

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 604 078**

51 Int. Cl.:

F23D 14/84

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **05.07.2007 PCT/FR2007/051598**

87 Fecha y número de publicación internacional: **10.01.2008 WO08003908**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **05.07.2007 E 07823552 (0)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **14.09.2016 EP 2041492**

54 Título: **Quemador con llama de dirección y/o apertura variable y procedimiento de puesta en práctica**

30 Prioridad:

06.07.2006 FR 0652847

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

02.03.2017

73 Titular/es:

**L'AIR LIQUIDE, SOCIETE ANONYME POUR
L'ETUDE ET L'EXPLOITATION DES PROCEDES
GEORGES CLAUDE (50.0%)
75, QUAI D'ORSAY
75007 PARIS, FR y
CENTRE NATIONAL DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE (C.N.R.S.) (50.0%)**

72 Inventor/es:

**ZAMUNER, BERNARD;
DOCQUIER, NICOLAS;
LABEGORRE, BERNARD;
LEDERLIN, THOMAS;
POINSOT, THIERRY y
FAIVRE, VINCENT**

74 Agente/Representante:

DE ELZABURU MÁRQUEZ, Alberto

ES 2 604 078 T3

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

DESCRIPCIÓN

Quemador con llama de dirección y/o apertura variable y procedimiento de puesta en práctica

La presente invención se refiere a un quemador que permite hacer variar la dirección y/o la apertura de la llama, incluyendo dicho quemador al menos un canal de inyección de al menos un chorro principal o primario y al menos un canal de inyección de un chorro accionador o secundario. El chorro primario es típicamente un chorro de comburente y/o de combustible y/o de una premezcla comburente-combustible.

Asimismo, se refiere a la utilización de dicho quemador para hacer variar la dirección y/o la apertura de una llama. Asimismo, se refiere a un procedimiento de calentamiento de una carga con el concurso de este quemador en el que se hace variar la dirección y/o la apertura de la llama.

Contexto de la invención

La mayoría de los hornos o de las calderas industriales utilizan quemadores que funcionan en régimen de combustión no premezclado, es decir, en el que el comburente y el combustible llegan por separado hasta el lugar de combustión. La mezcla del combustible y del comburente se realiza entonces, en parte (enganche de la llama en un bloque de antecámara o de una precámara) o en su totalidad, en el interior de la cámara de combustión. Esta mezcla es controlada mediante los parámetros de diseño y de funcionamiento del quemador y determina las prestaciones del quemador (campo de funcionamiento, transferencia de calor a la carga que ha de calentarse, emisión de contaminantes, etc.). En la práctica, se determinan al diseñar el quemador las condiciones de interacción de los diferentes chorros o flujos de comburente y de combustible puestos en práctica por el quemador. Una vez realizado el quemador, solo pueden ser modificadas las condiciones de funcionamiento. Esto también es cierto para los quemadores llamados de "premezcla", en los que la mezcla comburente / combustible se realiza en el quemador, aguas arriba del hogar. Entonces, se inyectan los reactivos por un tubo único.

Las condiciones de operación de los procedimientos industriales de combustión pueden evolucionar con el tiempo. Este es, por su propia naturaleza, el caso de los procedimientos intermitentes, pero también es el caso de los procedimientos continuos, para los cuales pueden variar, dependiendo de las características de las cargas que han de calentarse, las necesidades de producción. Este es, de manera más general, el caso de cualquier unidad de producción sometida al envejecimiento o sensible a las condiciones variables de su entorno.

Para adaptar las prestaciones de los quemadores a condiciones de funcionamiento variables, el operario tan solo dispone, las más de las veces, de dos parámetros: la potencia de funcionamiento del quemador y el nivel de exceso de oxidante (oxígeno en exceso estequiométrico).

Ciertas tecnologías de combustión permiten modos de funcionamiento discretos y en número muy limitado. Este es, por ejemplo, el caso de los quemadores llamados "de doble impulsión", que utilizan dos sistemas de inyección diferentes, según que se quiera operar el quemador a baja o a alta impulsión. Estos dos modos de funcionamiento permiten aumentar el campo de funcionamiento o de utilización del quemador o modificar, para un punto de funcionamiento dado, la longitud de la llama.

Sin embargo, las modificaciones del punto y/o del modo de funcionamiento son insuficientes, las más de las veces, para optimizar en todas las condiciones las prestaciones de los quemadores o de los procedimientos que emplean estos quemadores. Por ejemplo, la introducción cíclica en un horno de fusión de materia sólida a temperatura ambiente va a llevar al operario (o al sistema de regulación) a incrementar la potencia de calentamiento en orden a obtener la fusión más rápida posible (en vistas a aumentar la productividad), pero sin menoscabar por ello la carga en fusión (calidad del producto) ni sobrecalentar el horno (vida útil de los equipos).

Este compromiso entre productividad y calidad y/o vida útil depende especialmente de la capacidad del sistema para transferir la energía a la carga, evitando sobrecalentamientos locales de la misma o de los refractarios del horno. Este compromiso se traduce en un tiempo de fusión por debajo del cual toda ganancia de productividad se verá contrarrestada por una degradación de la calidad del producto o por la reducción de la vida útil del horno.

Se conoce, por el documento WO-A-9744618, un quemador que incluye un chorro central de combustible, rodeado, primero, por una pluralidad de chorros de comburente primarios y, luego, por una pluralidad de chorros de comburente secundarios. Así, es posible modificar en funcionamiento la posición de la llama.

Sin embargo, la deflexión máxima de la llama está limitada en la práctica a aproximadamente 15° de la posición media a la posición extrema (30° como máximo, en total), no permitiendo que la llama incidente barra una superficie amplia de una carga, y la construcción del correspondiente quemador es relativamente pesada, pues precisa de una pluralidad de orificios para los chorros de comburente primarios y una pluralidad de orificios para los chorros de comburente secundarios.

Además, las propiedades de la llama cambian en función de su posición, ya que las propiedades de la mezcla varían con el ángulo de incidencia (mezcla "externa" al bloque quemador), lo cual induce una variación de las emisiones contaminantes, de la calidad de la transferencia radiativa (luminosidad de la llama) y de la longitud de la llama

(posición del pico de desprendimiento de calor).

El documento EP-A-0545357 describe una boquilla de atomización para cambiar la dirección de un flujo atomizado. La boquilla comprende un conducto de atomización cuya parte aguas arriba presenta una sección transversal constante y cuya parte aguas abajo presenta una sección transversal en aumento.

- 5 En el interior del conducto de atomización, se encuentra una tubería de alimentación para el fluido que ha de atomizarse, acabando dicha tubería aguas arriba de la salida del conducto de atomización.

El gas de atomización es inyectado en el conducto de atomización alrededor de la tubería de fluido que va a atomizarse. La boquilla de atomización incluye, asimismo, al menos una entrada de gas de control para inyectar gas de control en el conducto de atomización, en orden a crear un diferencial de presión en el gas de atomización y, así, a cambiar la dirección del flujo atomizado, obtenido por atomización del fluido que ha de atomizarse con dicho gas de atomización.

10

Objeto de la invención

La invención tiene por objeto un quemador que permite una gran variación de la dirección y/o la apertura de la llama, y ello sin tener que interrumpir el funcionamiento del quemador o del horno. Asimismo, la invención tiene por finalidad permitir tal variación con un quemador robusto optimizado.

15

Breve descripción de la invención

La invención propone controlar la dirección y/o la apertura de una llama mediante la interacción de un chorro de fluido (denominado chorro primario o chorro principal) con al menos otro chorro de fluido (llamado chorro secundario o chorro accionador), produciéndose la interacción entre los chorros en el interior de los medios que entregan este chorro principal (tubo, antecámara, etc.) antes de que dicho chorro principal aboque desde dichos medios.

20

El quemador según la invención incluye un paso para llevar un chorro primario hacia una abertura principal de salida. El chorro primario es, típicamente, un chorro que contiene combustible, comburente o también una premezcla combustible-comburente. El quemador incluye, asimismo, al menos una canalización secundaria para la inyección de un chorro secundario. El fluido inyectado por el chorro secundario puede pertenecer o no a la misma categoría que el fluido del chorro primario. El fluido inyectado por el chorro secundario puede ser o no diferente del fluido del chorro primario. El chorro secundario puede ser especialmente un chorro inerte, tal como el vapor de agua o productos de combustión, tales como humos reciclados.

25

La al menos una canalización secundaria desemboca en el paso del chorro primario por una abertura secundaria situada aguas arriba de la abertura principal de salida. La canalización secundaria está posicionada, con relación al paso, de manera que, en el punto de interacción (centro de inercia de la superficie imaginaria común a los dos flujos) entre el chorro secundario procedente de esta canalización secundaria (denominado seguidamente: chorro secundario correspondiente) y el chorro primario, el ángulo θ entre el eje del chorro secundario correspondiente y el plano perpendicular al eje del chorro primario sea superior o igual a 0° e inferior a 90° , preferentemente de 0° a 80° , aún más preferentemente de 0° a 45° . Cuando el ángulo $\theta = 0^\circ$, cosa que es preferible, el eje del chorro secundario correspondiente está situado en un plano perpendicular al eje del chorro primario.

30

35

La al menos una abertura secundaria está espaciada de la abertura principal una distancia L inferior o igual a diez veces la raíz cuadrada de la sección s de la abertura principal de salida, preferentemente $L \leq 5\sqrt{s}$, aún más preferentemente $L \leq 3\sqrt{s}$.

Se conoce, por los "Proceedings of FEDSM'02 Joint US ASME-European Fluid Engineering Division Summer Meeting of July 14-18, 2002" y por el artículo "Experimental and numerical investigations of jet active control for combustion applications", de V. Faivre y Th. Poinsot, Journal of Turbulence, volumen 5, n.º 1, marzo de 2004, p. 25, utilizar una configuración específica de cuatro chorros secundarios alrededor de un chorro principal para estabilizar una llama merced a la interacción entre los chorros secundarios y el chorro primario. Se observa un ángulo de dispersión más amplio.

40

De acuerdo con la invención, el quemador está dotado de medios para controlar la impulsión del al menos un chorro secundario.

45

Según se explica seguidamente con mayor detalle, la invención permite, con ello, hacer variar la dirección y/o la apertura de la llama procedente del quemador, modificando la impulsión de al menos un chorro secundario con dichos medios.

Preferentemente, los medios para controlar la impulsión del al menos un chorro secundario son medios que permiten controlar la relación entre la impulsión del chorro secundario y la impulsión del chorro primario.

50

Así, la invención permite realizar una gran variación de dirección y/o de apertura de una llama sin valerse de medios mecánicos, fuente potencial de mal funcionamiento, en particular en entornos hostiles, tales como los hogares a

temperatura elevada y/o de atmósfera contaminada o corrosiva.

Los medios de control permiten especialmente un control activo o dinámico de la impulsión del al menos un chorro secundario, es decir, permiten hacer variar la o las impulsiones, sin interrupción del funcionamiento del quemador / sin interrupción de la llama. Así, el aparato según la invención permite una variación igualmente dinámica de la dirección y/o la apertura de la llama.

Preferentemente, el número de chorros secundarios que interaccionan con el chorro primario para obtener el efecto deseado sobre la llama se minimizará en orden a limitar la complejidad y el coste de fabricación del quemador, pero, también, la complejidad y el coste del sistema de alimentación y de regulación de los caudales de los fluidos, si se pilotan los chorros secundarios de manera independiente. Por ejemplo, se puede obtener un efecto monodireccional con un solo chorro secundario.

Entre los términos empleados en la presente descripción, algunos merecen ser definidos con más precisión dentro del ámbito de la invención, con el fin de delimitar mejor su alcance:

- la dirección de un chorro / de una llama se define como un vector unitario normal a la sección de paso del fluido / de la llama y orientado en el sentido del flujo, es decir, de aguas arriba hacia aguas abajo.
- El “espesor e ” significa la dimensión de la canalización secundaria en la dirección de flujo del chorro primario (según la flecha en la figura 1). En el caso particular de esta figura 1, e representa, por tanto, el diámetro de la canalización secundaria 21 en correspondencia con la abertura secundaria 31, ya que esta canalización secundaria 21 es, en este ejemplo, cilíndrica.
- La “apertura” de un chorro / de una llama designa, para un chorro / una llama que aboca desde un paso cilíndrico tal como 10 en la figura 1, el ángulo entre el eje longitudinal del paso y la generatriz en la superficie del chorro / de la llama que sale del paso. En defecto de interacción con un chorro secundario, la generatriz está inclinada de 10 a 15° aproximadamente con respecto a este eje, inclinación esta que puede llegar hasta 70° y más según la invención (véase la figura 9A). Por extensión, el término apertura designará el ángulo entre la dirección de flujo por el paso, cuando este no tiene una sección circular, y la generatriz.

Descripción detallada de la invención

Las diversas características de las formas de realización del quemador según la invención y su utilización se irán poniendo más claramente de manifiesto a partir de la siguiente descripción detallada, haciéndose referencia a las figuras, las cuales representan, de manera esquemática, unos ejemplos de realización, dados a título no limitativo, y más concretamente:

figura 1: esquema de principio de un quemador (de premezcla) según la invención para el control de una llama por interacción de chorros.

Figura 2: regulación de un quemador según la invención montado en un hogar.

Figuras 3A y B: quemador para el control de la dirección de la llama, siendo la figura 3A una sección transversal y, la figura 3B, una sección longitudinal de un quemador que incluye cuatro chorros secundarios, respectivamente dispuestos a 90° unos de otros y entrando en incidencia perpendicular a la dirección del chorro primario.

Figuras 3C, D y E: utilización de una pastilla para transformar una boquilla de chorros primario y secundario(s) paralelos en un quemador según la invención.

Figuras 4A y B: sección longitudinal y transversal de un quemador que permite el control de la apertura de un chorro resultante.

Figura 5: utilización de un quemador para hacer variar una llama por medio de dos chorros (resultantes), un chorro de carburante y un chorro de oxidante.

Figura 6: quemador de tipo “tubo dentro de tubo” dotado de una antecámara.

Figuras 7A, B y C: quemador de chorros separados.

Figura 8: densidad del flujo de calor de la llama en función de la distancia al punto de inyección, bajo diferentes incidencias.

Figuras 9A y B: variantes de realización del control de la apertura de la llama.

Figuras 10A y B: impacto de un parámetro de control en la desviación de la llama y la transferencia de calor a una carga.

Figura 11: ángulo de apertura de la llama en función de la relación de impulsiones de los chorros.

Figura 12: un ejemplo de aplicación del sistema de la invención en el calentamiento de una carga con cambio de incidencia de la llama.

Figura 13: utilización de la invención para calentar una carga desplazando lateralmente la llama.

Figura 14: aplicación de la apertura variable de una llama en el arrastre de los gases de un horno.

5 Figura 15: nivel de emisión de una llama en función de un parámetro de control.

Figura 16: protección del extremo del quemador mediante una antecámara.

Figura 17: protección del extremo del quemador mediante un manguito.

10 En lo que sigue, se utilizan los mismos numerales de referencia, por una parte, para designar el chorro primario y el paso por el que fluye y, por otra, para designar el chorro secundario o accionador y la canalización secundaria correspondiente por la que fluye este chorro secundario.

En la figura 1, se representa un esquema de principio del procedimiento de control de una llama en un quemador según la invención.

El quemador comprende un paso 10 que permite llevar el chorro primario hacia una abertura principal de salida 11.

15 El chorro primario es llevado por el paso 10 y viene a interaccionar con el chorro secundario procedente de la canalización secundaria 21 en orden a crear, aguas abajo de la abertura de salida 11, una llama 1 de dirección y/o de apertura diferentes de la dirección y/o la apertura de la llama en defecto de chorro secundario.

20 Al menos una canalización secundaria 21 para la inyección de un chorro secundario desemboca en el paso 10 por una abertura secundaria 31. Esta canalización secundaria 21 está posicionada, con relación al paso 10, de tal modo que, en el punto de interacción entre el chorro secundario correspondiente y el chorro primario, el ángulo θ entre el eje del chorro secundario 21 y el plano perpendicular al eje del chorro primario 10 es superior o igual a 0° e inferior a 90° ($\theta = 0^\circ$ en la figura 1).

