

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 640 798**

51 Int. Cl.:

**F23G 5/16** (2006.01)

**F23G 5/32** (2006.01)

**F23G 7/04** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **12.08.2009 PCT/FR2009/051586**

87 Fecha y número de publicación internacional: **18.02.2010 WO10018347**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **12.08.2009 E 09740460 (2)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **12.07.2017 EP 2310745**

54 Título: **Procedimiento y dispositivo de tratamiento térmico de al menos un efluente que consta de contaminantes combustibles**

30 Prioridad:

**13.08.2008 FR 0855572**

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

**06.11.2017**

73 Titular/es:

**VICHEM (SA) (100.0%)  
Avenue du Midi 10  
1950 Sion, CH**

72 Inventor/es:

**SIRBA, THIERRY**

74 Agente/Representante:

**ISERN JARA, Jorge**

ES 2 640 798 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

Procedimiento y dispositivo de tratamiento térmico de al menos un efluente que consta de contaminantes combustibles

5 Sector técnico de la invención.

La invención tiene por objeto un procedimiento de tratamiento térmico de al menos un efluente que consta de contaminantes combustibles. También tiene por objeto un dispositivo para la aplicación de este procedimiento.

10 La invención se refiere al campo técnico de procedimientos y dispositivos de combustión denominados "pozo-torbellino".

15 Estado de la técnica.

La técnica de combustión de tipo "pozo-torbellino" es muy conocida de la técnica anterior. Se describe, por ejemplo, en las patentes FR 2.257.326 (Rhone-Poulenc), EP 0.171.316 (Rhone-Poulenc) o bien EP 0.598.639 (Rhone-Poulenc), a las que el experto en la materia podrá remitirse.

20 En una primera etapa de este procedimiento, se introduce, en una primera zona, un fluido comburente y un fluido combustible. Uno de los dos fluidos, habitualmente el fluido comburente, se introduce según una trayectoria helicoidal.

25 A continuación, se provoca la inflamación de la mezcla comburente-combustible de manera a realizar, en la primera zona, una fase de combustión o llama, animada con un movimiento según una trayectoria helicoidal.

30 Se fuerza entonces el paso de esta fase de combustión a una segunda zona, a través de un paso restringido, para darle la forma de un flujo pozo-torbellino de simetría axial. Este flujo pozo-torbellino corresponde sustancialmente a un movimiento de los gases según un conjunto de trayectorias hiperboloideas cuyas generatrices se basan en una familia de círculos localizados a la altura del paso restringido, antes de divergir en todas las direcciones en la segunda zona. Este flujo pozo-torbellino es notable porque se crea una zona de depresión relativa a la altura del eje de simetría.

35 El efluente a tratar se introduce a la altura de la zona de simetría axial del flujo pozo-torbellino. Según la presente invención, se entiende por "zona de simetría axial", la zona de depresión que se extiende en las proximidades del eje de simetría del flujo pozo-torbellino. En el caso de un efluente líquido, después de una transferencia de cantidad de movimiento entre dicho efluente y la fase de combustión, el efluente se pulveriza en un espectro de partículas finas distribuidas por igual a la entrada de la segunda zona, vaporizándose dichas partículas, a continuación, de una manera homogénea y rápida. Este tipo de pulverización se denomina comúnmente "pulverización vaporizante".

40 Este procedimiento permite obtener a la salida de la segunda zona un efluente propio del que se han eliminado sus impurezas contaminantes, con unos rendimientos de destrucción próximos a un 99 %.

45 La patente EP 0.128.792 (Rhone-Poulenc) enseña al experto en la materia a introducir un segundo fluido comburente en la segunda zona, con una componente tangencial al flujo pozo-torbellino. En la práctica, el segundo fluido comburente se introduce de manera helicoidal en la segunda zona. Esta etapa permite evitar una mala dispersión de un efluente que incluye contaminantes difícilmente inflamables y una combustión incompleta a una temperatura elevada. La solicitante ha podido constatar, no obstante, que la inyección de un segundo fluido comburente no aumentaba de manera significativa el rendimiento global de destrucción.

50 En particular, la solicitante ha podido observar que en la segunda zona, los gradientes de temperatura variaban en los distintos puntos de la llama. Además, la oxidación de las partículas pulverizadas tampoco parece homogénea en los distintos puntos de la llama, estando el segundo fluido comburente masivamente presente a la altura de la periferia de dicha llama y prácticamente ausente en las capas de diámetros inferiores. De ello resulta una llama relativamente larga, que deja subsistir algunos residuos de combustión a la salida de la segunda zona. Esta situación, impone tener una segunda zona relativamente larga (de 7 m a 8 m) y prever unos sistemas de filtración aguas abajo de la segunda zona.

60 Asimismo, la solicitante ha podido observar que la temperatura de la llama a la salida de la segunda zona estaba próxima a 800 °C-1000 °C, que es una zona de temperatura crítica favorable para la formación de residuos indeseables, tales como dioxinas, NO<sub>x</sub>, productos clorados, bromados, fluorados, etc.

65 Ante esta situación, el problema técnico principal que busca resolver la invención consiste en mejorar la combustión de las partículas pulverizadas en la segunda zona de combustión con el fin de aumentar el rendimiento de destrucción y reducir las emisiones contaminantes (dioxinas, NO<sub>x</sub>, ...).

Otro objetivo de la invención consiste, en la segunda zona de combustión, en tender hacia el control absoluto de la temperatura de la llama, sustancialmente en cualquier punto de esta última.

