

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 600 564**

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/FR2007/051599**

87 Fecha y número de publicación internacional: **10.01.2008 WO08003909**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **05.07.2007 E 07823553 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **31.08.2016 EP 2041493**

54 Título: **Procedimiento de calentamiento de una carga**

30 Prioridad:

06.07.2006 FR 0652846

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

09.02.2017

73 Titular/es:

**L'AIR LIQUIDE, SOCIETE ANONYME POUR
L'ETUDE ET L'EXPLOITATION DES PROCEDES
GEORGES CLAUDE (100.0%)
75, QUAI D'ORSAY
75007 PARIS, FR**

72 Inventor/es:

**DOCQUIER, NICOLAS;
LABEGORRE, BERNARD y
ZAMUNER, BERNARD**

74 Agente/Representante:

DE ELZABURU MÁRQUEZ, Alberto

ES 2 600 564 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 de calentamiento de una carga

- 5 La presente invención se refiere a un procedimiento de calentamiento de una carga con ayuda de una llama de orientación variable frente a la carga, pudiendo ser esta llama orientable originada especialmente por una lanza y/o un quemador y, más en particular, especialmente una lanza y/o un quemador que incluye al menos un canal de inyección de al menos un chorro principal, tal como un chorro que contiene comburente, combustible o una premezcla comburente y combustible.

Contexto de la invención

- 10 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.

- 15 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 de oxígeno).

- 20 Ciertas tecnologías de combustión permiten modos discretos de funcionamiento. 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.

- 25 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).

- 30 Este compromiso entre productividad y calidad y/o vida útil depende de la capacidad del sistema para transferir la energía a la carga, evitando sobrecalentamientos 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.

- 35 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.

La utilización en un horno de fusión de llamas de direcciones variables es conocida también por el documento EP-A-1213364.

Objeto de la invención

- 40 La invención se propone controlar el calentamiento de una carga sin provocar un sobrecalentamiento localizado.

Descripción de la invención

De acuerdo con la invención, el calentamiento de la carga es tal que, en una primera fase, se dirige una llama originada por una lanza y/o un quemador en dirección a la carga y, en una segunda fase, se dirige la llama sensiblemente paralelamente a la carga.

- 45 En particular, durante la primera fase, el ángulo de inyección o la incidencia ϕ 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 o incidencia ϕ de la llama está comprendido típicamente entre aproximadamente 5° y 0° .

- 50 Se entiende por ángulo de inyección o incidencia, el ángulo ϕ de la llama con respecto a la horizontal. Cuando la incidencia es nula, la llama es horizontal y paralela al plano definido por la superficie libre o expuesta de la carga (hecha excepción de las irregularidades de la superficie libre, en el caso de una carga sólida).

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. En un ángulo de inyección ϕ de 90° , la llama presenta una dirección hacia la carga y perpendicular al plano definido por la superficie libre de la carga. En un ángulo de inyección ϕ de 0° , la dirección de la llama es paralela al plano definido por la superficie libre de la carga.

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

El quemador / la lanza incluye, ventajosamente, una antecámara (por ejemplo, de cerámica).

10 La llama, cuya dirección tiene que ser así variada, se realiza preferentemente por medio de una lanza y/o de un quemador de posición fija. Esto precisa hacer mover la llama por medios que no sean mecánicos. Y es que unos medios mecánicos son fuente potencial de mal funcionamiento, en particular en entornos hostiles, tales como los hogares a temperatura elevada.

En particular, en el caso de una lanza y/o de un quemador de posición fija, la llama puede ser creada por al menos un chorro de dirección variable, resultante de la interacción entre al menos un chorro de fluido, llamado chorro principal o primario, y al menos otro chorro de fluido, llamado chorro secundario o accionador.

15 El chorro principal es, ventajosamente, un chorro que contiene comburente, combustible o una premezcla comburente y combustible.

La lanza / el quemador puede incluir, de manera útil, al menos un canal de inyección de comburente y al menos un canal de inyección de combustible, dispuestos concéntricamente entre sí. La lanza / el quemador puede incluir, asimismo, al menos un canal de inyección de comburente y al menos un canal de inyección de combustible separados, preferentemente paralelamente entre sí.

20 De acuerdo con una variante, la llama es también de apertura variable. El término "apertura" de un chorro o de una llama designa, en general, para un chorro que aboca desde una canalización, el ángulo entre el eje longitudinal de la canalización y la generatriz en la superficie del chorro / de la llama.

