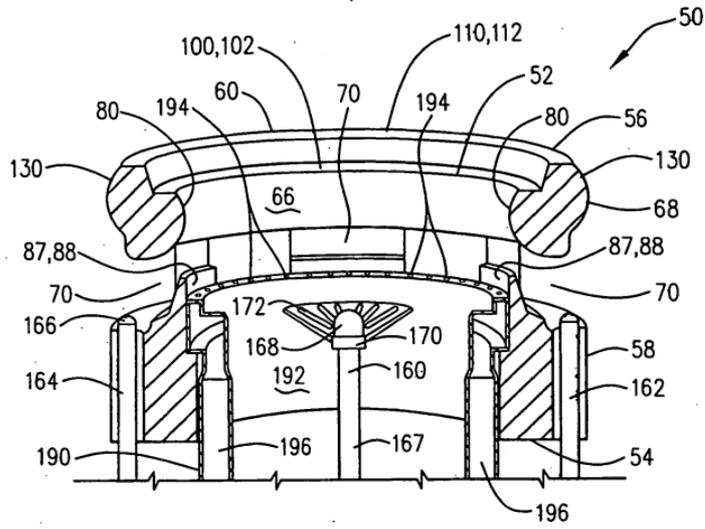
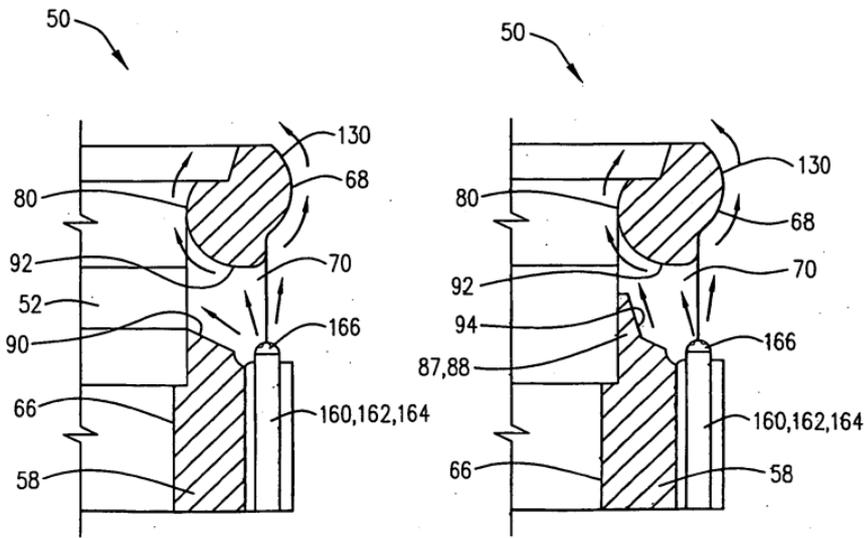


