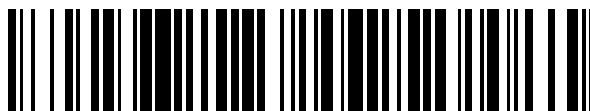


19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 375 194**

51 Int. Cl.:  
**F23D 11/10** (2006.01)  
**F23D 11/14** (2006.01)  
**F23D 11/40** (2006.01)  
**F23D 11/38** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **05020516 .0**  
96 Fecha de presentación: **20.09.2005**  
97 Número de publicación de la solicitud: **1691134**  
97 Fecha de publicación de la solicitud: **16.08.2006**

54 Título: **TOBERA ATOMIZADORA DE EMULSIONES, QUEMADOR Y PROCEDIMIENTO PARA APLICACIONES DE QUEMADORES DE OXÍGENO-COMBUSTIBLE.**

30 Prioridad:  
**18.01.2005 US 37664**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:  
**27.02.2012**

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:  
**27.02.2012**

73 Titular/es:  
**AIR PRODUCTS AND CHEMICALS, INC.**  
**7201 HAMILTON BOULEVARD**  
**ALLENTOWN, PA 18195-1501, US**

72 Inventor/es:  
**Dudill, Roger y**  
**Millington, David**

74 Agente: **Arias Sanz, Juan**

ES 2 375 194 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**

Tobera atomizadora de emulsiones, quemador y procedimiento para aplicaciones de quemadores de oxígeno-combustible

5 Esta solicitud de patente reivindica la prioridad de la solicitud de patente de los Estados Unidos con N.º de serie 11/037664, presentada el 18 de enero de 2005.

**Campo de la invención**

La presente invención se refiere a toberas de combustible líquido para combustión a base de oxígeno y procedimientos de su uso para producir temperaturas elevadas en hornos de fusión industriales.

**Antecedentes de la invención**

10 El uso de toberas atomizadoras se conoce en la técnica, como se ilustra en las patentes de EE. UU. N.º 5.547.368, 5.567.141, 5.393.220 y 5.617.997. Como se describe en la patente de EE. UU. N.º 5.547.368, las toberas atomizadoras se usan en hornos de fusión industriales para productos tan diversos como metales, vidrio, materiales cerámicos y similares.

15 Existen muchas maneras de atomizar combustibles líquidos en aplicaciones de combustión. Las toberas pueden agruparse en dos grandes grupos:

a) Atomizadores a presión, donde se usa una presión de combustible líquido relativamente alta para conducir el flujo a través de un orificio pequeño, que divide el líquido en gotitas. Estos atomizadores son relativamente sencillos. No obstante, su margen de regulación es estrecho, siendo necesarios cambios de tobera para sistemas que tienen amplias variaciones en las necesidades de flujo.

20 b) Atomizadores de fluido doble, donde se usa un gas atomizador para ayudar a la atomización del líquido. El gas atomizador suele introducirse a presiones más elevadas, mientras que el combustible líquido puede suministrarse a presiones menores. Este grupo de toberas puede dividirse además en:

25 1) De mezcla externa, donde el gas atomizador de alta velocidad se encuentra con el combustible líquido de velocidad menor en el exterior, dando como resultado la división del chorro de líquido, es decir, la atomización. Estas toberas suelen ser muy resistentes, aunque la forma de la llama y la calidad de la atomización son, en la mayoría de los casos inferiores a las óptimas, especialmente en aplicaciones de quemadores de oxígeno-combustible. Las llamas son bajas, estrechas y conducen a un suministro de calor no uniforme y a un sobrecalentamiento local.

30 2) De mezcla interna o emulsión, donde el gas atomizador y el combustible líquido se mezclan dentro de una cámara interna y la mezcla bifásica se expulsa después a través de un orificio de salida, provocando la división del líquido debido a la despresurización de la fase gaseosa intermezclada. Estas toberas producen una atomización excelente y controlable, una geometría de llama excelente y una transferencia de calor uniforme.

35 Mientras que el uso de los atomizadores de mezcla interna está extendido en la combustión de aire-combustible, su uso en los quemadores de oxígeno-combustible se ha visto limitado debido a las preocupaciones por la refrigeración y los posibles problemas por retroceso de llama. Con quemadores no refrigerados con agua, el oxidante primario refrigera la tobera atomizadora. Para quemadores de aire-combustible en los que el oxidante primario es aire, la refrigeración se lleva a cabo debido al gran volumen de aire (el oxidante primario) que se necesita y se proporciona para la combustión total. Sin embargo, para quemadores de oxígeno-combustible, que son quemadores que utilizan un oxidante primario con una concentración de O<sub>2</sub> mayor que el aire, la refrigeración de la tobera atomizadora mediante el reducido volumen de oxidante primario puede no ser satisfactoria. Por ejemplo, en el caso de un oxidante 100 % O<sub>2</sub>, si se proporciona la cantidad estequiométrica de oxígeno necesaria para la combustión, habrá aproximadamente un 80 % menos de volumen del oxidante primario disponible para refrigerar la tobera atomizadora que en los quemadores de aire-combustible. Además, los quemadores de oxígeno-combustible tiene temperaturas de llama mucho mayores. Por estas razones, se espera que las toberas atomizadores de quemadores de oxígeno-combustible funcionen a temperaturas mucho mayores que las de quemadores de aire combustible.