25 Más en particular, la llama puede ser creada por al menos un chorro resultante de dirección (y, ocasionalmente, también de apertura) variable, resultando dicho chorro de la interacción entre al menos un chorro de fluido principal y al menos un chorro de fluido secundario. Preferentemente, se hace variar la relación de los caudales de al menos un chorro principal y de al menos un chorro secundario que interaccionan uno con otro, en tanto que, más preferiblemente, el cambio de dirección de la llama resulta de la mera interacción de al menos un chorro principal y de al menos un chorro secundario.

30 La invención permite una modificación de la resistencia térmica entre la llama y la carga, en funcionamiento y de manera continua, en orden a aumentar la transferencia de calor a la carga, sin tener que aumentar el aporte de energía en el horno, sin menoscabar la calidad de la carga fundida y aumentando la productividad sin reducir la vida útil del horno.

Las prestaciones del procedimiento según la invención pueden ser reguladas en lazo cerrado o en lazo abierto.

35 De este modo, el procedimiento según la invención puede ser, por ejemplo, un procedimiento que comprende las etapas:

- de inyectar al menos un chorro de fluido principal,
- de inyectar al menos un chorro de fluido secundario,
- de hacer interaccionar al menos un chorro de fluido principal con al menos un chorro de fluido secundario en orden a originar al menos un chorro resultante de esta interacción, permitiendo dicha interacción hacer 40 variar la dirección y/o la apertura de dicho chorro resultante y, así, de la llama.

45 Preferentemente, el número de chorros secundarios que interaccionan con un chorro principal para obtener el efecto deseado sobre el chorro resultante se minimizará en orden a reducir el coste de fabricación de la lanza / del quemador y, asimismo, el coste del sistema de alimentación y de regulación de los caudales de los fluidos si se quiere pilotar los chorros accionadores de manera independiente. Un efecto monodireccional puede obtenerse preferentemente con un solo accionador. (Se define la dirección de un chorro / de una llama por ser un vector unitario normal a la sección de paso del fluido orientado en el sentido del flujo, es decir, de aguas arriba hacia aguas abajo).

50 La naturaleza del fluido en los chorros secundarios o chorros accionadores se escogerá en función de la aplicación perseguida. En la práctica, se utilizará muchas veces un mismo fluido para el chorro principal y para el (los) chorro(s) accionador(es). No obstante, 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.

Por lo que se refiere a las propiedades físico-químicas del fluido utilizado para realizar los chorros secundarios o accionadores, 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).

Así, la invención cubre un procedimiento para calentar una carga con el concurso de un útil que origina una llama, tal como un quemador o una lanza, descrito en la presente solicitud, en el que se modifica, de ser necesario, la relación de las impulsiones del chorro de comburente y/o de combustible y/o de premezcla, por una parte y, por otra, del chorro de fluido secundario, en orden a hacer variar la dirección (y/o la apertura) de la llama con respecto a la carga.

En ciertos casos del procedimiento según la invención, el caudal de inyección de combustible puede ser nulo. El útil que origina una llama es, entonces, una lanza (para inyectar un comburente tal como el oxígeno, por ejemplo) cuyo chorro tiene una dirección (y, ocasionalmente, una apertura) variable. Por supuesto, una lanza también puede ser utilizada para inyectar combustible, líquido y/o gaseoso y/o sólido, por ejemplo, una lanza de carbón pulverizado (gas tal como el aire que propulsa polvo sólido tal como carbón).

Si se dota el extremo de la lanza, justo antes de la interacción de los chorros principal 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 principal supersónico, 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).

Se puede, ocasionalmente, actuar sobre el chorro principal con el concurso del chorro secundario preferentemente solo cuando la velocidad del chorro de fluido en la salida de la tobera de De Laval es únicamente subsónica (disminuyendo la presión aguas arriba de la tobera de De Laval). Esto puede permitir, en una fase de inyección subsónica, "barrer" el conjunto de la carga actuando sobre el chorro principal de la manera descrita en la presente solicitud y, luego, en una fase supersónica, actuar de manera más limitada o incluso nula (pequeña cantidad de movimiento del chorro secundario o incluso cantidad de movimiento nula) sobre el chorro principal supersónico (aplicación en metalurgia sobre un convertidor, horno eléctrico, etc.).

De acuerdo con una variante, la llama es desviada en orden a barrer al menos una parte de la superficie de la carga. Así, es posible, por ejemplo, desviar la llama utilizando al menos dos chorros auxiliares, en orden a obtener una variación de la dirección de la llama en al menos dos planos secantes (por ejemplo, desviación según la anchura del horno y desviación según la longitud del horno). Esto permite, en especial, cubrir la totalidad de la superficie de la carga sin sobrecalentamiento localizado.

