

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 793 405**

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 17305980 (9)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **04.03.2020** **EP 3431447**

54 Título: **Un método de fusión de materias primas tales como vidrio por medio de un horno de fusión de combustión cruzada**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
13.11.2020

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 2 793 405 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 fusión de materias primas tales como vidrio por medio de un horno de fusión de combustión cruzada

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 combustión cruzada y más específicamente se refiere a un método destinado a reducir la formación de óxidos de nitrógeno (NOx) en la llama usada durante la fusión de materias primas.

15 La invención además se refiere a un horno de fusión de combustión cruzada que implementa dicho método destinado a reducir la emisión de NOx.

Descripción de la técnica relacionada

20 Se conocen diversos tipos de hornos de fusión para producir diferentes tipos de vidrio u otros materiales, incluyendo hornos de combustión cruzada.

Se pueden usar los siguientes términos en la presente descripción. Las siguientes definiciones únicamente se proporcionan a modo de ejemplo:

- 25 - Horno de fusión, por ejemplo horno de fusión de vidrio: consiste en un baño de material fundido cubierto por una cámara de combustión donde el combustible se somete a combustión para generar calor para la fusión de las materias primas.
- Horno de fusión regenerativo, por ejemplo horno de fusión de vidrio regenerativo: un horno que está equipado con cámaras rellenas conectadas a puertos de salida y puertos de entrada y que invierte la dirección de combustión a intervalos regulares, de forma que los gases de escape calientan el relleno y el oxidante (por ejemplo aire de combustión) se calienta por medio del relleno de forma alterna.
- 30 - Horno de fusión de recuperación, por ejemplo, horno de fusión de vidrio de recuperación: un horno que produce combustión continuamente en una dirección donde se calienta el oxidante por medio de un intercambiador de calor de recuperación por separado.
- Horno de combustión cruzada: un horno de fusión de vidrio donde los puertos de entrada que introducen el oxidante y los puertos de salida están ubicados en paredes laterales opuestas. La combustión tiene lugar transversalmente con respecto al flujo de gas.
- Pared trasera de un horno de combustión cruzada: una pared transversal a través de la cual se alimentan las materias primas
- 40 - Pared frontal: la pared opuesta a la pared trasera, normalmente el material fundido del baño se descarga debajo de la pared frontal.
- Puerto: el canal usado para introducir el oxidante en el interior de la cámara de fusión (denominado "puerto de entrada") o para retirar los productos de combustión de la cámara de fusión (denominado "puerto de salida").
- Quemador: el dispositivo asociado al puerto o puertos que normalmente inyecta el combustible para la fusión de las materias primas. Puede haber más de un quemador asociado a un puerto concreto. Los quemadores se ubican en las siguientes posiciones: bajo los puerto-quemadores debajo del puerto, al lado de los puerto-quemadores ubicados al lado del puerto, a través de puerto-quemadores ubicados dentro del puerto.
- 45 - Combustible auxiliar: un combustible alimentado a los Inyectores Auxiliares, que puede ser una proporción del combustible total necesario para fundir las materias primas que se alimentan al Inyector Auxiliar.
- Inyector de combustible auxiliar: un dispositivo para inyectar el combustible auxiliar en el interior de la cámara de fusión.
- 50 - Productos de Combustión: los gases resultantes de la combustión del combustible con el oxidante, que típicamente tienen una proporción de oxígeno menor que un 5 % y más y típicamente menor que un 2,5 %.
- Productos de Combustión Recirculantes: el flujo de los productos de combustión que vuelven hacia el puerto de entrada en el espacio entre el techo y la llama. En el horno de combustión cruzada, este flujo es en el plano vertical.
- 55 - Biocombustible: un combustible derivado de biomasa renovable. Los biocombustibles pueden ser gaseosos, líquidos o sólidos.
- Oxidante: el fluido usado para quemar el combustible, normalmente aire.

60 En el horno de combustión cruzada regenerativo, se disponen dos conjuntos de puertos en las paredes laterales opuestas y se pueden operar los quemadores alternativamente en un lado y posteriormente en el otro durante aproximadamente 10-30 minutos por cada lado. Generalmente, se precalienta el oxidante tal como aire por medio de los productos de combustión generados en el ciclo anterior (principio regenerativo). Durante los primeros períodos de tiempo, se proporcionan combustible y un oxidante a únicamente un primer conjunto de los dos conjuntos de puertos, suministrándose el oxidante por medio de un regenerador, al tiempo que los gases residuales calientes (o productos de combustión) son liberados por medio del otro conjunto de puertos y sus regenerador asociado. Durante

los segundos períodos de tiempo alternos, se proporcionan combustible y un oxidante, tal como aire, al otro conjunto de los dos conjuntos de puertos, al tiempo que los productos de combustión son liberados por medio del primer conjunto de puertos.

5 De este modo, los puertos se operan de forma alterna en función de un puerto de entrada y un puerto de salida. Se conecta un intercambiador de calor, o un regenerador aguas arriba a partir de la abertura de suministro de un puerto en la trayectoria de suministro del oxidante. Se encontró un regenerador similar aguas abajo del puerto de salida. Al revés de la dirección de combustión, se usa el calor del gas de escape almacenado en el regenerador de gases de escape durante el ciclo previo para calentar el oxidante nuevo que se incorpora.

10 El presente proceso de recuperación de calor al oxidante que se incorpora aumenta la eficiencia térmica del horno de fusión y garantiza la obtención de temperaturas elevadas necesarias para fundir las materias primas (aproximadamente 1500 °C, 2700 °F).

15 Cuando el oxidante es aire, como es normalmente el caso de los hornos industriales de fusión de vidrio, surgen normalmente óxidos de nitrógeno (NOx), un contaminante atmosférico sometido a normativa, durante la combustión de la mezcla de combustible y oxidante. El nitrógeno del aire se combina con el oxígeno del aire a la temperatura elevada que existe en las llamas del horno de fusión de vidrio para formar "NOx térmico". En caso de hornos de fusión de vidrio regenerativos, las concentraciones de NOx en los gases de escape están típicamente dentro del
20 intervalo de 750 a 2500 mg/Nm3 a un 8 % de O2, la condición normalizada para comparar emisiones de NOx.

Es importante tratar de reducir la fracción de óxido de nitrógeno en el gas de escape para cumplir el límite de 500 mg/Nm3 a un 8 % de O2 establecido por parte de la normativa de emisiones actual o en desarrollo en muchas partes del mundo. Esto requiere la reducción de las emisiones de NOx "tal y como surgen" entre un 30 % y un 80 %.

25 La opción que se emplea comúnmente para reducir las emisiones de NOx en los hornos de fusión de vidrio (u otro tipo de hornos) es el pos-tratamiento de los gases de escape. Sin embargo, dichos dispositivos de purificación de gases de escape son costosos y constituyen un equipo adicional que requiere espacio adicional y un elevado coste de operación y mantenimiento. Típicamente, una planta (SCR) de reducción catalítica selectiva para lograr hasta un
30 90 % de reducción de NOx en un horno de gran tamaño de fusión de vidrio de combustión cruzada tiene un coste de inversión de varios millones de euros y unos costes de operación anuales de cientos o miles de euros. Requiere la colocación de aproximadamente 1/3 del catalizador cada año. También requiere el uso de urea o amoníaco (NH3) como agente reductor, siendo éste un gas que constituye por sí mismo un contaminante regulado. Una alternativa de inversión menor es la reducción no catalítica selectiva (SNCR) llevada a cabo dentro del regenerador de gases de
35 escape. SNCR usa amoníaco o urea para reaccionar con NOx y descompone los NOx. Se debe llevar a cabo 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 el amoníaco abandona el regenerador sin reaccionar para sumarse a las emisiones de la planta. En un horno de fusión de vidrio regenerativo de inversión, las condiciones apropiadas para SNCR eficaz únicamente existe para una pequeña parte del ciclo regenerativo en cualquier ubicación del
40 regenerador. Esto da lugar a un SNCR bastante ineficaz.