FIG. 1





**FIG. 3A**



**FIG. 4**

**FIG. 4A**

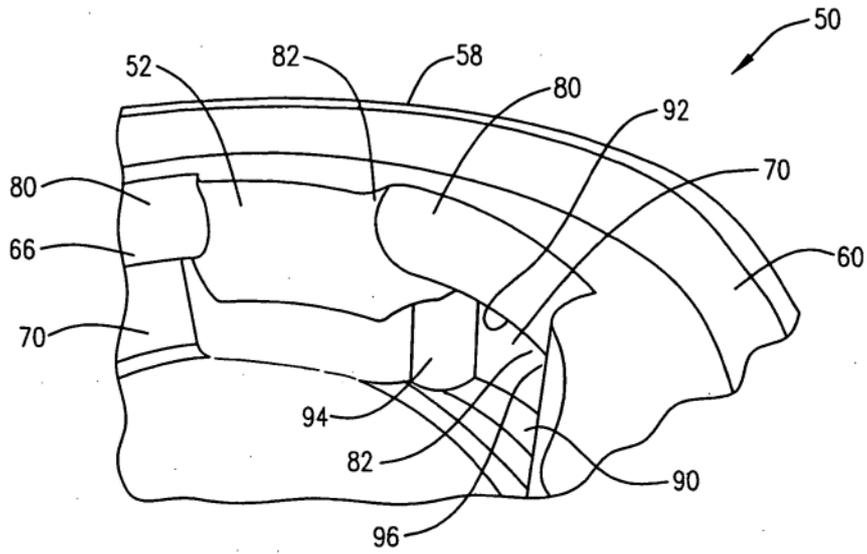