Ejemplos

La invención se comprenderá más fácilmente con ayuda de los siguientes ejemplos de realización, dados a título no limitativo, en conjunción con las figuras, que representan:

Figura 1: un esquema de principio de la interacción de los chorros en una lanza o un quemador que puede ser utilizado en el procedimiento según la invención.

Figura 2: esquema de una regulación de las prestaciones del procedimiento.

Figura 3A y B: esquema de chorros accionadores para controlar la dirección del chorro resultante / de la llama.

Figuras 4a y b: esquema de chorros accionadores para el control de la apertura del chorro resultante / de la llama.

Figura 5: densidad del flujo de calor de una llama en función de la distancia al punto de inyección, bajo diferentes incidencias.

Figura 6: transferencia de calor a la carga en función de la relación del caudal de los chorros accionadores y del chorro principal.

Figura 7A y B: esquema del procedimiento para el calentamiento de una carga.

Figura 8: esquema que ilustra un desplazamiento lateral de la llama.

En la figura 1, se representa un esquema de principio de un quemador o de una lanza que pueden ser utilizados en el procedimiento para hacer variar la dirección (y, ocasionalmente, la apertura) de la llama.

El chorro principal 3 dimanado del inyector principal 7 pasa a interaccionar con el chorro accionador 2 dimanado del inyector secundario 4, creando así un chorro resultante 1 de dirección y/o de apertura diferente del chorro 3 en

defecto de chorro accionador 2.

Es de señalar, en la figura 1, que el chorro accionador 2 conducido por el inyector secundario 4 que tiene la forma de una canalización que atraviesa la materia 5, por ejemplo, un bloque que rodea el canal 7, abocando este chorro accionador 2, por mediación del inyector secundario 4, preferentemente de manera sensiblemente perpendicular al chorro 3. El chorro principal 3 desemboca, en este punto, en el interior de la materia 5, es decir, antes de la eyección del chorro del inyector principal 7.

La interacción entre los chorros preferentemente se produce (tal como se ilustra) en el interior de los medios que entregan este chorro principal (tubo, antecámara, etc.) antes de que dicho chorro principal aboque desde dichos medios u, ocasionalmente, donde el chorro principal aboca desde estos medios o en la proximidad de este lugar.

La figura 2 representa un esquema de principio de un procedimiento de regulación de las prestaciones de un chorro de una lanza o de un quemador que utiliza un sistema de chorros según la invención.

Los sensores 14, 16 y 17 miden magnitudes caracterizadoras de los productos de combustión y de las condiciones del funcionamiento del procedimiento y/o del hogar y del quemador. Estas medidas se transmiten, con el concurso de las líneas 18, 19 y 20, al controlador 15. Este último determina, en función de unas consignas dadas para estas magnitudes características, los parámetros de funcionamiento de los accionadores, en orden a mantener las magnitudes características en sus valores de consigna y, con el concurso de la línea 21, transmite estos parámetros a los órganos de mando de los accionadores 11.

Las figuras 3A y B representan un esquema de principio de accionador para el control de la dirección de un chorro / de una llama.

La figura 3A es una vista de frente de un chorro 30 que incluye cuatro chorros accionadores 31, 32, 33 y 34 respectivamente dispuestos, por ejemplo, a 90° unos de otros y que entran en incidencia perpendicular a la dirección del chorro principal 30. En la figura 3B, se representa una vista desde un lado del conjunto de la figura 3A. Los chorros accionadores 31 y 33 no se han representado.

Si, en defecto de chorro accionador, el chorro principal 30 fluye perpendicularmente al plano de la figura 3A, la inyección de un chorro en el inyector 33 permite una desviación del chorro resultante hacia la derecha en la figura 3A (en dirección a 31), es decir, en el mismo sentido que el sentido de flujo del chorro 33 (y la misma dirección). Si, simultáneamente, se acciona el chorro 34, según las cantidades de movimiento relativas de los chorros 33 y 34, se podrá obtener un chorro resultante desviado en una dirección (proyectada en el plano de la figura 3A) que puede variar permanentemente entre las direcciones de los chorros 33 y 34 (hacia la derecha y hacia abajo en la figura 3A).

Las figuras 4a y b representan un esquema de principio de accionador para el control de la apertura de un chorro / de una llama.