Tsai (documentos EP 0882488 y US5893940) introduce combustible adicional y oxidante en el interior de los gases de escape en un entorno para estabilizar su temperatura en la entrada del intercambiador de calor regenerativo y, con ello, para ampliar la parte del ciclo del horno para la cual SNCR resulta eficaz. El método funciona aunque
45 resulta muy complicado controlar la temperatura dentro del intervalo requerido. De este modo, el enfoque de Tsai resulta limitado y, además, se suma al coste del amoníaco, aumentando el consumo de combustibles y las emisiones de CO2 del horno varios puntos porcentuales.

Un enfoque más exitoso para la limpieza del gas de escape una vez que abandona la cámara de fusión ha consistido en la adición de combustible en exceso, bien al gas de escape o bien al interior de la cámara de fusión, para que no haya oxidante suficiente disponible para completar la combustión. En dicha circunstancia, se forma monóxido de carbono (CO) e hidrógeno (H) en el gas de escape (atmósfera reductora) y estos reducen NOx a nitrógeno (N2) y dióxido de carbono (CO2) y agua (H2O) en el puerto de salida y dentro de los regeneradores. Se debe introducir aire en el extremo de aguas abajo del regenerador (en ocasiones denominado "aire sobre-
55 calentado") para quemar el exceso de CO (otro contaminante sometido a regulación) y para tratar de recuperar parte del calor perdido en el combustible adicional.

Este método, denominado tecnología de "recombustión", se propuso originalmente por parte de Quirk (documento EP0599548 - el denominado proceso 3R), que empleó los quemadores que no son de combustión en el interior de
60 los puertos de salida, o en las proximidades de los mismos, para introducir en combustible en exceso. Sin embargo, aunque tiene potencial para lograr la reducción requerida de un 80 % en cuanto a NOx a un coste de inversión muy reducido, esto es a costa de un aumento de entre un 5 % y un 15 % del consumo de combustible y las emisiones de CO2. El enfoque 3R también impone tensión química y térmica sobre los regeneradores que conducen a una reducción de la vida del regenerador. Por estos motivos, este enfoque prácticamente se ha abandonado por parte de
65 la industria de vidrio.

En un intento por mejorar esta tecnología de combustión de re-combustión, Ichiraku (documento JP08208240) propuso un método de reducción NOx usando pos-combustión en el regenerador. En este método se inyecta el combustible en exceso en el interior del horno a través de inyectores en la corona o en el puerto de salida. Los NOx formados por medio de los quemadores convencionales penetran en los regeneradores en una atmósfera altamente reductora, lo cual tiene como resultado la descomposición de los NOx para dar lugar a nitrógeno y dióxido de carbono. Se requiere un determinado momento para esta reacción de "pos-combustión" que es normalmente una forma de parte completa a través del regenerador. En este momento, se puede inyectar aire para producir la combustión del combustible en exceso a una temperatura relativamente baja. Se recupera parte del calor generado por parte del regenerador y parte sale en los gases de temperatura más elevada procedentes del regenerador. La técnica es similar al proceso Quirk 3R exceptuando que en 3R se inyecta el gas en exceso en el cuello del puerto de salida. Presenta los inconvenientes similares y no cuenta con amplia aplicación.

En resumen, aunque todos los enfoques de depuración de gases de escape comentados anteriormente sean capaces de lograr reducciones de NOx requeridas de hasta un 80 %, únicamente lo logran a costa de asumir un coste de inversión elevado, o elevados costes de operación, o en algunos casos ambos. Además, los enfoques de Quirk y Ichiraku conducen a un gran aumento (aproximadamente un 10 %) de las emisiones de CO2.

Un enfoque alternativo consiste en reducir o evitar la formación de NOx en la cámara de fusión. El ajuste del quemador, incluyendo la reducción de oxidante en exceso (retirada del oxígeno disponible para la reacción de formación de NOx) y el alargamiento de la llama (reducción de la temperatura pico de llama y además de la tasa de formación de NOx) resulta posible, pero típicamente no produce una reducción de más que un 10 % a un 20 % antes de que aparezcan niveles elevados de CO en el gas de escape. Esta pérdida asociada u otra del rendimiento del horno evita su uso posterior.

Moreau (documento US 6047565) propone la creación de una "atmósfera" de gas inerte entre el oxidante que penetra a través del puerto de entrada y el combustible que se incorpora a través del quemador, retrasando de este modo la combustión del combustible principal que produce temperaturas más bajas en la llama principal y, con ello, reduce la formación de NOx. El método aplica únicamente a las configuraciones de combustión debajo de puerto en las cuales se introduce el combustible a través de uno o más quemadores situados por debajo de los puertos de oxidante y la corriente de oxidante que fluye a través de ellos. Moreau propone diversos métodos de producción de esta "atmósfera". Normalmente, la "atmósfera" se forma en el puerto de entrada de combustión o por debajo del mismo, mediante la introducción a baja velocidad de una pequeña cantidad (típicamente un 5 % y siempre menos de un 30 %) de 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 tener como resultado condiciones de reducción no deseadas en la superficie del vidrio. El documento US 6047565 propone métodos para solucionar 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 configuración bastante compleja de manejar. El oxidante total suministrado a través del puerto de oxidante y las lanzas de oxígeno complementarias se mantiene cerca 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 aporta indicación alguna de la eficacia del método en cuanto a reducción de NOx.

Nakamura (documento JP 05180409) reduce la formación de NOx mediante inyección de parte del combustible a través de dos inyectores ubicados en la misma pared que el puerto de entrada de aire de combustión en una ubicación adyacente al puerto y dirigida en la misma dirección que el aire y la llama. El combustible procedente de los dos inyectores se mezcla con gases residuales recirculados que tienen bajo contenido de oxígeno y, por tanto, experimenta combustión lentamente a una temperatura más baja que tiene como resultado una menor formación de NOx. En términos prácticos, resulta difícil ajustar los inyectores en esta ubicación. Debido a la proximidad de la corriente de oxidante entrante, no existe distancia suficiente 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.

El documento Demarest (documento US 4 599 100) divulga un método de operación de un horno de fusión de combustión cruzada que usa combustión con exceso de aire. En el presente documento, se introduce combustible adicional a través de un quemador adicional para consumir el exceso de aire. La inyección de combustible adicional en el presente documento es tal que la reducción del exceso de aire es en la parte superior de la llama, de manera que el área entre la llama y el vidrio permanece en condición oxidante y los gases de escape procedentes del horno todavía contienen cierto exceso de aire. Debido a que la cantidad total de exceso de aire y típicamente de un 20 %, la cantidad de combustible adicional debe ser pequeña. Con el fin de lograr una reducción significativa de NOx, se debe reducir el exceso total de aire hasta un valor muy próximo a la cantidad estequiométrica, lo cual resulta improbable usando la técnica descrita. Demarest no especifica la cantidad de reducción de NOx que se puede obtener usando este método.

Ward (documento WO 2008/074961 A2) divulga un método de combustión para vidrio de fusión donde se alimentan dos combustible de la misma naturaleza o naturalezas diferentes en el interior de una cámara de fusión a través de quemadores e inyectores auxiliares en dos ubicaciones lejanas una de otra, 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 únicamente en la ubicación del quemador. El método aprovecha la corriente de productos de combustión recirculantes que ocupa una fracción considerable del espacio que se encuentra por encima del oxidante entrante y su llama de quemador. El diseño de los puertos y los quemadores es tal que las llamas recaen cerca de la superficie del vidrio fundido, estando el resto del horno lleno de gases de escape recirculantes en cuyo interior Ward inyecta parte del combustible. De acuerdo con Ward, se retira una parte (de un 10 % a un 100 %) del combustible suministrado a través de los quemadores y se introduce en el interior de los productos de combustión recirculantes de manera tal que, y en dicha ubicación, se produzca la mezcla completa y la combustión parcial en los productos de combustión de escaso contenido de oxígeno, antes que tenga lugar el encuentro y la combustión completa en el oxidante entrante por encima del puerto de entrada, proceso denominado Inyección Auxiliar.

El uso de los productos de combustión recirculantes de Ward se puede mejorar.