5 Un objetivo adicional de la invención consiste en mejorar la oxidación de las partículas pulverizadas en cualquier punto de la llama.

La invención tiene igualmente como objetivo proponer un dispositivo de diseño sencillo, que permita aplicar eficazmente el presente procedimiento.

10 Descripción de la invención.

La solución propuesta por la invención es un procedimiento de tratamiento de al menos un efluente que consta de contaminantes combustibles, siendo dicho procedimiento de un tipo conocido en la técnica anterior, es decir, en el que:

- 15
- se introduce en una primera zona un primer fluido comburente y un fluido combustible, introduciéndose dicho primer fluido comburente y/o dicho fluido combustible según una trayectoria helicoidal,
  - se provoca la inflamación de la mezcla de comburente-combustible para realizar en la primera zona una fase de combustión animada por un movimiento según una trayectoria helicoidal,

20

  - se fuerza el paso de dicha fase de combustión a una segunda zona, a través de un paso restringido para darle la forma de un flujo pozo-torbellino de simetría axial,
  - se introduce el efluente a tratar a la altura de la zona de simetría axial de dicho flujo pozo-torbellino,
  - se introduce un segundo fluido comburente en la segunda zona con una componente tangencial al flujo pozo-torbellino.

25 El dispositivo objeto de la invención es notable porque la inyección del segundo fluido comburente se realiza de manera escalonada con un ángulo de ataque diferente en cada etapa. Esta inyección específica permite dispersar íntima y progresivamente, el segundo fluido comburente por todo el espesor de la llama. Se obtiene al final una llama más corta (de 2 m a 3 m) que la obtenida con los procedimientos de la técnica anterior y, en particular, al que se describe en la patente EP 0.128.792, con un rendimiento de destrucción próximo a un 99,99 %, sin emisiones de dioxinas, de NO<sub>x</sub>, los productos órganohalogenados se destruyen y los humos que contienen los ácidos de los halógenos en forma reciclable o aprovechable pueden absorberse en las etapas de tratamiento y absorción. Ya no hay omisiones o repeticiones en la recepción y el tratamiento térmico de residuos.

35 Y preferentemente, el segundo fluido comburente se introduce en al menos dos etapas en la segunda zona, correspondiendo la primera etapa a un déficit de comburente, correspondiendo la segunda etapa a al menos la estequiometría.

40 La patente EP 0.232.658 (Rhone-Poulenc) enseña al experto en la materia a escalar la combustión en la primera zona del dispositivo, antes del estrechamiento, lo que permite crear el flujo pozo-torbellino. La primera etapa corresponde a un déficit de comburente y la segunda etapa permite alcanzar, incluso superar, la estequiometría. Una tercera etapa corresponde a una disolución para disminuir la temperatura de la llama. Al final, se obtiene una llama muy corta, con gran intensidad de combustión, con unas temperaturas muy elevadas, superiores a 1000 °C. El escalonamiento se realiza introduciendo una zona central específica en la primera zona. Esta patente no le enseña, sin embargo, al experto en la materia a escalar la combustión en la segunda zona. En cualquier caso, esta patente no prevé inyectar el fluido comburente con un ángulo de ataque diferente en cada etapa.

El otro aspecto de la invención se refiere a un dispositivo para la aplicación del procedimiento descrito previamente, que consta de:

- 50
- una primera cámara cilíndrica equipada:
    - o de un medio para introducir un fluido comburente y un medio para introducir un fluido combustible, estando al menos uno de dichos medios configurado para introducir el comburente y/o el combustible según una trayectoria helicoidal,
    - o de un medio para inflamar la mezcla comburente-combustible,
    - o de un estrechamiento dispuesto aguas abajo de dicha primera cámara sobre el eje de simetría de la misma

55

  - una segunda cámara cilíndrica coaxial a la primera cámara y que se comunica con esta última a la altura del estrechamiento, estando dicha segunda cámara provista en su periferia de orificios de inyección de un segundo fluido comburente, estando dichos orificios distribuidos sobre unos círculos espaciados axialmente y orientados de manera a impartir una trayectoria circular o helicoidal a dicho segundo fluido comburente,

60

  - una tubería para introducir el efluente a tratar en la segunda cámara justo a la altura del estrechamiento, sobre el eje de simetría de dicha segunda cámara,
- 65

siendo dicho dispositivo notable porque los orificios de inyección del segundo fluido comburente están colocados en forma de etapas, estando dichos orificios configurados de manera que la inyección en cada etapa se haga con un ángulo de ataque diferente.

5 Descripción de las figuras.

Otras ventajas y características de la invención se apreciarán mejor tras la lectura de la siguiente descripción de un modo de realización preferido, con referencia a los dibujos adjuntos, realizados a modo de ejemplos indicativos y no limitativos y en los que:

- 10
- la figura 1 es una vista esquemática en sección transversal de un dispositivo para la aplicación del procedimiento objeto de la invención,
  - la figura 2 es una vista en sección a lo largo de A-A del dispositivo de la figura 1, que muestra la primera etapa de inyección del segundo fluido comburente,

15

  - la figura 3 es una vista en sección a lo largo de B-B del dispositivo de la figura 1, que muestra la segunda etapa de inyección del segundo fluido comburente,
  - la figura 4 es una vista en sección a lo largo de C-C del dispositivo de la figura 1, que muestra una tercera etapa de inyección del segundo fluido comburente,

20

  - la figura 5 es una vista esquemática de perfil de una tubería que permite introducir uno o varios efluentes a tratar,
  - la figura 6 es una vista ampliada de la sección a lo largo de D-D de la tubería de la figura 5,
  - la figura 7 es una vista ampliada de la sección a lo largo de D-D de la tubería de la figura 5, en una variante de realización.