En la figura 4a, que es una vista en sección longitudinal de un dispositivo de inyección, el chorro principal 55 (que fluye de la izquierda hacia la derecha en la figura) topa con los chorros accionadores (representados en la figura 4b, que es una vista de frente según el eje AA de la figura 4a) 51, 52, 53 y 54, que pasan a incidir en el chorro principal 55 de manera tangencial, permitiendo, según las impulsiones de estos diferentes chorros, "abrir" en mayor o menor medida el chorro principal 55. Este efecto de apertura es debido esencialmente al hecho de que los chorros accionadores y el chorro principal tienen ejes que no se cortan, aunque los chorros tengan una interacción física entre sí. Esto lleva consigo un giro del chorro principal sobre sí mismo y, así, un cambio de la apertura del chorro / de la llama.

Para obtener a la vez un efecto de dirección y de apertura, se combinarán las enseñanzas de los párrafos precedentes.

La figura 5 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 en el eje del quemador. 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 ($\varphi = 0$ –véase la figura 7B–), 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.

La figura 6 representa la transferencia de calor a una carga por una llama de dirección variable, realizada por la interacción de un chorro principal con unos chorros accionadores. Más en particular, la figura 6 representa el flujo de calor entregado en función de 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 invención se va a ilustrar seguidamente en el caso de un quemador utilizado 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 mantenida luego a la misma, por ejemplo, una carga de metal ferroso o no ferroso, de vidrio, de cemento o, por el contrario, una carga que se tiene que secar a partir de un baño líquido.

Es posible aplicar la invención en un útil de tratamiento de acero en un horno de arco eléctrico, por ejemplo, de la manera siguiente: el útil incluye 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, ocasionalmente, 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.

En el centro del útil, generalmente se prevé un canal de inyección a velocidad supersónica (equipado con una tobera de De Laval) de gas tal como el oxígeno, el nitrógeno, etc. Este canal, a su vez, puede estar equipado con un canal de inyección de chorro auxiliar para hacer variar la dirección del chorro (subsónico o supersónico). Asimismo, se pueden prever accionadores para aumentar la apertura del chorro principal, por ejemplo cuando su velocidad es subsónica. En general, se evitará accionar tales chorros accionadores sobre un chorro principal a velocidad supersónica, pues generalmente se procura conservar el ángulo de apertura del chorro tan pequeño como sea posible en este caso, con el fin de aumentar la penetración de este chorro supersónico.

En ciertas fases de funcionamiento, se puede utilizar un chorro central (por ejemplo, oxígeno, nitrógeno, etc.) a velocidad supersónica, rodeado de una llama con el fin de mantenerle el mayor tiempo posible una velocidad próxima a su velocidad inicial en la salida de la tobera (convergente / divergente).

La llama podrá tener ocasionalmente, según las etapas del procedimiento en el horno eléctrico, una apertura más o menos grande (es decir, que abarca en una longitud más o menos grande el chorro supersónico).

Los ejemplos que siguen son relativos al control de la transferencia de calor de un quemador que utiliza la invención hacia una carga en un procedimiento de fusión de una carga, por ejemplo, una carga de metal (que puede incluir partes sólidas y/o líquidas). Tales ejemplos se pueden realizar, en especial, utilizando un procedimiento de regulación tal y como se ha descrito anteriormente.

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

En este ejemplo, se utilizan inyectoros para que la incidencia de llama sea variable. Cada chorro de fluido es inyectado en la cámara del horno por intermedio de un inyector.

En la primera parte del ciclo de fusión del aluminio, cuando el metal se halla presente mayoritariamente en estado sólido, se gradúa 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 6).

Cuando la mayoría de los bloques de metal sólido están fundidos, se gradúa 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 recalentamiento del metal ya fundido y, consecuentemente, su oxidación por la llama o los productos de combustión.

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. Las figuras 7A y B ilustran las posiciones de la llama con respecto a la carga en las dos fases del procedimiento de calentamiento.

La figura 7A 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.

La figura 7B representa una vista desde un lado del mismo horno en correspondencia con una de las llamas.

En la figura 7B, parte inferior, la llama está inclinada en un ángulo φ con respecto a la horizontal, preferentemente cuando sigue habiendo presente metal sólido sobre el baño líquido, en tanto que, en la parte superior de esta figura, la llama está posicionada en incidencia nula ($\varphi = 0$).

- 5 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, en la primera fase, el operario del horno puede hacer variar la incidencia, ocasionalmente manualmente, entre 5° y 45° o entre 10° y 45° , y luego volver a 0° en la segunda fase. 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 mando 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.

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

En este ejemplo, se utilizarán inyectores según la invención para que la orientación horizontal de la llama pueda modificarse según demanda, en función de la relación de control de cada inyector, tal como se ilustra en la figura 8.

