

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 792 044**

51 Int. Cl.:

C03B 5/235 (2006.01)

C03B 5/04 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **21.07.2017** E 17305979 (1)

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **04.03.2020** EP 3431446

54 Título: **Un método de combustión aplicado a materiales de fusión tales como el vidrio en un horno de llama longitudinal**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
06.11.2020

73 Titular/es:

**ENGIE (100.0%)
1 Place Samuel de Champlain
92400 Courbevoie, FR**

72 Inventor/es:

**FRICKER, NEIL;
PONT, RICHARD STANLEY;
ALLIAT, ISABELLE;
LAPLACE, THIERRY y
BELLIN-CROYAT, THIERRY**

74 Agente/Representante:

UNGRÍA LÓPEZ, Javier

ES 2 792 044 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

Un método de combustión aplicado a materiales de fusión tales como el vidrio en un horno de llama longitudinal

5 Antecedentes de la invención

Campo de la invención

10 La presente invención se refiere a un método de combustión aplicado a un método de fusión de materias primas, por ejemplo, vidrio, en un horno de llama longitudinal y, más específicamente, se refiere a un método con el objetivo de reducir la formación de óxidos de nitrógeno (NOx) en las llamas utilizadas durante la fusión de las materias primas.

La invención se refiere además a un horno de fusión de llama longitudinal que implementa un método de este tipo con el objetivo de reducir la emisión de NOx.

15

Descripción de la técnica relacionada

Se conocen varios tipos de hornos de fusión para producir diferentes tipos de vidrio u otros materiales, incluyendo los hornos de llama longitudinal. En estos hornos, la llama, que en ocasiones se denomina una "llama de herradura", y el flujo de productos de combustión definen una forma de U.

20 Debe señalarse que los expertos, en ocasiones, denominan los hornos de llama longitudinal "hornos de orificio terminal" u "hornos de llama en U". En los sucesivos en el presente documento, las expresiones "de llama longitudinal", "de orificio terminal" y "de llama en U" pueden usarse de manera equivalente para describir uno y el mismo tipo de horno.

25

En la presente descripción pueden usarse las siguientes expresiones. Las siguientes definiciones se proporcionan solamente a modo de ejemplo:

- 30 - Horno de fusión, por ejemplo, horno de fusión de vidrio: consiste en un baño de material fundido cubierto por una cámara de combustión en la que se quema combustible para generar el calor para fundir las materias primas.
- Horno de fusión regenerativo, por ejemplo, horno de fusión de vidrio regenerativo: un horno que está equipado con cámaras de relleno fijo conectadas a orificios de escape y orificios de alimentación, y que invierte la dirección de la combustión a intervalos regulares de manera que los gases de escape calienten el relleno fijo y el relleno fijo caliente el oxidante (por ejemplo, el aire de combustión) de forma alterna.
- 35 - Horno de fusión con recuperación, por ejemplo, horno de fusión de vidrio con recuperación: un horno que dirige el fuego de forma continua en una dirección donde el oxidante se calienta mediante un intercambiador de calor con recuperación separado.
- Horno de llama longitudinal: un horno de fusión donde el oxidante y los orificios de escape se ubican en la misma pared terminal.
- 40 - Pared trasera de un horno de llama longitudinal: la pared en la que el oxidante se introduce por los orificios de alimentación y donde se ubican los orificios de escape.
- Pared frontal: la pared que se opone a la pared trasera, por lo general el material fundido en el baño se descarga por debajo de la pared frontal.
- 45 - Orificio: el canal utilizado para introducir el oxidante en la cámara de fusión (denominado "orificio de alimentación") o para retirar los productos de combustión de la cámara de fusión (denominado "orificio de escape"). En un horno de llama longitudinal reversible, un par de orificios ubicados en la pared trasera funcionan de forma alterna como orificio de alimentación y orificio de escape.
- Quemador: el dispositivo asociado al orificio o a orificios que por lo general inyecta combustible para la fusión de las materias primas. Puede haber más de un quemador asociado a un orificio dado. Los quemadores pueden ubicarse en las siguientes posiciones: quemadores bajo el orificio, debajo del orificio, quemadores laterales al orificio, ubicados en el lateral del orificio, quemadores a través del orificio, ubicados dentro del orificio.
- 50 - Inyector de combustible auxiliar: un dispositivo para inyectar combustible auxiliar en la cámara de fusión.
- Productos de combustión: los gases resultantes de la combustión del combustible con oxidante, que normalmente tienen una proporción de oxígeno generalmente inferior al 5 % y más normalmente inferior al 2,5 %.
- 55 - Productos de combustión recirculantes: el flujo de productos de combustión que regresa hacia el orificio de alimentación de combustión en el espacio entre el techo y la llama. En un horno de llama longitudinal, el flujo es en un plano horizontal.
- Biocombustible: un combustible derivado de biomasa renovable. Los biocombustibles pueden ser gaseosos, líquidos o sólidos.
- 60 - Oxidante: el fluido utilizado para quemar el combustible, por lo general aire.

Los hornos de llama longitudinal normalmente funcionan con intercambiadores de calor regenerativos usando de forma alterna dos orificios ubicados uno al lado del otro en una pared (la pared trasera) del horno. Durante los primeros períodos de tiempo (normalmente de entre 10 y 30 minutos), el combustible y un oxidante, tal como el aire, se suministran solo a uno de los dos orificios, mientras los productos de combustión se evacúan a través del orificio de escape. Durante un segundo período de tiempo alterno (también normalmente de entre 10 y 30 minutos), el

65

combustible y un oxidante, tal como el aire, se suministran al otro de los dos orificios, mientras que los productos de combustión se evacúan a través del orificio de escape asociado al primer quemador. Los orificios actúan de forma alterna como orificios de alimentación o como orificios de escape.

5 Cada orificio tiene asociado al mismo uno o más quemadores. Los quemadores alimentan el combustible al interior a través o cerca (por lo general debajo) del orificio que sirve como entrada para el oxidante. Los quemadores en o cerca del orificio de escape están inactivos. El suministro de combustible a los dos conjuntos de quemadores se alterna en sincronización con el flujo de oxidante.

10 Hay un regenerador conectado corriente arriba de la abertura de suministro de un orificio de alimentación en la trayectoria de suministro del oxidante. El regenerador del lado de escape es calentado por los gases de escape salientes. Después de invertir la dirección de la combustión del horno, el regenerador caliente calienta el oxidante entrante. Este proceso de recuperación de calor en el oxidante entrante aumenta la eficiencia térmica del horno de fusión y garantiza poder conseguir las altas temperaturas necesarias para fundir las materias primas
15 (aproximadamente 1500 °C, 2700 °F).

20 Cuando el oxidante es aire, como suele ser el caso en los hornos industriales de fusión de vidrio, los óxidos de nitrógeno (NOx), un contaminante del aire regulado, por lo general surgen durante la combustión de la mezcla de combustible y oxidante. El nitrógeno en el aire se combina con el oxígeno en el aire a las altas temperaturas que se encuentran en las llamas del horno de fusión de vidrio para formar "NOx térmico". En el caso de hornos de fusión de vidrio regenerativos, las concentraciones de NOx en los gases de escape están normalmente en el intervalo de 750 a 2500 mg/Nm3 al 8 % de O2, la condición convencional para comparar emisiones de NOx.

25 Es importante tratar de reducir la fracción de óxido de nitrógeno en el gas de escape para cumplir con el límite de 500 mg/Nm3 al 8 % de O2 establecido por las regulaciones de emisiones actuales o inminentes en muchas partes del mundo. Esto requiere que las emisiones de NOx "tal como se encuentran" se reduzcan entre un 30 % y un 80 %.

30 La opción utilizada habitualmente para reducir las emisiones de NOx de los hornos de fusión de vidrio (u otros tipos de hornos) es el tratamiento posterior de los gases de escape. Sin embargo, dichos dispositivos de purificación de gases de escape son caros y constituyen equipos adicionales que requieren espacio adicional y altos costes de funcionamiento y mantenimiento. Normalmente, una planta de reducción catalítica selectiva (RCS) para conseguir una reducción de NOx de hasta el 90 % en un horno de fundición de vidrio de llama longitudinal de gran tamaño tiene un coste de capital de un millón de euros y costes de funcionamiento anuales de aproximadamente 100.000 euros. Requiere el reemplazo de aproximadamente 1/3 del catalizador cada año. También requiere el uso de amoníaco (NH3 o urea) como agente reductor, un fluido que en sí mismo es un contaminante regulado. Una alternativa de menor capital es la reducción selectiva no catalítica (RNCS) realizada dentro del regenerador de escape. La RNCS usa amoníaco o urea para reaccionar con el NOx y descomponer el NOx. Debe realizarse a una temperatura muy particular entre 870 °C y 1090 °C. Por encima de esta temperatura, el amoníaco reacciona para producir más NOx, mientras que por debajo deja el regenerador sin reaccionar para aumentar las emisiones de la planta. En un horno de fusión de vidrio regenerativo reversible, las condiciones correctas para una RNCS eficaz solo existen durante una parte pequeña del ciclo regenerativo en cualquier lugar dado en el regenerador. Esto hace que la RNCS sea bastante ineficaz.

45 Tsai (documento EP 0882488 y documento US5893940) introduce combustible y oxidante adicionales en los gases de escape en un intento de estabilizar su temperatura al entrar en el intercambiador de calor regenerativo y, por tanto, prolongar la parte del ciclo del horno durante la cual la RNCS es eficaz. El método funciona, aunque es muy difícil controlar la temperatura dentro del intervalo requerido. Por tanto, la eficacia del enfoque de Tsai es limitada y, además, al coste del amoníaco hay que añadirle el aumento del consumo de combustible y las emisiones de CO2 del horno en varios puntos porcentuales.