25 La abertura secundaria 31 está espaciada de la abertura principal 11 una distancia L, siendo L inferior o igual a $10 \times \sqrt{s}$ (s = sección de la abertura principal 11). La distancia L permite influir en el impacto de los chorros secundarios sobre el chorro primario a idénticos impulsos respectivos. Por ejemplo, para maximizar el efecto direccional, se tratará de minimizar esta distancia. Por regla general, para los quemadores de oxígeno y potencias desarrolladas del orden del megavatio, la longitud L es inferior o igual a 20 cm, más preferentemente, inferior o igual a 10 cm.

30 El quemador incluye medios para controlar la impulsión de los chorros secundarios. Estos medios se pueden seleccionar de manera útil de entre los dispositivos de control de caudal másico, de control de pérdida de carga, de control de sección de paso, pero también los dispositivos de control de temperatura, de control de la composición química del fluido o de control de presión.

Estos medios son preferentemente medios que permiten controlar la relación entre la impulsión del chorro secundario y la impulsión del chorro primario.

35 Los medios de control permiten activar y desactivar uno o unos chorros secundarios (flujo o ausencia de flujo del chorro secundario de que se trate) en orden a hacer variar dinámicamente la dirección y/o la apertura de la llama.

Preferentemente, los medios de control permiten también dinámicamente aumentar y disminuir la impulsión (no nula) de uno o unos chorros secundarios o aumentar y disminuir la relación entre la impulsión de un chorro secundario y la impulsión del chorro primario.

40 El quemador puede estar alimentado con combustible y con comburente mediante un canal de inyección de comburente y al menos un canal de inyección de combustible, concéntricamente dispuestos, o también mediante un canal de inyección de comburente y al menos un canal de inyección de combustible separados entre sí y preferentemente paralelos entre sí.

45 El quemador incluye ventajosamente un bloque de material 5, tal como un bloque de material refractario, en el que está situada al menos una parte del paso 10, estando la abertura principal de salida 11 situada en una de las caras o superficies del bloque: cara anterior 6.

En la figura 1, el chorro secundario es conducido por una canalización secundaria 21 que es pasante por el bloque 5, desembocando este chorro secundario, preferentemente, sensiblemente perpendicularmente al chorro primario.

50 La interacción entre el chorro primario y el chorro secundario tiene lugar a una distancia L de la cara anterior 6 del bloque desde la que aboca el paso 10 del chorro primario, pudiendo variar esta distancia L tal como se ha indicado

anteriormente.

Según un modo de realización que permite hacer variar la dirección de la llama, ilustrado en las figuras 3A y 3B, el quemador comprende al menos una canalización secundaria 321, 322, 323 y 324 que está posicionada, con relación al paso 310 del chorro primario, de tal modo que, en correspondencia con la abertura secundaria correspondiente 331, 332, 333 y 334 (es decir, la abertura secundaria por la que desemboca en el paso la canalización secundaria en cuestión), el eje del chorro primario y el eje del chorro secundario correspondiente son secantes o prácticamente secantes.

Tal disposición entre el paso y la canalización secundaria permite hacer variar el ángulo entre el eje de la llama y el eje del chorro primario aguas arriba de la abertura secundaria, cambiando la impulsión de al menos un chorro secundario correspondiente.

Si, en defecto de chorro accionador, la llama procedente de la abertura principal de salida 311 es perpendicular al plano de la figura 3A, la inyección de un chorro por la canalización secundaria 323 permite una desviación de la llama hacia la derecha en la figura 3A, es decir, en el mismo sentido que el sentido de flujo del chorro procedente de 323. De haber, simultáneamente, inyección de un chorro secundario por la canalización secundaria 324, según las cantidades relativas de movimiento de los chorros procedentes de 323 y 324, se podrá obtener una llama desviada en una dirección (proyectada en el plano de la figura 3A) que puede variar permanentemente entre las direcciones de los chorros procedentes de 323 y 324 (hacia la derecha y hacia abajo en la figura 3A).

El quemador comprende preferentemente al menos dos canalizaciones secundarias que están posicionadas, con relación al paso 310, de manera que, por una parte, las dos aberturas secundarias correspondientes están situadas sobre una misma sección transversal del paso 310 y que, por otra, en correspondencia con estas dos aberturas secundarias, los ejes de los chorros secundarios correspondientes son secantes o prácticamente secantes con el eje del chorro primario. En este caso, las dos aberturas secundarias correspondientes pueden estar situadas de manera útil a ambos lados del eje del chorro primario (a la derecha y a la izquierda para las aberturas 331 y 333; abajo y arriba para las aberturas 332 y 334), estando las dos aberturas secundarias y el eje del chorro primario situados preferentemente en un solo plano (horizontal para las aberturas 331 y 333; vertical para las aberturas 332 y 334).

Según otra configuración útil, en correspondencia con las dos aberturas secundarias correspondientes, el plano definido por el eje del chorro primario y una de las dos aberturas secundarias correspondientes es perpendicular al plano definido por el eje del chorro primario y la otra de las dos aberturas correspondientes. Por ejemplo, el plano horizontal definido por el eje del paso 310 y la abertura secundaria 331 es perpendicular al plano vertical definido por este eje y la abertura secundaria 332.

Cabe también la posibilidad de combinar estos dos modos de ejecución. En este caso, tal como se ilustra en las figuras 3A y 3B, el quemador comprende al menos cuatro canalizaciones secundarias 321, 322, 323 y 324, que están posicionadas con relación al paso 310 de tal modo que:

- (1) las cuatro aberturas secundarias correspondientes 331, 332, 333, 334 se sitúan sobre una misma sección transversal del paso 310, y
- (2) dos de estas aberturas secundarias correspondientes 331 y 333 definen un primer plano con el eje del chorro primario y están situadas a ambos lados de este eje, definiendo las otras dos aberturas secundarias 332 y 334 un segundo plano con el eje del chorro primario, siendo el primer plano preferentemente perpendicular al segundo plano.

Esta disposición permite hacer variar la dirección de la llama según el primer y según el segundo plano (por ejemplo, según el plano horizontal y según el plano vertical) y, potestativamente, hacia una u otra de las dos aberturas secundarias situadas en cada plano (por ejemplo, hacia la izquierda y hacia la derecha según el plano horizontal, y hacia arriba y hacia abajo según el plano vertical) y, según antes se ha explicado, hacia cualquier dirección intermedia.

En correspondencia con las cuatro aberturas secundarias correspondientes 331 a 334, los ejes de los cuatro chorros secundarios correspondientes se encuentran, preferentemente, en un mismo plano perpendicular al eje del chorro primario 310.

La invención permite, asimismo, realizar una interacción entre el chorro primario y uno o varios chorros secundarios en orden a originar, a mantener o a reforzar una rotación del chorro de fluido resultante de esta interacción y, por tanto, de la llama alrededor de su eje. Tal interacción permite hacer variar la apertura de la llama.

Tal como se ilustra en las figuras 4A y 4B, el quemador puede estar dotado de al menos una canalización secundaria 421 a 424 que está posicionada, con relación al paso 410 del chorro primario, de tal modo que, en correspondencia con la abertura secundaria correspondiente 431 a 434, el eje del chorro secundario correspondiente 421 a 424 no es coplanario o en sustancia coplanario con el eje del chorro primario 410, desembocando esta al menos una canalización secundaria 421 a 424 preferentemente de manera tangencial en el

paso 410 del chorro primario. De esta manera, la interacción entre el chorro primario y el chorro secundario confiere al chorro primario una impulsión de rotación.

El quemador puede comprender, de manera útil, dos canalizaciones secundarias 421 y 422 posicionadas, con relación al paso 410 del chorro primario, de tal modo que, en correspondencia con las dos aberturas secundarias correspondientes 431, 432, los ejes de los dos chorros secundarios correspondientes 421 y 422 no son coplanarios con el eje del chorro primario 410, estando orientados los dos chorros secundarios según un mismo sentido de rotación alrededor del eje del chorro primario. Así, los dos chorros secundarios contribuyen a la impulsión de rotación conferida a la llama.

Las dos aberturas secundarias están situadas ventajosamente sobre una misma sección transversal del paso 410 / en un mismo plano perpendicular al eje del chorro primario. Pueden estar situadas a ambos lados del eje del chorro primario (aberturas 431 y 433 ó 432 y 434). Asimismo, pueden estar situadas de manera que el plano definido por el eje del chorro primario y una de las dos aberturas secundarias 431 sea perpendicular al plano definido por el eje del chorro primario y la otra de las dos aberturas secundarias 432.

Según un modo de ejecución, el quemador comprende al menos cuatro canalizaciones secundarias 421 a 424 que están posicionadas, con relación al paso 410 del chorro primario, de manera que, en correspondencia con las aberturas secundarias correspondientes 431 a 434, los ejes de los chorros secundarios correspondientes no sean en sustancia coplanarios con el eje del chorro primario. Dos de las aberturas secundarias correspondientes 431 y 433 son en sustancia coplanarios con el eje del chorro primario 410 según un primer plano y están situadas a ambos lados del eje del chorro primario. Las otras dos aberturas secundarias correspondientes 432 y 434 son en sustancia coplanarias con el eje del chorro primario 410 según un segundo plano y asimismo están situadas a ambos lados del eje primario, estando orientados los cuatro chorros secundarios correspondientes según un mismo sentido de rotación alrededor del eje del chorro primario. El primer y el segundo plano pueden ser, en especial, perpendiculares entre sí. También es preferible que las cuatro aberturas secundarias correspondientes se encuentren sobre una misma sección transversal del paso 410.

Para conferir una impulsión de rotación al chorro primario y, así, cambiar la apertura de la llama, preferentemente se tendrá la seguridad de que, en correspondencia con la abertura secundaria donde interaccionan el chorro primario y el chorro secundario correspondiente, por una parte, el eje del chorro secundario pertenece al plano perpendicular en ese lugar al eje del chorro primario y, por otra, el ángulo entre el eje del chorro secundario y la tangente a la abertura secundaria (o, más exactamente, la superficie imaginaria del paso del chorro primario en correspondencia con la abertura secundaria) en ese plano está comprendido entre 0 y 90°, preferentemente entre 0 y 45°.

Las figuras 4a y b muestran un ejemplo de realización para el control de la apertura de una llama. El chorro primario (que fluye de la izquierda hacia la derecha por el paso 410 en la figura 4a) topa con los chorros secundarios procedentes de las canalizaciones secundarias 421, 422, 423 y 424 (representadas en la figura 4b, que es una sección transversal según el plano AA de la figura 4a). Estos chorros secundarios pasan a incidir en el chorro primario de manera tangencial al paso 410, permitiendo así, según las impulsiones de estos diferentes chorros, "abrir" en mayor o menor medida la llama. Este efecto de apertura es debido esencialmente al hecho de que los chorros secundarios y el chorro primario tienen ejes que no se cortan, aunque los chorros tengan una interacción física entre sí. Esto lleva consigo una rotación del chorro resultante y, por tanto, de la llama sobre su eje.

Cabe también la posibilidad de combinar, en un solo quemador, el modo de realización que permite hacer variar la dirección de la llama, siguiendo una cualquiera de las formas de puesta en práctica antes descritas, con uno cualquiera de los modos de realización antes descritos que permiten originar, mantener o reforzar una rotación del chorro resultante y, así, hacer variar la apertura de la llama.

Para obtener a la vez un efecto direccional y rotatorio, se combinarán, pues, las enseñanzas de los párrafos precedentes. Para obtener una variación dinámica de los efectos direccional y rotatorio, se podrán prever, por ejemplo, varios sistemas de inyección de chorros secundarios.

Previendo canalizaciones secundarias separadas con medios de regulación de la impulsión del chorro secundario, tales como válvulas de alimentación, se puede cambiar así, de manera continua o discontinua, la forma y la dirección del chorro resultante, mediante simple accionamiento de dichos medios de regulación (válvulas).

Para permitir que el chorro secundario actúe con la mayor eficacia posible sobre el chorro primario, interesa inyectar el chorro accionador sensiblemente perpendicularmente a la dirección del chorro principal.

Para un funcionamiento optimizado, el quemador puede comprender al menos una canalización secundaria 21 posicionada, con relación al paso 10 del chorro primario, de manera que, en correspondencia con la abertura secundaria correspondiente 31, esta canalización presente un espesor e y una altura l , tal que $l \geq 0,5 \times e$ y, preferentemente: $0,5 \times e \leq l \leq 5,0 \times e$ (véase la figura 1). Una altura mínima superior o igual a $0,5 \times e$ permite realizar una interacción optimizada entre el chorro secundario correspondiente y el chorro primario.

Por ejemplo, con el fin de realizar en la práctica un chorro secundario tal que, en el punto de interacción entre este

- chorro secundario y el chorro primario, el ángulo θ entre el eje del chorro secundario y el plano perpendicular al eje del chorro primario sea 0° , se preferirá que, antes de la abertura secundaria correspondiente, la canalización secundaria tenga una dirección sensiblemente perpendicular al eje del chorro primario en una longitud l que, preferentemente, estará comprendida entre 0,5 y 5 veces el espesor e (dimensión en la dirección del flujo del fluido principal) e de dicha conducción (e es el diámetro de la conducción cuando la misma es cilíndrica). Por supuesto, cabe también la posibilidad de que esta longitud l sea superior a $5e$, pero ello no aporta entonces un efecto suplementario de impacto significativo del chorro secundario sobre el chorro primario. Por ejemplo, para un quemador con una inyección de hidrocarburos gaseosos en condiciones ambientales y una inyección de oxígeno, se obtiene como mínimo $l = 5 \text{ mm}$ para un quemador de 100 kW y $l = 50 \text{ mm}$ para un quemador de 10 MW.
- 10 El quemador puede incluir una antecámara o una precámara de combustión (por ejemplo, de cerámica) dispuesta en el extremo del paso, hallándose al menos una canalización secundaria dispuesta al menos parcialmente en el interior de la antecámara / de la precámara.
- El paso del chorro primario puede consistir, en su totalidad o para al menos una parte, en una canalización primaria para la inyección del chorro primario. Esta canalización primaria desemboca en una abertura primaria.
- 15 Esta abertura primaria puede coincidir con la abertura principal de salida del paso.
- Cuando, tal como se ilustra en las figuras 3c, d y e, y en la figura 6, la canalización primaria 308, 608 acaba antes de la abertura principal de salida 311, 611, la abertura primaria 309, 609 queda posicionada aguas arriba de la abertura principal 311, 611. En este caso, al menos una abertura secundaria 334, 632, 634 puede situarse entre la abertura principal 309, 609 de la canalización primaria 308, 608 y la abertura principal 311, 611 del paso.
- 20 La figura 6 representa más en particular un ejemplo de realización de la invención en un quemador de tipo tubo dentro de tubo que tiene, vinculada al quemador en el interior de una antecámara de cerámica, una precámara en la que se estabiliza la llama (tal como se describe, por ejemplo, en las solicitudes de patente n.º US-A-5772427 y US-A-5620316 a nombre de la Firma solicitante, y comercializada por la Firma solicitante) con la denominación ALGLASS. En la figura, el bloque de antecámara 605 incluye una cavidad 671 (o precámara) dentro de la cual desemboca el bitubo.
- 25 Así, el paso 610 del chorro primario consiste en una canalización primaria 608 que desemboca por una abertura primaria 609 en la cavidad 671, cavidad que desemboca por la abertura principal de salida 611 situada en la cara anterior de la antecámara, aguas abajo de la abertura primaria 609.
- 30 La antecámara (bloque) 605 del quemador tiene perforadas una pluralidad de canalizaciones secundarias 622, 624 que desembocan, sensiblemente perpendiculares al eje de simetría X - X del quemador, en el paso 610 y, más en particular, en la cavidad, respectivamente por las aberturas secundarias 632 y 634 situadas a una distancia L de la abertura principal de salida 611.
- 35 El bitubo propiamente dicho se constituye, esquemáticamente, a partir de un tubo central de inyección de combustible (preferentemente), rodeado por un tubo concéntrico en el que se inyecta el comburente, mezclándose ambos fluidos dentro de la cavidad 671.
- En este ejemplo de realización, tenemos, aguas arriba de las aberturas secundarias 632, 634, una mezcla de los comburentes y combustibles (y, ocasionalmente, de productos de combustión) inyectados coaxialmente por los tubos. La dirección y/o la apertura de la llama son reguladas a continuación mediante la acción y, más en particular, mediante la impulsión controlada, de al menos un chorro accionador 622, 624.
- 40 Para el óptimo funcionamiento del quemador según la invención, el paso del chorro primario presentará, en correspondencia con la al menos una abertura secundaria, un paso fluido no obstruido o al menos en sustancia no obstruido en prolongación de la al menos una canalización secundaria correspondiente, con el fin de permitir una interacción eficaz entre el al menos un chorro secundario correspondiente y el chorro primario. Típicamente, la sección transversal del paso del chorro primario definirá un paso fluido no obstruido o al menos en sustancia no obstruido en correspondencia con la al menos una abertura secundaria.
- 45 Esto queda ilustrado en la figura 6, donde el tubo central que lleva el combustible acaba en correspondencia con la abertura primaria y, por tanto, mucho antes de las aberturas secundarias.
- Las figuras 3c, d y e muestran otro modo de ejecución del quemador, en el que la canalización primaria 308 acaba antes de la abertura principal de salida 311.
- 50 La figura 3c representa una variante de realización similar a la figura 3B, aunque con una realización en la que se disponen dos canales paralelos (canalización primaria 308 y canalización secundaria 324) dentro de una boquilla 345, desembocando los dos canales 308 y 324 en la cara anterior de la boquilla. Sobre esta cara anterior, se pasa a añadir una pastilla 342 que permite orientar el chorro secundario de la canalización secundaria 324 hacia el chorro primario saliente de la canalización primaria 308 y, más en particular, perpendicularmente o sensiblemente perpendicularmente al chorro primario. De esta manera, se puede hacer desviar la llama, por ejemplo, en la
- 55