FIG. 4B

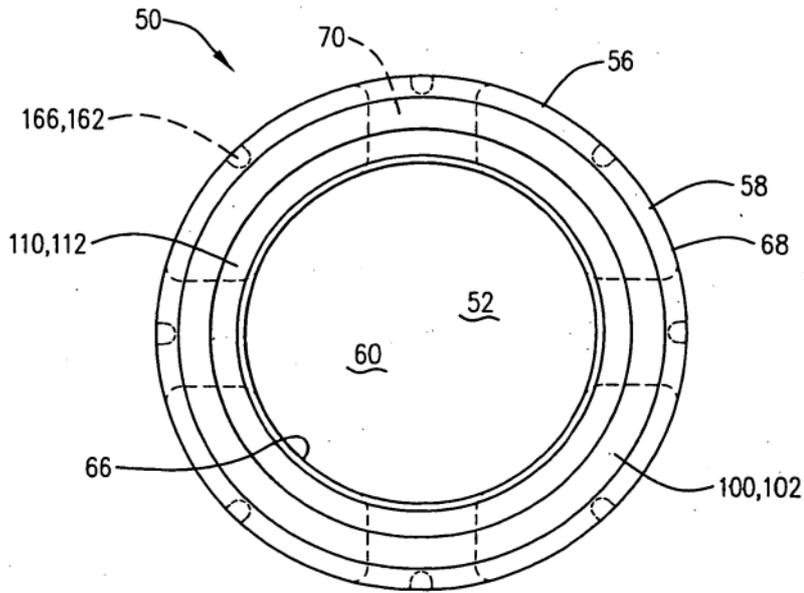
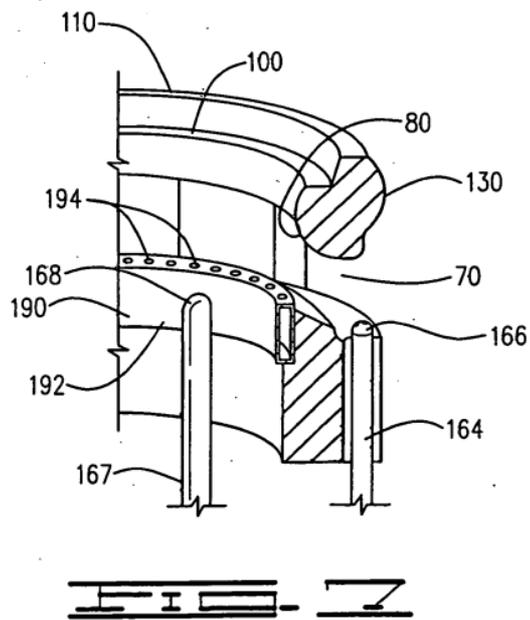