25 Modos de realización de la invención.

El procedimiento objeto de la invención puede utilizarse para cualquier tipo de efluentes líquidos y/o gaseosos que consten de contaminantes combustibles fácil o difícilmente inflamables. Se pueden citar a modo de ejemplos las aguas contaminadas por componentes orgánicos y/o inorgánicos contaminantes combustibles (por ejemplo, agua salada con materias orgánicas), ácidos sulfúricos residuales, combustibles viscosos y altamente clorados, disolventes residuales clorados, bromados o fluorados, los lodos que contienen nitratos metálicos, óxidos y/o hidróxidos, agua cargada con carbón, etc.

30

El principio del procedimiento objeto de la invención se va a describir con más detalle haciendo referencia a las figuras adjuntas. Se introduce en una primera zona A, un primer fluido comburente y un fluido combustible. La primera zona A puede ser similar a una cámara de combustión previa. Generalmente estos dos fluidos se utilizan en forma gaseosa. Normalmente se utiliza como primer fluido comburente aire eventualmente enriquecido con oxígeno, oxígeno puro u otro fluido comburente conveniente para el experto en la materia. El fluido combustible puede ser un gas tal como, por ejemplo, el metano o el propano o un hidrocarburo ligero. Al menos uno de estos dos fluidos, generalmente el primer fluido comburente, se introduce en la primera zona A según una trayectoria helicoidal. Este fluido se introduce con una ligera sobrepresión con respecto a la presión que prevalece aguas abajo de la primera zona A, generalmente, inferior a 0,1 MPa (1 bar), ventajosamente, comprendida entre 0,02 y 0,07 MPa (0,2 y 0,7 bar), preferentemente, 0,05 MPa (0,5 bar).

35

40

Se provoca la inflamación de la mezcla comburente-combustible de manera a realizar, en la primera zona A, una fase de combustión que estará ella misma animada por un movimiento según una trayectoria helicoidal (representada con líneas de puntos en la figura 1).

45

A continuación, se fuerza el paso de la fase de combustión a la segunda zona B mencionada anteriormente, a través un paso restringido P para darle forma de un flujo pozo-torbellino de simetría axial (representado con una línea de puntos en la figura 1). Este flujo presenta una zona de depresión a la altura de su zona de simetría axial. La segunda zona B puede ser similar a una cámara de combustión.

50

Se introduce entonces el efluente a tratar a la altura de la zona de simetría axial de este flujo pozo-torbellino. Preferentemente, el efluente a tratar se introduce axialmente en la zona de simetría axial del flujo pozo-torbellino, en las proximidades inmediatas del paso restringido P, aguas arriba o aguas abajo del mismo o a la misma altura de dicho paso. El efluente se aspira y a continuación, después de una transferencia de cantidad de movimiento entre el efluente y la fase de combustión, se pulveriza en un espectro de partículas finas. Como se ha preconizado en la patente EP 0.128.792 mencionada anteriormente, se introduce el efluente a una velocidad inferior a 10 m/s y de manera más particular a 5 m/s de manera que no haya que aumentar demasiado la cantidad de movimiento inicial de la fase de combustión, siendo la relación de las cantidades de movimiento de estos dos elementos igual a 100, preferentemente, comprendida entre 1.000 y 10.000. Por otra parte, se trabaja en unas condiciones tales que la temperatura alcanzada por el efluente tras la vaporización es superior a la temperatura de autoinflamación del mismo.

55

60

Según una característica ventajosa de la invención, pueden introducirse varios efluentes a tratar a la altura de la zona de simetría axial del flujo pozo-torbellino. Cada efluente se introduce coaxialmente o paralelamente al eje de

65

simetría del flujo pozo-torbellino. La introducción coaxial parece generar una mejor homogeneidad en la pulverización. Se pueden inyectar, por ejemplo, unos efluentes que no deben mezclarse antes de la pulverización y de manera general productos no miscibles entre sí, tales como unos polímeros y un ácido o una base cuya mezcla corra el riesgo de formar una precipitación difícil de tratar.

5 Un segundo fluido comburente se introduce en la segunda zona B con una componente tangencial al flujo pozo-torbellino. En la práctica, el segundo fluido comburente se utiliza en forma gaseosa. Puede utilizarse aire eventualmente enriquecido con oxígeno, oxígeno puro u otro fluido comburente conveniente para el experto en la materia. Este segundo fluido comburente se introduce con una ligera sobrepresión con respecto a la presión que  
10 prevalece aguas abajo de la segunda zona B, generalmente, como mucho 0,1 MPa (1 bar), ventajosamente, comprendida entre 0,02 y 0,07 MPa (0,2 y 0,7 bar), preferentemente, 0,05 MPa (0,5 bar). Se introduce el segundo fluido comburente a una velocidad comprendida entre 5 m/s y 40 m/s y más particularmente entre 23 m/s y 30 m/s.

15 La relación másica de la cantidad de fluido comburente introducida en la segunda zona B con respecto a la introducida en la primera zona A es de aproximadamente de 1 a 4, preferentemente un 25 % del fluido comburente se utiliza en la primera zona A y el 75 % restante se introduce en la zona B.