50 Un enfoque más satisfactorio para limpiar el gas de escape después de que sale de la cámara de fusión ha sido la adición de exceso de combustible al escape o dentro de la cámara de fusión de manera que no haya suficiente oxidante disponible para la combustión completa. En esta circunstancia, se forma monóxido de carbono (CO) e hidrógeno (H) en el escape (atmósfera reductora) y estos reducen el NOx a nitrógeno (N2) y dióxido de carbono (CO2) y agua (H2O) en el orificio de escape y dentro de los regeneradores. Debe introducirse aire en el extremo corriente abajo del regenerador (en ocasiones denominado "aire inyectado encima de los quemadores") para quemar el exceso de CO (otro contaminante regulado) y tratar de recuperar parte del calor perdido en el combustible adicional.

60 Este método, denominado "tecnología de recombustión de combustible", fue propuesto originariamente por Quirk (documento EP0599548 - el denominado proceso 3R) que usó los quemadores sin combustión en o cerca de los orificios de escape para introducir el exceso de combustible. Sin embargo, aunque tiene el potencial de conseguir la reducción requerida del 80 % en NOx a un coste de capital muy bajo, esto tiene el precio de un aumento de entre el 5 % y el 15 % en el consumo de combustible y emisiones de CO2. El enfoque 3R también impone tensión química y
65 térmica a los regeneradores, conduciendo a una reducción en la vida útil del regenerador. Por estas razones, la industria del vidrio casi ha abandonado este enfoque.

En un intento por mejorar esta "tecnología de recombustión de combustible", Ichiraku (documento JP08208240) propuso un método de reducción del NOx usando postcombustión en el regenerador. En este método, el exceso de combustible se inyecta en el horno a través de inyectores en la corona o en el orificio de escape o, en el caso de un
5 horno de llama longitudinal, cerca de la pared frontal. El NOx formado por los quemadores convencionales entra en los regeneradores en una atmósfera altamente reductora que da como resultado la descomposición del NOx en nitrógeno y dióxido de carbono. Se requiere un determinado tiempo para esta reacción de "postcombustión", que por lo general se completa a mitad de camino en el regenerador. En este punto, puede inyectarse aire para quemar el exceso de combustible a una temperatura relativamente baja. Parte del calor generado es recuperado por el
10 regenerador y parte se va en los gases de mayor temperatura del regenerador. La técnica es similar al proceso 3R de Quirk, excepto porque en 3R el exceso de gas se inyecta en el cuello del orificio de escape. Sufre de inconvenientes similares y no ha tenido una aplicación generalizada.

En resumen, aunque todos los enfoques de limpieza de gases de escape analizados anteriormente son capaces de
15 conseguir las reducciones de NOx requeridas de hasta el 80 %, solo lo consiguen al precio de un alto coste de capital o altos costes de funcionamiento o, en algunos casos, ambos. Además, los enfoques de Quirk e Ichiraku conducen a un gran aumento (de aproximadamente el 10 %) en las emisiones de CO2.

Un enfoque alternativo es reducir o evitar la formación de NOx en la cámara de fusión. El ajuste del quemador, incluyendo la reducción del exceso de oxidante (retirada del oxígeno disponible para la reacción de formación de NOx) y el alargamiento de la llama (reducción de la temperatura máxima de la llama y, por tanto, de la tasa de formación de NOx), es posible, pero normalmente no producirá más del 10 % al 20 % de reducción antes de que
20 aparezcan altos niveles de CO en el escape. Esto, o una pérdida asociada de rendimiento del horno, impide su uso adicional.

Moreau (documento US 6047565) propone crear una "cobertura" de gas inerte entre el oxidante que entra a través del orificio de alimentación y el combustible que entra a través del quemador, retrasando de este modo la combustión del combustible principal produciendo temperaturas más bajas en la llama principal y reduciendo de este modo la formación de NOx. El método se aplica solo a disposiciones con inyectores bajo los quemadores donde el
30 combustible se introduce a través de uno o más quemadores situados debajo de los orificios de oxidante y la corriente de oxidante fluye a través de ellos. Moreau propone diversos métodos para producir esta "cobertura". Por lo general, la "cobertura" se forma en o debajo del orificio de alimentación de combustión mediante la introducción a baja velocidad de una pequeña cantidad (normalmente del 5 % y siempre inferior al 30 %) del combustible entre el chorro de combustible principal y el oxidante. El método puede producir llamas excesivamente largas que no completan la combustión en el horno y puede dar como resultado condiciones reductoras no deseadas en la
35 superficie del vidrio. El documento US 6047565 propone métodos para superar estos efectos no deseados mediante la inyección de chorros de oxígeno o aire a alta presión entre los chorros de combustible principales y la superficie del vidrio fundido. Esta es una disposición bastante compleja de manipular. El oxidante total suministrado a través del orificio del oxidante y las lanzas de oxígeno suplementarias se mantienen próximos o por debajo de la cantidad necesaria para completar la combustión. Esta operación rica en combustible también contribuye a reducir el NOx, pero el inventor no proporciona ninguna indicación de la eficacia del método para reducir el NOx.

Nakamura (documento JPH05180410) reduce la formación de NOx mediante la inyección de parte del combustible a través de dos inyectores ubicados en la misma pared que el orificio de alimentación de aire de combustión en una
45 ubicación adyacente al orificio y dirigida en la misma dirección que el aire y la llama. El combustible de los dos inyectores se mezcla con gases residuales recirculados que tienen baja concentración de oxígeno y, por tanto, se quema lentamente a una temperatura más baja, dando como resultado una menor formación de NOx. En términos prácticos, es difícil colocar inyectores en esta ubicación. Debido a la proximidad de la corriente de oxidante entrante, no hay suficiente distancia disponible para que el combustible del inyector se mezcle con los productos de combustión antes de encontrarse y mezclarse con el aire de combustión, reduciendo de este modo la eficacia del método de inyección de Nakamura.

Demarest (documento US 4 599 100) divulga un método para hacer funcionar un horno de fusión de combustión cruzada usando combustión con exceso de aire. En este documento, se introduce combustible adicional a través de
55 un quemador adicional para consumir el exceso de aire. La inyección de combustible adicional en este documento es de manera que la reducción del exceso de aire esté encima de la llama, de modo que el área entre la llama y el vidrio permanezca oxidante y el escape del horno aún contenga algo de exceso de aire. Como la cantidad total de exceso de aire es normalmente del 20 %, la cantidad de combustible adicional debe ser pequeña. Con el fin de conseguir una reducción significativa de NOx, el exceso de aire total debe reducirse a una cantidad muy próxima a la estequiométrica, lo que es poco probable usando la técnica descrita. Demarest no especifica la cantidad de
60 reducción de NOx que puede obtenerse usando este método.

Ward (documento WO 2008/074961 A2) divulga un método de combustión para fundir vidrio en el que dos combustibles de la misma naturaleza o de diferentes naturalezas se alimentan a una cámara de fusión a través de
65 un quemador y un inyector auxiliar en dos ubicaciones alejadas entre sí para distribuir el combustible del quemador y el combustible auxiliar en la cámara de fusión con el fin de reducir las emisiones de NOx, suministrándose el

oxidante solamente en la ubicación del quemador. El método aprovecha la corriente de productos de combustión recirculantes que ocupan una fracción importante del espacio encima del oxidante entrante y sus llamas del quemador. El diseño de los orificios y los quemadores es de manera que estas llamas se encuentren cerca de la superficie del vidrio fundido, con el resto del horno lleno de gases de escape recirculantes en los que Ward inyecta parte del combustible. De acuerdo con Ward, una porción (del 10 % al 100 %) del combustible suministrado a través de los quemadores se retira y se introduce en los productos de combustión recirculantes en una forma y en una ubicación de manera que se mezcle por completo y se queme parcialmente en los productos de combustión con poco oxígeno antes de que se encuentren y se quemen por completo en el oxidante entrante encima del orificio de alimentación, un proceso denominado Inyección Auxiliar.

Además, debe tenerse en cuenta que las enseñanzas de Ward son genéricas y no se adaptan a las especificidades de los hornos de fusión de llama longitudinal.

Además, el uso de los productos de combustión recirculantes de Ward puede mejorarse.

El documento US2016003543 A1 enseña la inyección de combustible secundario en la pared lateral de un horno de fusión de vidrio de llama longitudinal en la dirección de la llama en la región de temperatura máxima, por lo que desde el lado opuesto se proporciona oxígeno auxiliar. A través de esta medida, el punto caliente de la masa fundida de vidrio se mantiene en una posición constante, dando como resultado un vidrio de alta calidad.

Objetivo de la invención

La presente invención propone y reivindica nuevas configuraciones de inyección auxiliar para evitar la creación de NOx y, adicionalmente, para mejorar el proceso de combustión de Ward (documento WO 2008/074961 A2) de formas que son específicas para configuraciones de hornos de llama longitudinal diseñadas para fundir diversos materiales.

Sumario de la invención

El problema técnico que ha de resolverse es proporcionar un método de combustión para un horno de fusión de llama longitudinal que solucione los problemas o inconvenientes mencionados anteriormente y, en particular, que disminuya la creación de NOx manteniendo al mismo tiempo la producción y la calidad del material fundido del horno de fusión de llama longitudinal.

En particular, la invención tiene como objetivo reducir la fracción de óxido de nitrógeno del gas de escape con un coste bajo y sin introducir equipos adicionales engorrosos manteniendo o mejorando al mismo tiempo el proceso de fusión.

La invención se define en las reivindicaciones adjuntas.