15 **Objetivo de la invención**

La presente invención propone y reivindica nuevas configuraciones de inyección auxiliares para evitar la creación de NOx y además para mejorar el proceso de combustión de Ward (documento WO 2008/074961 A2).

20 **Sumario de la invención**

El problema técnico a solucionar consiste en proporcionar un método de combustión para un horno de fusión de combustión cruzada que evite los problemas o inconvenientes anteriormente mencionados y, en particular, disminuya la creación de NOx, al tiempo que mantiene el rendimiento y la calidad del material fundido del horno de fusión de combustión cruzada.

En particular, la invención pretende reducir la fracción de óxido de nitrógeno del gas de escape a bajo coste y sin introducir un equipo adicional incómodo, al tiempo que se mantiene o mejora el proceso de fusión.

30 La invención se define en las reivindicaciones adjuntas.

La invención proporciona un método de fusión de materias primas por medio de un horno de fusión de combustión cruzada que tiene:

- 35 - un tanque de fusión para albergar las materias primas objeto de fusión y para albergar un baño de materiales fundidos;
- una cámara de fusión ubicada por encima de dicho tanque de fusión y que comprende una primera pared lateral, una segunda pared opuesta a dicha primera pared lateral, una pared trasera ubicada en una zona aguas arriba de dicho tanque de fusión, una pared frontal ubicada en una zona aguas abajo de dicho tanque de fusión, y un
- 40 - N primeros puertos proporcionados en la primera pared lateral en ubicaciones separadas horizontalmente entre dicha pared trasera y la pared frontal, estando asociada cada una de dicha al menos una serie de N primeros puertos a un primer quemador correspondiente de una serie de N primeros quemadores;
- 45 - N segundos puertos ubicados en la segunda pared lateral en ubicaciones separadas horizontalmente entre dicha pared trasera y la pared frontal, estando cada uno de dichos N segundos puertos en posición opuesta al primer puerto para definir N pares de puertos primero y segundo;

50 donde los productos de combustión recirculantes fluyen en un bucle sustancialmente vertical por encima de la llama; comprendiendo el método:
introducir una primera fracción X1 de combustible en dicha cámara de fusión por medio de dichos primeros quemadores,
introducir una segunda fracción X2 de combustible auxiliar, siendo $X2 + X1$ igual a 1, usando al menos un inyector de combustible auxiliar, estando dispuesto al menos un inyector de combustible auxiliar en el horno de fusión de combustión cruzada en dicho techo o en la pared lateral que no comprende quemadores que introducen el combustible, de forma que al menos un inyector de combustible auxiliar introduzca la segunda fracción X2 de combustible auxiliar,

60 en la dirección del flujo de dichos productos de combustión recirculantes, sin oxidante adicional,
en dichos productos de combustión recirculantes, estando el inyector de combustible auxiliar ubicado en un punto donde dicha segunda fracción X2 de combustible auxiliar se mezcla con los productos de combustión recirculantes, antes de alcanzar el oxidante entrante por medio de un puerto,
65 introduciendo las velocidades de chorros la fracción X1 de combustible y adaptándose la fracción X2 de combustible auxiliar de forma que la suma de sus correspondientes momentos de chorro esté comprendida entre más o menos un 30 % de un valor que corresponde al momento de chorro del combustible, cuando X2 es igual a

cero (y $X1$ es igual a 1), y estando adaptada 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 requerida concreta para fundir dichos materiales sin sobre-alimentación de combustible en el horno.

5 La sobre-alimentación de combustible se refiere a la introducción de combustible que está en exceso de la cantidad de combustible que se somete a combustión por parte del oxidante disponible. La sobre-alimentación puede tener lugar en soluciones de la técnica anterior donde el combustible se añade al interior de la cámara de fusión tal como en Ichiraku.

10 De este modo, la segunda fracción de combustible auxiliar $X2$ se introduce en los productos de combustión recirculantes de manera que mejore el flujo de los productos de combustión recirculantes, garantizando una dilución eficaz del combustible auxiliar para reducir la formación de NOx .

15 Esto resulta 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. Se debería apreciar que esta característica no se divulga en el documento Ward, que guarda silencio sobre el modo de introducción del combustible auxiliar. Como cuestión de hecho, en el documento Ward, la cantidad de combustible introducida por un quemador se puede reducir para introducir otra cantidad de combustible a través del inyector de combustible auxiliar. Sin embargo, la reducción de la cantidad de combustible introducido por un quemador reduce el flujo másico de los productos de combustión recirculantes. Los inventores de la presente invención han descubierto que mediante la modificación de la dirección y la velocidad de la inyección del combustible auxiliar, y la velocidad del combustible que abandona los quemadores, es posible mantener el flujo másico de los productos de combustión recirculantes y, con ello, obtener un mejor efecto de reducción de NOx sin sobre-alimentar el horno de combustible.

25 La persona experta conoce el modo de determinar la energía requerida para la fusión de materiales de forma eficaz para un horno y aplicación concretos. La suma de los momentos de los dos fluidos se puede deducir de esta energía (a más o menos un 30 %). Además, las fracciones $X1$ y $X2$ se pueden escoger para obtener un nivel deseado de reducción de NOx .

30 Al contrario que las soluciones conocidas de la técnica anterior que requieren modificaciones de los niveles de oxígeno en exceso en comparación con la condición estequiométrica, la invención puede operar sin los niveles de oxígeno en exceso existentes para un horno y para una aplicación de fusión específica (siendo $X2$ igual a cero).

35 Debería apreciarse que la expresión " $X2 + X1$ es 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 divide, o se divide sustancialmente, entre el combustible introducido a través del(de los) quemador(es) y el combustible auxiliar.

40 También, el valor correspondiente al momento de chorro del combustible cuando $X2$ es igual a cero corresponde al valor cuando el combustible únicamente se inyecta usando el(los) quemador(es) para operar el horno y fundir los mismos materiales. De este modo, este valor corresponde al funcionamiento normal del horno para la presente aplicación.

45 De acuerdo con una realización particular, dicho al menos un inyector de combustible auxiliar está ubicado en dicho techo a la misma distancia de un primer puerto y un segundo puerto opuesto al primer puerto.

50 De acuerdo con una realización particular, cada una de dicha serie de N segundos puertos está asociada al segundo quemador correspondiente de una serie de N segundos quemadores, y dichos primeros puertos y dichos segundos puertos se pueden operar alternativamente como puerto de entrada y puerto de salida, actuando los primeros puertos como puerto de entrada cuando dichos segundos puertos son puertos de salida y actuando dichos primeros puertos como puertos de salida cuando dichos segundos puertos son puertos de entrada.

55 De acuerdo con una realización particular, las parejas de primero y segundo inyectores de combustible auxiliares se asocian a cada pareja de primero y segundo puertos dispuestos de forma opuesta, estando ubicados dichos primero y segundo inyectores de combustible auxiliares en dicho techo o en dichas paredes laterales primera y segunda respectivamente, en las proximidades de los primero y segundo puertos de la pareja asociada de los puertos primero y segundo dispuestos de forma opuesta, de forma que dichos primero y segundo inyectores de combustible auxiliares se pueden operar alternativamente para inyectar dicha segunda fracción $X2$ de combustible auxiliar, operándose dichos primero y segundo inyectores de combustible auxiliares cuando el primero o segundo puertos correspondientes ubicados en las proximidades de dichos primero y segundo inyectores de combustible auxiliares son puertos de salida.

65 De acuerdo con una realización particular, dicho primero y segundo quemadores y dicho al menos un inyector de combustible auxiliar operan con el mismo combustible.

En esta realización particular, se dirige una fracción de combustible a los quemadores y el resto se dirige a al menos un inyector de combustible auxiliar.

- 5 De acuerdo con una realización particular, dicho primero y segundo quemadores por una parte y dicho al menos uno de los inyectores de combustible auxiliares por otra, operan respectivamente con combustible diferentes.

En esta realización particular, se usan dos combustibles que corresponden a la cantidad de energía que se divide entre los quemadores y al menos un inyector de combustible auxiliar.