45 Las mayores temperaturas de las toberas de mezcla interna conducen a varios problemas potenciales:

50 1) Las temperaturas elevadas de las toberas pueden provocar la degradación química de los combustibles líquidos antes de su introducción en el horno. Más específicamente, para aceites combustibles, tales como aceites pesados con alto contenido en azufre y aceites con valores de residuos de carbono (CCR) altos (por ejemplo, aceites con niveles altos de asfaltenos), las altas temperaturas de las toberas pueden conducir al depósito interno de coque y al taponamiento de las toberas. Esto es una preocupación independientemente del gas atomizador que se use.

2) Adicionalmente, si se usa oxígeno como gas atomizador, las altas temperaturas de las toberas y el diseño

inadecuado de las toberas puede conducir al retroceso de llama y a un fallo catastrófico o fusión de la tobera.

La presente invención enseña cómo evitar los problemas de funcionamiento anteriores mediante un diseño adecuado de las toberas.

### Sumario de la invención

5 Esta invención proporciona un procedimiento para combustión de oxígeno-combustible, comprendiendo el procedimiento: introducir un combustible líquido en una cámara de emulsión a través de un conducto de combustible líquido que tenga un diámetro eficaz; introducir un gas atomizador en dicha cámara de emulsión a través de al menos un conducto de gas atomizador; mezclar dicho combustible líquido y dicho gas atomizador en dicha cámara de emulsión para crear una mezcla de emulsión que tenga un tiempo de residencia medio en dicha cámara de emulsión de 500 a 800  $\mu$ s, teniendo dicha mezcla de emulsión una velocidad de mezcla de emulsión menor o igual a 12 m/s; y descargar dicha mezcla de emulsión a través de un orificio de forma generalmente rectangular en una corriente oxidante enriquecida en oxígeno.

10 En otra realización de esta invención se proporciona una tobera para combustión de oxígeno-combustible que comprende: un conducto de combustible líquido que tiene un diámetro eficaz; una cámara de emulsión que tiene una longitud que es 2 veces o menos de 2 veces dicho diámetro eficaz, estando dispuesto dicho conducto de combustible líquido para introducir un combustible líquido en dicha cámara de emulsión; al menos un conducto de gas atomizador para introducir gas atomizador en dicha cámara de emulsión; en la que dicho diámetro eficaz es desde 1,27 hasta 12,7 mm.

15 En otra realización de la invención se proporciona un quemador para combustión de oxígeno-combustible que comprende la tobera mencionada anteriormente y un medio para proporcionar una corriente oxidante enriquecida en oxígeno.

### Breve descripción de varias vistas de los dibujos

La Figura 1a es una sección transversal longitudinal de una primera y una segunda realización de una tobera de la presente invención.

25 La Figura 1b es una vista en sección transversal de la cara terminal frontal de la tobera mostrada en la Figura 1a.

La Figura 2 es una sección transversal a través de A-A de la Figura 1a que muestra una primera realización de la presente invención.

La Figura 3 es una sección transversal a través de A-A de la Figura 1a que muestra una segunda realización de la presente invención.

30 La Figura 4 muestra un quemador de oxígeno-combustible que incorpora la tobera de la presente invención.

La Figura 5a es una sección transversal longitudinal de una tercera realización de una tobera de la presente invención.

La Figura 5b es una vista en sección transversal de la cara terminal frontal de la tobera mostrada en la Figura 5a.

### Descripción detallada de la invención

35 Los "quemadores de oxígeno-combustible" son quemadores que utilizan un oxidante primario que tiene una concentración de O<sub>2</sub> mayor que el aire.

Un "oxidante enriquecido en oxígeno" se define como un fluido que tiene más del 30 % de O<sub>2</sub> en volumen, por ejemplo, aire enriquecido en oxígeno. Otro oxidante enriquecido en oxígeno puede tener más del 50 % o más del 85 % de oxígeno en volumen.

40 El "gas atomizador" puede ser aire, oxígeno, oxidante enriquecido en oxígeno, gas natural, propano, nitrógeno, dióxido de carbono, hidrógeno o una mezcla de dos o más de estos gases. En una realización el gas atomizador es oxidante enriquecido en oxígeno.