20 De conformidad con la invención, se inyecta el segundo fluido comburente de manera escalonada con un ángulo de ataque diferente en cada etapa, con el fin de dispersar íntimamente y de manera graduada, dicho segundo fluido comburente por todo el espesor de la llama para que alcance todas las partículas a quemar.

25 El segundo fluido comburente se introduce en al menos dos etapas en la segunda zona B, correspondiendo la primera etapa a un déficit de comburente, correspondiendo la segunda etapa a al menos la estequiometría. La inyección del segundo fluido comburente en la segunda etapa se hace con un ángulo de ataque inferior al de la primera etapa (figuras 2 y 3). De esta manera, el segundo fluido comburente es susceptible de penetrar más profundamente en el espesor de la llama y alcanzar todas las partículas dispersadas en las diferentes capas de la llama. En la práctica, el caudal de inyección del segundo fluido comburente en la primera y la segunda etapa es variable según el tipo y el caudal de efluentes a tratar. Se obtiene una llama muy corta, en cualquier caso, optimizada al volumen de la segunda zona B, con un perfil de velocidad prácticamente plano que asegura un flujo de tipo "pistón" (avance constante del frente de oxidación de la llama), una oxidación casi perfecta, así como un  
30 gradiente de temperatura casi constante en cualquier punto de la llama.

35 El segundo fluido comburente puede introducirse en la segunda zona B en una tercera etapa correspondiente a un exceso de comburente. En ese caso, la inyección del segundo fluido comburente en la tercera etapa se hace con un ángulo de ataque inferior al de la segunda etapa (figuras 3 y 4). El segundo fluido comburente es, por tanto, susceptible de penetrar aún más profundamente en el espesor de la llama para diluirla, lo que permite controlar su temperatura. La cantidad de aire inyectada a la altura de la tercera etapa dependerá de la temperatura deseada de la llama a la salida de la segunda zona B. En la práctica, esta temperatura de salida depende de las normas impuestas. En cualquier caso, más la temperatura de la llama aumenta en la segunda zona B, más segundo fluido  
40 comburente se inyecta para mantener una temperatura de llama constante. Y esta temperatura es prácticamente constante en cualquier punto de la llama gracias a la inyección escalonada con unos ángulos de inyección diferentes.

45 Las figuras 2, 3 y 4, ilustran los distintos ángulos de inyección en cada etapa. La inyección del segundo fluido comburente se realiza con una componente tangencial al flujo pozo-torbellino de manera a imprimir un movimiento de rotación global a dicho flujo. En la práctica, la inyección del segundo fluido comburente se realiza según una trayectoria circular o helicoidal en la segunda zona B. En la primera etapa (figura 2), se barre la zona periférica del flujo pozo-torbellino, es decir, la zona periférica de la llama F. El ángulo  $\alpha_1$  de inyección en la primera etapa está comprendido entre  $45^\circ$  y  $90^\circ$ , preferentemente, entre  $50^\circ$  y  $60^\circ$  con respecto a la normal. En la segunda etapa (figura  
50 3), se barre una zona de la llama F que tiene un diámetro más pequeño. El ángulo  $\alpha_2$  de inyección en la segunda etapa está comprendido entre  $30^\circ$  y  $75^\circ$ , preferentemente, entre  $35^\circ$  y  $45^\circ$  con respecto a la normal. En la tercera etapa (figura 4), se barre una zona de la llama F que tiene un diámetro aún más pequeño. El ángulo  $\alpha_3$  de inyección en la tercera etapa está comprendido entre  $15^\circ$  y  $60^\circ$ , preferentemente, entre  $20^\circ$  y  $30^\circ$  con respecto a la normal. En la práctica, se respeta la siguiente relación:  $\alpha_1 > \alpha_2 > \alpha_3$  con un incremento del ángulo de aproximadamente  $-15^\circ$  en  
55 cada etapa.

60 Tomemos el caso en el que el efluente a tratar contiene unos componentes orgánicos: en la primera etapa, se produce una inflamación de las partículas pulverizadas, a temperatura modesta, del orden de  $800^\circ\text{C}$ - $1000^\circ\text{C}$ . Para los componentes orgánicos, la falta de oxígeno implica la formación de radicales de craqueo (metilo, alquilo) sin producción de dioxinas, de  $\text{NO}_x$ , de productos clorados, fluorados, bromados u otros. Los radicales de craqueo están a la espera de oxígeno con el fin de poder quemarse completamente. En la segunda etapa, el segundo fluido comburente se introduce, por tanto, de manera que el oxígeno inyectado oxide todos estos radicales de craqueo: se está en equilibrio y la temperatura de la llama aumenta a aproximadamente  $1300^\circ\text{C}$ - $1400^\circ\text{C}$ . En la tercera etapa, se introduce, por tanto, un exceso del segundo fluido comburente para controlar la temperatura de la llama a la salida  
65 de la segunda zona B, que es superior a  $1400^\circ\text{C}$ .