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

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 8 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).

30 La utilización de uno o varios quemadores con orientación de llama variable permite aumentar la cobertura de la carga mediante desplazamiento horizontal de la llama.

(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 8 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 parte superior de la figura 8, 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, 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.

45 En la parte central de la figura 8, al ser nulas ($CR = 0$) las relaciones de control de los chorros principales 130 y 132, no hay chorros accionadores en acción, y la llama se propaga según el eje X-X'.

En la parte inferior de la figura 8, 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).

50 Tal como se ha enunciado en el ejemplo 1, el operario del horno puede hacer variar manualmente, periódicamente o no, las relaciones de control, con el fin de modificar la posición de la llama. Las relaciones de control también pueden ajustarse con el concurso de una caja de mandos que permite modular de manera periódica la relación de control del quemador.

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 horizontal y vertical a la vez 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 del 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 temperatura leída entre dos termopares inmersos en el baño a diferentes profundidades, 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 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.)

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.

- 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 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:

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.

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 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.

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.

5 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 porcentaje 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
10 sí mismos, son bien conocidos para un experto en la materia.

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento de calentamiento de una carga con ayuda de una llama originada por una lanza y/o un quemador, caracterizado por 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.
- 5 2. Procedimiento según la reivindicación 1, caracterizado por que la lanza y/o el quemador son una lanza y/o quemador de posición fija que producen una llama de dirección variable.
3. Procedimiento según la reivindicación 1 ó 2, caracterizado por que, durante la primera fase, el ángulo de inyección ϕ de la llama está comprendido entre aproximadamente 90° y 5° y por que, durante la segunda fase, el ángulo de inyección ϕ de la llama está comprendido entre 5° y 0° aproximadamente.
- 10 4. Procedimiento según una de las anteriores reivindicaciones, caracterizado por que el ángulo de inyección ϕ de la llama durante la primera fase está comprendido entre 5° y 75° , preferentemente entre 25° y 45° .
5. Procedimiento según una de las anteriores reivindicaciones, caracterizado porque la llama es de apertura variable.
- 15 6. Procedimiento según una de las anteriores reivindicaciones, siendo creada la llama por al menos un chorro resultante (1) de dirección variable, obteniéndose dicho chorro (1) mediante una interacción entre al menos un chorro de fluido principal (3, 30, 130, 132) y al menos un chorro de fluido secundario (2, 31, 32, 33, 34, 131, 133).
7. Procedimiento según la reivindicación 6, caracterizado por que se hace variar la relación de los caudales de al menos un chorro principal (3, 30, 130, 132) y de al menos un chorro secundario (2, 31, 33, 34, 131, 133) que interaccionan entre sí.
- 20 8. Procedimiento según una de las reivindicaciones 6 y 7, caracterizado por que el cambio de dirección de la llama resulta de la mera interacción de al menos un chorro principal (3, 30, 130, 132) y de al menos un chorro secundario (2, 31, 33, 34, 131, 133).
9. Procedimiento según una de las reivindicaciones 6 a 8, caracterizado por que el chorro principal (3, 30, 130, 132) es un chorro que contiene comburente, combustible o una premezcla comburente y combustible.
- 25 10. Procedimiento según una de las anteriores reivindicaciones, caracterizado por que la carga es una carga de metal ferroso o no ferroso, de vidrio, de cemento o una carga que se tiene que secar a partir de un baño líquido.