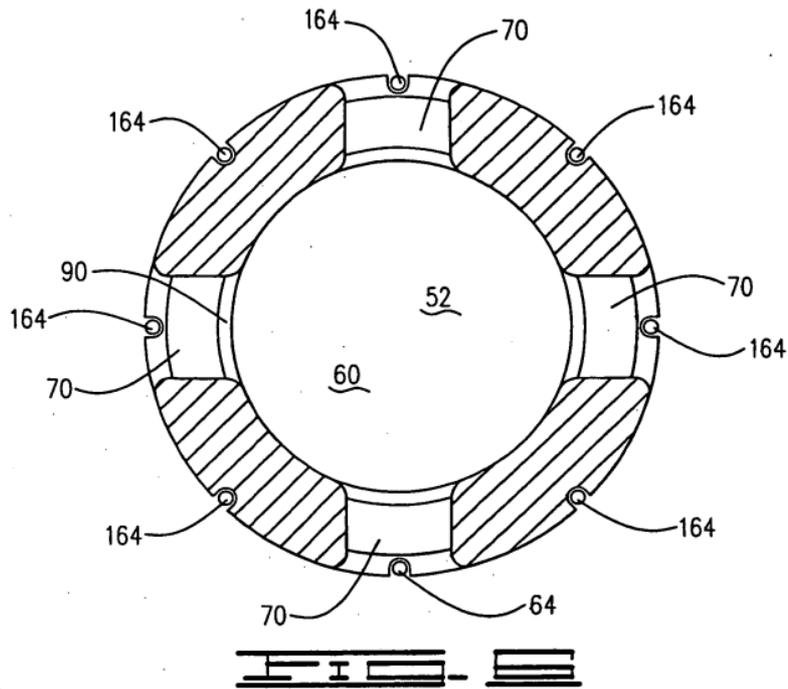
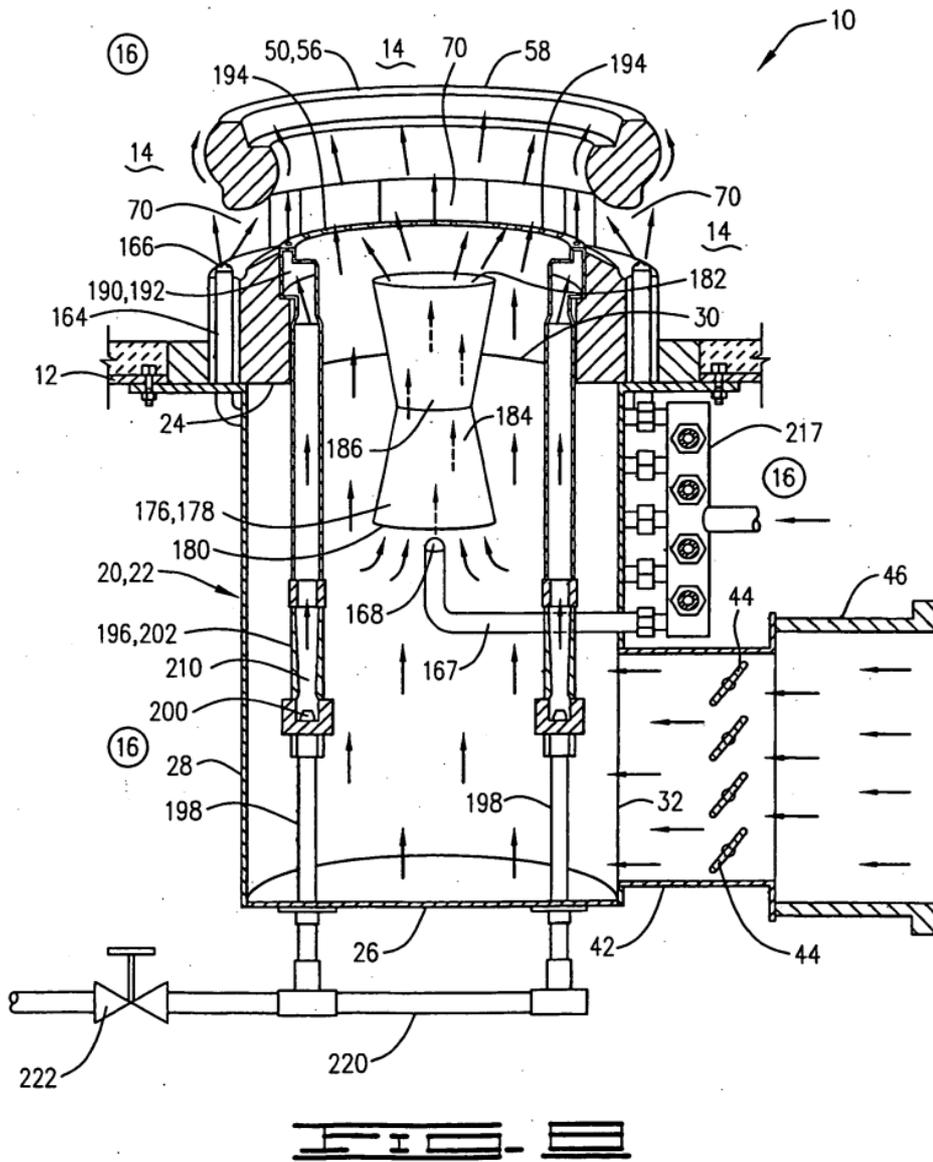
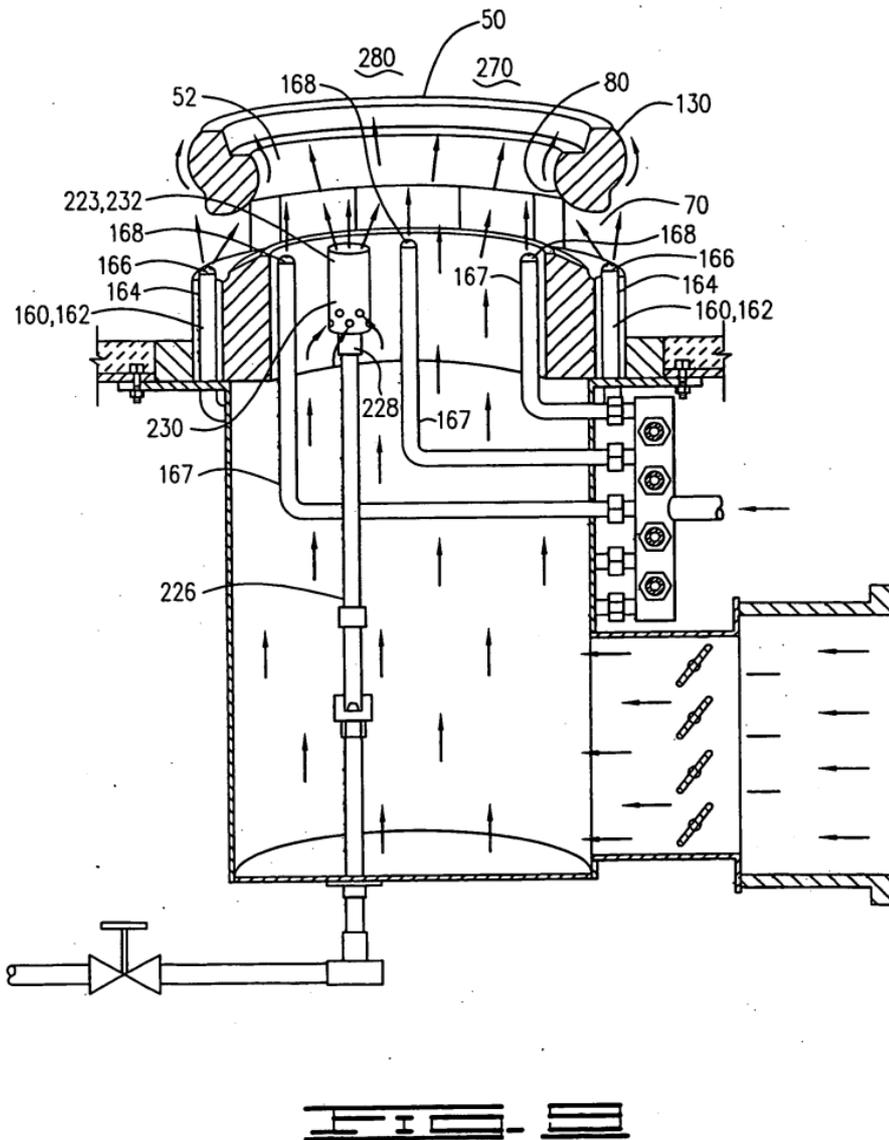