Con el fin de mejorar la comprensión del procedimiento mencionado anteriormente, a continuación, se describe con más detalle un dispositivo que permite la aplicación de la invención con relación a las figuras adjuntas. Volviendo a la figura 1, la primera zona A puede ser similar a una primera cámara cilíndrica equipada con un medio 1 para introducir un fluido comburente y con un medio 2 para introducir un fluido combustible, estando al menos uno de dichos medios configurado para introducir el comburente y/o el combustible según una trayectoria helicoidal. En la práctica, un cilindro interno A1 y un cilindro externo A2 coaxiales delimitan un espacio anular A3 alrededor de la cámara A. Una entrada tangencial 1 conectada a la alimentación del primer fluido comburente está fijada sobre la pared del cilindro externo A2 y desemboca en el espacio anular A3. El cilindro interno A1 comprende varias series de perforaciones 10 que desembocan, por una parte, en el espacio anular A3 y, por otra parte, en la cámara A. Las perforaciones 10 están distribuidas sobre una serie de círculos espaciados axialmente. La parte aguas arriba de la cámara A está equipada con un orificio 2 que permite inyectar el fluido combustible. En una variante de realización no representada, este orificio 2 podría desembocar en el espacio anular A3. La parte aguas abajo de la cámara A termina en un estrechamiento P o, una divergencia, dispuesto sobre el eje de simetría de dicha cámara. La segunda zona B puede ser similar a una segunda cámara cilíndrica coaxial a la primera cámara A y que se comunica con esta última a la altura del estrechamiento P.

La primera cámara A está provista además de una tubería 3 que permite introducir el efluente a tratar en la segunda cámara B justo a la altura del estrechamiento P, sobre el eje de simetría de dicha segunda cámara. Esta tubería 3 está rodeada con un forro aislante 4 en forma de cono. Volviendo a hacer referencia de manera más específica a las figuras 5 a 7, la tubería 3 puede constar de varios canales 30, 31, destinados a introducir varios efluentes a tratar en la segunda cámara B. Estos canales 30, 31 pueden ser coaxiales (figura 6) o paralelos entre sí (figura 7). En una variante de utilización, la tubería 3 puede constar de varios canales, estando un primer canal destinado a introducir el efluente en la segunda cámara y un segundo canal que sirve para hacer circular un fluido que permite recalentar dicho efluente antes de su introducción en la segunda cámara B.

El funcionamiento del dispositivo descrito anteriormente es bien conocido para el experto en la materia: el primer fluido comburente se introduce en la entrada tangencial 1 y penetra en la primera cámara A, a través de las perforaciones 10. Estas últimas le confieren al primer fluido comburente una trayectoria helicoidal. El fluido combustible se introduce a través del orificio 2 y se mezcla íntimamente con el primer fluido comburente. La mezcla comburente-combustible se inflama entonces por medio de una llama o de una chispa provocada en la primera cámara A. En el paso del estrechamiento P, la fase de combustión estará animada por un movimiento pozo-torbellino descrito previamente. El efluente introducido a la altura del estrechamiento P se pulverizará entonces en el flujo pozo-torbellino.

La segunda cámara B está provista sobre su periferia de orificios 100a, 100b, 100c que permiten inyectar el segundo fluido comburente, estando dichos orificios distribuidos sobre unos círculos espaciados axialmente y orientados de manera a impartir una trayectoria circular o helicoidal a dicho segundo fluido. De conformidad con la invención, los orificios de inyección 100a, 100b, 100c están colocados en forma de etapas, estando dichos orificios configurados de manera que la inyección en cada etapa se haga con un ángulo de ataque  $\alpha_1$ ,  $\alpha_2$ ,  $\alpha_3$  diferente. Cada etapa puede constar de una o varias series de orificios de inyección. Los orificios de inyección 100a, 100b, 100c de cada etapa se calibran de manera a definir una velocidad de inyección y un caudal de segundo fluido comburente que dependen de la naturaleza del efluente a tratar.

Volviendo a las figuras 1 a 4, un cilindro interno B1 y un cilindro externo B2 coaxiales delimitan un espacio anular B3 alrededor de la segunda cámara B. Una entrada tangencial 5 conectada a un único inyector de segundo fluido comburente está fijada sobre la pared del cilindro externo B2 y desemboca en el espacio anular B3. En la práctica, la entrada tangencial 5 está conectada a un único ventilador o bomba, que permiten la introducción de aire. El cilindro interno B1 está provisto de diferentes orificios de inyección 100a, 100b, 100c. El segundo fluido comburente se introduce en la entrada tangencial 5 y penetra en la segunda cámara B a través de los orificios de inyección 100a, 100b, 100c, confiando estos últimos una trayectoria circular o helicoidal a dicho fluido. La segunda cámara B consta al menos de dos etapas de orificios de inyección, teniendo los orificios 100b de la segunda etapa un ángulo de ataque  $\alpha_2$  inferior al de  $\alpha_1$  de los orificios 100a de la primera etapa. La segunda cámara B puede constar de una tercera etapa de orificios de inyección 100c que distan axialmente de los otros dos, teniendo los orificios 100c de dicha tercera etapa un ángulo de ataque  $\alpha_3$  diferente de  $\alpha_1$ ,  $\alpha_2$  de los orificios 100a, 100b de las otras dos etapas. Preferentemente, los orificios 100c de la tercera etapa tienen un ángulo de ataque  $\alpha_3$  inferior al  $\alpha_2$  de los orificios 100b de la segunda etapa.

En una variante de realización no representada, cada etapa de orificios 100a, 100b, 100c está conectada a su propio inyector de segundo fluido comburente. Esto permite regular independientemente los caudales de inyección a la altura de cada etapa. En particular, podría ser ventajoso inyectar un caudal más importante a la altura de la tercera etapa de disolución con el fin de controlar con mayor precisión la temperatura de la llama a la salida de la segunda cámara B en función de las normas impuestas.