La invención proporciona un método de fusión de materias primas mediante un horno de fusión de llama longitudinal que tiene:

- un tanque de fusión para recibir materias primas que han de fundirse y para albergar un baño de materiales fundidos;
- una cámara de fusión ubicada encima de dicho tanque de fusión y que comprende una primera pared lateral, una segunda pared lateral, una pared trasera ubicada en un área corriente arriba de dicho tanque de fusión, una pared frontal ubicada en un área corriente abajo de dicho tanque de fusión y un techo;
- proporcionándose orificios primero y segundo en dicha pared trasera en ubicaciones primera y segunda separadas horizontalmente;
- al menos un quemador, asociado a uno de dichos orificios, para inyectar una primera fracción X1 de combustible en dicha cámara de fusión,

donde fluyen productos de combustión recirculantes en un circuito sustancialmente horizontal encima de una llama; comprendiendo el método:

introducir una segunda fracción X2 de combustible auxiliar, siendo $X2 + X1$ igual a 1, usando al menos un inyector de combustible auxiliar, disponiéndose el al menos un inyector de combustible auxiliar en el horno de fusión de llama longitudinal en dicho techo o en dichas paredes laterales primera y segunda, respectivamente, de manera que el al menos un inyector de combustible auxiliar introduzca la segunda fracción X2 de combustible auxiliar,

en la dirección del flujo de dichos productos de combustión recirculantes, sin oxidante adicional, en dichos productos de combustión recirculantes, estando ubicado el inyector de combustible auxiliar en un

- punto donde dicha segunda fracción X2 de combustible auxiliar se mezclará con los productos de combustión recirculantes, antes de alcanzar el oxidante entrante introducido mediante un orificio, adaptándose las velocidades de los chorros que introducen la fracción X1 de combustible y la fracción X2 de combustible auxiliar de manera que la suma de sus momentos de chorro correspondientes esté comprendida entre el -30 % o el +30 % de un valor correspondiente al momento de chorro del combustible cuando X2 es igual a cero (y X1 es igual a 1), y adaptándose la energía proporcionada por la cantidad de la suma de la primera fracción de combustible X1 y la segunda fracción de combustible X2 para producir una energía necesaria dada para fundir dichos materiales sin sobrecargar de combustible el horno.
- La sobrecarga de combustible se refiere a una introducción de combustible que supera la cantidad de combustible que puede quemar el oxidante disponible. Puede producirse una sobrecarga de combustible en soluciones de la técnica anterior en las que se añade combustible en la cámara de fusión, tal como en Ichiraku.
- Por tanto, la segunda fracción de combustible auxiliar X2 se introduce en los productos de combustión recirculantes de manera que potencie el flujo de productos de combustión recirculantes, garantizando una dilución eficaz del combustible auxiliar para reducir la formación de NOx.
- Esto es resultado de la posición y dirección del chorro de combustible auxiliar que introduce la fracción X2 de combustible auxiliar y de la velocidad de la inyección auxiliar. Debe señalarse que esta característica no se divulga en el documento Ward, que no menciona cómo se introduce el combustible auxiliar. De hecho, en el documento Ward, la cantidad de combustible introducida por un quemador puede reducirse de manera de introducir otra cantidad de combustible a través de un inyector de combustible auxiliar. Sin embargo, la reducción de la cantidad de combustible introducida por un quemador reduce el flujo másico (por ejemplo, expresado en kg/s) de los productos de combustión recirculantes. Los inventores de la presente invención han descubierto que cambiando la dirección y la velocidad de la inyección del combustible auxiliar y la velocidad de la inyección de los quemadores, es posible mantener el flujo másico de los productos de combustión recirculantes y, por tanto, obtener un mejor efecto de reducción de NOx.
- El experto en la materia sabe cómo determinar la energía necesaria para fundir materiales eficientemente para un horno y una aplicación dados. La suma de los momentos de los dos fluidos puede deducirse de esta energía (más o menos el 30 %). Además, las fracciones X1 y X2 pueden elegirse de manera de obtener un nivel deseado de reducción de NOx.
- Al contrario que las soluciones conocidas de la técnica anterior que requieren modificaciones de los niveles de oxígeno en exceso (a estequiométricos) que salen de la cámara de fusión, la invención puede funcionar dentro de los niveles estequiométricos existentes (correspondientes a X2 igual a cero) para un horno y una aplicación de fusión específica (con X2 igual a cero).
- Debe señalarse que la expresión "siendo $X2 + X1$ igual a 1" es equivalente a la expresión: la cantidad (por ejemplo, la masa) de combustible por unidad de tiempo (o la energía correspondiente por unidad de tiempo) introducida en la cámara de fusión se dividirá, o se dividirá sustancialmente, entre el combustible introducido a través del quemador o quemadores y el combustible auxiliar.
- Además, el valor correspondiente al momento de chorro del combustible cuando X2 es igual a cero corresponde al valor cuando el combustible solo se inyecta usando el quemador o quemadores para hacer funcionar el horno y para fundir los mismos materiales. Por tanto, este valor corresponde al funcionamiento normal del horno para esta aplicación en la que no se usa el inyector de combustible auxiliar.
- De acuerdo con una realización particular, el inyector de combustible auxiliar tiene una orientación que reforzará el flujo másico de los productos de combustión recirculantes.
- De acuerdo con una realización particular, el al menos un inyector de combustible auxiliar se dispone de manera que la dirección del chorro de combustible auxiliar forme un primer ángulo agudo θ con un plano horizontal y un segundo ángulo agudo α con un plano vertical paralelos a las paredes laterales.
- De acuerdo con una realización particular, al menos un orificio se asocia a una pluralidad de quemadores individuales.
- De acuerdo con una realización particular, el primer combustible y el segundo combustible auxiliar son combustibles diferentes o idénticos.
- En esta realización particular, cuando se usan combustibles idénticos, una fracción de un combustible se dirige a los quemadores y el resto se dirige al al menos un inyector de combustible auxiliar. Cuando se usan combustibles diferentes, se usan dos combustibles correspondientes a una cantidad de energía que se dividirá entre los quemadores y el al menos un inyector de combustible auxiliar.

- De acuerdo con una realización particular, al menos un quemador y dicho al menos un inyector de combustible auxiliar funcionan cada uno con un combustible seleccionado entre el grupo que consiste en gas natural, GLP, fueloil, gas de coque, gas de alto horno, gas reformado, biocombustible e hidrógeno.
- 5 De acuerdo con una realización particular, el al menos un inyector de combustible auxiliar se ubica corriente abajo y a una distancia de la pared trasera que es menos de la mitad de la longitud del horno.
- 10 De acuerdo con una realización particular, el método comprende ajustar o alterar el momento de chorro de la fracción X2 introducida de combustible auxiliar de manera de reforzar el flujo másico de los productos de combustión recirculantes. Por ejemplo, esto puede hacerse mediante el uso de un chorro presurizado de combustible, aire o gas inerte, o vapor concéntrico con el chorro de combustible auxiliar.
- 15 De acuerdo con una realización particular, el método comprende ajustar o apagar algunos de los quemadores de manera de reforzar el flujo másico de los productos de combustión recirculantes.
- De acuerdo con una realización particular, el método comprende hacer funcionar de forma alterna dichos orificios primero y segundo como orificio de alimentación para introducir oxidante y como orificio de escape.
- 20 De acuerdo con una realización particular, la velocidad del chorro que introduce la segunda fracción X2 de auxiliar está comprendida entre 100 m/s y 250 m/s.
- La invención proporciona adicionalmente un horno de fusión de llama longitudinal que comprende:
- 25 - un tanque de fusión para recibir materias primas que han de fundirse y para albergar un baño de materiales fundidos;
- una cámara de fusión ubicada encima de dicho tanque de fusión y que comprende una primera pared lateral, una segunda pared lateral, una pared trasera ubicada en un área corriente arriba de dicho tanque de fusión, una pared frontal ubicada en un área corriente abajo de dicho tanque de fusión y un techo;
- 30 - proporcionándose orificios primero y segundo en dicha pared trasera en ubicaciones primera y segunda separadas horizontalmente;
- al menos un quemador, asociado a uno de dichos orificios, para inyectar una primera fracción X1 de combustible en dicha cámara de fusión,
- 35 - donde fluyen productos de combustión recirculantes en un circuito sustancialmente horizontal encima de la llama;
- al menos un inyector de combustible auxiliar para introducir una segunda fracción X2 de combustible auxiliar, siendo $X2 + X1$ igual a 1, disponiéndose el al menos un inyector de combustible auxiliar en el horno de fusión de llama longitudinal en dicho techo o en dichas paredes laterales primera y segunda, respectivamente, de manera que el al menos un inyector de combustible auxiliar introduzca la segunda fracción X2 de combustible auxiliar en la dirección del flujo de dichos productos de combustión recirculantes,
- 40 - un módulo para controlar el al menos un inyector de combustible auxiliar de manera que introduzca la segunda fracción X2 de combustible auxiliar,
- sin oxidante adicional,
- 45 en dichos productos de combustión recirculantes, estando ubicado el inyector de combustible auxiliar en un punto donde dicha segunda fracción X2 de combustible auxiliar se mezclará con los productos de combustión recirculantes, antes de alcanzar el oxidante entrante introducido mediante un orificio,
- adaptándose las velocidades de los chorros que introducen la fracción X1 de combustible y la fracción X2 de combustible auxiliar de manera que la suma de sus momentos de chorro correspondientes esté comprendida entre - más o menos el 30 % de un valor correspondiente al momento de chorro del combustible cuando X2 es igual a cero, y
- 50 adaptándose la energía proporcionada por la cantidad de la suma de la primera fracción de combustible X1 y la segunda fracción de combustible X2 para producir una energía necesaria dada para fundir dichos materiales sin sobrecargar de combustible el horno.
- 55 El horno de fusión de llama longitudinal definido anteriormente puede ser capaz de realizar todas las realizaciones del método como se ha definido anteriormente.
- De acuerdo con una realización particular, el al menos un inyector de combustible auxiliar tiene una orientación que reforzará el flujo másico de los productos de combustión recirculantes.
- 60 De acuerdo con una realización particular, el al menos un inyector de combustible auxiliar se dispone de manera que la dirección del chorro del combustible auxiliar forme un primer ángulo agudo θ con un plano horizontal y un segundo ángulo agudo α con un plano vertical paralelos a las paredes laterales.
- 65 De acuerdo con una realización particular, al menos un orificio se asocia a una pluralidad de quemadores individuales.