dirección indicada por la flecha 344 en la figura 3c. (La dirección 344 de la llama va a depender de la relación de las impulsiones de los chorros primario y secundario.) Así, se puede obtener, haciendo variar la impulsión del chorro secundario con el concurso de los medios de control, una dirección de llama variable que permite barrer con la llama toda una superficie, tal como la superficie de un baño líquido que ha de calentarse.

- 5 La figura 3d es una vista en despiece ordenado de la boquilla 345 sobre la cual se viene a fijar la pastilla 342 (mediante medios no representados en esta figura), en este punto, en forma de una parte cilíndrica lateral hueca 350 que va a pasar a apoyarse en el extremo de la boquilla 345, en tanto que la abertura 346 en la pastilla pasa a posicionarse allí donde desemboca la canalización primaria 308.

- 10 La figura 3e representa el fondo (interior) de esta pastilla 342 cuya cara interior 349 incluye una cavidad 347, en el que va a distribuirse el chorro secundario procedente de la canalización secundaria 324, para luego pasar a topar sensiblemente perpendicularmente con el chorro primario procedente de la canalización primaria 308 por mediación de la rendija 348 por encima de la abertura principal de salida 346.

Así, la llama 344 (figura 3c) procedente de esta abertura 346 va a verse desviada hacia abajo (con relación a las figuras 3c, d y e).

- 15 Es de señalar que la posibilidad de utilizar una pastilla para conferir la orientación deseada a uno o varios chorros secundarios antes de sus respectivos puntos de interacción con el chorro primario no está limitada a los chorros secundarios orientados en orden a hacer variar la dirección de la llama, sino que también es de aplicación en los chorros secundarios antes descritos que permiten hacer variar la apertura de la llama.

- 20 Asimismo, la invención se refiere a un procedimiento para controlar de manera dinámica o activa las prestaciones de un sistema de combustión o de un quemador con el concurso de uno o varios chorros secundarios, que pasan a incidir en un chorro primario con el fin de modificar el flujo del chorro y de producir una llama cuya dirección y/o apertura pueden ser modificadas en función de las características (especialmente, dirección y cantidad de movimiento) de los chorros primarios y/o secundarios. Este procedimiento se puede utilizar para regular en lazo cerrado o en lazo abierto las prestaciones de un sistema de combustión que pone en práctica inyecciones de chorros fluidos (líquido, gaseoso o dispersión sólida).

La figura 2 representa un procedimiento de regulación de las prestaciones de un quemador según la invención 210, montado en un hogar 212.

- 30 Los sensores 214, 216 y 217 miden respectivamente magnitudes caracterizadoras de los productos de combustión, de las condiciones del funcionamiento de la combustión o del hogar y del funcionamiento del quemador. Estas medidas se transmiten, con el concurso de las líneas 218, 219 y 220, al controlador 215. Este último determina, en función de unas consignas dadas para estas magnitudes características, los parámetros de funcionamiento de los chorros secundarios, en orden a mantener las magnitudes características en sus valores de consigna y, con el concurso de la línea 221, transmite estos parámetros a los órganos de mando 211 del quemador.

- 35 El quemador según la invención comprende ventajosamente medios para controlar las impulsiones de los chorros primario y/o secundarios, o también medios para controlar la relación de las impulsiones del chorro primario y del o los chorro(s) secundario(s). Esta relación es una función de la relación de la sección del paso del chorro primario y de las secciones de las canalizaciones secundarias, de la relación de los caudales por las canalizaciones secundarias al caudal del chorro resultante que alimenta la llama y de la relación de las densidades de los fluidos del chorro primario y del o los chorros secundarios. (En los siguientes párrafos, cuando se considera la variación de una de estas relaciones, las otras dos se consideran constantes.)

Cuanto más aumente el valor de la relación de la sección del paso y de la sección de una canalización secundaria en correspondencia con la abertura secundaria correspondiente, mayor impacto tendrá (a caudales respectivos constantes) el chorro secundario correspondiente sobre el chorro primario. Se elegirá preferentemente una relación de secciones comprendida entre 5 y 50, más preferentemente entre 15 y 30.

- 45 La relación del caudal del conjunto de los chorros secundarios al caudal total variará típicamente entre 0 (ausencia de chorros secundarios) y 0,5 y, preferentemente, entre 0 y 0,3; más preferentemente entre 0 y 0,15; teniendo presente que, cuanto mayor sea esta relación de caudales, mayor será la desviación y/o la apertura de la llama.

- 50 La relación de la densidad de cada fluido constitutivo de los chorros secundarios a la densidad del fluido del chorro primario permite controlar el impacto de los chorros secundarios. Cuanto menor sea el valor de esta relación, mayor será el efecto del chorro secundario sobre el chorro primario, a caudal constante. Por motivos prácticos, muchas veces se utilizará el mismo fluido en los chorros secundarios y en el chorro primario (relación igual a la unidad). Para aumentar (a caudal másico constante) los efectos de los chorros secundarios, se utilizará un fluido de menor densidad aparente que la del fluido en el chorro primario. La naturaleza del fluido en los chorros secundarios se escogerá en función de la aplicación perseguida. Se puede utilizar, por ejemplo, para controlar la desviación de un chorro de aire, una mezcla de aire y de helio (de densidad inferior) o para aumentar el arrastre de los productos de combustión en una llama cuyo combustible es propano, controlar el chorro principal de combustible y/o de

comburente con un chorro secundario de vapor de agua. De una manera general, la relación de las densidades (o de las densidades aparentes) del fluido más denso al fluido menos denso puede variar entre 1 y 20, preferentemente entre 1 y 10, más preferentemente entre 1 y 5.

5 La geometría de la sección de inyección del paso y/o de las canalizaciones secundarias podrá ser de formas diversas, y especialmente, circular, cuadrada, rectangular, triangular, oblonga, multilobulada, etc. La geometría de estas secciones de inyección influye en el desarrollo de las inestabilidades del chorro resultante / de la llama. Por ejemplo, un chorro a la salida de un inyector de forma triangular será más inestable que el procedente de un inyector de forma circular, inestabilidad esta que favorece la mezcla del chorro resultante con el medio circundante.

10 Igualmente, un inyector de forma oblonga favorecerá, en un campo cercano al inyector, el desarrollo no simétrico del chorro, a diferencia de un inyector de forma circular o cuadrada.

Por lo que se refiere a las propiedades físico-químicas del fluido utilizado para realizar los chorros secundarios, estas pueden ser escogidas para controlar ciertas propiedades del flujo resultante. Por ejemplo, se podrá modificar la reactividad de una mezcla de chorros principales combustible (por ejemplo, gas natural), comburente (por ejemplo, el aire) mediante utilización de oxígeno (u otro comburente) y/o de hidrógeno (u otro combustible).

15 Si se dota el extremo del paso del chorro primario, justo antes del punto de interacción de los chorros primario y secundario(s), de una boquilla que incluye un tramo convergente / tramo divergente (también denominada tobera de De Laval en la bibliografía), se podrá obtener, en la salida del tramo divergente (de manera en sí conocida en la bibliografía) un chorro de fluido primario y un chorro resultante, por ejemplo, un chorro de oxígeno, supersónico que podrá ser, entonces, de dirección variable (ocasionalmente, de apertura variable, pero perdiendo generalmente su velocidad supersónica, lo cual permite alternar las velocidades subsónicas y supersónicas en ciertos procedimientos). La tobera de De Laval puede ir dispuesta, asimismo, sobre el chorro resultante, antes de la abertura principal de salida.

20 De acuerdo con una variante del procedimiento, se utilizan al menos dos chorros secundarios, en orden a obtener una variación de la dirección de la llama en un plano (por ejemplo, hacia la izquierda y la derecha, o hacia arriba y abajo). Cabe también la posibilidad de utilizar al menos dos chorros secundarios en orden a obtener una variación de la dirección de la llama en al menos dos planos secantes. Estas dos variantes, solas o combinadas, permiten barrer al menos una parte de una superficie, tal como la superficie de una carga.

Utilizando un chorro secundario cuyo eje no es secante o prácticamente secante con el eje del chorro primario, puede variarse la apertura de la llama por encima de la carga, únicamente o en combinación con un barrido.

30 Se han previsto, preferentemente, medios para controlar la cantidad de movimiento del chorro primario y/o del al menos un chorro secundario.

35 Es de señalar que, si bien, en lo que antecede, el quemador y el procedimiento se han ilustrado anteriormente haciendo referencia a un modo de puesta en práctica con un solo chorro primario que se hace interaccionar con uno o varios chorros secundarios, es evidente que la presente invención cubre también un quemador de este tipo para crear una o varias llamas cuya apertura y/o dirección son variables a partir de una multitud de chorros primarios que interaccionan con uno o varios chorros secundarios.

40 La figura 5 ilustra el modo en que el quemador según la invención permite realizar una llama variable a partir de dos chorros primarios: un chorro primario de combustible y un chorro primario de oxidante. Cada chorro primario interacciona con uno o varios chorros secundarios. Teniendo los dos chorros resultantes, procedentes del quemador y, por lo tanto, también la llama, una dirección y/o una apertura variable merced a esta interacción.

45 La figura 5a muestra esquemáticamente el chorro resultante de combustible 61 coronado por el chorro resultante de oxidante 62, en la situación en la que ninguno de estos chorros es controlado mediante una interacción con uno o unos chorros secundarios. La figura 5b muestra estos mismos chorros resultantes, pero en una situación en la que estos son controlados o desviados en oposición (chorros convergentes). El chorro 60 es desviado hacia abajo por el chorro secundario 62, mientras que el chorro 61 es desviado hacia arriba por el chorro secundario 63, dirigido de abajo arriba (contrariamente a 61). La figura 5c muestra los resultantes en una situación en la que estos chorros son controlados o desviados en el mismo sentido (hacia arriba en la figura): los chorros secundarios 63 y 65 actúan de abajo arriba, respectivamente, sobre los chorros principales 61 y 60, lo cual origina chorros resultantes dirigidos ambos hacia arriba. Estos tres ejemplos permiten obtener llamas de dirección y de morfología (longitud, achatamiento, etc.) muy diferentes. La llama 64 será muy ancha en el plano horizontal medio de los dos chorros, mientras que la llama 67 estará acusadamente desviada hacia arriba.

55 De acuerdo con la invención, en el punto de interacción entre el chorro secundario y el chorro primario, el eje del chorro secundario forma, con el plano perpendicular al eje del chorro primario, un ángulo que es inferior a 90°, y preferentemente igual a 0°. No obstante, tal como se ilustra en las figuras 3C y D, por razones de ocupación de espacio, los canales que alimentan estos chorros son, la mayoría de las veces, en sustancia paralelos. Para reorientar el flujo secundario en correspondencia con la zona de interacción de los dos flujos, se puede fijar, en la

punta de un quemador de canales paralelos, una pieza terminal, denominada en adelante pastilla de inyección, cuya función es la de transformar la dirección del chorro secundario, inicialmente paralelo al chorro principal, en un chorro secundario que pasa a incidir en el chorro principal, estando el eje de dicho chorro secundario situado preferentemente en un plano perpendicular al eje del chorro principal.

- 5 Sin embargo, la utilización del quemador para procedimientos a temperatura muy elevada ($T > 1000\text{ }^{\circ}\text{C}$) puede conducir a un sobrecalentamiento y un deterioro de la pastilla de inyección.

Para obviar este tipo de problema, en el dimensionamiento de la pastilla de inyección, se tratará de reducir la superficie frontal del quemador sometida a la irradiación dentro del recinto a alta temperatura. Para ello, se tratará de limitar la relación ℓ_e .

- 10 Asimismo, se puede utilizar una de las dos soluciones ilustradas en las figuras 16 y 17. La primera solución (figura 16) consiste en ubicar el quemador 500 dentro de una pieza refractaria 501 cuya geometría y posición relativa quemador / antecámara protegerán al primero de una irradiación demasiado acusada. La posición o el retroceso del quemador dentro de la antecámara debe ser suficiente para protegerlo de la irradiación, pero no por eso debe limitar la amplitud direccional de la llama. Para ello, se podrá modificar la geometría de la antecámara eliminando una parte de la misma según la línea 160, en líneas discontinuas en la figura 16, según el ángulo α .

Preferentemente, la relación R_d estará comprendida dentro del intervalo 0,3 a 3, en tanto que el ángulo α pertenecerá al intervalo $[0^{\circ}, 60^{\circ}]$.

- 20 La segunda solución consiste en añadir una pieza refractaria de tipo manguito, directamente sobre el cabezal del quemador (donde se sitúa la abertura principal de salida) tal y como se ilustra en la figura 17. Esta solución permite obviar la presencia de una antecámara con geometría compleja. Las dimensiones del manguito son tales que este no limita la amplitud direccional del inyector. Esto significa en particular que el espesor f del manguito es escaso (inferior al diámetro del chorro principal), o también que el material utilizado para realizar este manguito tiene una conductividad térmica muy pequeña. Se elegirá, por ejemplo, alúmina.

- 25 Asimismo, la invención se refiere a un procedimiento para calentar una carga con el concurso de un quemador, en el que se hace variar la dirección (y/o la apertura) de la llama con relación a la carga. Según ya se ha mencionado antes, la invención permite, en especial, utilizar uno o al menos dos chorros secundarios, en orden a obtener una variación de la dirección de la llama en un plano (por ejemplo, hacia la izquierda y la derecha, o hacia arriba y abajo). Cabe también la posibilidad de utilizar al menos dos chorros secundarios en orden a obtener una variación de la dirección de la llama en al menos dos planos secantes. Estas dos variantes, solas o combinadas, permiten barrer al menos una parte de la superficie de la carga.

Según un modo de realización, el calentamiento de la carga es tal que, en una primera fase, se dirige la llama en dirección y a la carga y por que, en una segunda fase, se dirige la llama sensiblemente paralelamente a la carga.

- 35 En particular, durante la primera fase, el ángulo de inyección de la llama puede estar comprendido entre aproximadamente 90° y 5° , típicamente entre aproximadamente 90° y 10° . Durante la segunda fase, el ángulo de inyección de la llama está comprendido típicamente entre aproximadamente 5° y 0° .