Volviendo a la figura 1, es posible inyectar en la segunda cámara B, un segundo efluente gaseoso a tratar. Este efluente normalmente es un gas procedente de los tratamientos de combustión de productos clorados, sulfurados o fluorados. La inyección se realiza a través de una (o varias) tubería 6, fijada en el cilindro exterior B2 y que

5 desemboca en la segunda cámara B. La tubería 6 está orientada, ventajosamente, de manera que imparta una trayectoria circular o helicoidal al segundo efluente gaseoso si bien la inyección puede ser radial. El objetivo es utilizar la cinética de la llama para tratar este efluente. En la práctica, la tubería 6 se dispone, ventajosamente, directamente después de la segunda etapa de inyección del segundo comburente y antes de la tercera etapa. Se introduce el segundo efluente gaseoso a una velocidad de aproximadamente 20 m/s y con una ligera sobrepresión con respecto a la presión que prevalece aguas abajo de la segunda zona B, generalmente, de aproximadamente 0,01 MPa (0,1 bar).

10 La siguiente tabla 1 aporta unos ejemplos de caudales de inyección del segundo fluido comburente en función de diferentes tipos de efluentes a tratar y de la etapa de inyección. El efluente líquido se introduce a la altura de la zona de simetría axial del flujo pozo-torbellino y el efluente gaseoso se introduce a la altura de la tubería 6.

Tabla 1

Efluente	Caudal efluente (Kg/H)	Segundo fluido comburente	Caudal 1ª etapa (Kg/H)	Caudal 2ª etapa (Kg/H)
Residuos clorados (VCM)	efluentes gaseosos: 2000 efluentes líquidos: 900	aire	2000	12000
Residuos clorados que contienen sales	efluentes gaseosos: 9000 efluentes líquidos: 1500	aire	3000	17000

**REIVINDICACIONES**

1. Procedimiento de tratamiento térmico de al menos un efluente que consta de contaminantes combustibles, en el que:

- 5 - se introduce en una primera zona (A) un primer fluido comburente y un fluido combustible, introduciéndose dicho primer fluido comburente y/o dicho fluido combustible según una trayectoria helicoidal,
- se provoca la inflamación de la mezcla de comburente-combustible para realizar en la primera zona una fase de combustión animada por un movimiento según una trayectoria helicoidal,
- 10 - se fuerza el paso de dicha fase de combustión a una segunda zona (B), a través de un paso restringido (P) para darle forma de un flujo pozo-torbellino de simetría axial,
- se introduce el efluente a tratar a la altura de la zona de simetría axial de dicho flujo pozo-torbellino,
- se introduce un segundo fluido comburente en la segunda zona (B) con una componente tangencial al flujo pozo-torbellino,

15 caracterizado por el hecho de que se inyecta el segundo fluido comburente de manera escalonada, con un ángulo de ataque diferente en cada etapa.

20 2. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1, en el que el segundo fluido comburente se introduce en al menos dos etapas en la segunda zona (B), correspondiendo la primera etapa a un déficit de comburente, correspondiendo la segunda etapa a al menos la estequiometría.

25 3. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 2, en el que la inyección del segundo fluido comburente en la segunda etapa se hace con un ángulo de ataque inferior al de la primera etapa.

30 4. Dispositivo de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 o 2, en el que el segundo fluido comburente se introduce en la segunda zona (B) en una tercera etapa correspondiente a un exceso de comburente.

35 5. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 4 tomada en combinación con la reivindicación 3, en el que la inyección del segundo fluido comburente en la tercera etapa se hace con un ángulo de ataque inferior al de la segunda etapa.

6. Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, en el que se introducen varios efluentes a tratar a la altura de la zona de simetría axial del flujo pozo-torbellino.

35 7. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 6, en el que se introduce cada efluente a tratar coaxialmente al eje de simetría del flujo pozo-torbellino.

40 8. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 6, en el que se introduce cada efluente a tratar paralelamente al eje de simetría del flujo pozo-torbellino.

9. Dispositivo para la aplicación del procedimiento conforme a la reivindicación 1, que consta de:

- 45 - una primera cámara cilíndrica (A) equipada:
  - o de un medio (1) para introducir un fluido comburente y un medio (2) para introducir un fluido combustible, estando al menos uno de dichos medios configurado para introducir el comburente y/o el combustible según una trayectoria helicoidal,
  - o de un medio para inflamar la mezcla comburente-combustible,
  - 50 o de un estrechamiento (P) dispuesto aguas abajo de dicha primera cámara sobre el eje de simetría de la misma
- una segunda cámara cilíndrica (B) coaxial a la primera cámara (A) y que se comunica con esta última a la altura del estrechamiento (P), estando dicha segunda cámara provista en su periferia de orificios de inyección (100a, 100b, 100c) de un segundo fluido comburente, estando dichos orificios distribuidos sobre unos círculos espaciados axialmente y orientados de manera a impartir una trayectoria circular o helicoidal a dicho segundo fluido comburente,
- 55 - una tubería (3) para introducir el efluente a tratar en la segunda cámara (B) justo a la altura del estrechamiento (P), sobre el eje de simetría de dicha segunda cámara,

60 estando caracterizado por el hecho de que los orificios de inyección (100a, 100b, 100c) del segundo fluido comburente están colocados en forma de etapas, estando dichos orificios configurados de manera que la inyección en cada etapa se haga con un ángulo de ataque diferente.