De acuerdo con una realización particular, el primer combustible y el segundo combustible auxiliar son combustibles diferentes o idénticos.

5 De acuerdo con una realización particular, dicho al menos un quemador y dicho al menos un inyector de combustible auxiliar funcionan cada uno con un combustible seleccionado entre el grupo que consiste en gas natural, GLP, fueloil, gas de coque, gas de alto horno, gas reformado, biocombustible e hidrógeno.

10 De acuerdo con una realización particular, el al menos un inyector de combustible auxiliar se ubica corriente abajo y a una distancia de la pared trasera que es menos de la mitad de la longitud del horno.

15 De acuerdo con una realización particular, el horno de fusión de llama longitudinal comprende un dispositivo para ajustar o alterar el momento de chorro de la fracción X2 introducida de combustible auxiliar de manera de reforzar el flujo másico de los productos de combustión recirculantes.

De acuerdo con una realización particular, el horno de fusión de llama longitudinal comprende un dispositivo para ajustar o apagar algunos de los quemadores de manera de reforzar el flujo másico de los productos de combustión recirculantes.

20 De acuerdo con una realización particular, dichos orificios primero y segundo se configuran para funcionar de forma alterna como orificio de alimentación para introducir oxidante y como orificio de escape.

De acuerdo con una realización particular, la velocidad del chorro que introduce la segunda fracción X2 de auxiliar está comprendida entre 100 m/s y 250 m/s.

25 Otras características y ventajas de la invención aparecen a partir de la siguiente descripción de realizaciones particulares, que se proporcionan como ejemplos y con referencia a los dibujos adjuntos.

Breve descripción de los dibujos

30 La Fig. 1 es una vista esquemática en perspectiva de un horno de fusión de llama longitudinal de acuerdo con la invención, retirándose una parte de la carcasa del horno;
 la Fig. 2 es una vista en sección vertical longitudinal de una fusión de llama longitudinal de acuerdo con una realización de la invención en la que un inyector de combustible auxiliar está en el techo;
 35 la Fig. 3 es una vista en sección horizontal longitudinal del horno de vidrio de llama longitudinal de la figura 1 visto desde arriba, de acuerdo con una realización de la invención, con un primer orificio que funciona como entrada de aire y un segundo orificio que funciona como salida para productos de combustión;
 la Fig. 4 es una vista en perspectiva de un ejemplo de un horno de vidrio de llama longitudinal equipado con un primer quemador principal y un segundo quemador principal, cada uno de los cuales comprende una pluralidad de quemadores individuales de acuerdo con una variante de realización de la invención; y
 40 la Fig. 5 es un gráfico que muestra la reducción de NOx en diversos hornos de acuerdo con la fracción de combustible auxiliar.

Descripción de las realizaciones preferidas

45 La presente invención se describirá con respecto a realizaciones preferidas que se proporcionan a modo de ejemplos. En los siguientes ejemplos, el vidrio es el material que ha de fundirse mediante el horno. Sin embargo, la invención también se refiere a la fusión de otros tipos de materiales. Además, en los siguientes ejemplos, el horno de fusión de llama longitudinal es un horno de fusión reversible. Sin embargo, la invención también se aplica a otros tipos de hornos de fusión de llama longitudinal y en particular a hornos de fusión de llama longitudinal no reversibles.

Una disposición típica de una realización de la invención se ilustra en la Fig. 1, que muestra esquemáticamente un horno de fusión 10, del tipo conocido como horno de orificio terminal, para fundir vidrio en este ejemplo.

55 Como se muestra en la Fig. 1, el horno 10 de vidrio de llama longitudinal comprende un tanque de fusión 7 que recibe a través de las entradas 15, 16, que se ubican en un área corriente arriba del tanque de fusión 7 en las paredes laterales del mismo, vidrio que ha de fundirse (representado esquemáticamente por una flecha 105). El tanque de fusión 7 que tiene un fondo 5 alberga un baño de vidrio fundido 110 y expulsa el vidrio fundido (representado esquemáticamente por una flecha 107) a través de una salida 17, que se ubica en un área corriente abajo del tanque de fusión 7 en una pared frontal 4 del mismo.

Una cámara de fusión 8 se ubica encima del tanque de fusión 7 y comprende una primera pared lateral 1, una segunda pared lateral 2, una pared trasera 3 ubicada en el área corriente arriba del tanque de fusión 7, una pared frontal 4 ubicada en el área corriente abajo del tanque de fusión 7 y un techo 6.

65 Se proporcionan orificios primero y segundo 21, 22 en la pared trasera 3 de la cámara de fusión 8 en ubicaciones

primera y segunda separadas horizontalmente. Los orificios primero y segundo 21, 22 se asocian a quemadores primero y segundo 11, 12 para inyectar un primer combustible en la cámara de fusión 8. Los orificios primero y segundo 21, 22 pueden funcionar de forma alterna como orificio de alimentación para introducir oxidante (por ejemplo, aire) en la cámara y como orificio de escape para productos de combustión. El primer orificio 21 es un orificio de alimentación cuando el segundo orificio 22 es un orificio de escape y el primer orificio 21 es un orificio de escape cuando el segundo orificio 22 es un orificio de alimentación. En el ejemplo de la figura 1, el segundo orificio 22 está en un estado correspondiente a un orificio de alimentación y el primer orificio 21 está en un estado correspondiente a un orificio de escape.

Como se muestra esquemáticamente en la figura 1, una llama 103 del quemador de calentamiento, creada cuando el segundo orificio 22 funciona como orificio de alimentación para introducir oxidante en la cámara de fusión 8 y se expulsa un primer combustible en un chorro J1 a través del segundo quemador 12, tiene una forma alargada sobre el baño de fusión 110. La combustión de la llama 103 produce productos de combustión 102 en una trayectoria de retorno hacia el primer orificio 21 que es una salida para los productos de combustión 102.

Una proporción de los productos de combustión recircula hacia el segundo orificio 22 y fluye alrededor del horno, encima de la llama, en un circuito sustancialmente horizontal representado esquemáticamente por flechas 104. Se sabe que existe dicha recirculación de productos de combustión en hornos de regeneración reversibles desde la década de los 50 (por ejemplo, M W Thring y M P Newby, "*Combustion length of enclosed Turbulent Jet Flames*", Simposio (Internacional) sobre Combustión, 1952, o en el documento Craya que se menciona en lo sucesivo en el presente documento).

De manera similar, durante períodos alternos, se crea una llama casi simétrica cuando el primer orificio 21 funciona como orificio de alimentación y se inyecta un primer combustible a través del primer quemador 11. Casualmente, fluyen productos de combustión al segundo orificio 22 y se produce una recirculación de productos de combustión encima de la llama en el sentido contrario a las agujas del reloj (visto desde arriba del horno).

Por tanto, los orificios primero y segundo 21, 22 y los quemadores primero y segundo 11, 12 asociados se usan de forma alterna y repetida para emitir respectivamente un oxidante (aire u oxígeno) y un primer combustible. La conmutación entre los orificios primero y segundo 21, 22 y, correspondientemente, los quemadores primero y segundo 11, 12 se produce cíclicamente, con un tiempo de ciclo, por ejemplo, de entre 10 y 30 minutos, más específicamente entre 20 y 30 minutos. Se inyecta una primera fracción X1 de combustible en la cámara de fusión 8 a través de los quemadores primero y segundo 11, 12 que funcionan de forma alterna.

Con el fin de reducir la formación de NOx en el horno 10 de fusión de llama longitudinal, el horno está equipado adicionalmente con un primer inyector 13 de combustible auxiliar y con un segundo inyector 14 de combustible auxiliar.

El primer inyector 13 de combustible auxiliar se ubica en la primera pared lateral 1 y el primer inyector 13 de combustible auxiliar se asocia al primer quemador 11. De manera más precisa, en un período de tiempo en el que el primer orificio 21 introduce oxidante y el primer quemador 11 inyecta combustible, el primer inyector 13 de combustible auxiliar se controla para inyectar una segunda fracción X2 de combustible auxiliar (con $X1 + X2 = 1$). El primer inyector 13 de combustible auxiliar se ubica corriente abajo del primer quemador 11 a una distancia de la pared trasera 3 igual a la mitad de la longitud del horno.

La longitud del horno es la distancia entre la pared trasera 3 y la pared frontal 4.

El segundo inyector 14 de combustible auxiliar se ubica en la segunda pared lateral 2 y el segundo inyector 14 de combustible auxiliar se asocia al segundo quemador 12. De manera más precisa, en otro período de tiempo (correspondiente a la figura 1) en el que el segundo orificio 22 introduce oxidante y el segundo quemador 12 inyecta combustible, el segundo inyector de combustible auxiliar se controla para inyectar la fracción X2 de combustible auxiliar. El segundo inyector de combustible auxiliar se ubica corriente abajo del segundo quemador 12 y a una distancia de la pared trasera que es menos de la mitad de la longitud del horno.

En una alternativa, los dos inyectores de combustible auxiliar pueden colocarse en el techo.

En el ejemplo de la figura 1, el segundo inyector 14 de combustible auxiliar introduce, en un chorro J2, la segunda fracción X2 de combustible auxiliar. El segundo inyector 14 de combustible auxiliar se dispone de manera que la introducción de la segunda fracción X2 de combustible auxiliar sea:

en la dirección del flujo de dichos productos de combustión recirculantes, sin oxidante adicional,

en dichos productos de combustión recirculantes, estando ubicado el segundo inyector 14 de combustible auxiliar en un punto donde dicha segunda fracción X2 de combustible auxiliar se mezclará con los productos de combustión recirculantes 104, antes de alcanzar el oxidante entrante introducido mediante el segundo orificio 22, adaptándose las velocidades de los chorros que introducen la fracción X1 de combustible y la fracción X2 de

combustible auxiliar de manera que la suma de sus momentos de chorro correspondientes esté comprendida entre más o menos el 30 % de un valor correspondiente al momento de chorro del combustible cuando X2 es igual a cero (y X1 es igual a 1), y adaptándose la energía proporcionada por la cantidad de la suma de la primera fracción de combustible X1 y la segunda fracción de combustible X2 para producir una energía necesaria dada para fundir el vidrio sin sobrecargar de combustible el horno.