Preferentemente, el ángulo de inyección de la llama durante la primera fase está comprendido entre 5° y 75° , más preferentemente de 25° a 45° .

- 40 La figura 8 muestra tres perfiles de flujos de calor transferido por una llama a una carga según el ángulo de incidencia de la llama sobre la carga, en función de la distancia al punto de inyección de los reactivos de la llama. Se observa un aumento muy acusado del flujo de calor transferido a la carga con el aumento de la incidencia de la llama. Para una incidencia nula ($\alpha = 0$ —véase la figura 12—), el flujo de calor es sensiblemente constante en toda la longitud de la llama; para una incidencia de 15° , el flujo transferido aumenta muy deprisa, luego, un poco menos deprisa a partir del punto A, en tanto que, para una incidencia de llama de 30° , el flujo transferido aumenta con suma rapidez hasta el punto B, y luego, con menos rapidez sensiblemente hasta el punto A, a partir del cual disminuye la transferencia.

Las figuras 9A y B representan el ángulo de apertura de la llama en función de la relación del caudal de los chorros secundarios (accionadores) al caudal del chorro principal (chorro principal).

- 50 En la figura 9A, las curvas C1 y C2 representan, respectivamente, el ángulo de apertura en función de la relación de los caudales accionadores / chorro principal. C1 se refiere a una configuración CONF1 en la que los accionadores son perpendiculares al chorro principal y desembocan a una distancia h de la abertura principal de salida, y C2 corresponde a una configuración idéntica a CONF1, pero con una distancia $2xh$, en lugar de h , entre las aberturas secundarias y la abertura principal de salida. Estas dos curvas muestran que la apertura de la llama es mayor cuando el impacto entre los accionadores y el chorro principal es más cercano a la abertura principal de salida.

La figura 9b ilustra las variaciones del ángulo de apertura en función de la relación de los caudales de los accionadores y del chorro principal: la curva C3 corresponde a la configuración CONF3 con accionadores que inciden en el chorro principal a 90° (es decir, según un plano perpendicular al eje del chorro principal: $\theta = 0^\circ$), a una distancia $2xh$ de la abertura principal de salida (similar a CONF2), en tanto que la curva C4 corresponde a la configuración CONF4, idéntica a CONF3, a excepción del ángulo de incidencia α de los accionadores, que es de 45° con respecto al eje del chorro principal (es decir, el ángulo θ entre el eje de los accionadores y el plano perpendicular al eje del chorro principal = $90^\circ - \theta = 45^\circ$). Se pone de relieve que, cuando los chorros accionadores son perpendiculares al chorro principal (CONF3: $\theta = 0^\circ$), se obtiene, dadas, por lo demás, las mismas circunstancias, una apertura de la llama mayor que cuando el ángulo de incidencia α de los chorros accionadores es menor (en este punto, 45°) (CONF4: $\theta = 45^\circ$).

La figura 9 representa el ángulo de desviación (en grados) en función de la relación del caudal de los chorros accionadores y del caudal del chorro principal, expresada en porcentaje.

En la figura 10A se representan cuatro curvas para las cuales, dadas, por lo demás, las mismas circunstancias, el caudal del chorro principal es respectivamente de 200 l/min, 150 l/min, 100 l/min y 50 l/min. Se pone de relieve que estas cuatro curvas son prácticamente coincidentes, lo cual es buena muestra de que la desviación de la llama no es función del caudal del chorro principal.

La figura 10B representa la transferencia de calor a una carga: flujo de calor entregado por un quemador según la invención, en el que se hace variar la relación del caudal de los chorros accionadores al caudal del chorro principal (también representado en este punto en porcentaje del caudal del chorro principal), tanto para el chorro de combustible como para el chorro de comburente (quemador de inyección separada). Cada chorro inicialmente inyectado paralelamente por encima de la carga va siendo desviado progresivamente en dirección a la carga, lo cual aumenta la transferencia de calor a la carga.

La figura 11 representa una curva del ángulo de apertura de la llama en función de la relación de impulsión de los chorros.

Esta curva plasma el conjunto de los datos experimentales obtenidos para el control de la apertura. El ángulo de apertura medido se recoge en función del parámetro físico J, que es la relación de las impulsiones específicas de los chorros accionadores y del chorro principal. Esta relación se escribe como el producto de la relación de las densidades aparentes (fluido accionador al fluido principal) y de la relación del cuadrado de la velocidad de los chorros accionadores y del cuadrado de la velocidad del chorro principal. El fluido principal es el mismo para todos los experimentos, en tanto que se utilizaron diferentes fluidos para los accionadores. Estos fluidos difieren principalmente por su densidad aparente (de la densidad aparente mayor a la menor: CO_2 , Aire, mezcla Aire - Helio). Se observa que todos los puntos experimentales (sean cuales sean los caudales y los fluidos utilizados) se alinean sobre una recta. Esto muestra que el parámetro físico que controla la apertura es, efectivamente, la relación de las impulsiones específicas antes definida.

Ejemplos

Los siguientes ejemplos permiten comprender mejor la invención y el modo en que puede utilizarse.

En la figura 7, se muestra con mayor detalle un ejemplo de un quemador de inyecciones separadas de diferentes fluidos.

El quemador de inyecciones separadas 101 incluye una fila superior de inyector de oxígeno 112 en forma de chorros y de inyector de gas natural (combustible) 125 en forma de chorros, encontrándose el conjunto de los inyectores dentro de la masa refractaria 121 (figura 7C).

La parte habitualmente metálica 102 del quemador 101 está situada en la parte derecha de la figura 7A y se prolonga en los tubos 107 y 109 de inyección de gas oxígeno, por una parte, 207 y 209 de inyección de gas natural, por otra, en la izquierda de la figura 7A.

En esta figura, se han previsto dos alimentaciones independientes de oxígeno (o cualquier comburente) 104 y 106 que alimentan respectivamente las cajas 103 y 105 relacionadas respectivamente con los tubos 109 y 107, fluyendo el oxígeno por los tubos 110 y 108.

El extremo 111 de los tubos está ampliado en la figura 7B, con ayuda de la cual se explica la interacción de los chorros principal 108 y accionador 110. En el extremo de los tubos 107 y 109, se halla dispuesto un canal 127 que prolonga el canal 110 de flujo del chorro accionador. La pared 109 se prolonga en las paredes 113, inclinadas hacia arriba, horizontal 114 y vertical 115 (en la figura), en tanto que un volumen central 126 permite delimitar un canal 127 en primer lugar inclinado hacia arriba, horizontal y luego vertical (es decir, a 90° con respecto al canal de flujo gaseoso 108 y abocando en el mismo por la abertura 120). La parte vertical del canal 127 tiene una altura L, definida anteriormente, que permite asegurarse de la ortogonalidad de los chorros 110 y 108 en correspondencia con 120 (por supuesto, si se elige un ángulo de intersección de los chorros diferente de 90° , el canal 127 tendrá la inclinación

que se quiera, y permaneciendo su longitud L dentro de los límites antes previstos).

La parte metálica del quemador acaba en una pared 123, vertical en el presente caso, que flanquea el canal 127, parte metálica expuesta a la radiación térmica del hogar en utilización. Para asegurar la duración útil de este extremo de los tubos de inyección, se podrá prever un elemento protector, por ejemplo, de alúmina, resistente a temperaturas elevadas, que pasa a encajarse, por ejemplo, en este extremo metálico para protegerlo y teniendo una abertura igual a la abertura 112 (figura 7C).

El sistema de alimentación de combustible 204, 206, 203, 205 es similar al sistema de alimentación de comburente antes descrito, con un canal principal 207, un canal accionador 209 que delimita unos chorros principal de combustible 208 y accionadores de combustible 210, todo ello alojado en una abertura cilíndrica 222 de la antecámara 221 (similar a 122 para el oxidante). Los extremos 124 y 125 son similares a 123 y 112. Se ha previsto el mismo sistema de inyección de chorro accionador de combustible en el extremo 207 y 209, tal como se representa en la figura 7B, dimensionado en función de las características del combustible.

Sin embargo, en general, se preferirá no prever más que un solo chorro accionador por inyector sobre el fluido que tenga la impulsión más elevada (en general, el comburente, en el caso de un quemador), acarreado el propio chorro así desviado la desviación del otro chorro al exterior del quemador. En tal caso, por supuesto, el chorro (o la fila de chorros) de impulsión más elevada se dispondrá generalmente por encima del chorro de impulsión menos elevada, de manera tal que, sin acción del chorro accionador sobre el chorro de impulsión más elevada, el quemador entrega una llama orientada generalmente horizontalmente, en tanto que, cuando el chorro accionador (que pasa a actuar por arriba y por debajo sobre el chorro principal de cantidad de movimiento menos elevada) pasa a actuar sobre el chorro principal, este es dirigido, según se ha explicado anteriormente, hacia abajo (progresivamente, según la relación de las impulsiones) y arrastra con él el segundo chorro de impulsión menos elevada (en este punto, el combustible) formando una llama que, así, puede pasar de una posición horizontal a una posición inclinada en dirección a la carga que ha de calentarse, situada bajo la llama del quemador. Añadiendo un chorro accionador a ambos lados del chorro principal a 90° (o cualquier otro ángulo entre 0° y 180°) de dicho chorro accionador ilustrado en la figura 7a (es decir, sobre una horizontal en correspondencia con 123 en la figura 7c, perpendicularmente a A-A), esto permite entonces desplazar la llama sobre la carga que ha de calentarse de izquierda a derecha o de derecha a izquierda, cubriendo así sustancialmente toda la superficie que ha de calentarse.

De acuerdo con la invención, el chorro accionador forma, con el chorro principal, un ángulo que es superior a cero. Por razones de ocupación de espacio, los dos canales que conducen estos chorros son alimentados, la mayoría de las veces, por un sistema de alimentación coaxial (canales paralelos –véase la figura 7–).

La invención se va a ilustrar seguidamente en el caso de un quemador útil para calentar una carga indeterminada, que puede ser una carga metálica o cualquier otra carga que se tiene que fundir y/o llevar a una temperatura elevada, y mantenerse luego a la misma, por ejemplo, una carga de metal ferroso o no ferroso, de materiales sólidos para la producción de vidrio, para la del cemento o, por el contrario, una carga que se tiene que secar a partir de un baño líquido.

Es posible, en especial, utilizar la invención en un útil de tratamiento de acero en un horno de arco eléctrico, por ejemplo, de la manera siguiente: este tipo de útil incluye generalmente una llama (habitualmente subsónica) que permite calentar el metal, hacer que se funda, especialmente al principio de una fusión. Esta llama, según se ha explicado en la presente solicitud, puede ser de dirección variable equipando cada chorro principal (comburente, combustible, premezcla) o, al menos, un chorro principal, con un chorro accionador que pasa a hacer variar su dirección y/o su apertura, en orden a poder desplazar esta llama sobre la carga sin precisar de medios mecánicos pesados que cambian la dirección del cuerpo del quemador. Estos útiles, muchas veces, están dotados asimismo de lanzas de inyección de carbón pulverizado, inyectado generalmente con el concurso de gas vector en una lanza. Dotando esta lanza de una canalización de inyección de un chorro secundario, por ejemplo, un gas idéntico al gas “propulsor” del carbón pulverizado, se podrá así hacer variar la dirección (también la apertura del chorro, al igual que para cualquier fluido) del chorro de carbón pulverizado (o fueloil líquido pulverizado), con el fin de favorecer un encuentro rápido del chorro de combustible pulverizado con la llama o, por el contrario, alejar este chorro de la llama.

Los subsiguientes ejemplos son relativos al control de la transferencia de calor por parte de un quemador según la invención hacia una carga, por ejemplo metálica, en un procedimiento de fusión de una carga.

Un horno de fusión de aluminio generalmente está equipado con uno o varios quemadores sobre una o varias de las paredes laterales que rodean la cuba de fusión del horno, dispuestos por encima de la línea de flotación del metal cuando este último está completamente fundido (líquido). El eje de la llama, cuando esta es horizontal, está situado a una altura comprendida entre 10 y 100 cm con respecto a esta línea de flotación, preferiblemente entre 40 y 80 cm.

- Ejemplo 1: caso de materia sólida en el horno:

Se utilizan quemadores según la invención para que la incidencia de llama sea variable. (Se entiende por incidencia

el ángulo de la llama con respecto a la horizontal.) Cuando la incidencia es nula, la llama es horizontal. Cuando la incidencia es no nula, la llama está inclinada bajo la horizontal y dirigida hacia la solera de la cuba de fusión del horno.

5 Los quemadores inyectan cada chorro de fluido en la cámara del horno, pero cabe utilizar este tipo de inyector tan solo para el fluido (comburente o combustible) de impulsión más fuerte cuando el mismo puede interaccionar con el de menor impulsión, en orden a obtener la desviación deseada de la llama, típicamente, el comburente en el caso de un quemador aire / combustible gaseoso u oxígeno / combustible gaseoso.

10 En la primera parte del ciclo de fusión del aluminio, cuando el metal se halla presente mayoritariamente en estado sólido, se gradúa la dirección de la llama para que esta tenga una incidencia no nula (eje de la llama entre 5° y 75° , preferiblemente entre 25° y 45°). Este ajuste permite mejorar considerablemente la transferencia térmica del quemador y, con ello, reducir la duración de la fusión (según se ha explicado con ayuda de la figura 10).

15 Cuando la mayoría de los bloques de metal sólido están fundidos, se gradúa la dirección de la llama en orden a tener un ángulo de incidencia nulo. Por lo tanto, la llama es paralela a la línea de flotación del metal líquido. Este ajuste permite seguir transfiriendo energía a la carga y terminar la fusión del metal o afinarlo limitando el calentamiento del metal ya fundido y, consecuentemente, su oxidación por la llama o los productos de combustión.

20 Entre las posiciones extremas de la llama antes descritas (incidencia franca e incidencia nula), se puede igualmente, durante la primera parte del ciclo, adoptar un ajuste intermedio, estático, donde la incidencia de la llama está comprendida entre 5° y 30° , preferiblemente entre 10° y 25° , para obtener un compromiso entre cobertura de la carga del horno por la llama (superficie proyectada de la llama sobre el baño) e intensidad de la transferencia térmica. La figura 12 ilustra las posiciones extremas de la llama con relación a la carga.

La figura 12a es una vista desde arriba de un horno de fusión de aluminio que, equipado con dos quemadores según la invención, produce dos llamas posicionadas por encima del baño de metal.

La chimenea del horno permite la descarga de los humos producidos por las llamas.

Las figuras 12b y 12c representan una vista desde un lado del mismo horno, en correspondencia con la llama.

25 En la figura 12b, la llama está inclinada en un ángulo α con respecto a la horizontal, preferentemente cuando sigue habiendo presente metal sólido sobre el baño metálico, en tanto que, en la figura 12c, la llama está posicionada en incidencia nula ($\alpha = 0$).

30 Entre las posiciones extremas de la llama (incidencia franca e incidencia nula), se puede igualmente, durante la primera parte del ciclo, hacer variar de manera periódica el ángulo de incidencia de la llama. Por ejemplo, el operario del horno puede hacer variar la incidencia entre 0° y 45° y luego volver a 0° .

35 Preferentemente, se pilotará el quemador con una caja de mandos que permite modular de manera periódica la relación de control del quemador, es decir, la relación de las impulsiones de los chorros principal y accionador(es) y, consecuentemente, la incidencia de la llama sobre el baño. La señal de mando de la caja de mandos podrá ser sinusoidal, triangular, cuadrada, etc., con una frecuencia variable de 0,05 Hz a 100 Hz, preferiblemente triangular a una frecuencia de 0,1 a 10 Hz. La variación periódica de la posición de la llama permite homogeneizar la transferencia de calor en el interior del horno y, así, hacer que los elementos sólidos se fundan más rápidamente.

• Ejemplo 2: homogeneizar la transferencia de energía a la carga:

40 Se utilizan quemadores según la invención para que la orientación de la llama en un plano horizontal pueda modificarse según demanda, en función de la relación de control de cada quemador, tal como se ilustra en la figura 13.