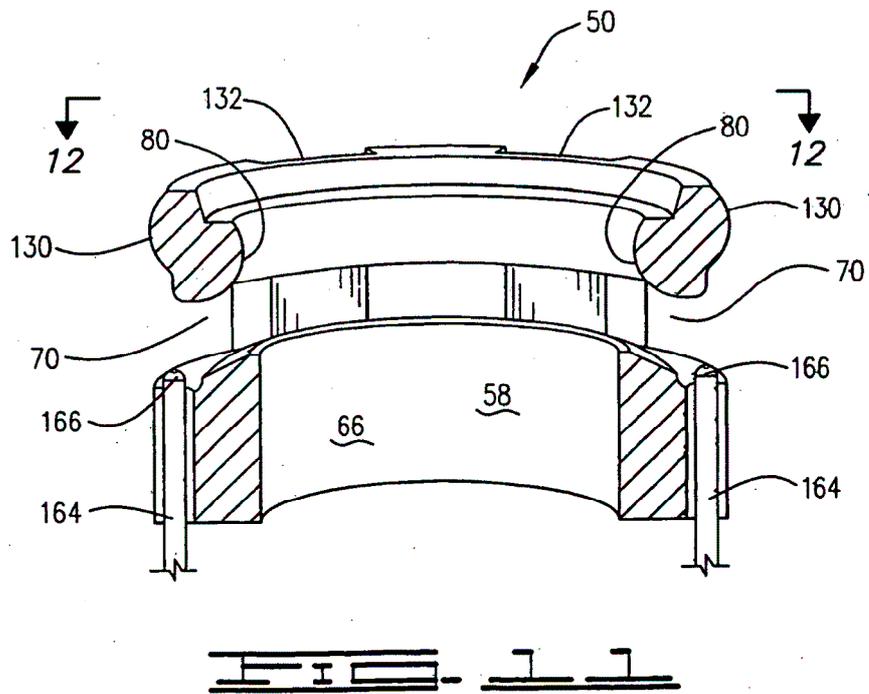
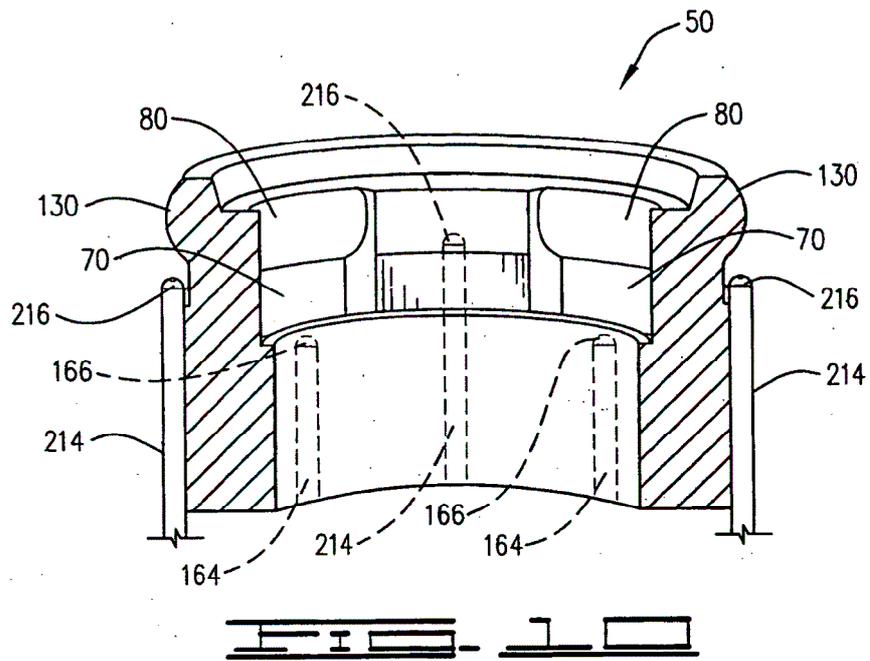