Las fracciones X1 y X2 (es decir, la proporción del combustible que entra al horno que es combustible auxiliar y que es primer combustible) se eligen de manera de reducir la formación de NOx. Las fracciones X1 y X2, y sus energías correspondientes, se eligen de manera que toda la energía que entra al horno esté al nivel necesario para fundir el vidrio (que corresponde a 1, la suma de X1 y X2). Por tanto, la cantidad total de energía necesaria para la fusión, que puede corresponder al 100 %, se divide entre la primera fracción X1 y la segunda fracción X2 de manera de mantener este 100 %.

Debe señalarse que la cantidad total de combustible suministrada a un horno de fusión sigue siendo justo la cantidad necesaria para fundir las materias primas (por ejemplo, vidrio), completándose la combustión dentro de la cámara de fusión en condiciones de una pequeña cantidad de exceso de oxidante, en cuanto a un sistema de combustión convencional.

La recirculación de productos de combustión mencionada anteriormente se extiende en un circuito sustancialmente horizontal sobre la llama a lo largo de una longitud (medida desde un orificio de alimentación) que preferentemente se conoce de manera de encontrar la ubicación óptima para los inyectores de combustible auxiliar.

$$x = 4,5 \times h \quad (1)$$

en la que:

x es la distancia desde la pared del orificio de alimentación hasta el punto donde ya no hay recirculación en el horno,
h es la altura entre la superficie de vidrio y el techo del horno.

En el caso de un horno de fusión de llama longitudinal, la longitud máxima de la cámara de fusión ha evolucionado a lo largo de las décadas, de manera que la zona de recirculación por lo general alcance la pared frontal. Esto evita que se forme un bolsillo "muerto" estancado sobre el vidrio fundido cerca de la pared frontal.

Además, los parámetros de inyección del combustible auxiliar deben determinarse de manera que se mantenga el flujo másico de los productos de combustión recirculados. La fuerza de la recirculación puede calcularse, por ejemplo, usando las siguientes ecuaciones derivadas de Craya (Craya A y Curtet R, "On the spreading of a confined jet", *Comptes-rendus de l'Academie des Sciences*, París, 241, 1955) y otros:

$$\frac{qr}{Q} = 0,43 (\sqrt{m} - 1,65) \quad (2)$$

$$m = \frac{Go}{Ginf} + \frac{Ga}{2Ginf} - 0,5 \quad (3)$$

En la que:

qr es la masa de productos de combustión que recircula por unidad de tiempo,
Q es la masa total de combustible y oxidante que entra al horno por unidad de tiempo,
Go es la suma de los momentos de chorro de los chorros de combustible entrantes X1 y X2 (sus respectivos caudales másicos multiplicados por sus respectivas velocidades),
Ga es el momento del oxidante entrante (su caudal másico multiplicado por su velocidad),
Ginf es el momento de los gases de escape calientes salientes (su caudal másico multiplicado por su velocidad media cuando llenan la cámara del horno), y
m es un número adimensional (número de Craya Curtet) que se relaciona con los momentos de chorro relativos de los flujos entrantes de combustible y oxidante, y los productos de combustión salientes.

En lo que respecta al caudal másico de los productos de combustión recirculantes, los valores típicos para el gas natural como combustible y para el aire como oxidante junto con las velocidades típicas del aire y el gas, cuando se aplican a la ecuación (2), sugieren que la masa de los gases de escape recirculantes en un circuito horizontal debajo del techo y encima de la llama normalmente se encuentra en el intervalo de un cuarto a 3 cuartos del flujo másico entrante de combustible y oxidante. Esto confirma que existe suficiente recirculación para soportar la inyección auxiliar de hasta el 100 % del flujo total de combustible que entra al horno (aproximadamente 1/20 del flujo másico total que entra al horno) sin afectar al patrón de flujo del horno ni al funcionamiento del horno.

Sin embargo, a medida que se retira el combustible de los quemadores para suministrar los inyectores de combustible auxiliar (por ejemplo, porque a medida que se introduce la segunda cantidad X2, debe reducirse la primera cantidad X1 en la misma cantidad), la ecuación (2) indica que la tasa de recirculación finalmente caerá a

valores que son demasiado bajos para transportar el combustible auxiliar y mantener los patrones de flujo del horno, si los inyectores no están en la dirección definida anteriormente y si no se inyectan con la velocidad mencionada anteriormente.

5 La figura 2 es una vista lateral de un horno de fusión de llama longitudinal en la que el segundo inyector 14 de combustible auxiliar se coloca en el techo. El primer inyector 13 de combustible auxiliar, aunque no se representa en la figura 2, también se coloca en el techo.

10 En el ejemplo de la figura 2, el segundo inyector 14 de combustible auxiliar se dispone de manera que la dirección del chorro J2 de combustible auxiliar forme un primer ángulo agudo θ con un plano horizontal, por ejemplo, el plano definido por la superficie del baño de vidrio fundido. La orientación de θ se muestra en la figura 2.

15 Debe observarse que en la figura 2, el chorro J2 se dirige hacia abajo en la dirección del flujo de productos de combustión recirculantes. En otros ejemplos de la invención en los que el inyector de combustible auxiliar se dispone debajo de los productos de combustión recirculantes, el chorro J2 puede dirigirse hacia arriba en la dirección de los productos de combustión recirculantes sin dejar de formar un ángulo agudo con un plano horizontal.

20 El ángulo θ de la figura 2 se elige de manera de garantizar la mezcla con la recirculación de productos de combustión. Adicionalmente, este ángulo puede elegirse de manera de evitar que el combustible auxiliar se una al techo de la cámara de fusión. Puede definirse un ángulo análogo para los inyectores de combustible auxiliar ubicados en las paredes laterales.

25 El horno 10 de fusión de llama longitudinal se representa en la figura 2 con un segundo intercambiador de calor 24 que se asocia operativamente al segundo orificio 22. Como se muestra en la figura 2, el oxidante frío se precalienta en una parte del intercambiador de calor 24, definiendo un regenerador R recalentado por los productos de combustión F de un ciclo anterior. Después, el oxidante precalentado se dirige como oxidante caliente A hacia el segundo orificio 22 que actúa como orificio de alimentación. Después, los productos de combustión resultantes se dirigen hacia un primer intercambiador de calor (por ejemplo, tal como el intercambiador de calor que se describe en otro ejemplo de horno de la figura 3) que define un segundo regenerador R con el fin de recalentarlo y precalentar el aire de combustión A que ha de aplicarse a través del primer orificio 21 durante el siguiente ciclo.

La figura 3 es una vista superior del horno de fusión de llama longitudinal que se describe en referencia a la figura 1.

35 En el ejemplo de la figura 3, el segundo inyector 14 de combustible auxiliar se dispone de manera que la dirección del chorro J2 del combustible auxiliar forme un segundo ángulo agudo α con un plano vertical paralelo a las paredes laterales. La orientación de α se muestra en la figura 3, como puede observarse en la figura, el ángulo es positivo cuando se mide desde la pared lateral que tiene el inyector de combustible auxiliar (o la pared lateral más cercana si el inyector de combustible auxiliar está en el techo) y, más precisamente, este ángulo agudo se mide desde la parte de la pared lateral que está más alejada de la pared trasera 3.

40 El ángulo α se elige de manera de garantizar la mezcla con los productos de combustión recirculantes. Pueden definirse ángulos análogos para inyectores de combustible auxiliar ubicados en el techo.

45 Como se muestra en la figura 3, el horno de fusión de vidrio de llama longitudinal está equipado con intercambiadores de calor primero y segundo 23 y 24.

Debe señalarse que para el primer inyector de combustible auxiliar, puede definirse otro segundo ángulo α' cuando se emite combustible auxiliar. La orientación del segundo ángulo α' también se muestra en la figura.

50 La realización de la figura 4 es similar a la realización de la figura 1, pero muestra un ejemplo de techo redondeado 6 y muestra que los quemadores primero y segundo 11, 12 pueden comprender cada uno una serie de varios quemadores bajo el orificio individuales.

55 la Fig. 5 es un gráfico que muestra la reducción de NOx en diversos hornos de acuerdo con la fracción de combustible auxiliar. En los ejemplos de esta figura, la fracción de combustible introducida a través de los quemadores se reduce de manera que los inyectores de combustible auxiliar introduzcan un porcentaje o fracción de la energía total (o cantidad de combustible). Esta figura muestra la relación inversa entre el porcentaje relativo de formación de NOx y el porcentaje de combustible auxiliar introducido a través de los inyectores auxiliares medidos en tres hornos de fundición de vidrio de llama longitudinal de acuerdo con la invención y denominados EF1, EF2 y EF Piloto (por sus siglas en inglés). EF1 y EF2 corresponden a hornos de fusión de vidrio de llama longitudinal y EF Piloto corresponde a un horno de laboratorio a escala piloto.

60 Debe señalarse que en los ejemplos anteriores, los chorros de combustible auxiliar emitidos por los inyectores de combustible auxiliar tienen sustancialmente la misma dirección que los productos de combustión recirculantes 104. Los inyectores de combustible auxiliar también permiten introducir una fracción del combustible inyectado por los quemadores o una cantidad de un combustible diferente (manteniendo constante al mismo tiempo la energía total).