Cada chorro de fluido es inyectado en la cámara del horno por intermedio de un quemador según la invención, pero, para chorros situados en un mismo plano horizontal o planos horizontales poco espaciados entre sí (de uno a dos diámetros de chorro), cabe contentarse con utilizar estos inyectores tan solo para los chorros periféricos, cuando estos pueden interaccionar con los demás chorros que han de desviarse.

45 La variación de la orientación horizontal puede llevarse a cabo en ambos sentidos, izquierda y derecha, bien equipando cada chorro principal con dos chorros accionadores laterales, o bien equipando cada chorro principal periférico con un solo chorro accionador, capaz de accionar el chorro principal en el sentido horizontal, pero de sentidos opuestos entre sí. Se puede igualmente descentrar el inyector principal de modo que, a una relación de control nula, la llama sea desviada naturalmente (a la derecha o a la izquierda) con respecto al eje X-X' del quemador en la figura 13 y, entonces, hacer variar la orientación de la llama aumentando progresivamente la relación de control del sistema de mando (es decir, obtener un chorro según el eje X-X' con una relación de control no nula).

La utilización de uno o varios quemadores con orientación de llama variable permite aumentar la cobertura de la

carga mediante desplazamiento de la llama en un plano horizontal.

(La expresión relación de control antes utilizada se define por ser la relación de los caudales del chorro accionador y del chorro principal, teniendo presente que la impulsión de un chorro de fluido puede controlarse simplemente mediante la variación de la apertura de una válvula, siendo proporcional el aumento de la apertura de una válvula al aumento del caudal del chorro, dadas, por lo demás, las mismas circunstancias.)

Cuando las relaciones de control del / de los quemador(es) son nulas, la orientación de la llama está situada en el eje natural del quemador, y la llama cubre una porción de la carga. Cuando una de las relaciones de control es no nula, la posición de la llama es desviada, y la llama cubre otra porción de la carga.

La figura 13 ilustra un ejemplo de desplazamiento horizontal de una llama por encima de una carga; cada chorro principal 130, 132 (comburente o combustible) está dotado de un chorro accionador 131, 133; en la figura 13a, la relación de control CR del chorro 130 es nula, es decir, no se inyecta ningún fluido en el canal 131; por el contrario, la relación de control CR del chorro 132 es positiva, lo cual quiere decir que, debido a que 133 actúa de abajo arriba en la figura 13a, el chorro accionador 133 desvía el chorro principal 132 hacia arriba en la figura, es decir, hacia la izquierda con respecto al eje X-X' del quemador.

En la figura 13b, al ser nulas ($CR = 0$) las relaciones de control de los dos chorros principales 130 y 132, no hay chorros accionadores en acción, y la llama se propaga según el eje X-X'.

En la figura 13c, al contrario de la figura 13a, la relación de control CR del chorro 130 y del chorro es positiva, lo cual lleva consigo una derivación de la llama hacia abajo en la figura (hacia la derecha en una vista desde arriba), teniendo el chorro principal 132 y el chorro accionador 133 una relación de control nula (ausencia de chorro 133).

De este modo, cada quemador puede cubrir una mayor porción de carga, favoreciendo la homogeneidad de la transferencia térmica y permitiendo limitar la ocasional formación de puntos calientes, si en el baño se encuentran materiales refractarios (por ejemplo, residuos basados en alúmina, reciclados o que se forman por oxidación del metal que se está fundiendo), y favorecer, con carácter general, la transferencia térmica que permite acelerar el proceso de fusión a potencia constante, o reducir el consumo energético a tiempo de fusión constante.

- Ejemplo 3: llama con incidencia variable sobre la carga y que barre lateralmente la carga.
- Ejemplo 4: regulación en lazo cerrado:

Permitiendo este ejemplo de realización de la invención controlar el desplazamiento a la vez horizontal y vertical de la llama, en función, por ejemplo, de diferentes parámetros de funcionamiento del horno, facilitados por diferentes tipos de sensores instalados en el horno y, especialmente, sensores de flujo de calor, de temperatura u, ocasionalmente, de composición química (por ejemplo, diodo láser de tipo TDL).

- Un lazo de regulación cuyo sensor es un dispositivo de medición que permite obtener una imagen de la transferencia térmica a la carga o de la oxidación del baño de aluminio, permitiendo esta información disminuir o aumentar la transferencia a la carga, actuando sobre el caudal del chorro accionador, tal como se ha enunciado anteriormente.

- Un lazo de regulación de la posición de la llama basado en la medida de la temperatura del baño, cuando hay presente al menos una porción del baño en estado líquido. Mientras la temperatura de baño sea inferior a un valor T_c , comprendido entre 650 y 750 °C, por ejemplo para el aluminio, la llama debe permanecer en incidencia no nula sobre el baño para maximizar la transferencia de calor.

Cuando nos vamos acercando al valor T_c , se levanta progresivamente la llama para distanciarla del baño, máxime cuando se alcanza el valor objetivo, con el fin de limitar los riesgos de oxidación de la carga. A continuación, se regula la incidencia de la llama para mantener la temperatura en su valor objetivo.

- Un lazo de regulación de la posición de la llama basado en la medida del flujo térmico:

Este flujo térmico se puede evaluar ocasionalmente por intermedio de una diferencia de temperaturas leída entre dos termopares inmersos en el baño a dos profundidades diferentes, pero en una misma generatriz perpendicular a la solera del horno.

Asimismo, el flujo térmico se puede deducir de las transferencias térmicas calculadas a través de la solera del horno, siempre mediante medición de la diferencia de temperatura en su seno. Dada la mayor resistividad de la solera, constituida a partir de materiales refractarios, es más fácil obtener un gradiente de temperatura significativo.

El flujo térmico también se puede seguir merced a un fluxómetro dispuesto, por ejemplo, en la bóveda de la cámara de fusión. En efecto, dadas, por lo demás, las mismas circunstancias, cualquier disminución del flujo percibido por la bóveda y observado por el fluxómetro

corresponderá al menos parcialmente a un aumento del flujo de calor transmitido a la carga. (Se presta menos interés al valor absoluto del flujo térmico transmitido a la carga (o de las pérdidas en las paredes) que a la evolución temporal de la señal que le corresponde.)

5 La fusión de la carga dará comienzo con una llama en franca incidencia sobre la carga, manteniéndose esta incidencia mientras el flujo transmitido a la carga permanezca elevado. A partir del instante en que disminuye este flujo, prueba de un aumento de la temperatura de la carga y de la disminución de su capacidad de absorción térmica, se levanta progresivamente la llama para distanciarla del baño, con el fin de limitar los riesgos de oxidación o de sobrecalentamiento de la carga.

10 - Un lazo de regulación de la posición de la llama basado en la medida de la composición de los humos en la salida del horno o en el interior del horno, por ejemplo, antes del colector de humos del horno, por encima del baño, entre la llama en incidencia y el baño de aluminio, etc., para la detección de una o varias especies reveladoras de la oxidación del baño de aluminio, tales como el CO:

15 a. La composición de los humos se puede medir, de manera en sí conocida, por extracción con posterior análisis (analizadores tradicionales, TDL u otros) o *in situ*, por absorción (diodo láser u otro) o por sonda electroquímica.

20 b. La fusión da comienzo con una llama en franca incidencia sobre la carga, y esta incidencia se mantiene mientras el o los trazadores de la oxidación de la carga sean estables y escasos en cantidad. A partir del instante en que aumenta la concentración del o los trazadores de la oxidación, se levanta progresivamente la llama para distanciarla del baño, con el fin de limitar la concentración del o los trazadores y, con ello, la oxidación de la carga, actuando sobre el chorro principal por mediación del chorro accionador tal como anteriormente se ha explicado.

25 c. Adicionalmente, la posición de la llama se puede graduar para alcanzar un valor de consigna y mantener luego una consigna precisa de concentración de trazador de oxidación. Efectivamente, se puede fijar un umbral de concentración que no se habrá de sobrepasar, y ajustar permanentemente la incidencia de la llama para lograrlo.

30 Hay que hacer constar en cualquier caso que, cuando la carga se compone al menos en parte de sólido frío, se puede orientar la llama de manera franca en incidencia sobre la carga, ya que, mientras las temperaturas permanezcan modestas, por ejemplo inferiores a 600 °C para el aluminio, el índice de oxidación permanece pequeño. Cuando la carga se ha hecho esencialmente líquida, la regulación utilizada pasa a ser importante para evitar la elevación de temperatura del metal y la oxidación del mismo. Para una aplicación de la invención en el calentamiento de otro material distinto al aluminio, por ejemplo para calentar un baño de vidrio, etc., se aplican los mismos principios de regulación, para temperaturas y criterios que son diferentes de un material a otro, pero que, en sí mismos, son bien conocidos para un experto en la materia.

35 • Ejemplo 5: control de las emisiones:

Todas las técnicas primarias de reducción de las emisiones de óxidos de nitrógeno de los quemadores o de los hogares industriales utilizan las propiedades locales de los flujos de los fluidos o de la llama para limitar su formación. En particular, estas se encaminan a reducir la temperatura o las concentraciones de los reactivos (combustible, oxígeno) o los tiempos de residencia de los reactivos en la llama y/o en los productos de combustión. 40 Una de estas técnicas consiste en arrastrar gases quemados en modo suficiente en los reactivos o en la llama para rebajar las temperaturas, la concentración de los reactivos o reducir el tiempo de residencia. Para ello, se dimensiona el quemador en orden a obtener chorros de combustible y/o de comburente a gran velocidad (fuerte impulsión) y suficientemente a distancia para obtener el porcentaje máximo de arrastre o de recirculación de gases quemados compatible con una buena estabilización de la llama. El límite de estabilización se detecta con la 45 aparición de inquemados en los productos de combustión, tal como el monóxido de carbono para los hidrocarburos. En ciertas condiciones, se puede obtener un régimen de combustión "sin llama" particularmente favorable para la reducción de las emisiones.

La limitación de esta técnica y de las tecnologías de combustión que la utilizan está en que el porcentaje de arrastre de los gases quemados queda fijado por las dimensiones del quemador y las condiciones de funcionamiento. En 50 consecuencia, las prestaciones en cuanto a emisiones pueden degradarse de manera muy significativa en cuanto nos alejamos de estas condiciones, pero también cuando se cambia de combustible o los flujos propios del horno o del hogar contribuyen de manera significativa a las propiedades de las llamas.

La invención permite adaptar en funcionamiento las propiedades de las llamas y, en particular, la tasa de recirculación de los gases quemados, lo cual permite minimizar en cualquier circunstancia las emisiones de 55 contaminantes y, en definitiva, optimizar las prestaciones de los quemadores.

• Ejemplo 6: quemador de premezcla constituido a partir de un inyector ubicado dentro de un hogar:

Se utilizan chorros accionadores tal y como se han descrito antes para modificar en funcionamiento el ángulo de apertura del chorro de fluido principal (o de varios chorros). En este caso, el chorro principal es una premezcla gaseosa de combustible y de comburente. La apertura del chorro mide el nivel de arrastre del medio ambiente por este último, esta puede medirse mediante el ángulo entre el eje del chorro y la recta tangente a la frontera entre el chorro y el medio ambiente. (Esta frontera puede definirse como el lugar en el chorro donde la concentración del fluido inyectado se hace nula.)

La apertura del chorro es controlada mediante la relación entre el caudal del chorro accionador y el caudal total del chorro resultante. Cuando esta relación de control es nula, se mide un nivel de emisión N1 (figura 15). Esta relación de control es, de hecho, la relación de las impulsiones de los chorros, según se ha explicado antes.

Entonces, se aumenta el parámetro de control en orden a aumentar el arrastre de gases quemados en el chorro y, así, diluir la mezcla de combustible inyectada. Esta dilución va a conducir, por una parte, a reducir la temperatura y, por otra, la concentración de los reactivos en la llama. Por lo tanto, las emisiones de NOx van a disminuir hasta alcanzar un nivel N2 (figura 15). Si se aumenta aún más el valor del parámetro de control, la temperatura y las concentraciones de los reactivos se hacen demasiado pequeñas para asegurar una correcta estabilización de la llama: se ve entonces que aparecen inquemados en los productos de combustión. Las emisiones de óxidos de nitrógeno se hallan entonces en un nivel N3, y las emisiones de inquemados, en un nivel I3 demasiado elevado. Entonces, se reduce el parámetro de control hasta obtener el nivel óptimo de las emisiones NO e IO (intersección de las curvas NOx e inquemados en la figura 15). Esta situación óptima podrá obtenerse manualmente (control pasivo) o, preferiblemente, mediante un dispositivo de control activo. Este dispositivo integra sensores para la medición de las emisiones de los óxidos de nitrógeno y de los inquemados, utilizando un autómata la lógica de control antes enunciada y los órganos de mando de los caudales del chorro principal y del (de los) chorro(s) accionador(es) al menos un inyector. El autómata determinará el valor del parámetro de control que minimiza las emisiones de óxidos de nitrógeno y de inquemados. El control activo se hace indispensable tan pronto como el número de parámetros que han de optimizarse es superior o igual a dos. Por ejemplo, se puede querer al mismo tiempo minimizar las emisiones de contaminantes mediante aumento de la tasa de dilución de la llama mediante los gases quemados y maximizar la transferencia a la carga mediante inclinación de la llama hacia la carga.

- Ejemplo 6: quemador en combustión no premezclada:

Si la tecnología de combustión es de tipo no premezclada, el control puede ejercerse entonces indistintamente sobre el combustible, el comburente o bien ambos, de una manera análoga al ejemplo 5.

De ser necesario, se combinarán los efectos de apertura (arrastre del medio ambiente) y de desviación de los chorros (chorro de combustible y de comburente divergentes), y especialmente para aumentar el impacto de la dilución de la llama y maximizar la reducción de las emisiones.