45 Los "combustibles líquidos" para la tobera incluyen aceites combustibles tales como aceite destilado N.º 1, aceite combustible destilado N.º 2, combustible diésel, queroseno, aceite combustible N.º 4, aceite residual N.º 5, aceite combustible residual N.º 6, aceite combustible de tipo Bunker-C y otros conocidos por los expertos en la técnica.

50 La presente invención es una tobera del tipo de mezcla interna. Como se muestra en la Figura 1a y la Figura 5a, el combustible líquido **20** se introduce en la cámara de emulsión **10** a través de un conducto **31** que tiene un diámetro de salida **14**, medido en el interior del conducto **31** cerca o en el extremo de salida **15** del conducto **31** que está adyacente a la cámara de emulsión **10**. El gas atomizador **21** se introduce en la cámara de emulsión **10** a través de un paso o pasos alrededor del conducto **31** de combustible líquido. El gas atomizador puede introducirse a través de

- un solo paso anular **22** como se muestra en la FIG. 2 o a través de múltiples pasos **23** como se muestra en la FIG. 3. El gas atomizador **21** incide sobre una superficie deflectora **12** y posteriormente se mezcla con el combustible líquido en la cámara de emulsión **10**. La superficie deflectora **12** está en un ángulo o tiene una forma para dirigir el gas atomizador hacia la cámara de emulsión **10**. La cámara de emulsión **10** tiene un diámetro **30** y una longitud **13**. El diámetro de la cámara de emulsión **10** se mide en el interior de la cámara de emulsión y la longitud se mide desde el extremo de salida **15** del conducto **31** de combustible líquido hasta el lado de la cámara **18** del orificio **11** de la cámara de emulsión. Aunque la cámara de emulsión y el conducto de combustible líquido se muestran como cilíndricos, la presente invención no se limita a formas cilíndricas y/o secciones transversales circulares para el conducto **31** o la cámara de emulsión **10**. En el caso de conductos no circulares, puede calcularse un diámetro eficaz, dando dicho diámetro eficaz la misma área de sección transversal. En la Figura 1a, la cámara de emulsión también muestra una porción que se estrecha **33** situada hacia el orificio **11**, que se muestra como de forma cónica, pero puede tener forma esférica o forma elíptica o similar y puede extenderse a lo largo de más o menos la longitud de la cámara de emulsión como se muestra. Alternativamente, la forma de la cámara de emulsión cerca del orificio puede ser rectangular como se muestra en la Figura 5a. Aunque la cámara de emulsión se muestra con una sección transversal constante a lo largo de la mayor parte (Figura 1a) o toda (Figura 5a) la cámara de emulsión, la presente invención no se limita a una sección transversal constante. En realizaciones alternativas la cámara de emulsión puede tener una forma con una sección transversal que se reduzca a lo largo de la mayor parte o toda su longitud desde la entrada de combustible hasta el orificio, proporcionando de este modo una cámara de emulsión que se estrecha.
- El gas atomizador y el combustible líquido se mezclan dentro de la cámara de emulsión para formar una mezcla de emulsión (no mostrada) antes de descargarse desde la cámara de emulsión a través de un orificio **11** de forma generalmente rectangular que tiene una anchura **17** mayor que la altura **16** para crear una llama de mayor anchura que altura. (Para la altura del orificio, la anchura y otras medidas de la cámara de emulsión, pueden usarse medidas eficaces cuando sea necesario). El oxidante primario **41** que es un oxidante enriquecido en oxígeno fluye en la dirección indicada hacia el orificio **11** de la cámara de emulsión donde la mezcla de emulsión sale de la tobera. El oxidante primario puede introducirse alrededor de toda o parte de la tobera **1**.

Las realizaciones preferidas de la geometría de la tobera pueden incluir las siguientes directrices de parámetros de diseño generales:

Parámetro de diseño	Valor mínimo	Valor máximo
Diámetro eficaz de la salida de combustible líquido	1,27 mm (0,05 pulgadas)	12,7 mm (0,5 pulgadas)
Anchura del orificio de la cámara de emulsión	3 mm (0,118 pulgadas)	25,4 mm (1 pulgada)
Altura del orificio de la cámara de emulsión	0,75 mm (0,03 pulgadas)	4,5 mm (0,177 pulgadas)
Área (salida del combustible líquido) / Área (orificio de la cámara de emulsión)	0.1	2
Área de la sección transversal de la cámara de emulsión		Suficientemente pequeño para crear un flujo generalmente de tipo pistón (sin zonas muertas) de la mezcla de emulsión dentro de la cámara
Área de la sección transversal de la cámara de emulsión		Constante o decreciente desde la entrada hasta la salida de mezcla de emulsión
Longitud de la cámara de emulsión	0,5 veces el diámetro eficaz de la salida de combustible líquido	2 veces el diámetro eficaz de la salida de combustible líquido
Tiempo de residencia medio	500 $\mu$ s	800 $\mu$ s