- 10 De acuerdo con una realización particular, dichos primero y segundo quemadores por una parte y dicho al menos un inyector de combustible auxiliar por la otra, operan respectivamente con un combustible seleccionado entre el grupo que consiste en gas natural, GLP, fuelóleo, gas de horno de coque, gas de alto horno, gas de reformado, biocombustible, metano e hidrógeno.

- 15 De acuerdo con una realización particular, dicho al menos un inyector de combustible auxiliar incluye un dispositivo que coloca en rotación el combustible auxiliar inyectado para crear un efecto de remolino.

- 20 De acuerdo con una realización particular, dicho al menos un inyector de combustible auxiliar incluye un dispositivo para ajustar o modificar el momento de chorro del combustible auxiliar inyectado. Por ejemplo, esto se puede hacer por medio del uso de un chorro de combustible presurizado, aire o un gas inerte, o un vapor concéntrico con el chorro de combustible auxiliar.

- 25 De acuerdo con una realización particular, dicha segunda fracción X2 de combustible auxiliar representa entre un 10 y un 100 % de la suma de la primera y segunda fracciones X1 y X2 de combustible.

De acuerdo con una realización particular, el método comprende introducir la segunda fracción de combustible auxiliar X2 para reforzar el flujo másico de productos de combustión recirculantes.

- 30 De acuerdo con una realización particular, el método comprende ajustar o apagar parte de los quemadores para reforzar el flujo másico de los productos de combustión recirculantes.

De acuerdo con una realización particular, la velocidad del chorro para la introducción de la segunda fracción X2 de combustible auxiliar está comprendida entre 10 y 70 m/s.

- 35 De acuerdo con una realización particular, los primeros inyectores auxiliares están ubicados a una distancia menor que la mitad y mayor que un cuarto de la anchura de la cámara de fusión a partir de la pared lateral que está más próxima al primer inyector auxiliar, y los segundos inyectores auxiliares se encuentran ubicados a un cuarto de la anchura de la cámara de fusión a partir de la pared lateral que está más próxima al segundo inyector auxiliar (es decir, la pared lateral opuesta a la pared lateral que está más próxima al primera inyector auxiliar).

La invención también proporciona un horno de fusión de combustión cruzada que comprende:

- 45 - un tanque de fusión para albergar las materias primas objeto de fusión y para albergar un baño de materiales fundidos;
- una cámara de fusión ubicada por encima de dicho tanque de fusión y que comprende una primera pared lateral, una segunda pared opuesta a dicha primera pared lateral, una pared trasera ubicada en una zona aguas arriba de dicho tanque de fusión, una pared frontal ubicada en una zona aguas abajo de dicho tanque de fusión, y un techo;
- 50 - N primeros puertos proporcionados en la primera pared lateral en ubicaciones separadas horizontalmente entre dicha pared trasera y la pared frontal, estando asociada cada una de al menos una de las series de N primeros puertos a un primer quemador correspondiente de una serie de N primeros quemadores que introducen una primera fracción X1 de combustible en dicha cámara de fusión por medio de dichos primeros quemadores, mientras los productos de combustión recirculantes fluyen en un bucle sustancialmente vertical por encima de la llama;
- 55 - N segundos puertos ubicados en la segunda pared lateral en ubicaciones separadas horizontalmente entre dicha pared trasera y la pared frontal, estando cada uno de dichos N segundos puertos en posición opuesta al primer puerto para definir N pares de puertos primero y segundo;
- 60 - al menos un inyector de combustible auxiliar dispuestos en el horno de fusión de combustión cruzada en dicho techo o en la pared lateral que no comprende quemadores que introducen combustible,
- un módulo para controlar el al menos un inyector de combustible auxiliar para introducir una segunda fracción X2 de combustible auxiliar, siendo $X2 + X1$ igual a 1,

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

- punto donde dicha segunda fracción X2 de combustible auxiliar se mezcla con los productos de combustión recirculantes, antes de alcanzar el oxidante entrante por medio de un puerto, introduciendo las velocidades de chorros la fracción X1 de combustible y adaptándose la fracción X2 de combustible auxiliar de forma que la suma de sus correspondientes momentos de chorro esté comprendida entre más o menos un 30 % de un valor que corresponde al momento de chorro del combustible, cuando X2 es igual a cero (y X1 es igual a 1), y estando adaptada 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 requerida concreta para fundir dichos materiales sin sobre-alimentación de combustible en el horno.
- 5
- 10 El horno de fusión de combustión cruzada definido anteriormente puede ser capaz de llevar a cabo todas las realizaciones del método que se ha definido con anterioridad.
- 15 De acuerdo con una realización particular, dicho al menos un inyector de combustible auxiliar está ubicado en dicho techo a la misma distancia de un primer puerto y un segundo puerto opuesto al primer puerto.
- 20 De acuerdo con una realización particular, cada una de dicha serie de N segundos puertos está asociada al segundo quemador correspondiente de una serie de N segundos quemadores, y dichos primeros puertos y dichos segundos puertos se pueden operar alternativamente como puerto de entrada y puerto de salida, actuando dichos primeros puertos como puerto de entrada cuando dichos segundos puertos son puertos de salida y actuando dichos primeros puertos como puertos de salida cuando dichos segundos puertos son puertos de entrada.
- 25 De acuerdo con una realización particular, las parejas de primero y segundo inyectores de combustible auxiliares se asocian a cada pareja de primero y segundo puertos dispuestos de forma opuesta, estando ubicados dichos primero y segundo inyectores de combustible auxiliares en dicho techo o en dichas paredes laterales primera y segunda respectivamente, en las proximidades de los primero y segundo puertos de la pareja asociada de los puertos primero y segundo dispuestos de forma opuesta, de forma que dichos primero y segundo inyectores de combustible auxiliares se pueden operar alternativamente para inyectar dicha segunda fracción X2 de combustible auxiliar, operándose dichos primero y segundo inyectores de combustible auxiliares cuando el primero o segundo puertos correspondientes ubicados en las proximidades de dichos primero y segundo inyectores de combustible auxiliares son puertos de salida.
- 30
- 35 De acuerdo con una realización particular, dicho primero y segundo quemadores y dicho al menos un inyector de combustible auxiliar operan con el mismo combustible.
- 40 De acuerdo con una realización particular, dicho primero y segundo quemadores por una parte y dicho al menos uno de los inyectores de combustible auxiliares por otra, operan respectivamente con combustible diferentes.
- 45 De acuerdo con una realización particular, dicho al menos un inyector de combustible auxiliar incluye un dispositivo que coloca en rotación el combustible auxiliar inyectado para crear un efecto de remolino.
- 50 De acuerdo con una realización particular, dicho al menos un inyector de combustible auxiliar incluye un dispositivo para ajustar o modificar el momento de chorro del combustible auxiliar inyectado.
- 55 De acuerdo con una realización particular, dicha segunda fracción X2 de combustible auxiliar representa entre un 10 y un 100 % de la suma de la primera y segunda fracciones X1 y X2 de combustible.
- 60 De acuerdo con una realización particular, dicho módulo está configurado para introducir dicha segunda fracción de combustible auxiliar X2 para reforzar el flujo másico de los productos de combustión recirculantes.
- 65 De acuerdo con una realización particular, dicho módulo está configurado para ajustar o apagar parte de los quemadores para reforzar el flujo másico de los productos de combustión recirculantes.
- De acuerdo con una realización particular, la velocidad del chorro para la introducción de la segunda fracción X2 de combustible auxiliar está comprendida entre 10 y 70 m/s.
- De acuerdo con una realización particular, los primeros inyectores auxiliares están ubicados a una distancia menor que la mitad y mayor que un cuarto de la anchura de la cámara de fusión a partir de la pared lateral que está más próxima al primer inyector auxiliar, y los segundos inyectores auxiliares se encuentran ubicados a un cuarto de la anchura de la cámara de fusión a partir de la pared lateral que está más próxima al segundo inyector auxiliar.

Otras características y ventajas de la invención surgen a partir de la siguiente descripción de las realizaciones particulares, aportadas en forma de ejemplos y con referencia a los dibujos adjuntos.