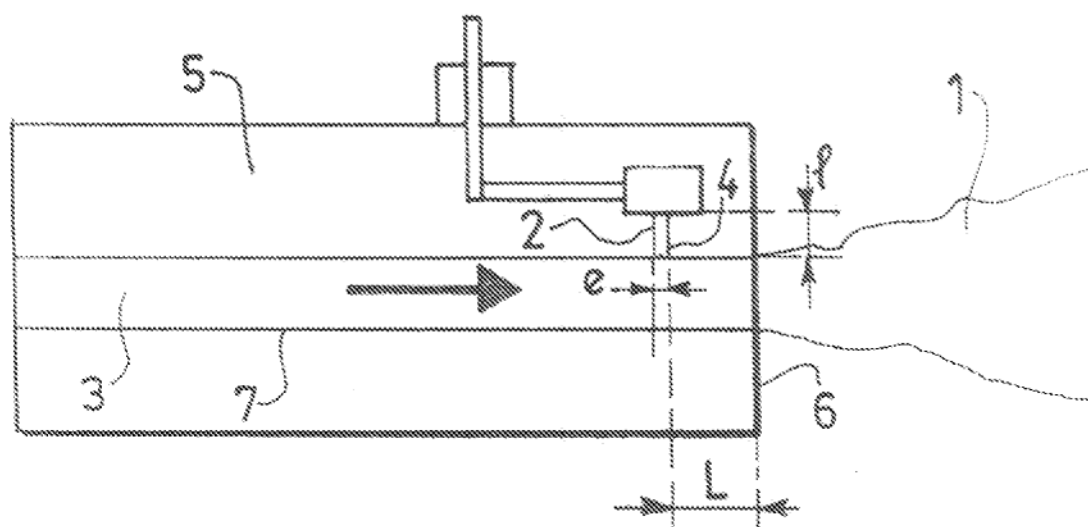


FIG.1

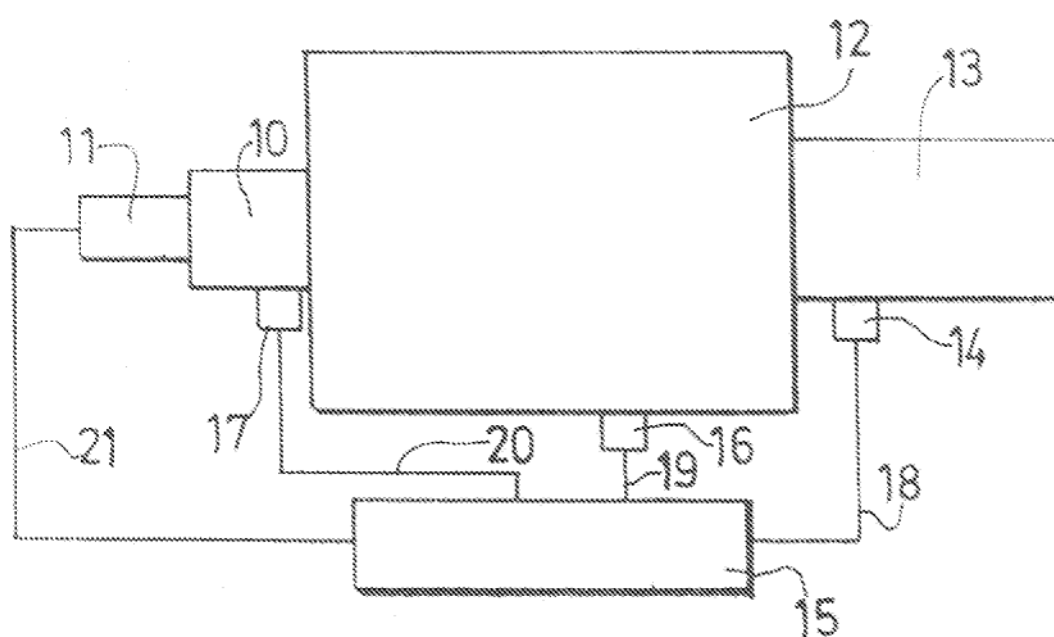


FIG.2

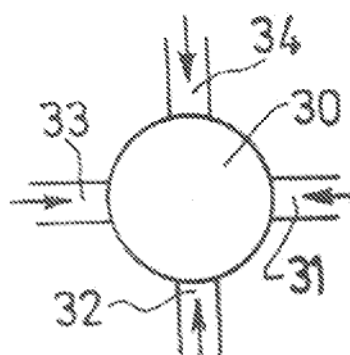


FIG. 3A