- De acuerdo con la invención, la longitud **13** de la cámara de emulsión puede ser desde 0,5 hasta 2 veces el diámetro eficaz **14** de la salida de combustible líquido para una mezcla suficiente del gas atomizador y el combustible líquido antes de descargarse a través del orificio **11** que da forma a la llama. Alternativamente, la longitud **13** de la cámara de emulsión puede ser desde 1 vez hasta 2 veces, o aproximadamente 1,7 veces el diámetro eficaz del conducto **31** de salida de combustible líquido. El combustible líquido y el gas atomizador deberían permanecer en la cámara de emulsión durante un tiempo de residencia medio desde 500 hasta 800  $\mu$ s, desde 550 hasta 780  $\mu$ s o desde 600

hasta 750  $\mu$ s. Cuando al combustible líquido y al gas atomizador se les proporciona una oportunidad de mezclarse en la cámara de emulsión de acuerdo con esta invención, disminuye la acumulación de coque, así como el mantenimiento para limpiar la tobera.

5 El tiempo de residencia medio se calcula dividiendo el volumen total de la cámara de emulsión (sobre la longitud de la cámara de emulsión definida anteriormente) entre la velocidad de flujo volumétrico de la mezcla de emulsión. La velocidad de flujo volumétrico de la mezcla de emulsión se calcula sumando las velocidades de flujo volumétrico del aceite y el gas atomizador. Dado que el gas atomizador es compresible, la velocidad de flujo volumétrico real para el gas se obtiene corrigiendo la presión. Por ejemplo, si la velocidad de flujo del aceite es de 70 litros/hora, la velocidad de flujo del gas atomizador es de 11 metros cúbicos normales por hora ( $Nm^3/h$ ), la presión en la cámara de emulsión es de 235200 Pa (2,4 bar), la velocidad volumétrica de la mezcla de emulsión es:

$$\left( \frac{70l/h}{1000l/m^3} + \frac{(11Nm^3/h)(99298,5 Pa)}{235200 Pa} \right) \times \frac{h}{3600s} = 0,0013m^3/s$$

Para una tobera que tenga un volumen de cámara de emulsión de 790  $mm^3$ , el tiempo de residencia medio es:

$$790 mm^3 \times 1/(0,0013 m^3/s) \times m^3/1 \times 10^9 mm^3 = 608 \mu s$$

15 En algunas realizaciones, el diámetro eficaz de la salida de combustible líquido puede ser desde 1,27 mm hasta 12,7 mm, o desde 1,27 mm hasta 10 mm, o desde 1,27 hasta 8,5 mm, o de 6,25 mm. En algunas realizaciones, la anchura del orificio de la cámara de emulsión puede ser desde 3 mm hasta 25,4 mm, o desde 4 mm hasta 20mm, o de aproximadamente 14,2 mm. En algunas realizaciones la altura del orificio de la cámara de emulsión puede ser desde 0,75 mm hasta 7,62 mm, o desde 0,75 hasta 4,5 mm, o de aproximadamente 1,4 mm. En algunas realizaciones, el área de la salida de combustible líquido/área del orificio de la cámara de emulsión puede ser desde 0,1 hasta 2, o desde 0,1 hasta 1,6, o de aproximadamente 1,1. Estas áreas son áreas de sección transversal. El área de la salida de combustible líquido es equivalente al área circular **29** no sombreada que se muestra en la Figura 2. (Nota, si el área de sección transversal del conducto **31** no fuera constante, el área de sección transversal tendría que medirse en la salida y no en la intersección de la línea A-A en la Figura 1a). En la realización que se muestra en la Figura 1b, el área del orificio de la cámara de emulsión es igual al área no sombreada que se muestra en la Figura 1b.

25 En algunas realizaciones, el combustible líquido se introduce en la cámara de emulsión a desde 10 hasta 250 litros/hora, o desde 15 hasta 200 litros/hora, o desde 50 hasta 150 litros/hora. En algunas realizaciones, el gas atomizador se introduce en la cámara de emulsión a desde 1 hasta 20  $Nm^3/h$  o desde 5 hasta 15  $Nm^3/h$ . Para crear un flujo generalmente de tipo pistón en la cámara de emulsión, la velocidad de la mezcla de emulsión puede ser igual o menor de 12 m/s, para evitar el depósito de coque y el taponamiento de la tobera. Flujo de tipo pistón significa que la mezcla de emulsión se mueve a través de la cámara de emulsión, de forma que no se crean zonas estancadas o de recirculación. El flujo de la cámara de emulsión puede ser flujo turbulento. La velocidad de la mezcla de emulsión puede ser desde 5 hasta 12 m/s, desde 6 hasta 12 m/s o desde 8 hasta 12 m/s.