5 Breve descripción de los dibujos

La Figura 1 es una vista en corte transversal horizontal longitudinal de un horno de fusión de combustión cruzada de acuerdo con la invención;

10 La Figura 2 es una vista en perspectiva de un horno de fusión de combustión cruzada de acuerdo con la invención, con un parte de la cubierta del horno retirada;

La Figura 3 es una vista en corte transversal horizontal longitudinal que es análoga a la figura 1, pero se refiere a una realización variante del horno de fusión de combustión cruzada de la figura 2; y

la Figura 4 es una vista en corte transversal vertical transversal a lo largo de la línea IV-IV de la Figura 3.

15 Descripción de las realizaciones preferidas

La presente invención se describe en conexión con las realizaciones preferidas que se proporcionan por medio de los ejemplos. En los siguientes ejemplos, el vidrio es el material a fundir por parte del horno. Sin embargo, la invención también va destinada a la fusión de otro tipo de materiales.

20 Una configuración típica de una realización de la invención se ilustra en la Figura 2, que muestra esquemáticamente un horno de fusión 10, del tipo conocido como horno de fusión de combustión cruzada, para fundir vidrio. La presente invención, no obstante, se encuentra limitada a la fusión de vidrio y se puede adaptar sobre hornos para fusión de otros tipos de materias primas.

25 Como se muestra en la figura 2, el horno 10 de fusión de combustión cruzada comprende un tanque de fusión 7 que alberga entradas pasantes (no mostradas), que están ubicadas en zona aguas arriba del tanque de fusión 7, para fundir el vidrio. El tanque de fusión 7 que tiene una parte inferior 5 alberga un baño 110 de vidrio fundido y genera un baño 110 de vidrio fundido a través de una salida 17, que se encuentra ubicada en una zona aguas abajo del tanque de fusión 7 en una pared frontal del mismo.

30 Una cámara de fusión 8 se encuentra ubicada por encima del tanque de fusión 7 y comprende una primera pared lateral 2, una segunda pared lateral 1, una pared trasera 3 ubicada en la zona aguas arriba del tanque de fusión 7, una pared frontal 4 ubicada en la zona aguas abajo del tanque de fusión 7, y un techo 6.

35 Un primer conjunto de N primeros puertos 31 a 36 alineados están provistos en la pared lateral 2 de la cámara de fusión 8, mientras que un segundo conjunto de N segundos puertos 41 a 46 alineados horizontalmente están provistos en la pared lateral 1 de la cámara de fusión 8. Los segundos puertos 41 a 46 están alineados transversalmente con los primeros puertos 31 a 36, definiendo de este modo un conjunto de N parejas de primero y segundos puertos 31, 41,..., 36, 46.

40 N es un número entero que puede estar comprendido preferentemente entre 1 y 8. En los ejemplos mostrados en los dibujos, N=6.

45 El primero y segundos puertos 31 a 36 y 41 a 46 están asociados a los primero y segundos quemadores 11 a 16 y 21 a 26, respectivamente, para inyectar el primer combustible en el interior de la cámara de fusión 8. El primero y segundos puertos 31 a 36 y 41 a 46 se pueden operar alternativamente como puertos de entrada para introducir el oxidante (por ejemplo aire) en la cámara y como puertos de salida para los productos de combustión. Los primeros puertos 31 a 36 son puertos de entrada cuando los segundos puertos 41 a 46 son puertos de salida y los primeros puertos 31 a 36 son puertos de salida cuando los segundos puertos 41 a 46 son puertos de entrada.

50 Como se muestra esquemáticamente en la Figura 4, una llama 103 de quemador de calentamiento, creada cuando los primeros puertos 31 a 36 se operan como puertos de entrada que introducen un oxidante (por ejemplo aire) y se expulsa un primer combustible a través de los primeros quemadores 11 a 16, tiene una forma alargada con respecto al baño de fusión 110 y genera productos de combustión 102 que abandonan la cámara a través de los segundos puertos 41 a 46. Una parte de los productos de combustión se recircula en un bucle sustancialmente vertical de productos 104 de combustión recirculantes mostrado en la Figura 4.

55 A modo de ejemplo, el puerto 32 de salida de oxidante entrante de la Figura 4 puede tener una cantidad de oxígeno de un 21 %, mientras que los productos de combustión 102 y los productos de combustión recirculantes tienen una cantidad de oxígeno de un 2 %.

60 Similarmente, durante los períodos alternos de tiempo, el ciclo se invierte: el primer combustible se inyecta a través de los quemadores 21 a 26 en lugar de los quemadores 11 a 16, el oxidante penetra a través de los segundos puertos 41 a 46 y los productos de combustión se expulsan finalmente a través de los primeros puertos 31 a 36, quedando los quemadores 11 a 16 inactivos. Los productos de combustión recirculados también se recirculan en un bucle sustancialmente vertical por encima de la llama que tiene una orientación inversa.

65 El primero y segundo puertos 31 a 36 y 41 a 46 y el primero y segundo quemadores asociados 11 a 16 y 21 a 26 se

- usan, de este modo, de forma alterna y repetida como quemadores para mezclar el primer combustible con un oxidante (normalmente aire u oxígeno). El cambio entre el primero y segundo conjuntos de N primero y segundo puertos 31 a 36 y 41 a 46 y, de forma correspondiente, el primero y segundo conjuntos de N primero y segundo quemadores 11 a 16 y 21 a 26 tiene lugar de forma cíclica, siendo el tiempo de ciclo, por ejemplo, entre 10 y 30 minutos, más específicamente entre 20 y 30 minutos. Se inyecta una primera fracción de combustible X1 en el interior de la cámara de fusión 8 por medio del primero y segundo quemadores 11 a 16 y 21 a 26 operados de forma alterna. En el horno de fusión no equipado con inyectores de combustible auxiliares de la presente invención, X1 es igual a 1.
- 10 Ventajosamente, el primero y segundo intercambiadores de calor (no mostrados) están asociados operativamente con el primero y segundo puertos 31 a 36 y 41 a 46. El aire de combustión ambiental se precalienta en un primer intercambiador de calor regenerativo recalentado por los productos de combustión calientes de un ciclo anterior. El oxidante precalentado (aire) se dirige posteriormente a los primeros puertos 31 a 36 de los primeros quemadores 11 a 16. Los productos de combustión resultantes se dirigen posteriormente a un segundo intercambiador de calor regenerativo (no mostrado) con el fin de recalentarlo y precalentar el oxidante a aplicar a través de los segundos puertos 41 a 46 de los segundos quemadores 21 a 26 durante el siguiente ciclo.
- 15 Durante un ciclo donde los primeros quemadores se operan para introducir combustible, los primeros quemadores introducen una primera fracción X1 de combustible en la cámara de fusión. Los chorros J1 de la introducción de combustible vienen representados en las Figuras 1, 3 y 4. Un módulo puede controlar el chorro J1.
- 20 De acuerdo con una realización, los inyectores 51 a 56 de combustible auxiliares están dispuestos en el horno 10 de fusión de combustión cruzada, en el techo 6, para cada pareja de primero y segundo puertos 31, 41 dispuestos de forma opuesta; ..., 36, 46.
- 25 Los inyectores de combustible auxiliares pueden estar dispuestos a lo largo de una línea central de una pareja de puertos.
- 30 Los inyectores 51 a 56 de combustible auxiliares están dispuestos para que inyecten, o introduzcan, en la cámara de combustión 8, una segunda fracción X2 de combustible auxiliar, siendo $X2 + X1$ igual a 1:
- en la dirección del flujo de dichos productos 104 de combustión recirculantes, sin oxidante adicional,
- 35 en dichos productos de combustión recirculantes, estando el inyector de combustible auxiliar ubicado en un punto donde dicha segunda fracción X2 de combustible auxiliar se mezcla con los productos de combustión recirculantes, antes de alcanzar el oxidante entrante por medio de un puerto, introduciendo las velocidades de chorros la fracción X1 de combustible y adaptándose la fracción X2 de combustible auxiliar de forma que la suma de sus correspondientes momentos de chorro esté comprendida entre más o menos un 30 % de un valor que corresponde al momento de chorro del combustible, cuando X2 es igual a
- 40 cero (y X1 es igual a 1), y estando adaptada 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 requerida concreta para fundir dichos materiales sin sobre-alimentación de combustible en el horno.
- 45 Los chorros J2 de la introducción de combustible auxiliar vienen representados en las Figuras 1, 3 y 4. Como se puede apreciar en la Figura 4, el chorro J2 se dirige hacia el puerto correspondiente que introduce el oxidante en la cámara. Un módulo puede controlar el chorro J2.
- 50 Entre un 100 % del primero y segundo combustibles (cantidad X) inyectados en la cámara de fusión 8 a través del primero y segundo quemadores 11 a 16, 21 a 26 y los inyectores de combustible adicionales, la fracción X2 del chorro de combustible emitida por los inyectores de combustible adicionales es preferentemente de un 10 % a un 100 % de la suma X.
- 55 El combustible inyectado en el primero y segundo quemadores 11 a 16, 21 a 26 y los inyectores de combustible auxiliares puede estar seleccionado entre el grupo que consiste en gas natural, GLP, fuelóleo, gas de horno de coque, gas de alto horno, gas de reformado, biocombustible, metano e hidrógeno.
- 60 La recirculación anteriormente mencionada de productos de combustión se extiende en un bucle sustancialmente vertical por encima de la llama sobre una longitud (medida a partir de la pared lateral que está sobre el lado de combustión) que se tiene que conocer, para encontrar la ubicación óptima para los inyectores de combustible auxiliares. También, los parámetros de la inyección y la fracción X2 de combustible auxiliar se tienen que determinar de manera tal que la recirculación de los productos de combustión se mantenga. El tamaño y la intensidad de la recirculación se puede calcular por ejemplo usando las siguientes ecuaciones procedentes de Thring (mencionado anteriormente), Craya (Craya A y Curtet R, 'On the spreading of a confined jet', Comptes-rendus de l'Academie des
- 65 Sciences, Paris, 241, 1955) y otros:

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

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

$$m = \frac{G_0}{G_{inf}} + \frac{G_a}{zG_{inf}} - 0,5 \quad (3)$$

5

En la que:

- 10 x es la distancia desde la pared lateral (lado de combustión) hasta el punto donde no existe recirculación en el horno,
h es la altura hidráulica del espacio entre la superficie del vidrio, las paredes trasera y frontal del horno y el techo del horno,
15 q_r es la masa de productos de combustión que recirculan por unidad de tiempo y por puerto,
Q es la masa total de combustible y oxidante que penetra en el horno por unidad de tiempo y por puerto,
G₀ es el momento del(de los) chorro(s) de combustible entrante (caudal másico multiplicado por la velocidad), por puerto,
G_a es el momento del oxidante entrante (caudal másico multiplicado por la velocidad), por puerto,
20 G_{inf} es el momento de los gases de escape calientes salientes (su caudal de másico multiplicado por su velocidad media cuando llenan la cámara del horno), por puerto, y
m es el número adimensional (número de Craya Curtet) que hace referencia al momento de chorro relativo a los flujos de combustible entrante y oxidante, y los productos de combustión salientes.

- 25 La altura del horno generalmente se determina para que sea suficiente para permitir la recirculación significativa de los productos de combustión. Por lo que respecta al caudal másico de los productos de combustión recirculantes, los valores típicos para gas natural y combustible para aire como oxidante junto con las velocidades típicas de aire y gas, cuando se aplica a la ecuación (2), sugieren que la masa de gases de escape que recirculan en un bucle sustancialmente vertical por debajo del techo y por encima de la llama es aproximadamente igual al flujo másico entrante del combustible y oxidante. Esto confirma que existe recirculación suficiente para transportar hasta un 100
30 % del flujo de combustible que penetra en el horno (aproximadamente 1/20 parte del flujo másico total que penetra en el horno) sin afectar al patrón de flujo del horno y la operación del horno.

- Sin embargo, a medida que se retira el combustible de los quemadores para proporcionar los inyectores de combustible auxiliar (por ejemplo, debido a que se introduce la segunda fracción X2, es preciso reducir la primera
35 fracción X1), la ecuación (2) indica que la tasa de recirculación disminuye finalmente a valores que son demasiado bajos para transportar el combustible auxiliar y mantener los patrones de flujo del horno, si los inyectores no se encuentran en la dirección definida anterior y si no inyectan con la velocidad anteriormente mencionada.

- 40 De acuerdo con una primera realización que se ilustra en las Figuras 1 y 2 y también en las líneas discontinuas de la Figura 4, los inyectores 51 a 56 de combustible auxiliares asociados a una pareja de primero y segundo puertos 31, 41; ...; 36, 46 dispuestos de forma opuesta, comprende un inyector de combustible individual asociado al techo 6 sustancialmente a la misma distancia del primero y segundo puertos de la pareja asociada del primero y segundo puertos 31, 41; ...; 36, 46 dispuestos de forma opuesta.

- 45 Los inyectores 51 a 56 de combustible auxiliares pueden comprender una cámara de giro para dispersar el combustible en el bucle de recirculación de los productos de combustión.

- Para una mejor eficacia, por ejemplo en los hornos de combustión cruzada de puertos múltiples y además para mejorar la estabilidad de los flujos recirculantes, los inyectores de combustible auxiliares pueden dirigir un chorro de
50 momento más elevado de combustible auxiliar en la dirección de los productos 104 de combustión recirculados para mantener y mejorar su circulación y flujo másico. Esto también permite el uso de inyectores auxiliares en los hornos de fusión de combustión cruzada que experimentan bloqueos de puerto de salida a medida que pasan los años de operación.

- 55 De acuerdo con una segunda realización que se ilustra en la Figura 3 y también en la Figura 4 (en líneas continuas), los inyectores de combustible auxiliares comprenden primero y segundo inyectores de combustible 61, 71;...; 66, 76 que están asociados a cada pareja de primero y segundo puertos 31, 41; ...; 33, 43 dispuestos de forma opuesta. El primero y segundo inyectores 61, 71;...; 66, 76 de combustible auxiliares están ubicados en el techo 6.

- 60 El primero y segundo inyectores 61, 71;...; 66, 76 de combustible auxiliares se pueden operar alternativamente para inyectar la segunda fracción X2 de combustible auxiliar en la dirección del flujo de dichos productos 104 de combustión recirculantes y sin oxidante adicional. Debido a que la dirección de flujo de los productos de combustión recirculantes se invierte cuando se invierte la dirección de combustión, el primero y segundo inyectores 61, 71;...; 66,
65 76 de combustible auxiliares se pueden operar cuando el primero y segundo puertos (31, 41; ...; 36, 46) correspondientes ubicados en las proximidades de dichos primer o segundo inyectores (61, 71;...; 66, 76) de

combustible auxiliares son puertos de salida.

Debería apreciarse que en diversas realizaciones, la velocidad del chorro para la introducción de la segunda fracción X2 de combustible auxiliar puede estar comprendida entre 10 y 70 m/s.

5 De acuerdo con una realización variante, los inyectores 51 a 56 o 61 a 66 y 71 a 76 de combustible auxiliares incluyen cada uno de ellos un dispositivo que pone en rotación el combustible auxiliar inyectado para crear un efecto de remolino. Esto puede aumentar la mezcla de combustible con los productos de combustión recirculantes en la cámara de fusión 8.

10 De acuerdo con otra realización variante, los inyectores 51 a 56 o 61 a 66 y 71 a 76 de combustible auxiliares incluyen cada uno de ellos un dispositivo para ajustar o modificar el momento de chorro o impulso de chorro o la velocidad de chorro del combustible auxiliar inyectado.

15 En realizaciones alternativas (no mostradas), los inyectores auxiliares pueden estar ubicados en las paredes laterales. En dichas realizaciones, los inyectores auxiliares se pueden usar únicamente mientras el puerto correspondiente de la pared lateral opuesta introduce el oxidante.