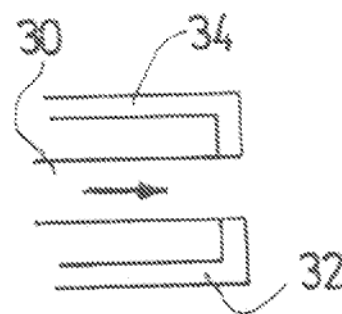


FIG. 3B

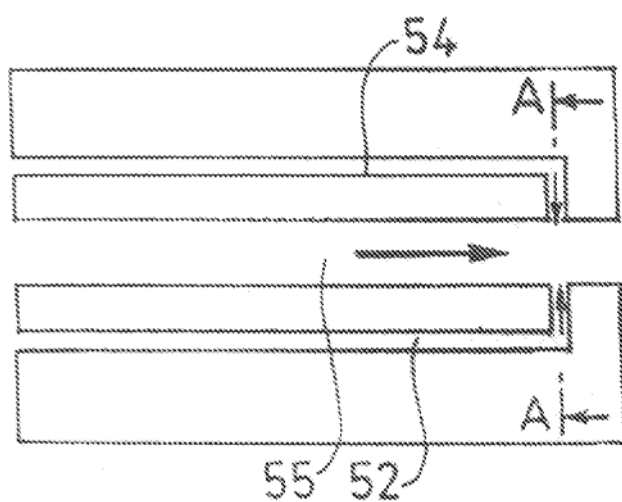


FIG. 4a

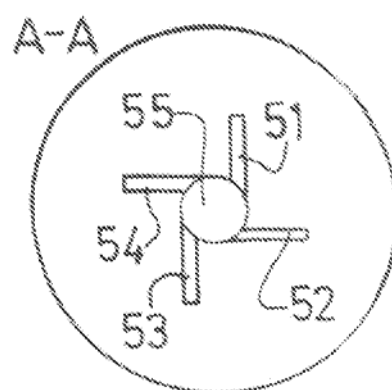


FIG. 4b

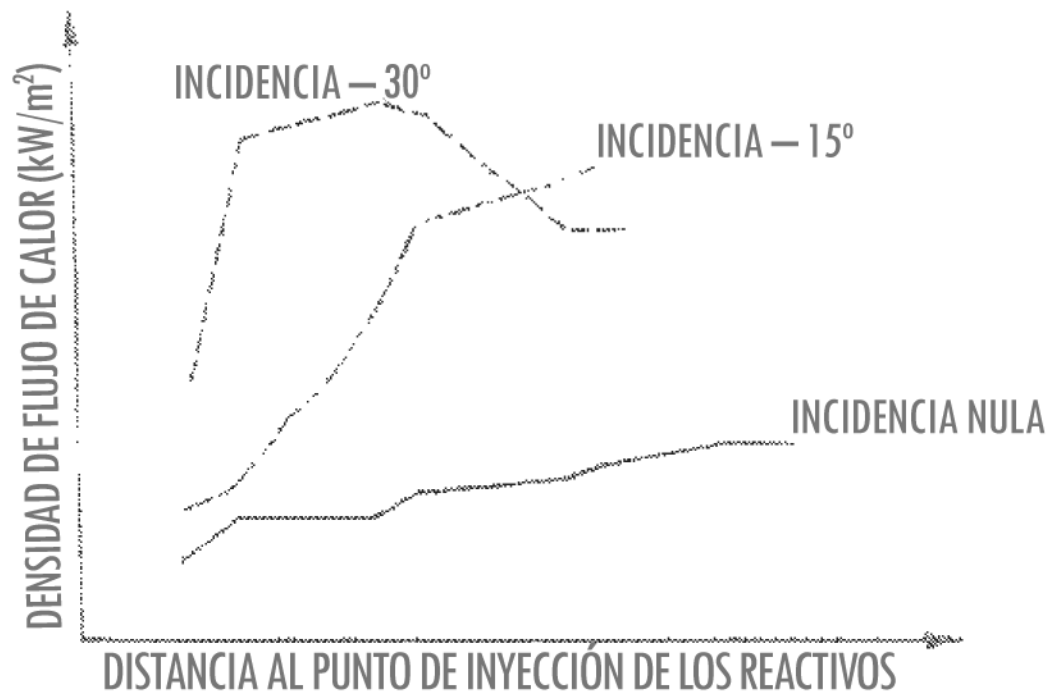