REIVINDICACIONES

1. Quemador que incluye:
 - un paso (10, 310, 410, 308, 608) para llevar un chorro primario de comburente o de combustible o de una premezcla comburente-combustible hacia una abertura principal de salida (11, 311, 611),
- 5 • al menos una canalización secundaria (21, 321, 322, 323, 324, 421, 422, 423, 424, 622, 624) para la inyección de un chorro secundario y posicionada, con relación al paso (10, 310, 410, 608), de manera que, en el punto de interacción entre el chorro secundario correspondiente y el chorro primario, el ángulo θ entre el eje del chorro secundario correspondiente y el plano perpendicular al eje del chorro primario sea superior o igual a 0° e inferior a 90° , preferentemente de 0° a 80° , aún más preferentemente de 0° a 45° ,
- 10 incluyendo el quemador medios de regulación de la impulsión de cada chorro secundario correspondiente y permitiendo hacer variar la dirección y/o la apertura de la llama (1) cambiando la impulsión de al menos un chorro secundario correspondiente,
- 15 caracterizado por que la al menos una canalización secundaria (21, 321, 322, 323, 324, 421, 422, 423, 424, 622, 624) desemboca en el paso (10, 310, 410, 608) por una abertura secundaria (31, 331, 332, 333, 334, 431, 432, 433, 434, 632, 634) situada aguas arriba de la abertura principal (11, 311, 611), estando la al menos una abertura secundaria (31, 331, 332, 333, 334, 431, 432, 433, 434, 632, 634) espaciada de la abertura principal (11, 311, 611) una distancia L inferior o igual a diez veces la raíz cuadrada de la sección s de la abertura principal (11, 311, 611), preferentemente $L \leq 5\sqrt{s}$, aún más preferentemente $L \leq 3\sqrt{s}$.
- 20 2. Quemador según la reivindicación 1, en el que los medios de regulación controlan la relación entre la impulsión de cada chorro secundario correspondiente y la impulsión del chorro primario.
3. Quemador según una de las anteriores reivindicaciones, que comprende al menos una canalización secundaria (21, 321, 322, 323, 324, 622, 624), posicionada, con relación al paso (10, 310, 608), de tal modo que, en correspondencia con la abertura secundaria correspondiente (31, 331, 332, 333, 334, 632, 634), los ejes del chorro primario y de dicho chorro secundario son secantes o prácticamente secantes, con el fin de poder hacer variar el
- 25 ángulo de la llama en la salida del quemador con respecto al eje del chorro primario, aguas arriba de la abertura secundaria correspondiente.
4. Quemador según la reivindicación 3, que comprende al menos dos canalizaciones secundarias (321, 322, 323, 324, 622, 624) posicionadas, con relación al paso (310, 608), de tal modo que las dos aberturas secundarias correspondientes (331, 332, 333, 334, 632, 634) están situadas en un mismo plano perpendicular al eje del chorro primario y que, en correspondencia con estas dos aberturas secundarias correspondientes (331, 332, 333, 334, 632, 634), los ejes de los chorros secundarios correspondientes son secantes o prácticamente secantes con el eje del
- 30 chorro de fluido primario.
5. Quemador según la reivindicación 4, en el que las dos aberturas secundarias correspondientes (331, 332, 333, 334, 632, 634) son coplanarias con el eje del chorro primario en correspondencia con las dos aberturas secundarias (331, 332, 333, 334, 632, 634) y están situadas a ambos lados de este eje del chorro primario.
- 35 6. Quemador según la reivindicación 4, en el que el plano definido por el eje del chorro primario en correspondencia con las dos aberturas secundarias correspondientes (331, 332, 333, 334, 632, 634) y una de las dos aberturas secundarias correspondientes (331, 332, 333, 334, 632, 634) es perpendicular al plano definido por el eje del chorro primario y la otra de las dos aberturas secundarias correspondientes (331, 332, 333, 334, 632, 634).
- 40 7. Quemador según una de las reivindicaciones 4 a 6, que comprende al menos cuatro canalizaciones secundarias (321, 322, 323, 324), posicionadas, con relación al paso (310, 410), de tal modo que las cuatro aberturas secundarias correspondientes (331, 332, 333, 334) se encuentran en un mismo plano perpendicular al eje del chorro primario y que, en correspondencia con estas cuatro aberturas secundarias (331, 332, 333, 334), los ejes de los chorros secundarios correspondientes son secantes o prácticamente secantes con el eje del chorro primario,
- 45 siendo dos de estas aberturas secundarias correspondientes (331, 332, 333, 334) coplanarias con el eje del chorro primario según un primer plano y estando situadas a ambos lados de este eje, siendo las otras dos aberturas secundarias correspondientes (331, 332, 333, 334) coplanarias con el eje del chorro primario según un segundo plano y estando situadas a ambos lados de este eje.
8. Quemador según una de las anteriores reivindicaciones, en el que al menos una canalización secundaria (421, 422, 423, 424, 624) está posicionada, con relación al paso (410), de tal modo que, en correspondencia con la
- 50 abertura secundaria correspondiente (431, 432, 433, 434), el eje del chorro de fluido secundario correspondiente no es en sustancia coplanario con el eje del chorro de fluido primario, con el fin de poder originar, mantener o reforzar una rotación del chorro de fluido resultante alrededor de su eje y, así, hacer variar la apertura de la llama en la salida del quemador.
- 55 9. Quemador según la reivindicación 8, que comprende al menos dos canalizaciones secundarias (421, 422,

423, 424), posicionadas, con relación al paso (410), de tal modo que los ejes de los chorros secundarios correspondientes no son en sustancia coplanarios con el eje del chorro primario y que los chorros secundarios correspondientes están orientados según un mismo sentido de rotación alrededor del eje del chorro primario.

- 5 10. Quemador según la reivindicación 9, en el que las dos aberturas secundarias correspondientes (431, 432, 433, 434) están situadas a ambos lados del eje del chorro primario.
11. Quemador según una de las anteriores reivindicaciones, en el que al menos una canalización secundaria (21) está posicionada, con relación al paso (10), de manera que, en correspondencia con la abertura secundaria correspondiente (31), la canalización secundaria (21) presente un espesor e y una altura ℓ , siendo la altura ℓ superior o igual a 0,5 veces el espesor e , preferentemente, comprendida entre $0,5 \times e$ y $5 \times e$.
- 10 12. Quemador según una de las anteriores reivindicaciones, que incluye medios para controlar la relación de las impulsiones del chorro de fluido primario y del chorro de fluido secundario.
13. Quemador según una de las anteriores reivindicaciones, que incluye un bloque de material (5, 605) en el que está situada al menos una parte del paso (10, 608), estando la abertura principal (11, 611) situada en una de las caras o superficies (6) del bloque (5, 605).
- 15 14. Quemador según una de las anteriores reivindicaciones, que incluye medios para controlar las impulsiones de los chorros primario y/o secundarios.
15. Quemador según una cualquiera de las anteriores reivindicaciones, que incluye una antecámara (610) dispuesta en el extremo del paso (608) y al menos una canalización secundaria (622, 624) que desemboca en el paso (608) por una abertura secundaria (632, 634) situada en la antecámara.
- 20 16. Procedimiento para calentar una carga por medio de una llama, siendo producida dicha llama utilizando un quemador según una de las anteriores reivindicaciones.
17. Procedimiento según la reivindicación 16, en el que se hace variar la dirección y/o la apertura de la llama haciendo interaccionar un chorro primario con al menos un chorro secundario.
- 25 18. Procedimiento según la reivindicación 17, en el que el chorro primario es un chorro que contiene comburente o combustible o una premezcla de comburente y de combustible.
19. Procedimiento según una de las reivindicaciones 16 a 18, en el que se hace variar la dirección de la llama con el fin de barrer al menos una parte de la superficie de la carga.
20. Procedimiento según la reivindicación 19, en el que se hace variar la dirección de la llama en al menos dos planos secantes, con el fin de barrer al menos una parte de la superficie de la carga.
- 30 21. Procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones 16 a 20, en el que, en una primera fase, se dirige la llama en dirección a la carga y por que, en una segunda fase, se dirige la llama sensiblemente paralelamente a la carga.

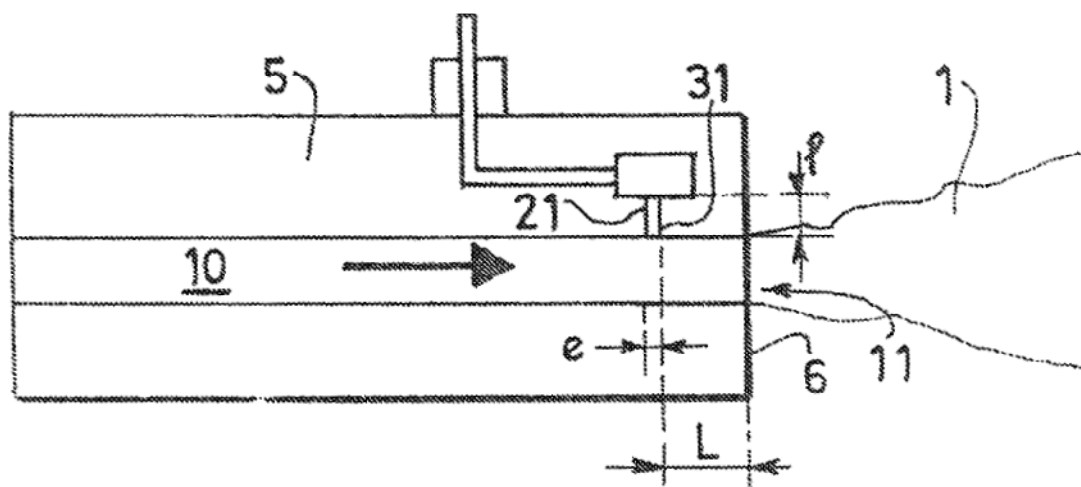


FIG.1

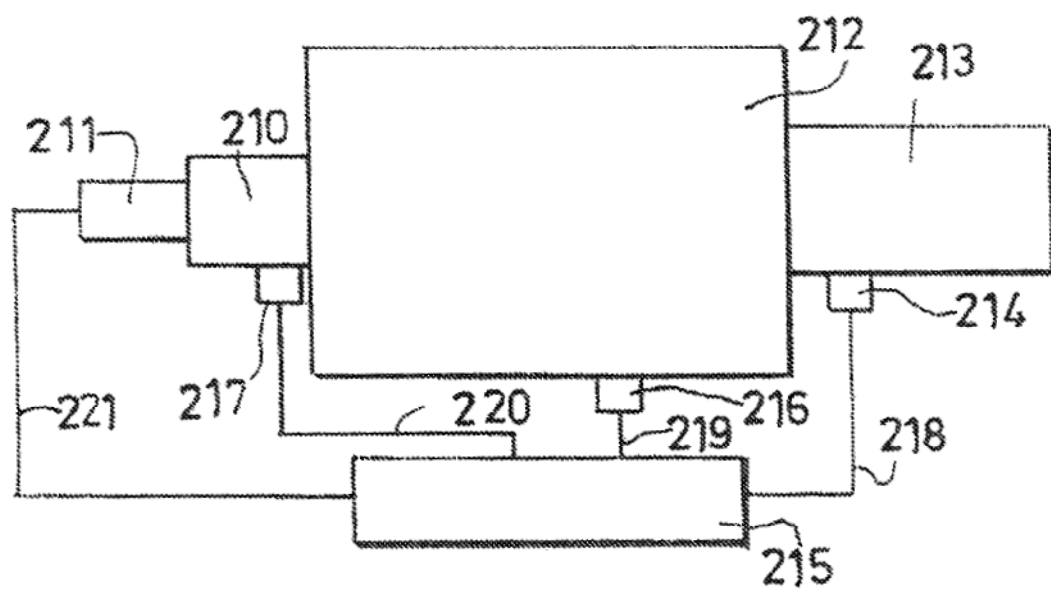


FIG.2

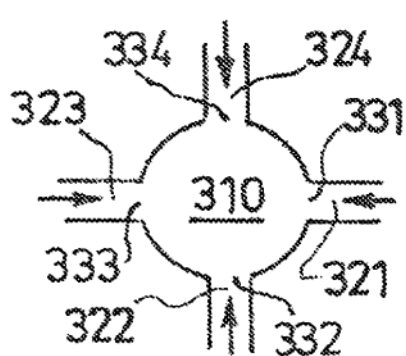


FIG. 3A

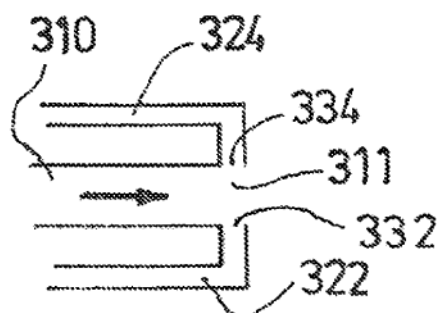


FIG. 3B

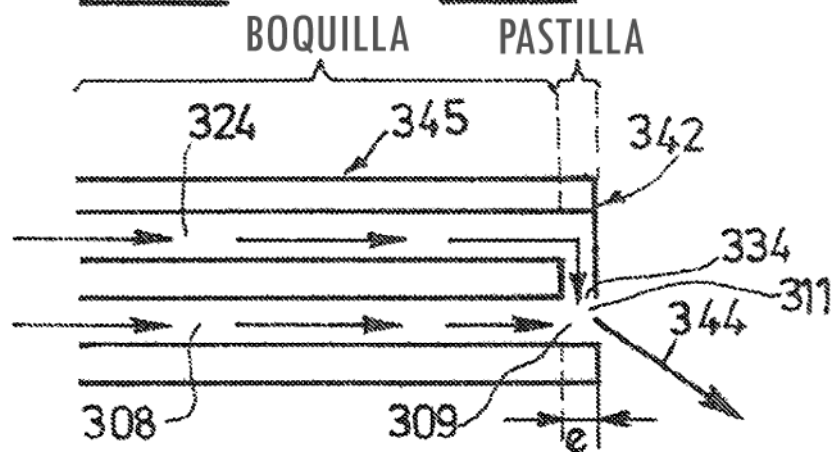


FIG. 3c

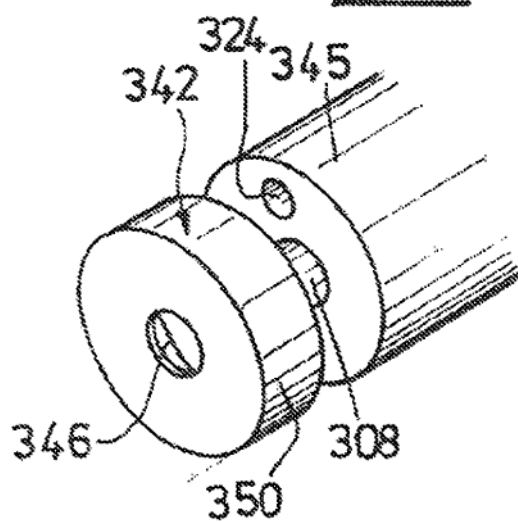


FIG. 3d

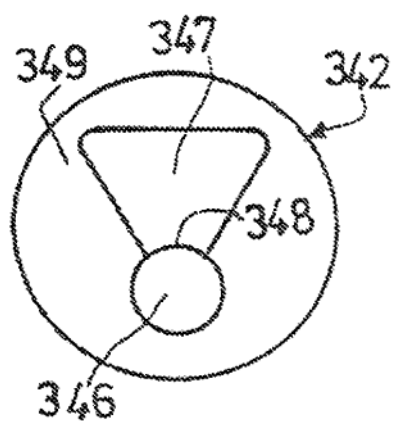


FIG. 3e

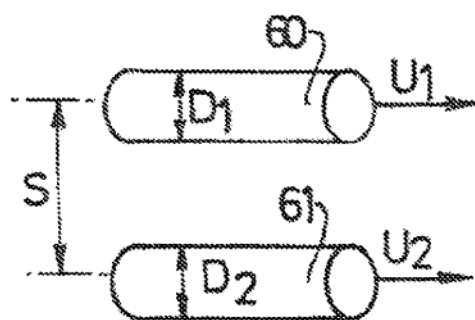
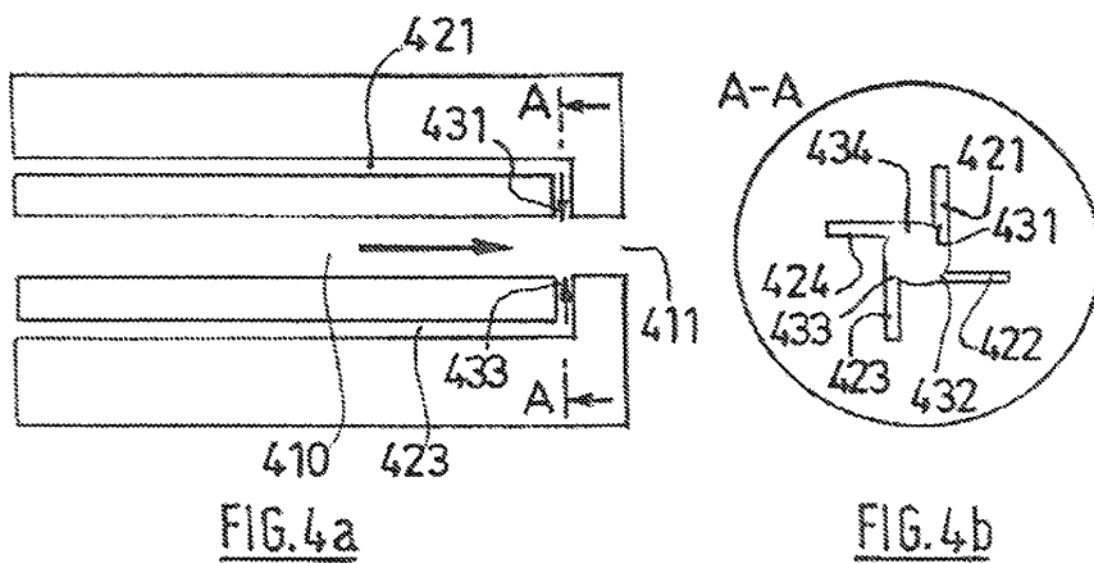