30 La velocidad de la mezcla de emulsión se calcula sumando las velocidades de flujo volumétricas del aceite y del gas atomizador y dividiendo el resultado entre el área de sección transversal de la cámara de emulsión. Como se ha descrito anteriormente, dado que el gas atomizador es compresible, la velocidad de flujo volumétrico real para el gas se obtiene corrigiendo la presión. Por ejemplo, si la velocidad de flujo del aceite es de 70 litros/hora, la velocidad de flujo del gas atomizador es de 11  $Nm^3/h$ , la presión en la cámara de emulsión es de 235200 Pa (2,4 bar) y el área de sección transversal de la cámara de emulsión es de 116  $mm^2$ , la velocidad de la mezcla de emulsión es:

$$\left( \frac{70l/h}{1000l/m^3} + \frac{(11Nm^3/h)(99298,5 Pa)}{235200 Pa} \right) \times \frac{h}{3600s} \times \frac{1E6mm^2}{m^2} / (116mm^2) = 11,3m/s$$

40 Si el área de la cámara de emulsión varía a lo largo de su longitud, se usa el área mayor para el cálculo de la velocidad de la mezcla de emulsión.

La tobera atomizadora de la presente invención está fabricada de la forma convencional conocida por los expertos en la técnica.

45 En una realización de esta invención como se muestra en la FIG. 4, se usa una tobera atomizadora **51** de esta invención en un quemador **60**. La tobera atomizadora **51** se sitúa hacia la cara caliente **52** de un bloque quemador **50**. El orificio **55** de la cámara de emulsión de la tobera está colocado lo suficientemente cerca de la cara caliente **52**, esto es, lo suficientemente hacia delante en el bloque quemador **50** como para evitar o limitar la pulverización de la mezcla de emulsión (combustible líquido) en la pared del paso **54** del interior del bloque quemador. La pared del paso **54** define una vía de paso para que el oxidante primario (mostrado como **41** en la Fig. 1a) fluya alrededor de la

5 tobera 51. El oxidante primario entra en el quemador 60 a través de tubos 57. El oxidante primario puede suministrarse desde un depósito fuente de oxígeno líquido o un generador in situ, tal como una unidad de adsorción por oscilación de presión o vacío o una unidad de separación criogénica. La cara caliente 52 del bloque quemador 50 está adyacente a la llama, es decir, el lado caliente del bloque quemador 50, y la cara fría 53 del bloque quemador 50 es el lado opuesto, que está adyacente al exterior del horno, es decir, el lado frío del bloque. En la realización que se muestra en la Figura 4, el bloque quemador 50 proporciona un conducto 56 para almacenar el oxidante. Otros aspectos del quemador mostrado pueden encontrarse en la solicitud de EE. UU. 10/919.940, presentada el 16 de agosto de 2004. Sin embargo, esta invención no se limita a la configuración de quemador mostrada. Pueden encontrarse otras realizaciones de quemadores que son útiles en esta invención en las patentes de EE. UU. 5.360.171, 5.545.031, 5.611.682, 5.575.637, 4.690.635, 5.439.373, 5.924.858, 5.458.483 y 5.431.559. La tobera descrita en el presente documento puede usarse con cualquier quemador que proporcione medios para proporcionar un oxidante enriquecido en oxígeno como oxidante primario.

#### **Ejemplo comparativo 1. Tobera atomizadora con velocidad de emulsión mayor de 12 m/s**

15 Se ensayó una tobera atomizadora convencional que tenía una velocidad de emulsión que variaba desde 13 hasta 14,7 m/s y tiempos de residencia mayores de 800  $\mu$ s para aceite combustible N.º 6 con velocidades de flujo desde 50 hasta 200 litros por hora. La tobera se colocó cerca de la cara caliente del bloque quemador como se ilustra en la FIG. 4. El depósito de carbón en la tobera requirió limpieza desde una vez al día hasta dos veces a la semana. La necesidad de limpiar la tobera se determinó por las características de la llama o por el incremento de la presión del combustible líquido y/o gas atomizador. La llama estaría deformada debido a la mala distribución del aceite combustible.

#### **Ejemplo 2. Tobera atomizadora con velocidad de emulsión menor de 12 m/s**

25 Se ensayó una tobera atomizadora de acuerdo con la invención que tenía una velocidad de emulsión que variaba desde 8 a 12 m/s y tiempo de residencia entre 500 y 800  $\mu$ s para aceite combustible N.º 6 con velocidades de flujo desde 50 hasta 200 litros por hora. La tobera se colocó cerca de la cara caliente como se ilustra en la FIG. 4. La necesidad de limpiar la tobera se redujo a menos de una vez al mes.

Esta invención se ha descrito con referencia a realizaciones concretas, no obstante, la invención no debería limitarse a esas realizaciones e incluye modificaciones y disposiciones equivalentes que están dentro del alcance de las siguientes reivindicaciones.