- También debe tenerse en cuenta que la inyección auxiliar de combustible realizada a través del primer y segundo auxiliar no es una inyección de combustible adicional que provoca quemado posterior y no se introduce ningún oxidante adicional junto con el combustible inyectado a través de los inyectores de combustible auxiliar primero y segundo 13, 14. En algunas realizaciones de la invención, no se aumenta la cantidad total de combustible (o la energía total si se usan combustibles diferentes), pero solo hay una modificación de la distribución de la cantidad de combustible necesaria para la cantidad y tipo de vidrio que ha de fundirse. Debido a la inyección auxiliar de combustible a través de los inyectores de combustible auxiliar primero y segundo 13, 14, puede obtenerse una mejor transferencia de calor hacia el vidrio que ha de fundirse y, al mismo tiempo, se reduce la formación de NOx.
- De manera más específica, del combustible inyectado en la cámara de fusión 8 a través de los quemadores primero y segundo 11 y 12 y el combustible auxiliar inyectado por los inyectores de combustible auxiliar 13 y 14, la proporción del chorro de combustible emitido por los inyectores de combustible auxiliar primero y segundo 13 y 14 es preferentemente del 10 % al 100 %, y mucho más preferentemente de aproximadamente el 20 % al 50 % del combustible total que entra al horno, eligiéndose la cantidad para conseguir la reducción deseada de NOx en un horno dado. Debe señalarse que la proporción puede relacionarse con las energías correspondientes, especialmente si el combustible introducido por los quemadores y el combustible auxiliar introducido por los inyectores de combustible auxiliar son diferentes.
- El combustible inyectado a través de los quemadores primero y segundo 11, 12 y los inyectores de combustible auxiliar primero y segundo 13, 14 puede seleccionarse entre el grupo que consiste en gas natural, GLP, fueloil, gas de coque, gas de alto horno, gas reformado, biocombustible e hidrógeno.
- Además, los chorros de combustible introducidos a través de los inyectores de combustible auxiliar primero y segundo 13, 14 están sustancialmente en la misma dirección que la dirección de la llama existente 103 y, más específicamente, en la dirección del flujo de los productos de combustión recirculantes 104 en la primera rama de la trayectoria en forma de U, pero la inyección de combustible auxiliar se realiza de manera que se mezcle fluyendo conjuntamente con el flujo de los productos de combustión recirculados 108 justo encima de la llama y antes de mezclarse con el aire de combustión restante (oxidante).
- De manera más específica, puede introducirse un chorro de combustible auxiliar con una velocidad optimizada para que dicho combustible se inyecte en el circuito de recirculación desde una determinada distancia del orificio de escape, medida alrededor del circuito. El experto en la materia puede determinar la velocidad y la posición del chorro de combustible auxiliar de manera que el combustible auxiliar siga una trayectoria lo suficientemente larga para quemarse por completo dentro del horno.
- La velocidad de inyección (en m/s) del combustible auxiliar a través de un inyector de combustible auxiliar 13 o 14 puede ser normalmente de 100 a 250 m/s.
- De acuerdo con otra variante de realización, los inyectores de combustible auxiliar primero y segundo 13, 14 incluyen cada uno un dispositivo para ajustar o alterar el momento de chorro de la segunda fracción X2 introducida de combustible auxiliar.
- De acuerdo con otra variante de realización, cuando la cantidad de combustible que fluye a través de ellos se reduce para abastecer los inyectores de combustible auxiliar, los quemadores se ajustan o algunos de ellos se apagan de manera de mantener su momento y, por tanto, mantener el flujo másico de productos de combustión en el circuito de recirculación, especialmente cuando se introducen proporciones altas de combustible auxiliar (más del 30 %).
- De acuerdo con otra variante de realización, los inyectores de combustible auxiliar primero y segundo 13, 14 se ubican y se dirigen de manera de mantener o potenciar el flujo másico de productos de combustión en el circuito de recirculación, especialmente cuando se introducen proporciones altas de combustible auxiliar (más del 50 %).
- La invención también se refiere a un método de fusión de materias primas mediante un horno 10 de fusión de llama longitudinal que tiene:
- el tanque de fusión 7 para recibir materias primas que han de fundirse y para albergar un baño de materiales fundidos;
 - la cámara de fusión 8 ubicada encima de dicho tanque de fusión y que comprende una primera pared lateral, una segunda pared lateral, una pared trasera ubicada en un área corriente arriba de dicho tanque de fusión, una pared frontal ubicada en un área corriente abajo de dicho tanque de fusión y un techo;
 - orificios primero y segundo 21, 22 provistos en dicha pared trasera en ubicaciones primera y segunda separadas horizontalmente;
 - al menos un quemador 11, 12, asociado a uno de dichos orificios, para inyectar una primera fracción X1 de combustible en dicha cámara de fusión,
- donde fluyen productos de combustión recirculantes 104 en un circuito sustancialmente horizontal encima de una

llama 103; comprendiendo el método:

- 5 introducir una segunda fracción X2 de combustible auxiliar, siendo $X2 + X1$ igual a 1, usando al menos un inyector de combustible auxiliar 13, 14, disponiéndose el al menos un inyector de combustible auxiliar en el horno de fusión de llama longitudinal en dicho techo o en dichas paredes laterales primera y segunda, respectivamente, de manera que el al menos un inyector de combustible auxiliar introduzca la segunda fracción X2 de combustible auxiliar,
- 10 en la dirección del flujo de dichos productos de combustión recirculantes 104, sin oxidante adicional, en dichos productos de combustión recirculantes, estando ubicado el inyector de combustible auxiliar en un punto donde dicha segunda fracción X2 de combustible auxiliar se mezclará con los productos de combustión recirculantes, antes de alcanzar el oxidante entrante introducido mediante un orificio,
- 15 adaptándose las velocidades de los chorros que introducen la fracción X1 de combustible y la fracción X2 de combustible auxiliar de manera que la suma de sus momentos de chorro correspondientes esté comprendida entre más o menos el 30 % de un valor correspondiente al momento de chorro del combustible cuando X2 es igual a cero, y
- 20 adaptándose la energía proporcionada por la cantidad de la suma de la primera fracción de combustible X1 y la segunda fracción de combustible X2 para producir una energía necesaria dada para fundir dichos materiales sin sobrecargar de combustible el horno.

REIVINDICACIONES

1. Un método de fusión de materias primas mediante un horno (10) de fusión de llama longitudinal que tiene:

- 5 - un tanque de fusión (7) para recibir materias primas que han de fundirse y para albergar un baño de materiales fundidos;
 - una cámara de fusión (8) ubicada encima de dicho tanque de fusión y que comprende una primera pared lateral, una segunda pared lateral, una pared trasera ubicada en un área corriente arriba de dicho tanque de fusión, una pared frontal ubicada en un área corriente abajo de dicho tanque de fusión y un techo;
 10 - proporcionándose orificios primero y segundo (21, 22) en dicha pared trasera en ubicaciones primera y segunda separadas horizontalmente;
 - al menos un quemador (11, 12), asociado a uno de dichos orificios, para inyectar una primera fracción X1 de combustible en dicha cámara de fusión,
 15 donde fluyen productos de combustión recirculantes (104) en un circuito sustancialmente horizontal encima de una llama (103); comprendiendo el método:

introducir una segunda fracción X2 de combustible auxiliar, siendo $X2 + X1$ igual a 1, usando al menos un inyector de combustible auxiliar (13, 14), disponiéndose el al menos un inyector de combustible auxiliar en el horno de fusión de llama longitudinal en dicho techo o en dichas paredes laterales primera y segunda, respectivamente, de manera que el al menos un inyector de combustible auxiliar introduzca la segunda fracción X2 de combustible auxiliar,

- 20 en la dirección del flujo de dichos productos de combustión recirculantes (104), sin oxidante adicional,
 25 en dichos productos de combustión recirculantes, estando ubicado el inyector de combustible auxiliar en un punto donde dicha segunda fracción X2 de combustible auxiliar se mezclará con los productos de combustión recirculantes, antes de alcanzar el oxidante entrante introducido mediante un orificio, adaptándose las velocidades de los chorros que introducen la fracción X1 de combustible y la fracción X2 de combustible auxiliar de manera que la suma de sus momentos de chorro correspondientes esté comprendida entre más o menos el 30 % de un valor correspondiente al momento de chorro del combustible cuando X2 es igual a cero, y adaptándose la energía proporcionada por la cantidad de la suma de la primera fracción de combustible X1 y la segunda fracción de combustible X2 para producir una energía necesaria dada para fundir dichos materiales sin sobrecargar de combustible el horno.

35 2. El método de la reivindicación 1, donde el al menos un inyector de combustible auxiliar tiene una orientación que reforzará el flujo másico de los productos de combustión recirculantes.

40 3. El método de la reivindicación 2, donde el al menos un inyector de combustible auxiliar se dispone de manera que la dirección del chorro de combustible auxiliar forme un primer ángulo agudo θ con un plano horizontal y un segundo ángulo agudo α con un plano vertical paralelos a las paredes laterales.

45 4. El método de una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, donde al menos un orificio se asocia a una pluralidad de quemadores individuales.

50 5. El método de una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, donde el primer combustible y el segundo combustible auxiliar son combustibles diferentes o idénticos.

6. El método de una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, donde dicho al menos un quemador y dicho al menos un inyector de combustible auxiliar funcionan cada uno con un combustible seleccionado entre el grupo que consiste en gas natural, GLP, fueloil, gas de coque, gas de alto horno, gas reformado, biocombustible e hidrógeno.

55 7. El método de una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6, donde el al menos un inyector de combustible auxiliar se ubica corriente abajo y a una distancia de la pared trasera que es menos de la mitad de la longitud del horno.

8. El método de una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7, que comprende ajustar o alterar el momento de chorro de la segunda fracción X2 introducida de combustible auxiliar de manera de reforzar el flujo másico de los productos de combustión recirculantes.

60 9. El método de la reivindicación 4, que comprende ajustar o apagar algunos de los quemadores de manera de reforzar el flujo másico de los productos de combustión recirculantes.