FIG. 5a

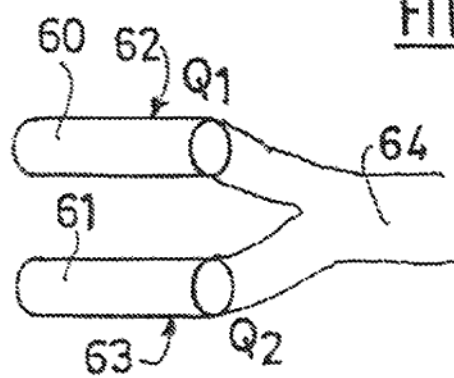


FIG. 5b

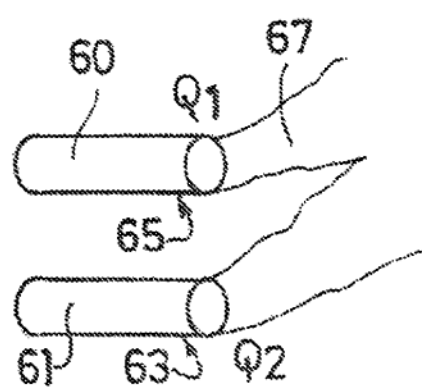
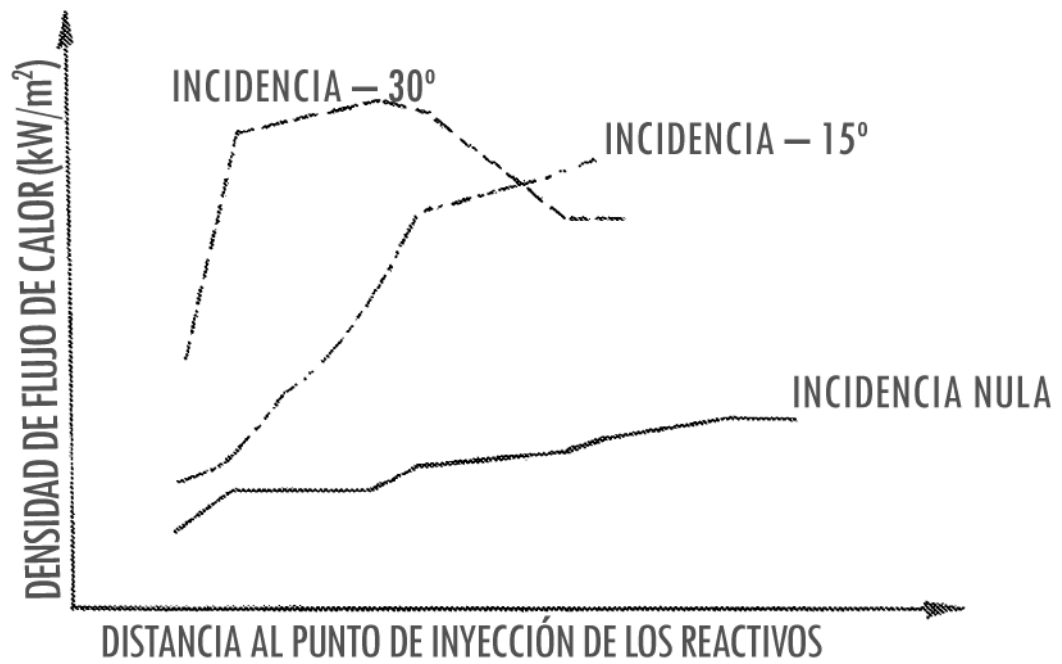
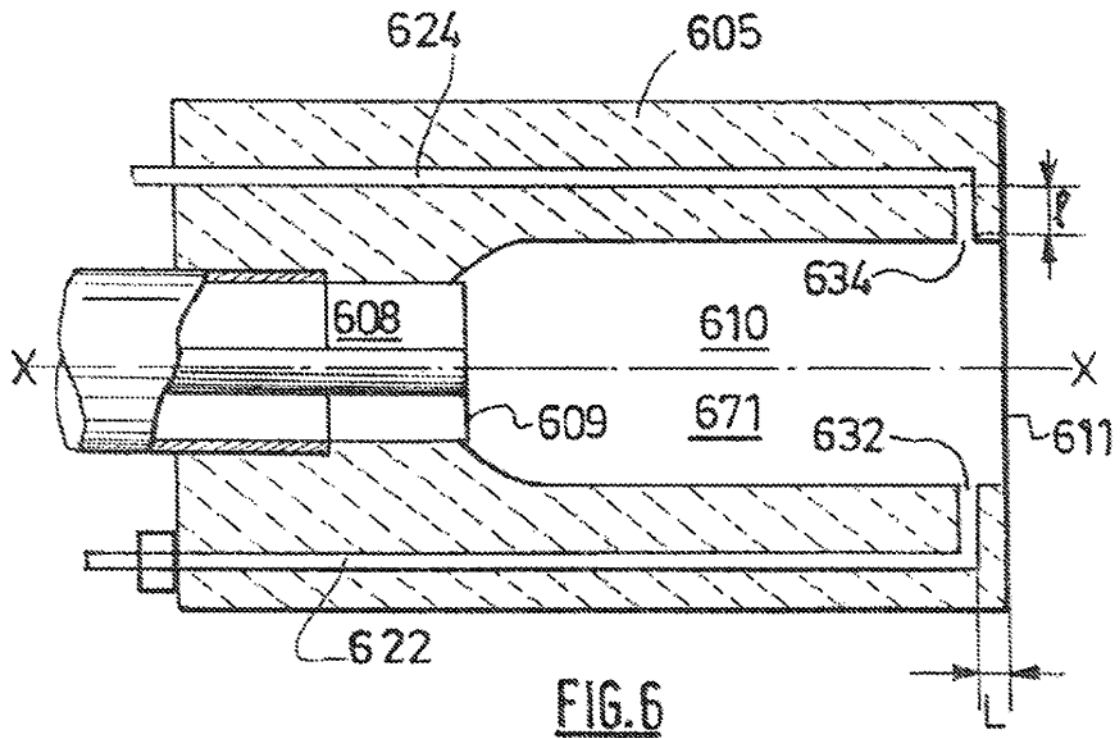
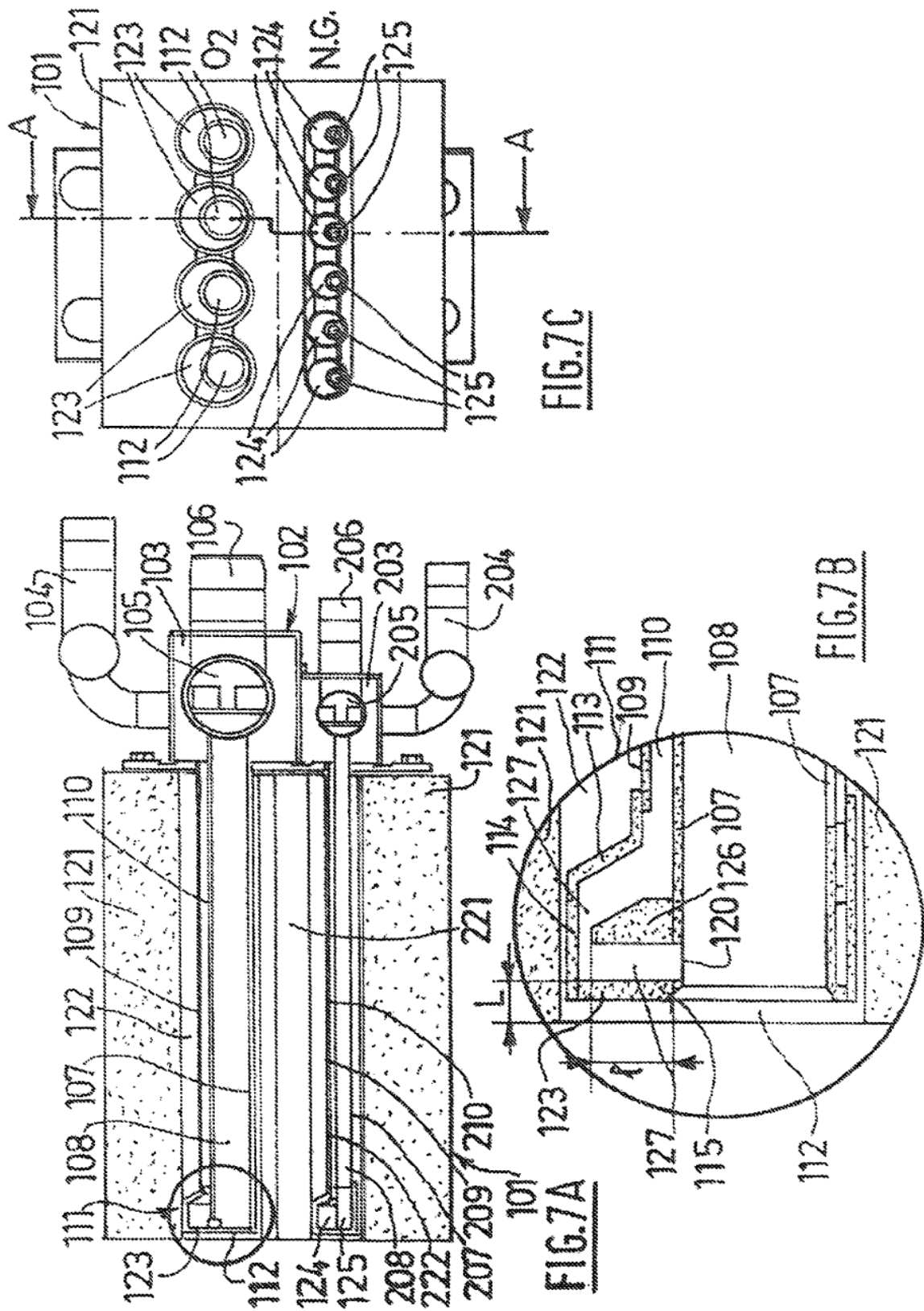


FIG. 5c





ÁNGULO APERTURA
CHORRO

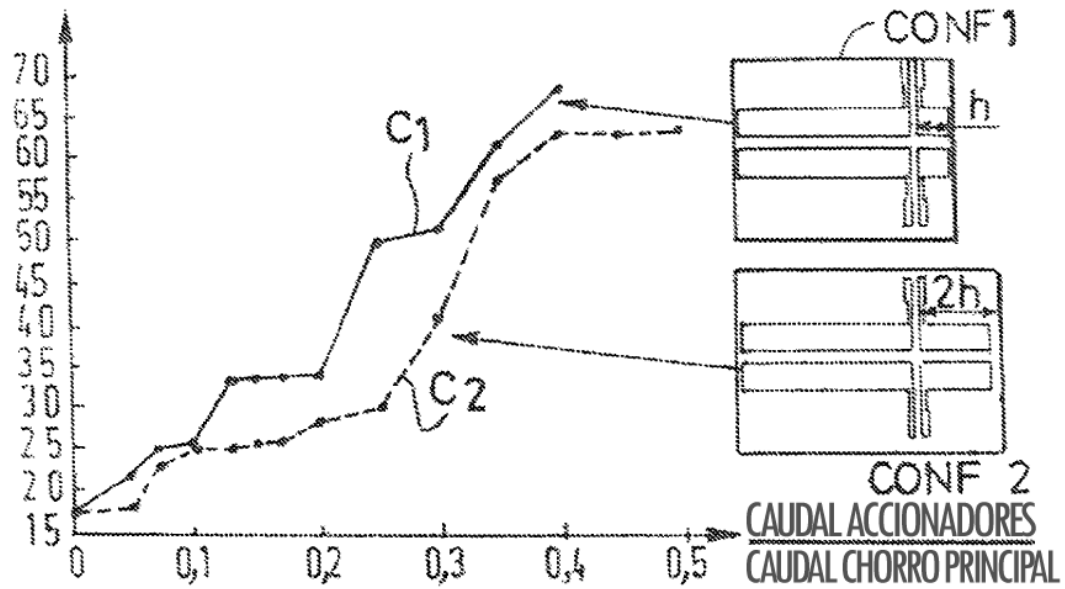


FIG.9A

ÁNGULO APERTURA
CHORRO

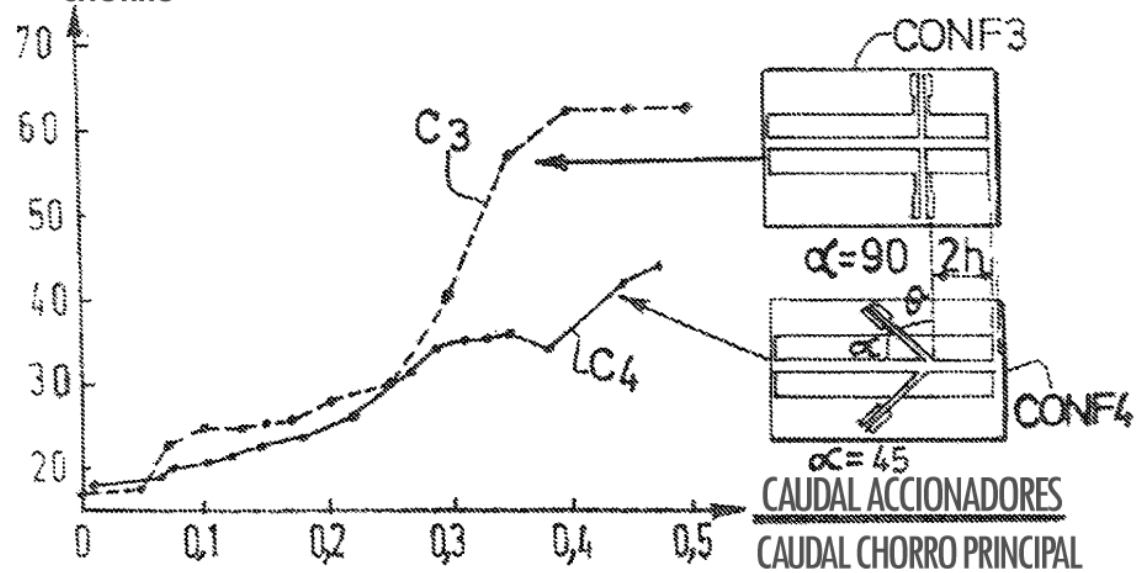
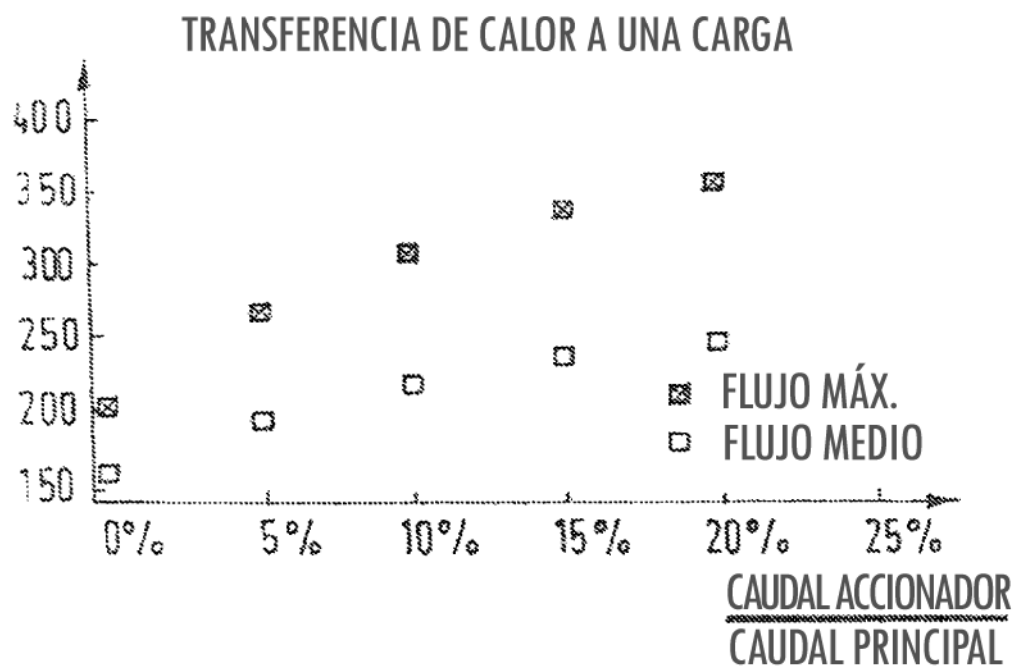
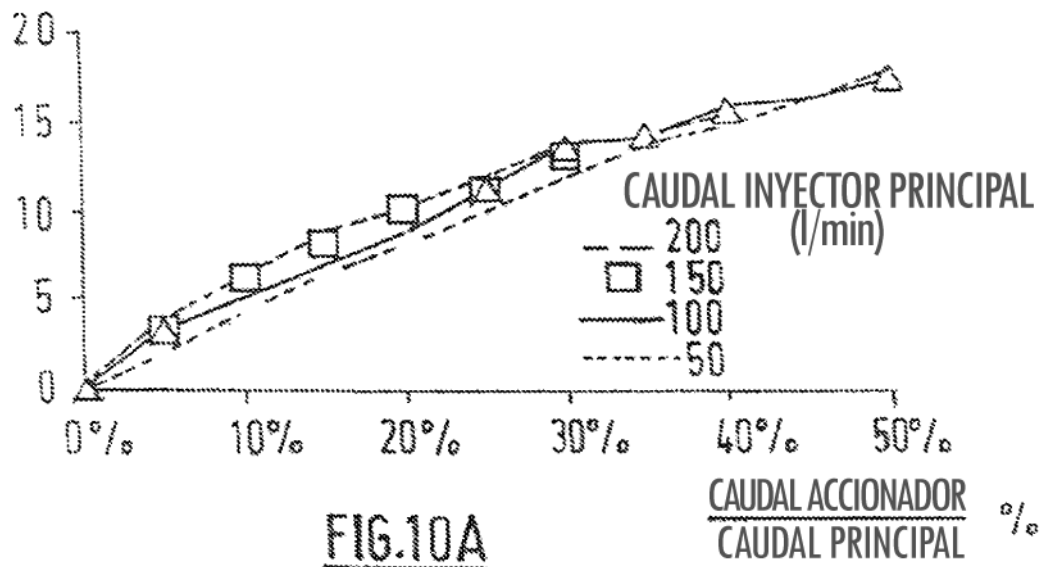