**REIVINDICACIONES**

1. Un procedimiento para combustión de oxígeno-combustible, comprendiendo dicho procedimiento las etapas de:
  - introducir un combustible líquido en una cámara de emulsión a través de un conducto de combustible líquido que tiene un diámetro eficaz,
  - 5 introducir un gas atomizador en dicha cámara de emulsión a través de al menos un conducto de gas atomizador;
  - mezclar dicho combustible líquido y dicho gas atomizador en dicha cámara de emulsión para crear una mezcla de emulsión que tenga un tiempo de residencia medio en dicha cámara de emulsión de desde 500 hasta 800  $\mu$ s, teniendo dicha mezcla de emulsión una velocidad de mezcla de emulsión menor que o igual a 12 m/s; y
  - 10 descargar dicha mezcla de emulsión a través de un orificio de forma generalmente rectangular en una corriente oxidante enriquecida en oxígeno.
2. El procedimiento de la reivindicación 1, en el que dicha corriente oxidante enriquecida en oxígeno comprende más del 50 % de oxígeno en volumen.
- 15 3. El procedimiento de la reivindicación 1, en el que dicho tiempo de residencia medio es desde 550 hasta 780  $\mu$ s.
4. El procedimiento de la reivindicación 1, en el que dicha etapa de introducción de combustible líquido es a una velocidad de desde 10 hasta 250 litros/hora y dicha etapa de introducción de un gas atomizador es a una velocidad de 1 a 20 metros cúbicos normales por hora.
5. Una tobera para combustión de oxígeno-combustible que comprende:
  - 20 un conducto de combustible líquido que tiene un diámetro eficaz;
  - una cámara de emulsión que tiene una longitud que es 2 veces o menos de 2 veces dicho diámetro eficaz, estando dicho conducto de combustible líquido dispuesto para introducir un combustible líquido en dicha cámara de emulsión;
  - al menos un conducto de gas atomizador para introducir gas atomizador en dicha cámara de emulsión;
  - 25 en el que dicha cámara de emulsión comprende un orificio de descarga de forma generalmente rectangular, caracterizado por que dicho diámetro eficaz es desde 1,27 hasta 12,7 mm.
6. La tobera de la reivindicación 5, en la que dicha longitud de dicha cámara de emulsión es desde 0,5 hasta 2 veces mayor que dicho diámetro eficaz de dicho conducto de combustible líquido.
7. La tobera de la reivindicación 5, en la que dicho orificio comprende una anchura desde 3 mm hasta 25,4 mm y una altura desde 0,75 mm a 7,62 mm.
- 30 8. La tobera de la reivindicación 5, en la que dicho conducto de combustible líquido comprende una zona de salida y dicho orificio comprende una zona, y en la que dicha zona de salida dividida por dicho orificio es desde 0,1 hasta 2.
9. La tobera de la reivindicación 5, en la que dicho conducto de combustible líquido comprende una zona de salida y dicho orificio comprende una zona, y en la que dicha zona de salida dividida por dicho orificio es desde 0,1 hasta 1,6.
- 35 10. La tobera de la reivindicación 5, en la que dicho orificio comprende una anchura desde 4 mm hasta 20 mm y una altura desde 0,75 mm hasta 4,5 mm.
11. La tobera de la reivindicación 5, en la que dicha cámara de emulsión comprende una porción que se estrecha.
- 40 12. La tobera de la reivindicación 8, en la que dicha cámara de emulsión comprende una porción que se estrecha.
13. La tobera de la reivindicación 5, en la que dicha cámara de emulsión se estrecha a lo largo de su longitud.
14. Un quemador para combustión de oxígeno-combustible que comprende una tobera para combustión de oxígeno-combustible de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 5 a 13 y un medio para proporcionar una corriente enriquecida en oxígeno.