FIG.5

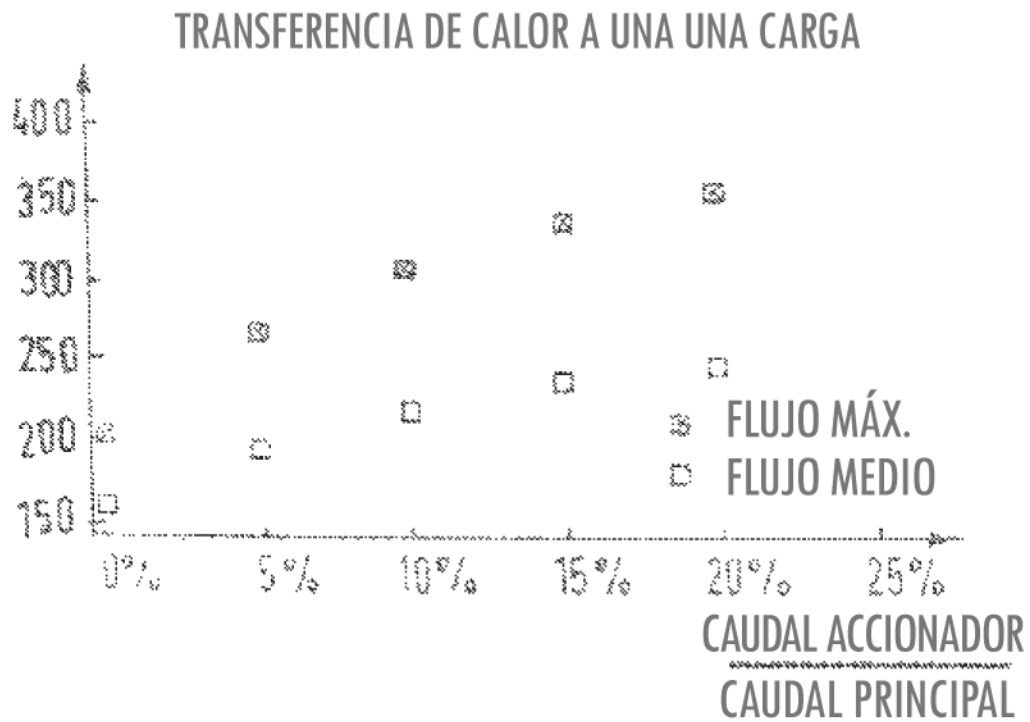


FIG.6

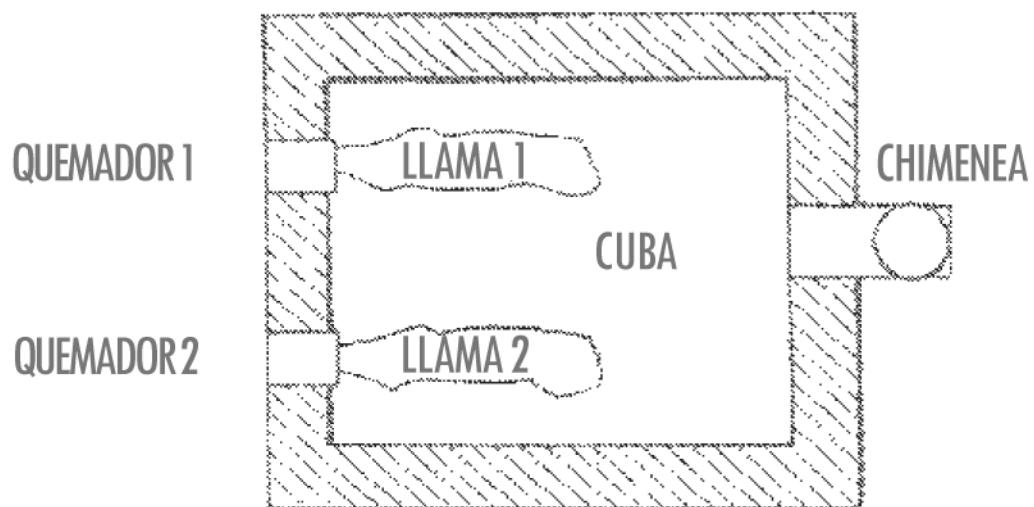


FIG. 7A

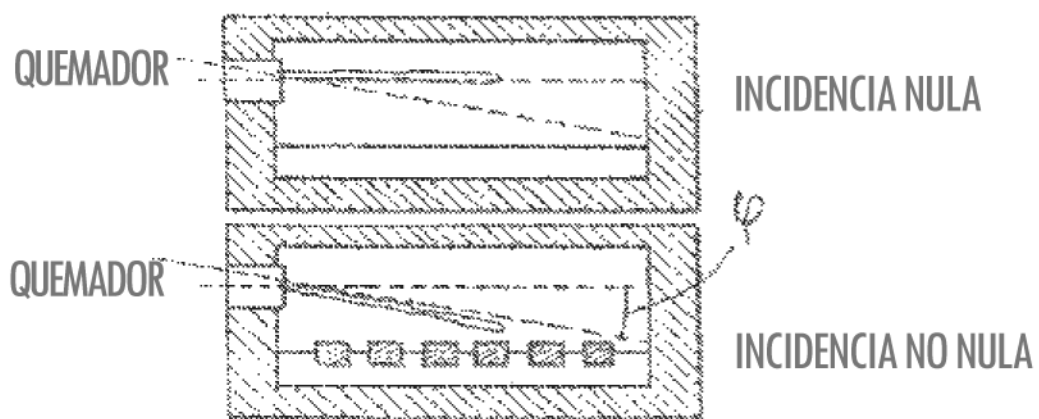


FIG. 7B