65 10. El método de una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 9, que comprende hacer funcionar de forma alterna dichos orificios primero y segundo como orificio de alimentación para introducir oxidante y como orificio de escape.

11. El método de una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 10, donde la velocidad del chorro que introduce la

segunda fracción X2 de auxiliar está comprendida entre 100 m/s y 250 m/s.

12. Un horno de fusión de llama longitudinal que comprende:

- 5 - un tanque de fusión (7) para recibir materias primas que han de fundirse y para albergar un baño de materiales fundidos;
- una cámara de fusión (8) ubicada encima de dicho tanque de fusión y que comprende una primera pared lateral, una segunda pared lateral, una pared trasera ubicada en un área corriente arriba de dicho tanque de fusión, una pared frontal ubicada en un área corriente abajo de dicho tanque de fusión y un techo;
- 10 - proporcionándose orificios primero y segundo (21, 22) en dicha pared trasera en ubicaciones primera y segunda separadas horizontalmente;
- al menos un quemador (11, 12), asociado a uno de dichos orificios, para inyectar una primera fracción X1 de combustible en dicha cámara de fusión, donde fluyen productos de combustión recirculantes (104) en un circuito sustancialmente horizontal encima de una llama (103);
- 15 - al menos un inyector de combustible auxiliar (13, 14) para introducir una segunda fracción X2 de combustible auxiliar, siendo $X2 + X1$ igual a 1, disponiéndose el al menos un inyector de combustible auxiliar en el horno de fusión de llama longitudinal en dicho techo o en dichas paredes laterales primera y segunda, respectivamente, de manera que el al menos un inyector de combustible auxiliar introduzca la segunda fracción X2 de combustible
- 20 auxiliar en la dirección del flujo de dichos productos de combustión recirculantes (104),
- un módulo para controlar el al menos un inyector de combustible auxiliar de manera que introduzca la segunda fracción X2 de combustible auxiliar,
- sin oxidante adicional,
- 25 en dichos productos de combustión recirculantes, estando ubicado el inyector de combustible auxiliar en un punto donde dicha segunda fracción X2 de combustible auxiliar se mezclará con los productos de combustión recirculantes, antes de alcanzar el oxidante entrante introducido mediante un orificio,
- adaptándose las velocidades de los chorros que introducen la fracción X1 de combustible y la fracción X2 de combustible auxiliar de manera que la suma de sus momentos de chorro correspondientes esté comprendida
- 30 entre más o menos el 30 % de un valor correspondiente al momento de chorro del combustible cuando X2 es igual a cero, y
- adaptándose la energía proporcionada por la cantidad de la suma de la primera fracción de combustible X1 y la segunda fracción de combustible X2 para producir una energía necesaria dada para fundir dichos
- 35 materiales sin sobrecargar de combustible el horno.
13. El horno de fusión de llama longitudinal de la reivindicación 12, donde el al menos un inyector de combustible auxiliar tiene una orientación que reforzará el flujo másico de los productos de combustión recirculantes.
- 40 14. El horno de fusión de llama longitudinal de la reivindicación 13, donde el al menos un inyector de combustible auxiliar se dispone de manera que la dirección del chorro de combustible auxiliar forme un primer ángulo agudo θ con un plano horizontal y un segundo ángulo agudo α con un plano vertical paralelos a las paredes laterales.
15. El horno de fusión de llama longitudinal de una cualquiera de las reivindicaciones 12 a 14, donde al menos un orificio se asocia a una pluralidad de quemadores individuales.