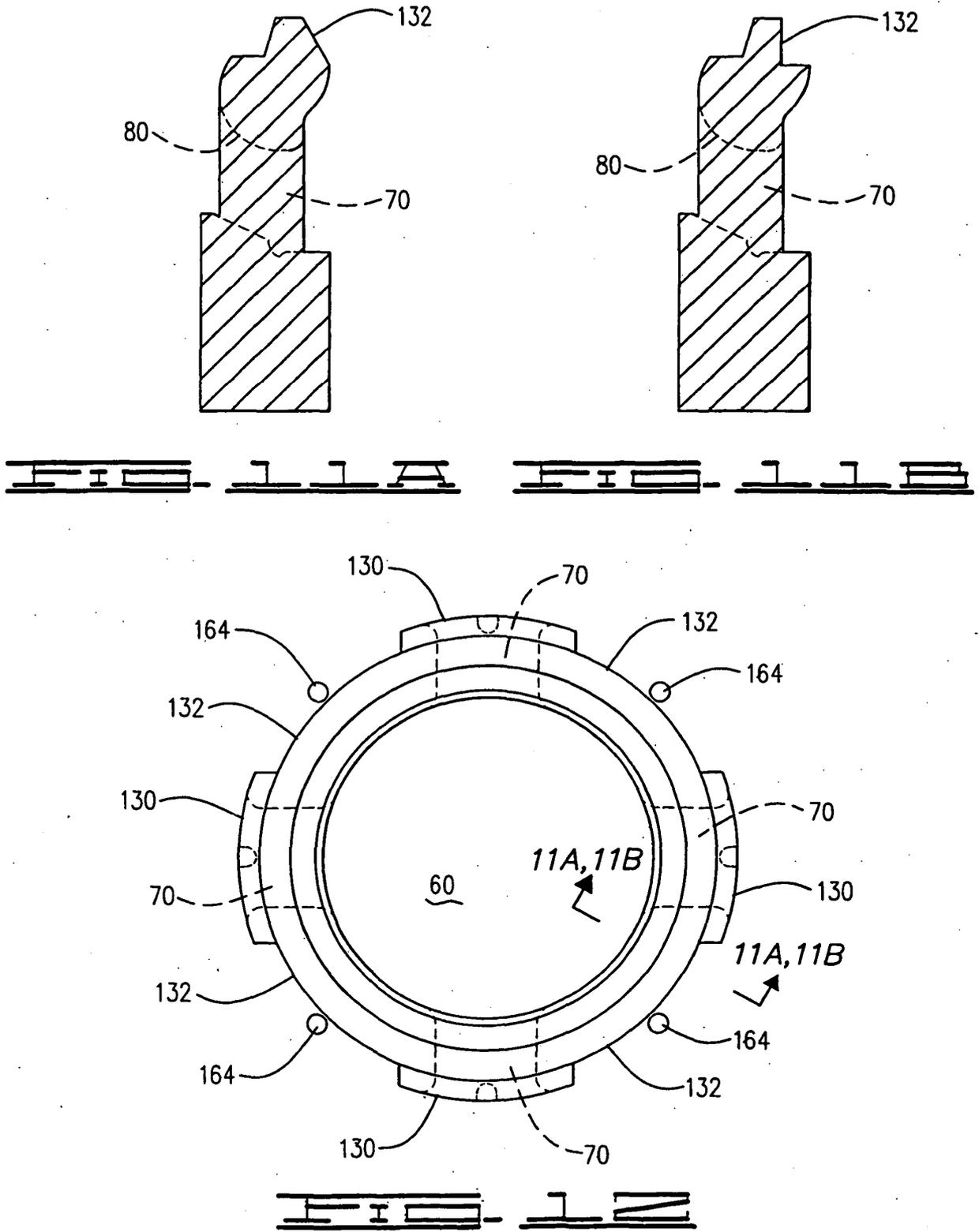
FIG. 5











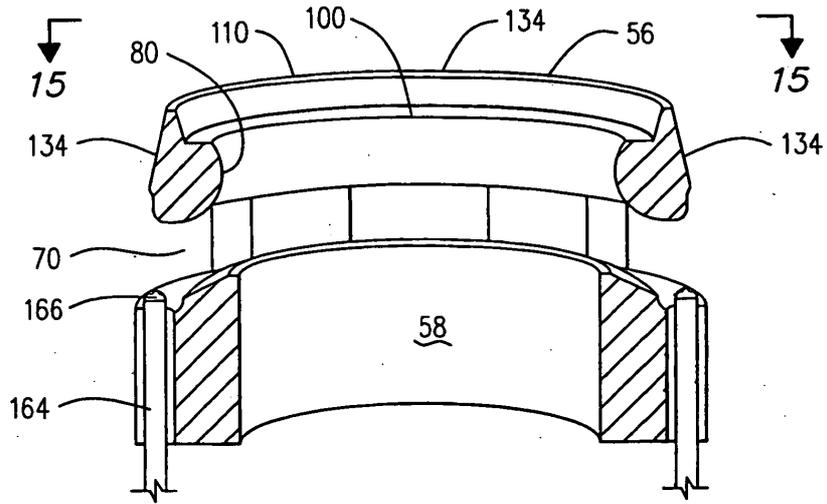


FIG. 13