10. Dispositivo de acuerdo con la reivindicación 9, en el que la segunda cámara (B) consta al menos de dos etapas de orificios de inyección (100a, 100b) y, en el que los orificios de inyección (100b) de la segunda etapa tienen un ángulo de ataque (a2) inferior al de (a1) unos orificios (100a) de la primera etapa.
- 5 11. Dispositivo de acuerdo con la reivindicación 10, en el que la segunda cámara (B) consta de una tercera etapa de orificios de inyección (100c) distante axialmente de las otras dos, teniendo los orificios de dicha tercera etapa un ángulo de ataque (a3) diferente de (a1, a2) de los orificios (100a, 100b) de las otras dos etapas.
- 10 12. Dispositivo de acuerdo con la reivindicación 11 tomada en combinación con la reivindicación 10, en el que los orificios de inyección (100c) de la tercera etapa tienen un ángulo de ataque (a3) inferior al de los orificios (100b) de la segunda etapa.
- 15 13. Dispositivo de acuerdo con una de las reivindicaciones 10 a 12, en el que la segunda cámara (B) comprende un cilindro interno (B1) y un cilindro externo (B2) coaxiales que delimitan un espacio anular (B3), estando dicho cilindro interno provisto de diferentes orificios de inyección (100a, 100b, 100c) del segundo fluido comburente, desembocando dichos orificios en dicho espacio anular, estando este último conectado a un único inyector de segundo fluido comburente.
- 20 14. Dispositivo de acuerdo con una de las reivindicaciones 10 a 12, en el que cada etapa de orificios de inyección (100a, 100b, 100c) está conectado a su propio inyector de segundo fluido comburente.
15. Dispositivo de acuerdo con una de las reivindicaciones 9 a 14, en el que la tubería (3) consta de varios canales (30, 31) destinados a introducir varios efluentes a tratar en la segunda cámara (B).
- 25 16. Dispositivo de acuerdo con la reivindicación 15, en el que los diferentes canales (30, 31) de la tubería (3) son coaxiales.
17. Dispositivo de acuerdo con la reivindicación 15, en el que los diferentes canales (30, 31) de la tubería (3) son paralelos entre sí.
- 30 18. Dispositivo de acuerdo con una de las reivindicaciones 9 a 14, en el que la tubería (3) consta de varios canales, estando un primer canal destinado a introducir el efluente a tratar en la segunda cámara (B), un segundo canal que sirva para hacer circular un fluido que permita recalentar dicho efluente antes de su introducción en dicha segunda cámara.
- 35

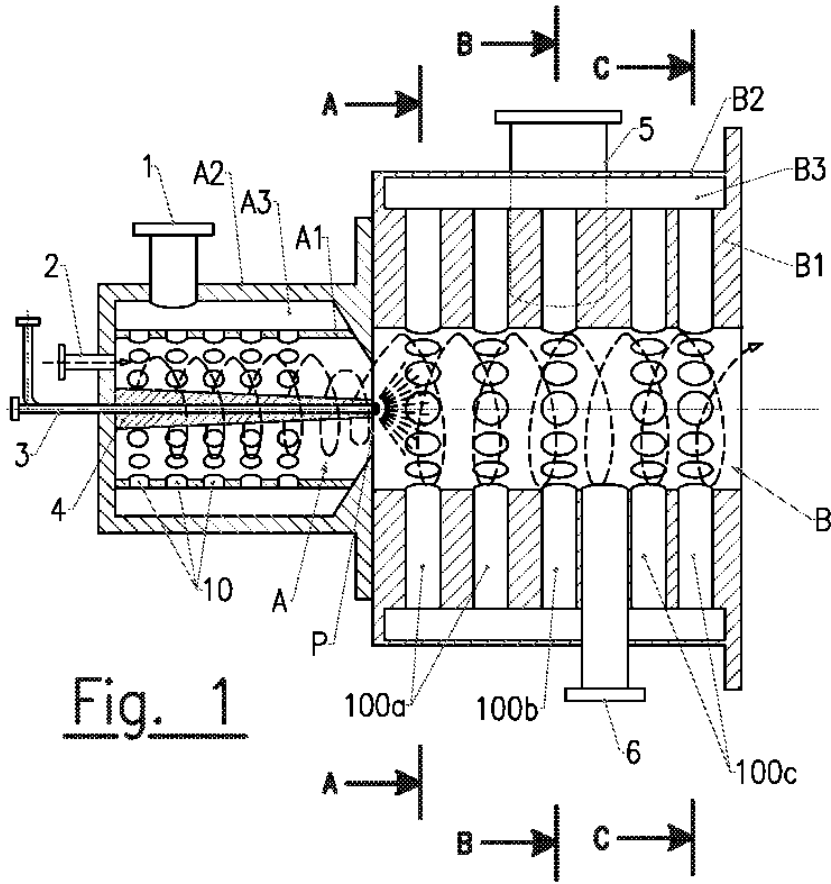


Fig. 1

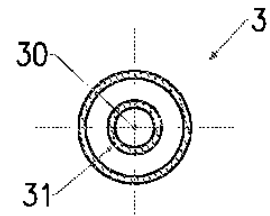


Fig. 6 (D-D)