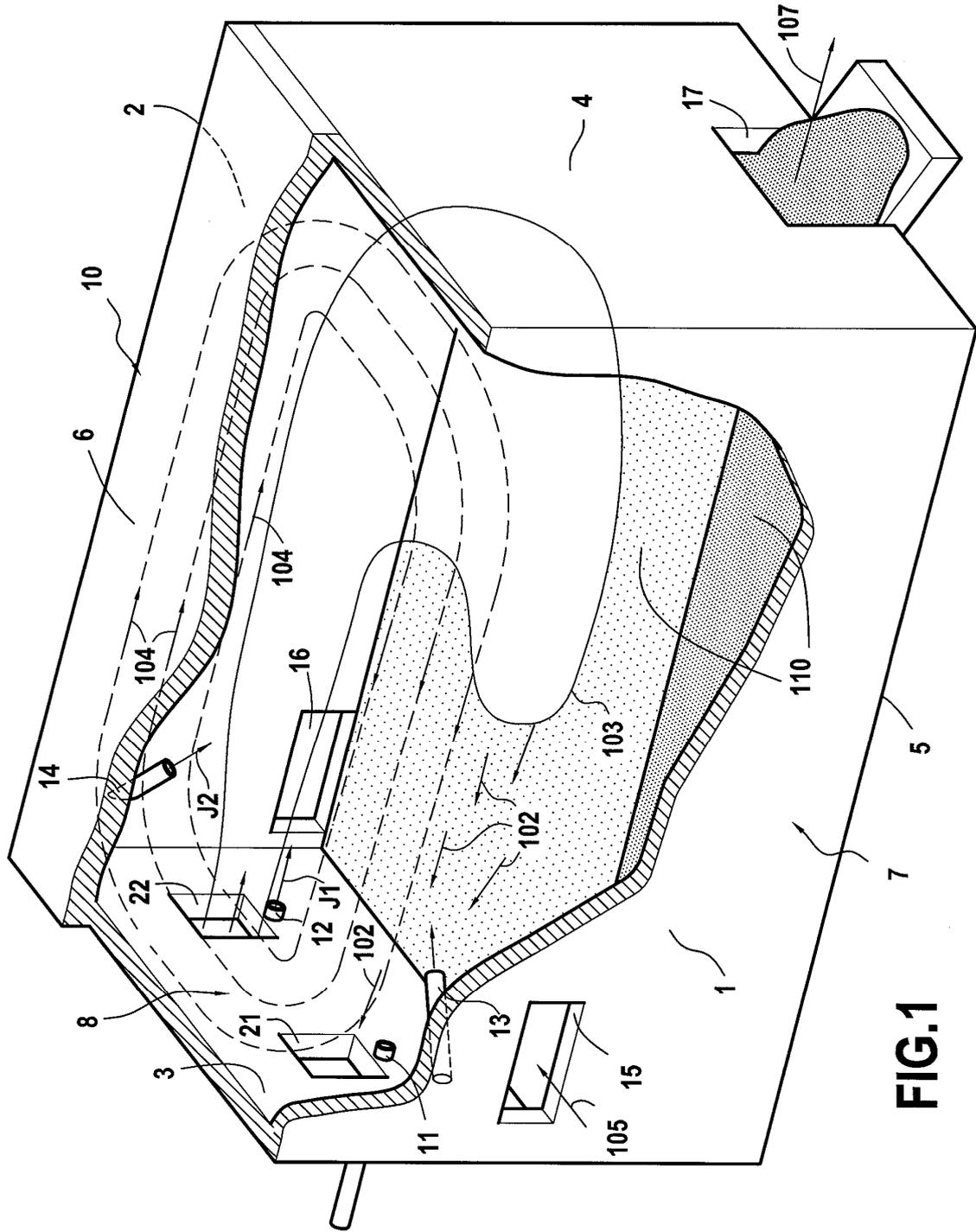


FIG.1

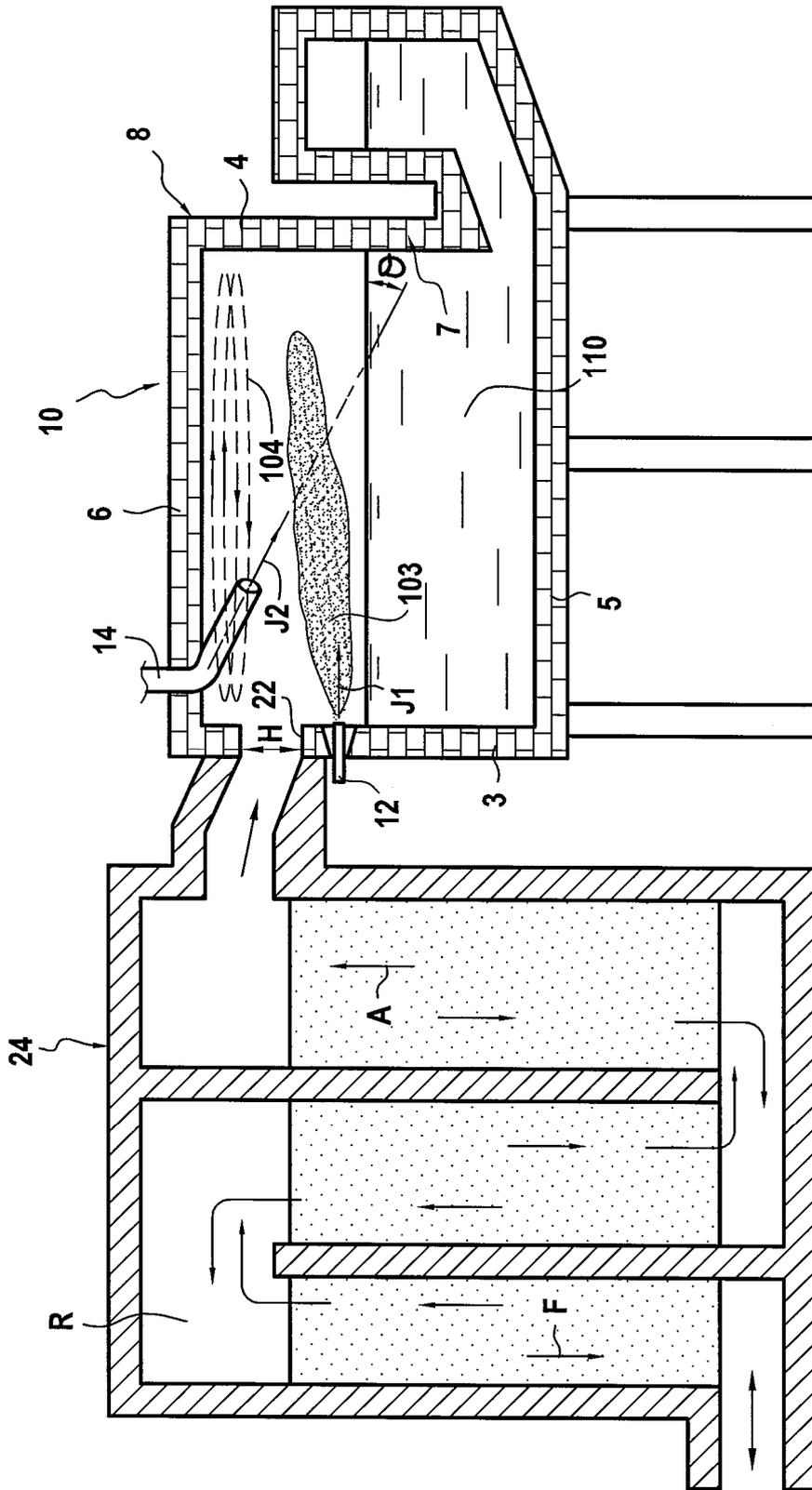


FIG.2

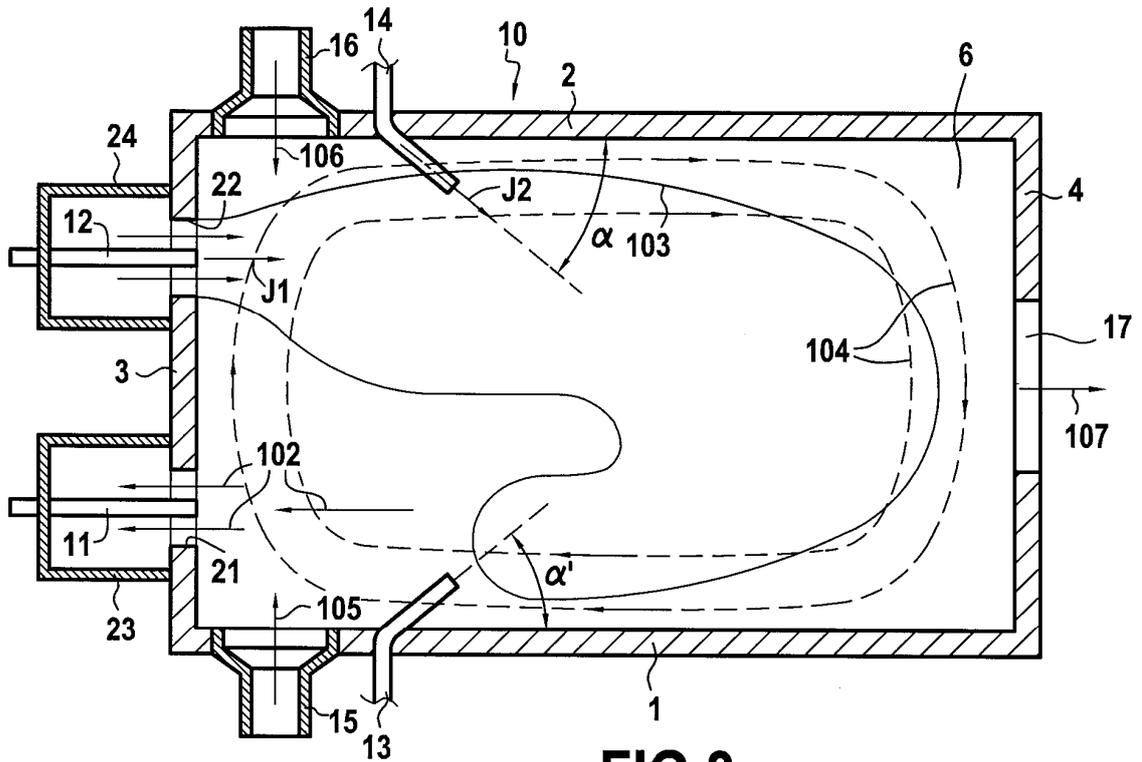


FIG.3

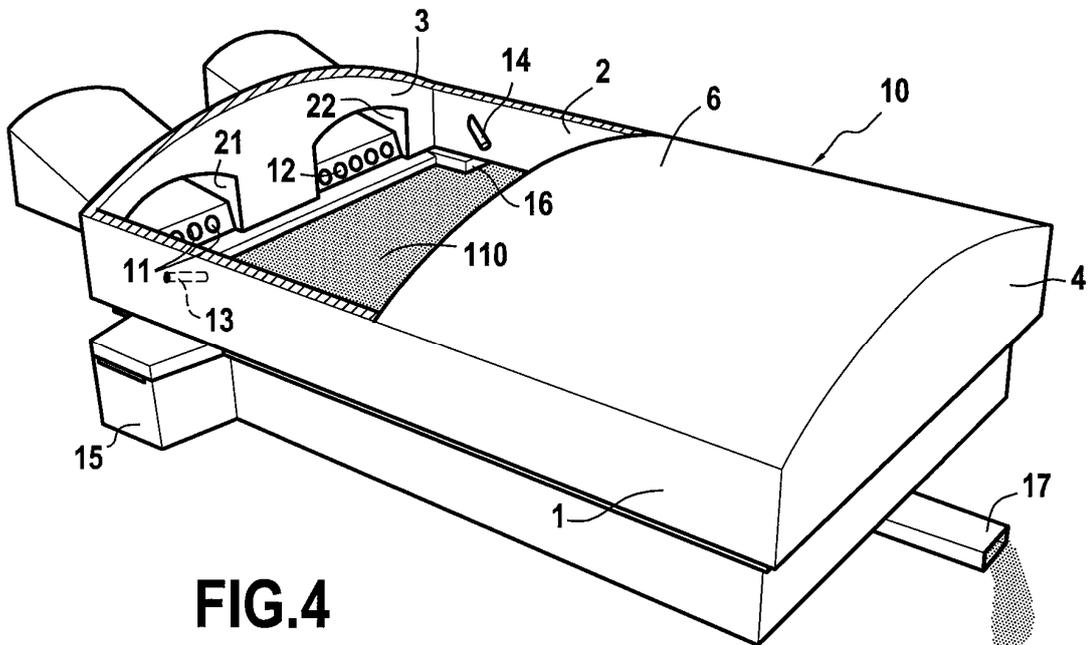


FIG.4

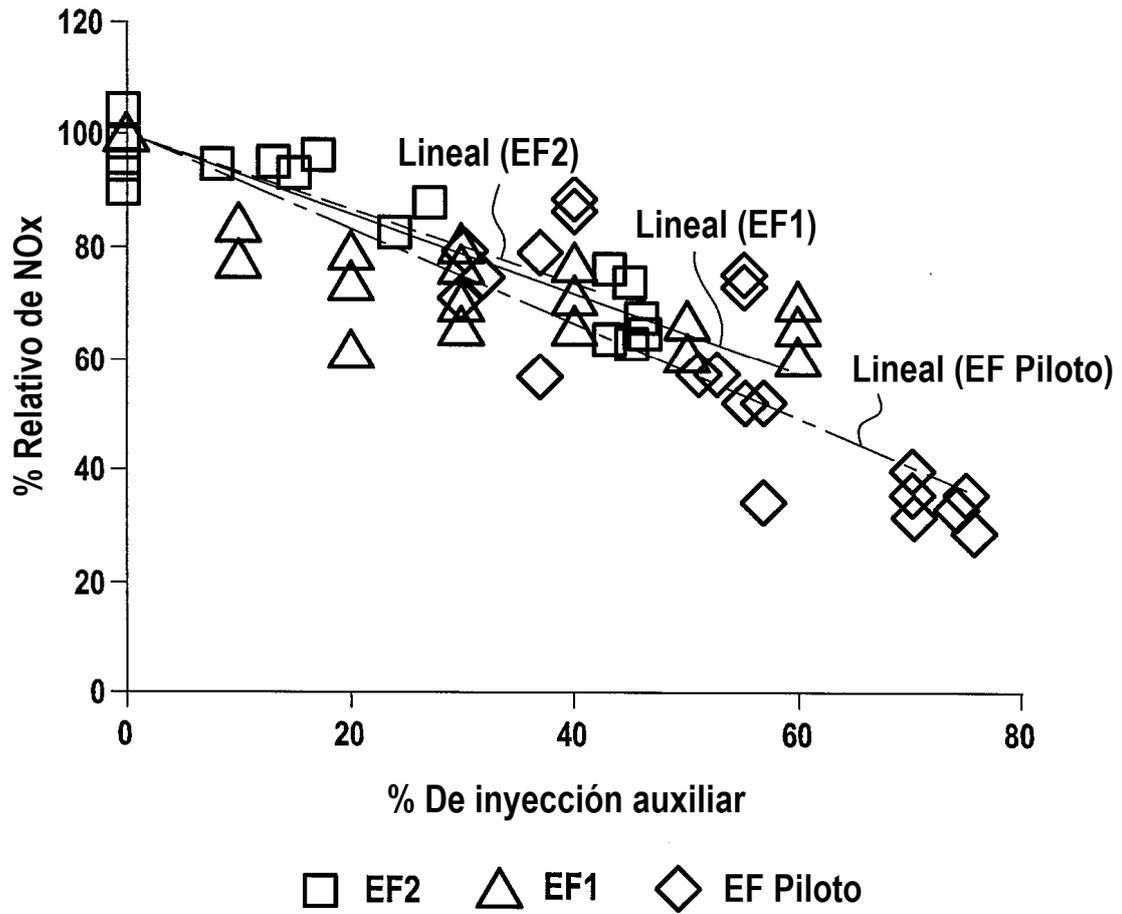


FIG.5