20 Las realizaciones de la presente invención también pueden estar relacionadas con un método de fusión de materias primas por medio del horno 10 de fusión de combustión cruzada que tiene:

- un tanque de fusión 7 para albergar las materias primas objeto de fusión y para albergar un baño de materiales fundidos;
- una cámara de fusión 8 ubicada por encima de dicho tanque de fusión y que comprende una primera pared lateral, una segunda pared opuesta a dicha primera pared lateral, una pared trasera ubicada en una zona aguas arriba de dicho tanque de fusión, una pared frontal ubicada en una zona aguas abajo de dicho tanque de fusión, y un techo;
- N primeros puertos 31, ..., 36 que están provistos en la primera pared lateral en ubicaciones separadas horizontalmente entre dicha pared trasera y la pared frontal, estando asociado cada una de al menos una serie de N primeros puertos 31, ... 36 a un primer quemador correspondiente de una serie de N primeros quemadores 11, ..., 16;
- N segundos puertos 41, ... 46 que están provistos en la segunda pared lateral en ubicaciones separadas horizontalmente entre dicha pared trasera y la pared frontal, estando cada uno de dichos N segundos puertos ubicados en posición opuesta al primer puerto para definir N parejas de puertos primero y segundo 31, 41, ... , 36, 46;

donde los productos de combustión recirculantes fluyen en un bucle sustancialmente vertical por encima de la llama, comprendiendo el método:

40 introducir una primera fracción X1 de combustible en dicha cámara de fusión por medio de dichos primeros quemadores,

45 introducir una segunda fracción X2 de combustible auxiliar, siendo $X2 + X1$ igual a 1, usando menos un inyector 51 de combustible auxiliar, estando dispuesto al menos un inyector de combustible auxiliar en el horno de fusión de combustión cruzada en dicho techo o en la pared lateral que no comprende quemadores que introducen el combustible, de forma que al menos un inyector de combustible auxiliar introduzca la segunda fracción X2 de combustible auxiliar,

50 en la dirección del flujo de dichos productos 104 de combustión recirculantes, sin oxidante adicional, en dichos productos de combustión recirculantes, estando el inyector de combustible auxiliar ubicado en un punto donde dicha segunda fracción X2 de combustible auxiliar se mezcla con los productos de combustión recirculantes, antes de alcanzar el oxidante entrante por medio de un puerto, introduciendo las velocidades de chorros la fracción X1 de combustible y adaptándose la fracción X2 de combustible auxiliar de forma que la suma de sus correspondientes momentos de chorro esté comprendida entre más o menos un 30 % de un valor que corresponde al momento de chorro del combustible, cuando X2 es igual a cero (y X1 es igual a 1), y

60 estando adaptada 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 requerida concreta para fundir dichos materiales sin sobre-alimentación de combustible en el horno.

En términos generales, la invención proporciona una simplificación en el proceso de fabricación, aumenta el rendimiento y reduce el coste.

65 Aunque se han mostrado y descrito realización preferidas, debería comprenderse que se pueden realizar cualesquiera cambios y modificaciones en la misma, sin apartarse del alcance de la invención que se define en las

reivindicaciones adjuntas.

REIVINDICACIONES

1. Un método de fusión de materias primas por medio de un horno (10) de fusión de combustión cruzada que tiene:

- 5 - un tanque de fusión (7) para albergar las materias primas objeto de fusión y para albergar un baño de materiales fundidos;
 - una cámara de fusión (8) ubicada por encima de dicho tanque de fusión y que comprende una primera pared lateral, una segunda pared opuesta a dicha primera pared lateral, una pared trasera ubicada en una zona aguas arriba de dicho tanque de fusión, una pared frontal ubicada en una zona aguas abajo de dicho tanque de fusión, y un techo;
 10 - N primeros puertos (31, ..., 36) que están provistos en la primera pared lateral en ubicaciones separadas horizontalmente entre dicha pared trasera y la pared frontal, estando asociada cada una de al menos una serie de N primeros puertos (31, ... 36) a un primer quemador correspondiente de una serie de N primeros quemadores (11, ..., 16);
 15 - N segundos puertos (41, ... 46) que están ubicados en la segunda pared lateral en ubicaciones separadas horizontalmente entre dicha pared trasera y la pared frontal, estando cada uno de dichos N segundos puertos ubicado en posición opuesta al primer puerto para definir N parejas de puertos primero y segundo (31, 41, ... , 36, 46);

20 donde los productos de combustión recirculantes fluyen en un bucle sustancialmente vertical por encima de la llama; comprendiendo el método:

introducir una primera fracción X1 de combustible en dicha cámara de fusión por medio de dichos primeros quemadores,

25 introducir una segunda fracción X2 de combustible auxiliar, siendo $X2 + X1$ igual a 1, usando al menos un inyector de combustible auxiliar (51), estando dispuesto el al menos un inyector de combustible auxiliar en el horno de fusión de combustión cruzada en dicho techo o la pared lateral que no comprende quemadores que introducen combustible de forma que el al menos un inyector de combustible auxiliar introduce la segunda fracción X2 de combustible auxiliar,

30 en la dirección del flujo de dichos productos (104) de combustión recirculantes, sin oxidante adicional, en dichos productos de combustión recirculantes, estando el inyector de combustible auxiliar ubicado en un punto donde dicha segunda fracción X2 de combustible auxiliar se mezcla con los productos de combustión recirculantes, antes de alcanzar el oxidante entrante por medio de un puerto,
 35 introduciendo las velocidades de chorros la fracción X1 de combustible y adaptándose la fracción X2 de combustible auxiliar de forma que la suma de sus correspondientes momentos de chorro esté comprendida entre más o menos un 30 % de un valor que corresponde al momento de chorro del combustible cuando X2 es igual a cero, y
 40 estando adaptada 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 requerida concreta para fundir dichos materiales sin sobre-alimentación de combustible en el horno.

45 2. El método de la reivindicación 1, donde dicho al menos un inyector de combustible auxiliar (51, ..., 56) está ubicado en dicho techo a la misma distancia de un primer puerto y segundo puerto (31, 41; ...; 36, 46) opuesto al primer puerto.

50 3. El método de acuerdo con la reivindicación 1, donde cada una de dicha serie de N segundos puertos (41 a 46) está asociada al segundo quemador correspondiente de una serie de N segundos quemadores (21 a 26), y dichos primeros puertos (31 a 36) y dichos segundos puertos (41 a 46) se pueden operar alternativamente como puerto de entrada y puerto de salida, siendo dichos primeros puertos (31 a 36) puertos de entrada cuando dichos segundos puertos (41 a 46) son puertos de salida y siendo dichos primeros puertos (31 a 36) puertos de salida cuando dichos segundos puertos (41 a 46) son puertos de entrada.

55 4. El método de acuerdo con la reivindicación 3, donde las parejas de primero y segundo inyectores (61, 71;...; 66, 76) de combustible auxiliares se asocian a cada pareja de primero y segundo puertos (31, 41; ...; 36, 46) dispuestos de forma opuesta y los segundos inyectores (61, 71;...; 66, 76) de combustible auxiliares estando ubicados en dicho techo (6) o en dichas primera y segunda paredes laterales (2, 1) respectivamente, en las proximidades del primero y segundo puertos de la pareja asociada de primero y segundo puertos (31, 41; ...; 36, 46) dispuestos de forma opuesta, de forma que dichos primero y segundo inyectores (61, 71;...;66, 76) de combustible auxiliares se pueden operar alternativamente para inyectar dicha segunda fracción X2 de combustible auxiliar, el primero y segundo inyectores (61, 71;...;66, 76) de combustible auxiliares se pueden operar cuando el primero y segundo puertos (31, 41; ...; 36, 46) correspondientes ubicados en las proximidades de dichos primero y segundo inyectores (61, 71;...; 66, 76) de combustible auxiliares son puertos de salida.

65 5. El método de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 3 o 4, donde dichos primero y segundo

quemadores (11-16, 21-26) y dicho al menos un inyector (51-56; 61-66; 71-76) de combustible auxiliar operan con el mismo combustible.

5 6. El método de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 3 o 4, donde dichos primero y segundo quemadores (11-16, 21-26) por una parte y dicho al menos un inyector (51-56; 61-66; 71-76) de combustible auxiliar por otra, operan respectivamente con combustibles diferentes.