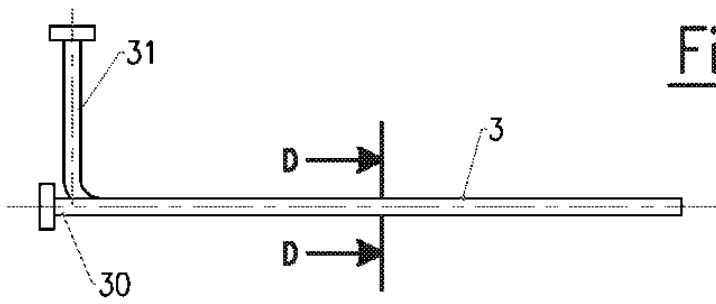


Fig. 5

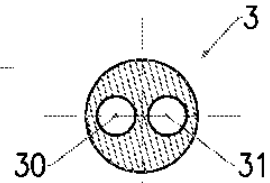


Fig. 7 (D-D)

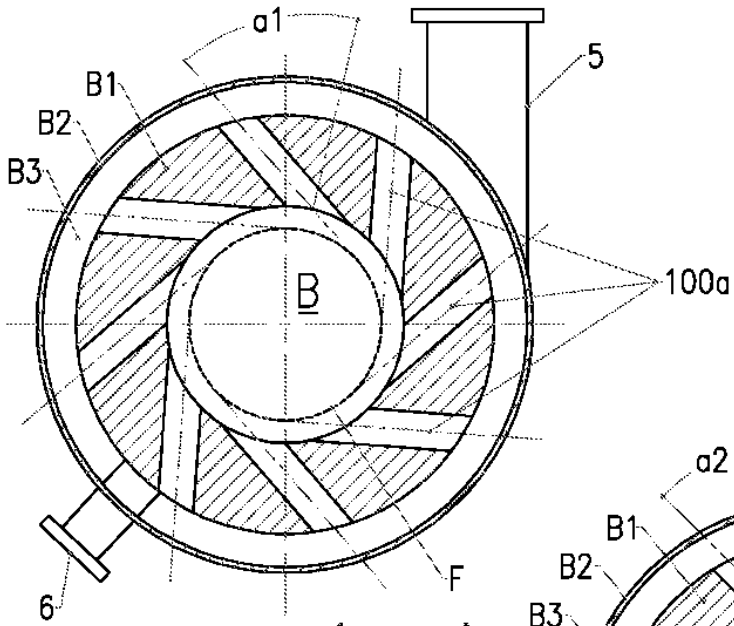


Fig. 2 (A-A)

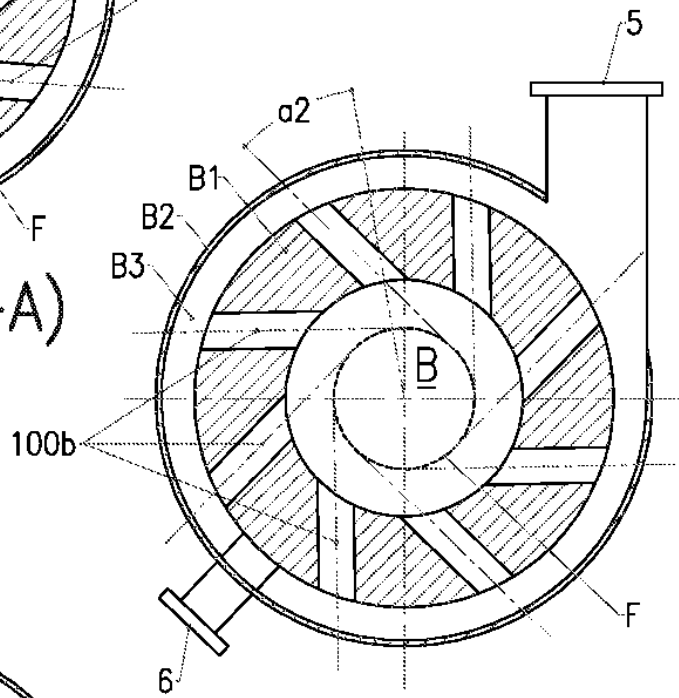


Fig. 3 (B-B)

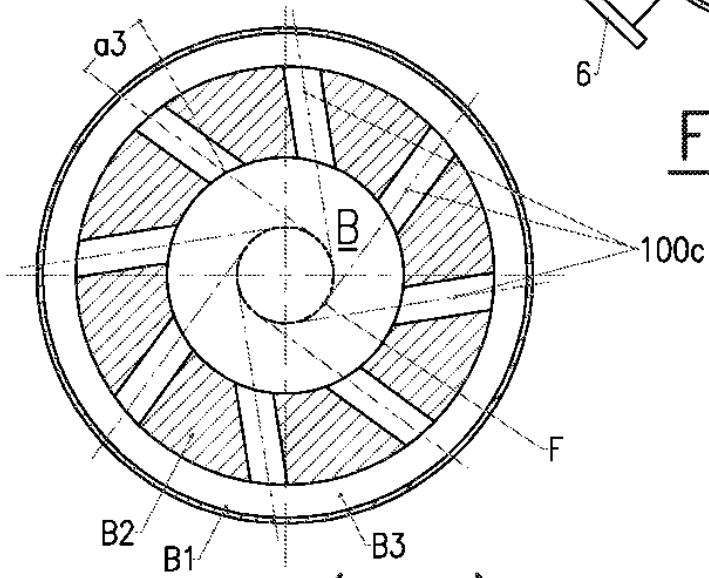


Fig. 4 (C-C)