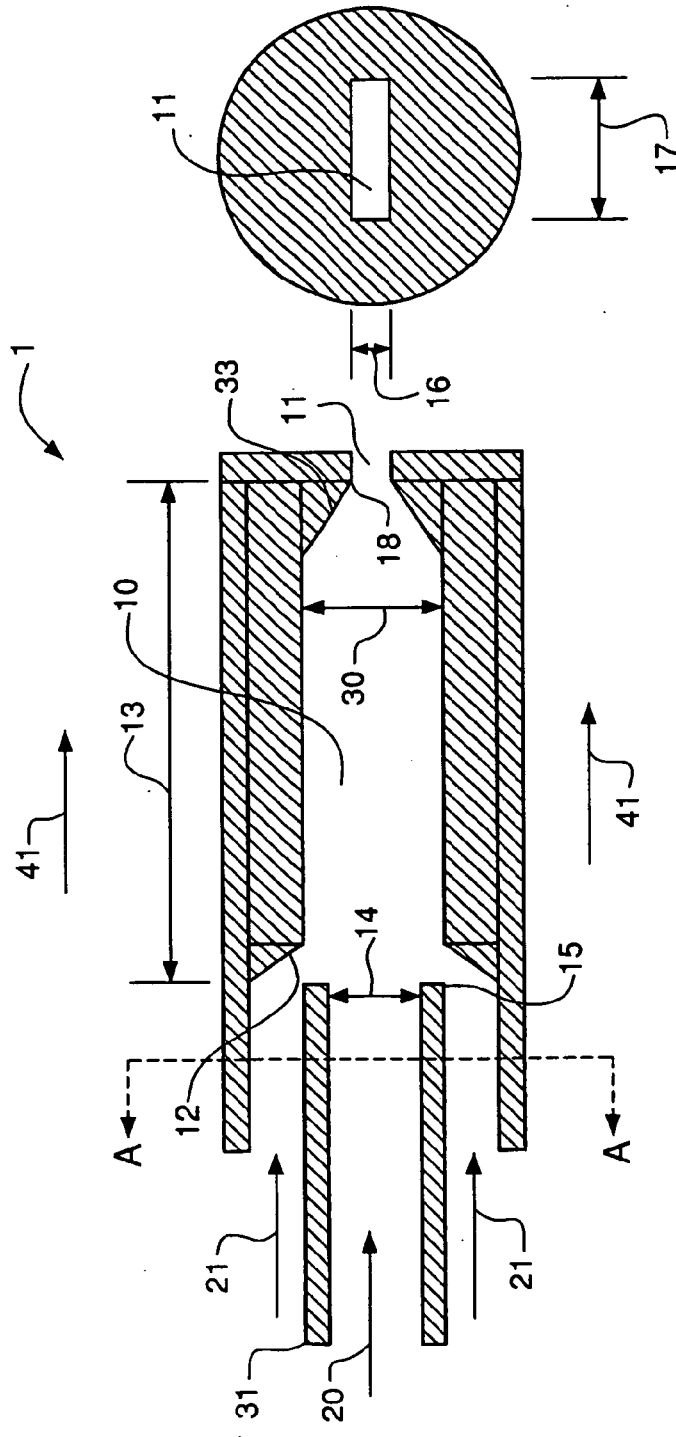
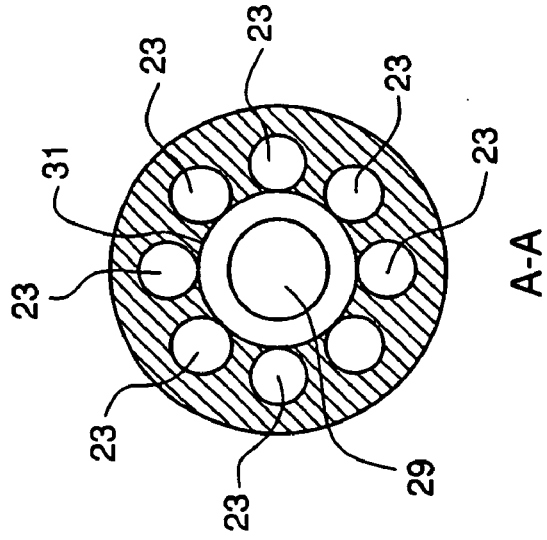