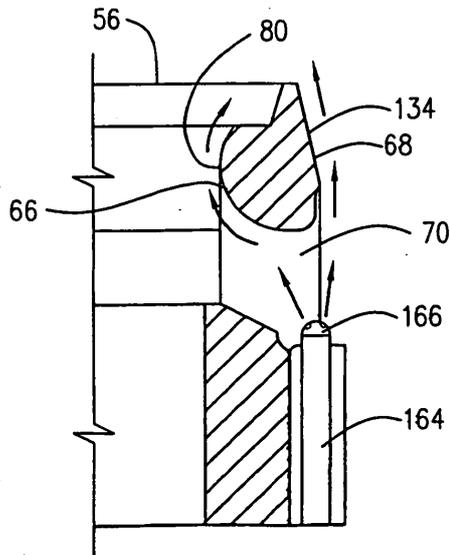
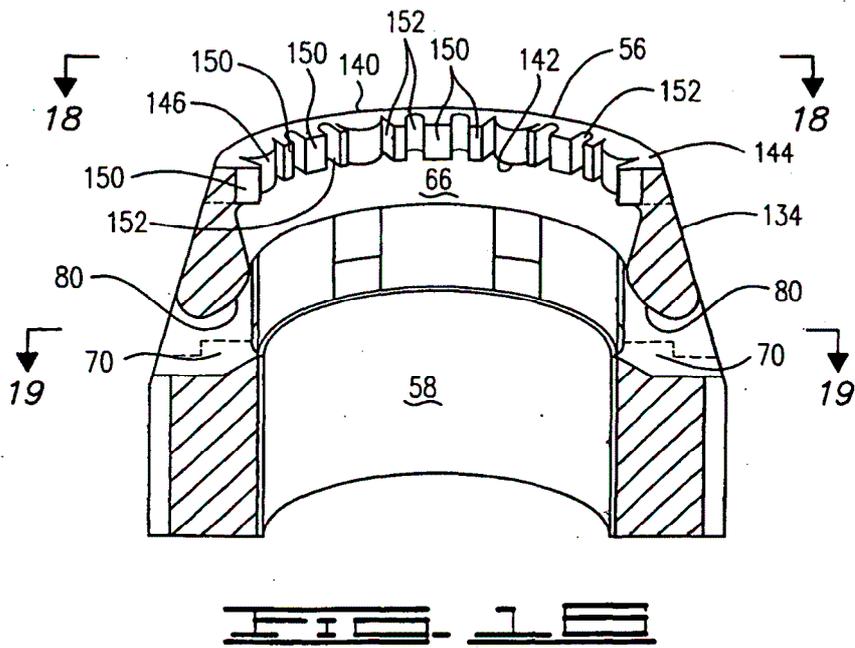
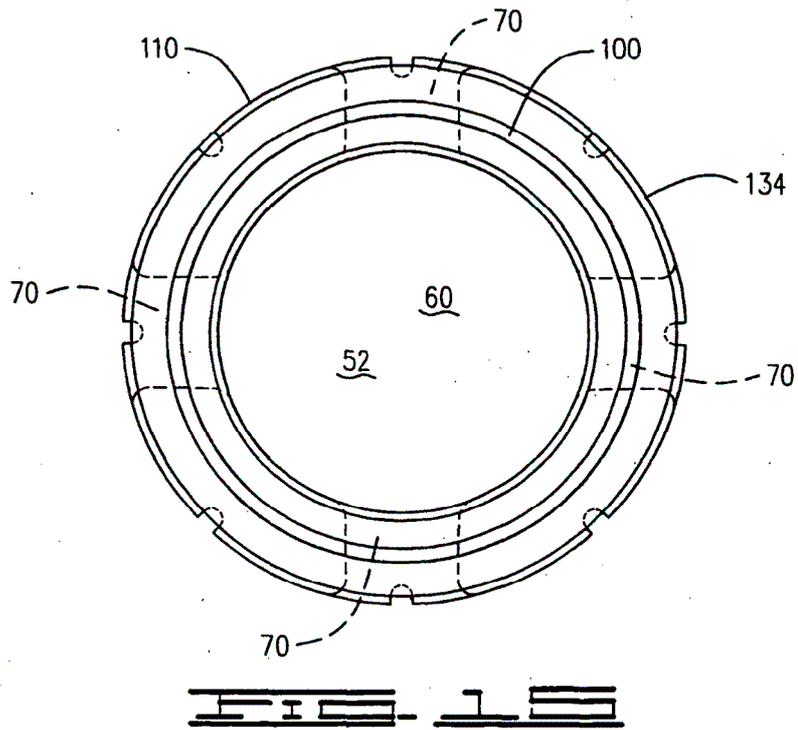