FIG.9B



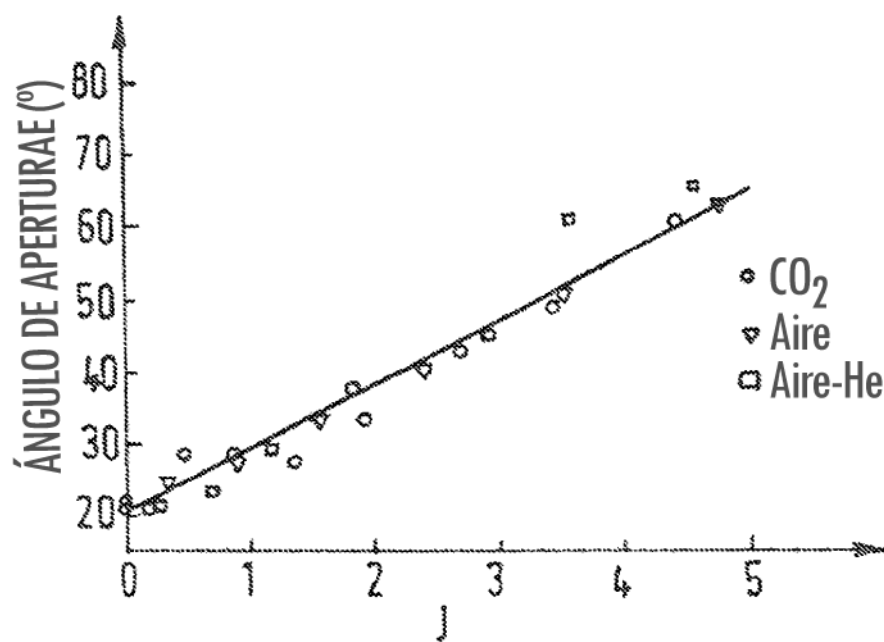


FIG.11

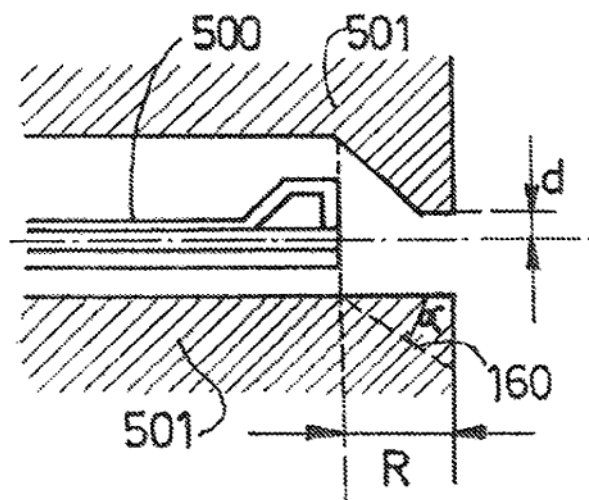


FIG.16

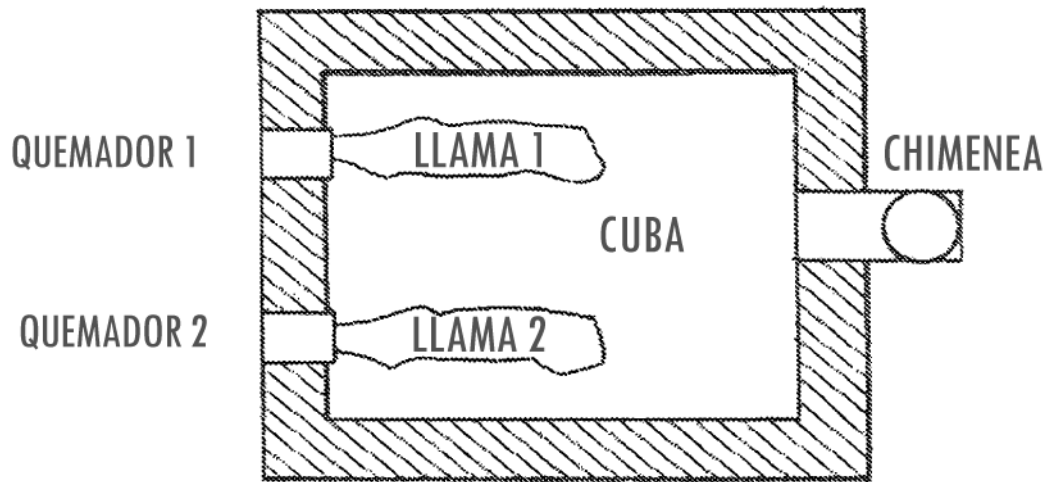


FIG.12A

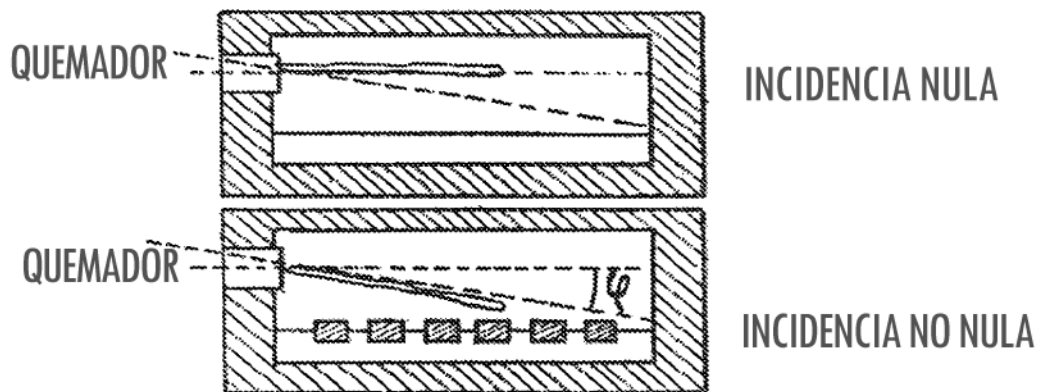


FIG.12B

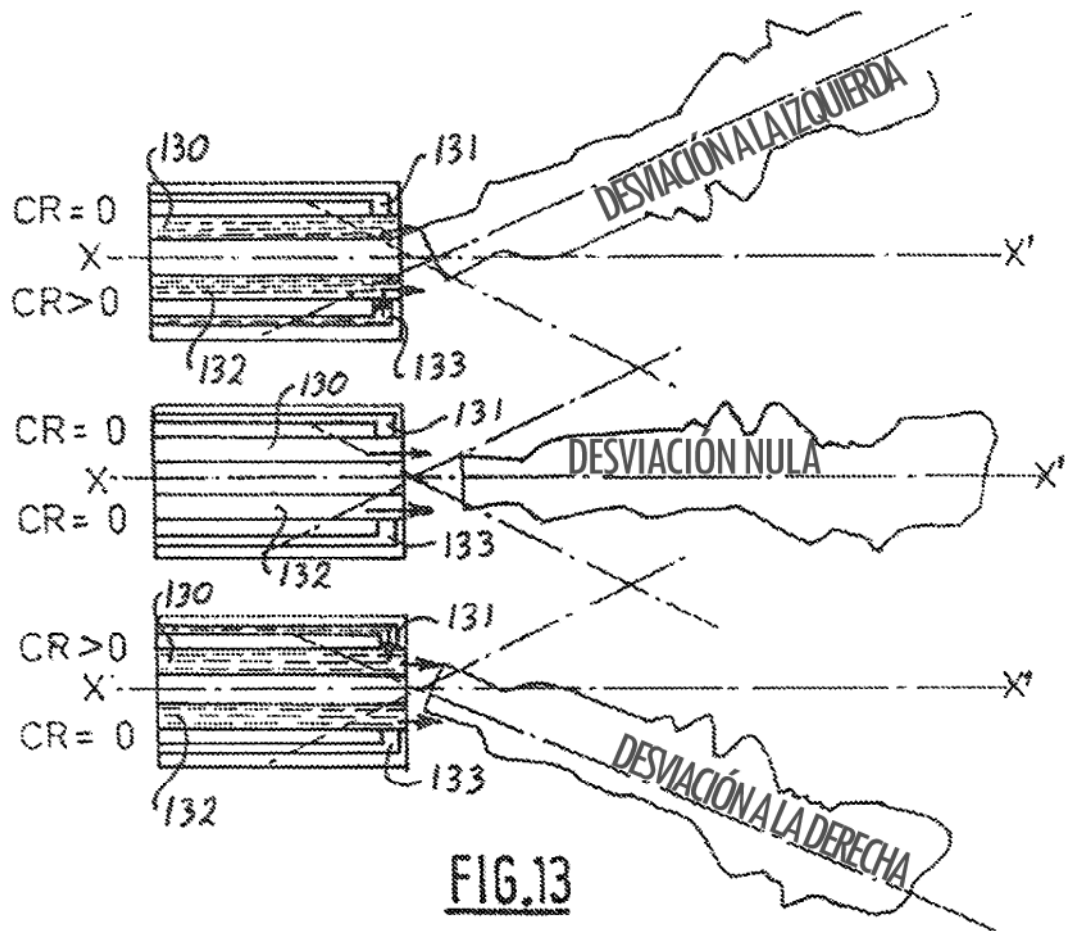


FIG.13

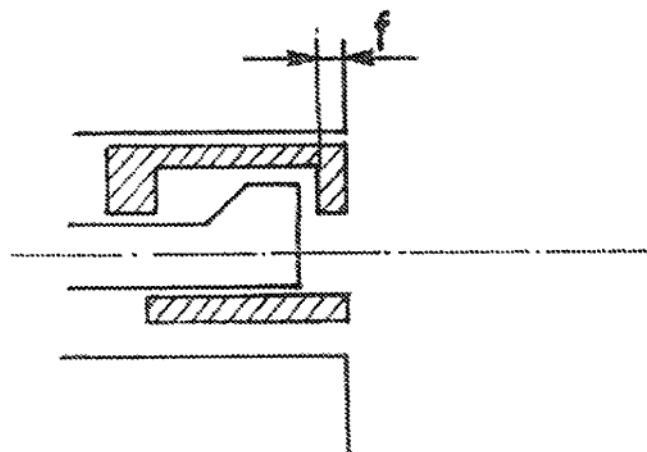


FIG.17

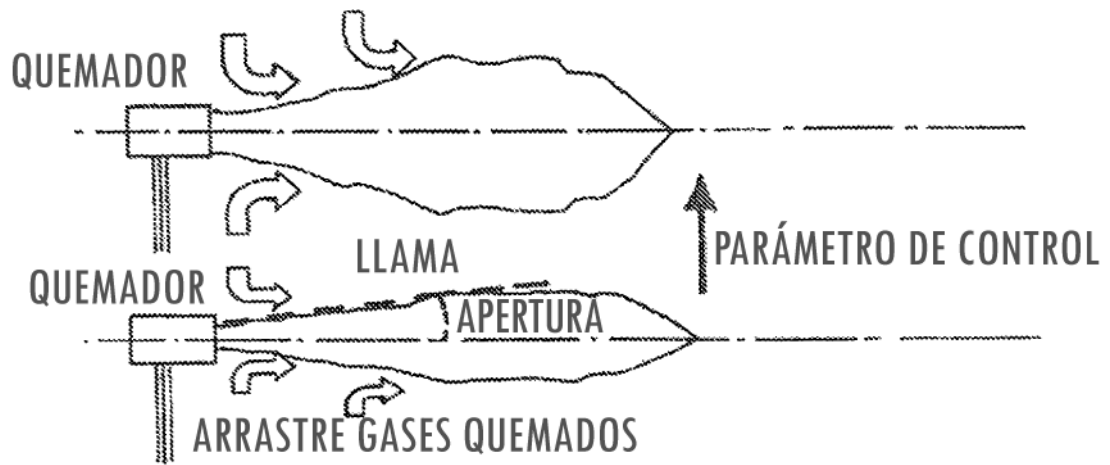


FIG.14

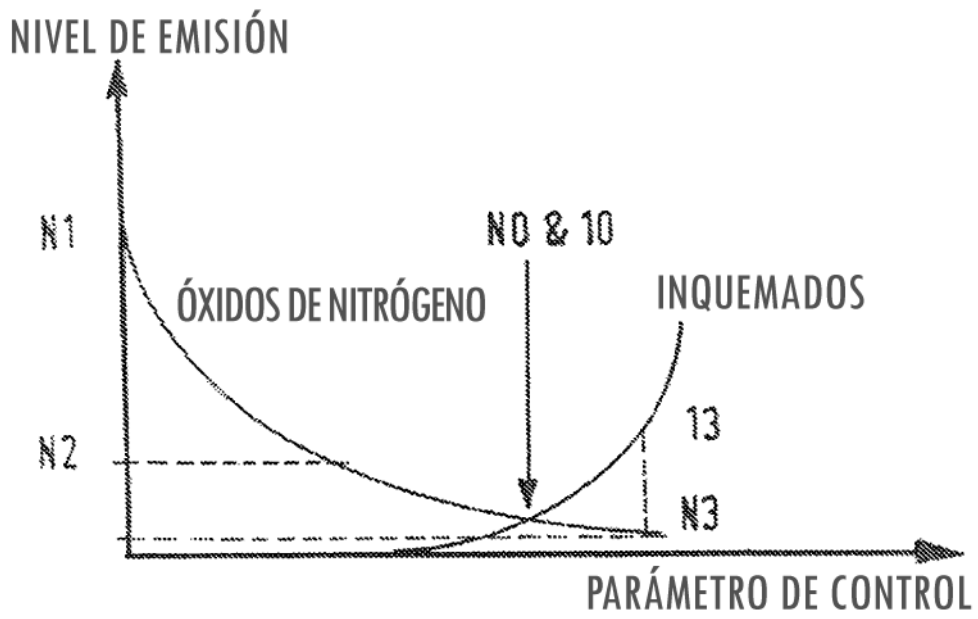


FIG.15