FIG. 1a

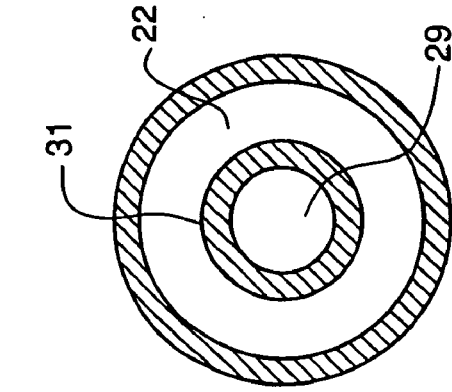
FIG. 1b





A-A

FIG. 2



A-A

FIG. 3

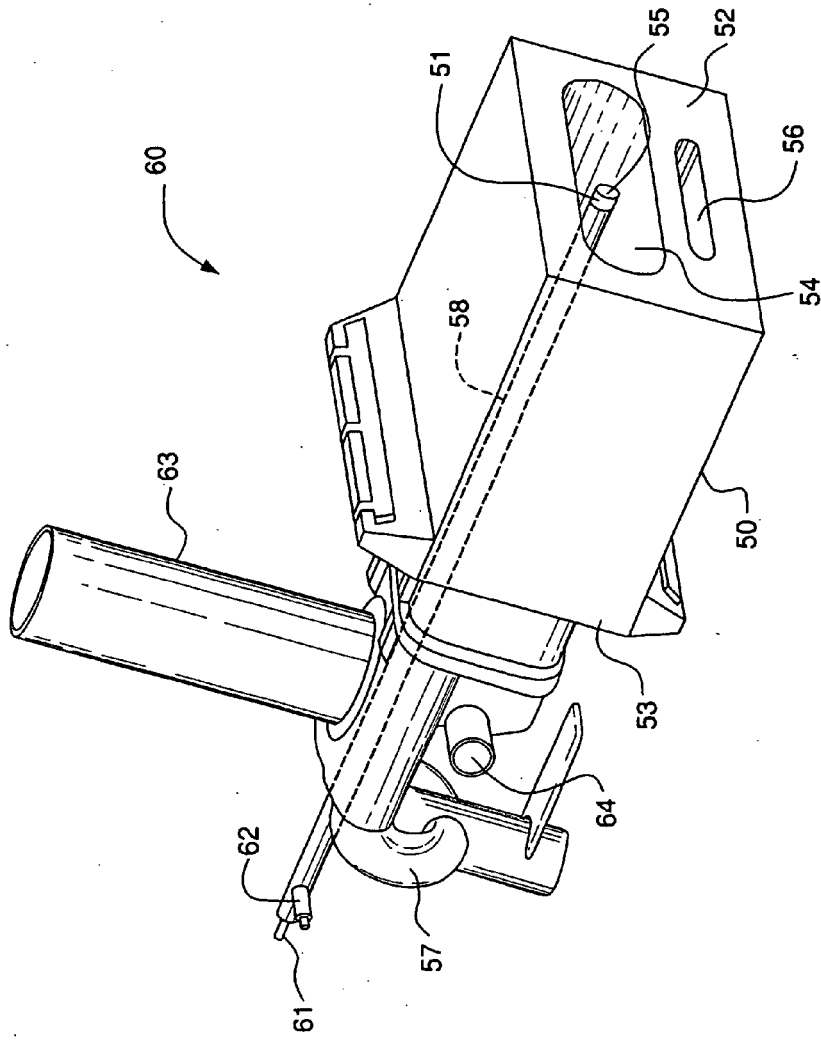


FIG. 4

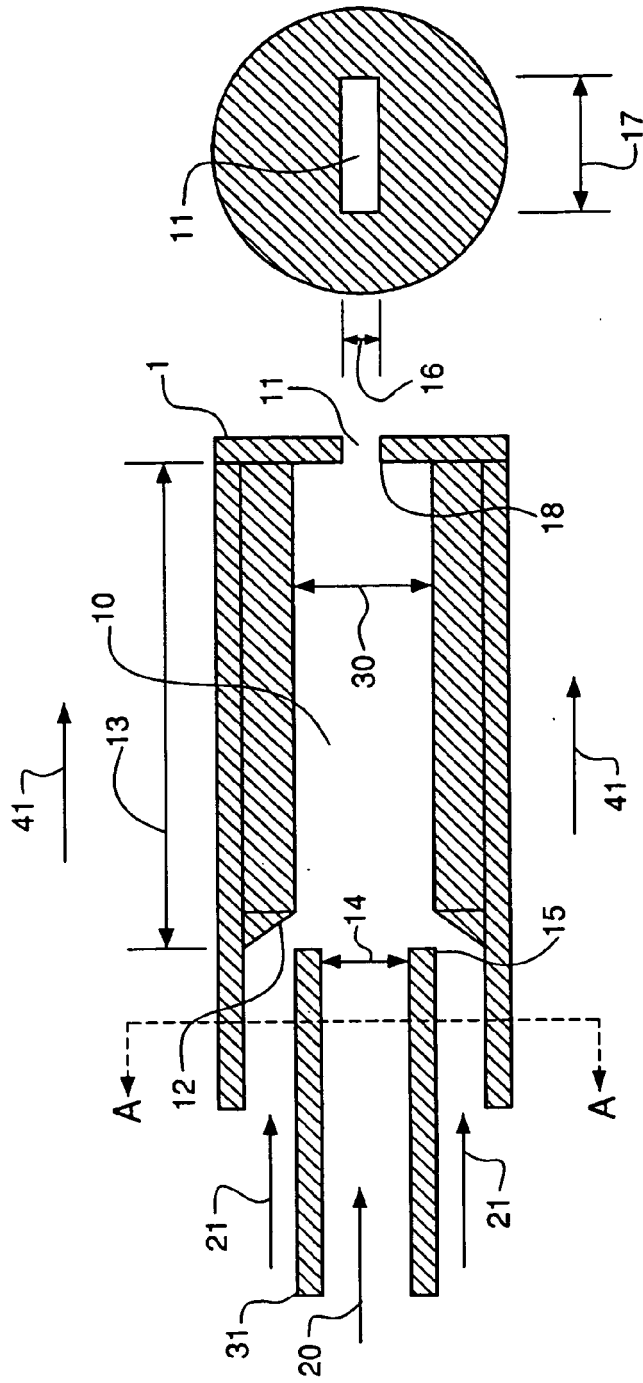


FIG. 5a

FIG. 5b