FIG. 14



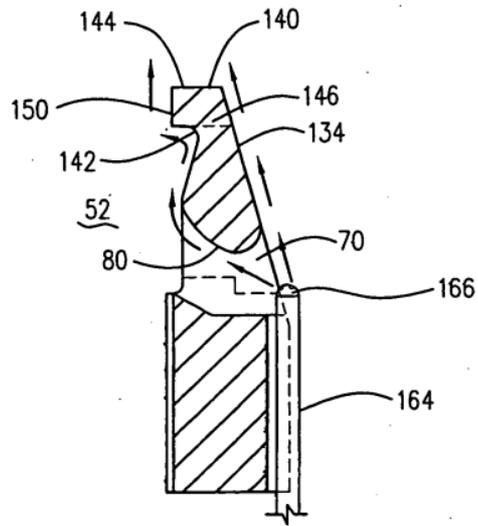


FIG. 1

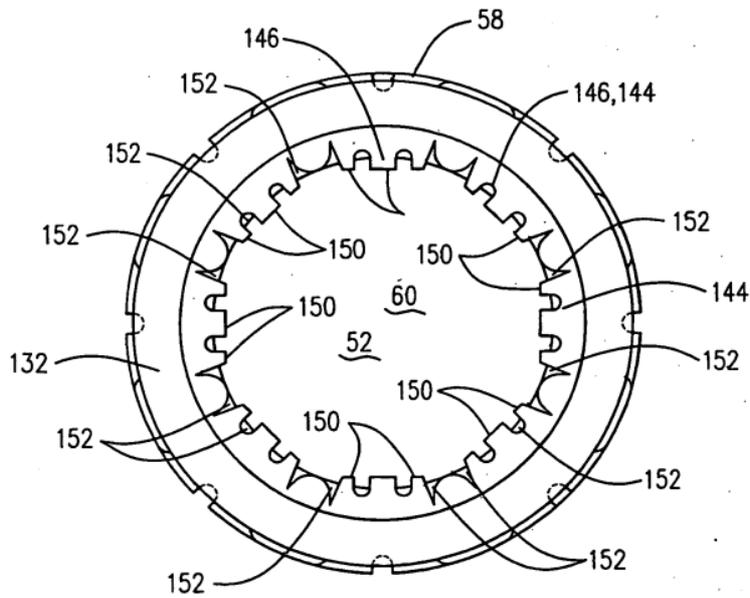


FIG. 2