10 7. El método de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6, donde dichos primero y segundo quemadores (11-16, 21-26) por una parte y dicho al menos un inyector (51-56; 61-66; 71-76) de combustible auxiliar por otra, operan respectivamente con un combustible seleccionado entre el grupo que consiste en gas natural, GLP, fuelóleo, gas de horno de coque, gas de alto horno, gas de reformado, biocombustible, metano e hidrógeno.

15 8. El método de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7, donde dicho al menos un inyector (51-56; 61-66; 71-76) de combustible auxiliar incluye poner en rotación el combustible auxiliar inyectado para crear un efecto de remolino.

20 9. El método de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 8, donde dicho al menos un inyector (51-56; 61-66; 71-76) de combustible auxiliar incluye un dispositivo para ajustar o modificar el momento de chorro del combustible auxiliar inyectado.

10. El método de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 9, donde dicha segunda fracción X2 de combustible auxiliar representa entre un 10 y un 100 % de la suma de la primera y segunda fracciones X1 y X2 de combustible.

25 11. El método de una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 10, que comprende introducir la segunda fracción de combustible auxiliar X2 para reforzar el flujo másico de productos de combustión recirculantes.

30 12. El método de una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 11, que comprende ajustar o apagar parte de los quemadores para reforzar el flujo másico de los productos de combustión recirculantes.

13. El método de una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 12, donde la velocidad de chorro para la introducción de la segunda fracción X2 de combustible auxiliar está comprendida entre 10 y 70 m/s.

35 14. El método de acuerdo con la reivindicación 4, donde los primeros inyectores auxiliares están ubicados a un cuarto de la anchura de la cámara de fusión a partir de la pared lateral que está más próxima al primer inyector auxiliar, y los segundos inyectores auxiliares se encuentran ubicados a un cuarto de la anchura de la cámara de fusión a partir de la pared lateral que está más próxima al segundo inyector auxiliar.

40 15. Un horno de fusión de combustión cruzada que comprende:

- un tanque de fusión (7) para albergar las materias primas objeto de fusión y para albergar un baño de materiales fundidos;

45 - una cámara de fusión (8) ubicada por encima de dicho tanque de fusión y que comprende una primera pared lateral, una segunda pared opuesta a dicha primera pared lateral, una pared trasera ubicada en una zona aguas arriba de dicho tanque de fusión, una pared frontal ubicada en una zona aguas abajo de dicho tanque de fusión, y un techo;

50 - N primeros puertos (31, ..., 36) que están provistos en la primera pared lateral en ubicaciones separadas horizontalmente entre dicha pared trasera y la pared frontal, estando asociada cada una de al menos una serie de N primeros puertos (31, ... 36) a un primer quemador correspondiente de una serie de N primeros quemadores (11, ..., 16) que introduce una primera fracción X1 de combustible en dicha cámara de fusión por medio de dichos primeros quemadores, mientras los productos de combustión recirculantes fluyen en un bucle sustancialmente vertical por encima de la llama;

55 - N segundos puertos (41, ... 46) que están ubicados en la segunda pared lateral en ubicaciones separadas horizontalmente entre dicha pared trasera y la pared frontal, estando cada uno de dichos N segundos puertos ubicado en posición opuesta al primer puerto para definir N parejas de puertos primero y segundo (31, 41, ... , 36, 46);

- al menos un inyector (51) de combustible auxiliar dispuestos en el horno de fusión de combustión cruzada en dicho techo o en la pared lateral que no comprende quemadores que introducen combustible,

60 - un módulo para controlar el al menos un inyector de combustible auxiliar para introducir una segunda fracción X2 de combustible auxiliar, siendo $X2 + X1$ igual a 1,

en la dirección del flujo de dichos productos (104) de combustión recirculantes, sin oxidante adicional,

65 en dichos productos de combustión recirculantes, estando el inyector de combustible auxiliar ubicado en un punto donde dicha segunda fracción X2 de combustible auxiliar se mezcla con los productos de combustión recirculantes, antes de alcanzar el oxidante entrante por medio de un puerto,

introduciendo las velocidades de chorros la fracción X1 de combustible y adaptándose la fracción X2 de combustible auxiliar de forma que la suma de sus correspondientes momentos de chorro esté comprendida entre más o menos un 30 % de un valor que corresponde al momento de chorro del combustible cuando X2 es igual a cero, y

- 5 estando adaptada 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 requerida concreta para fundir dichos materiales sin sobre-alimentación de combustible en el horno.

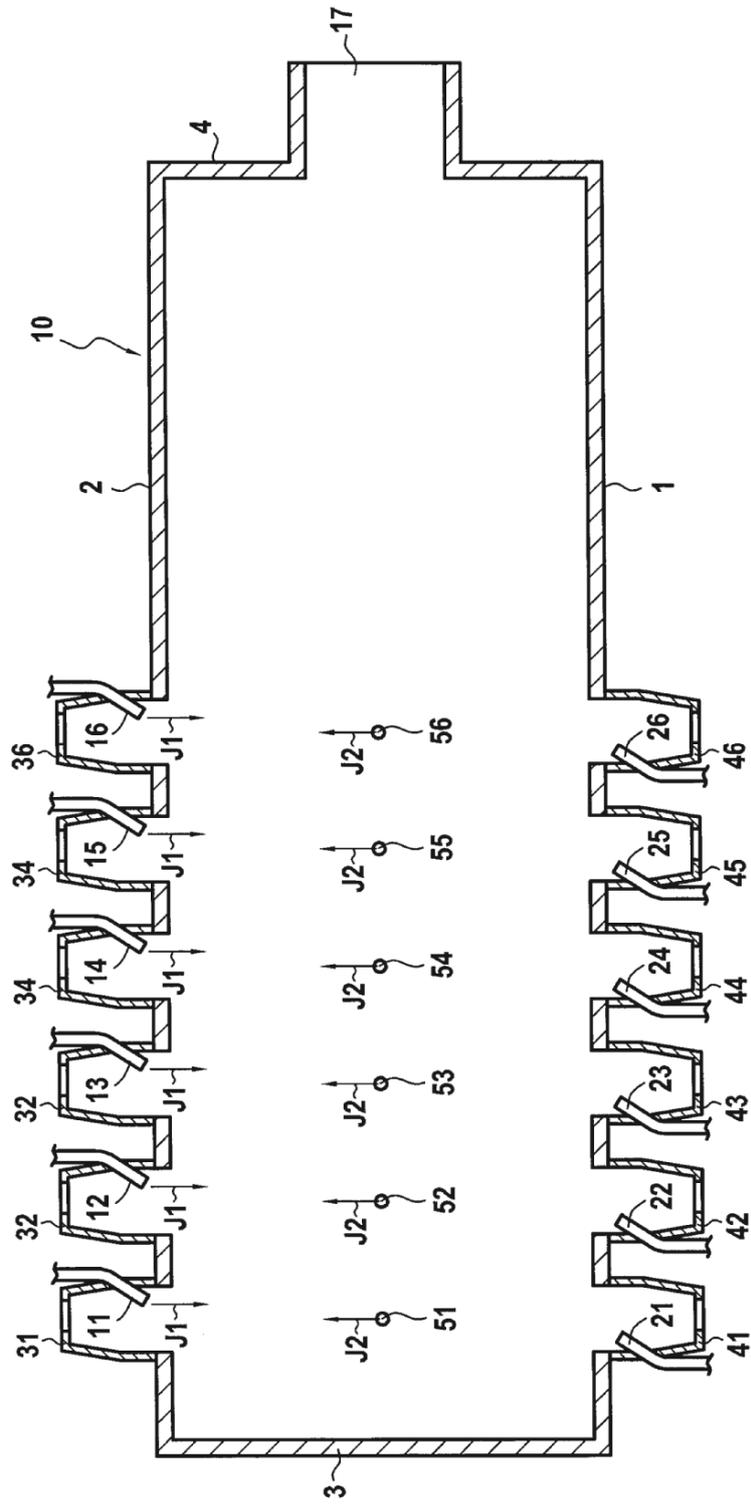


FIG.1

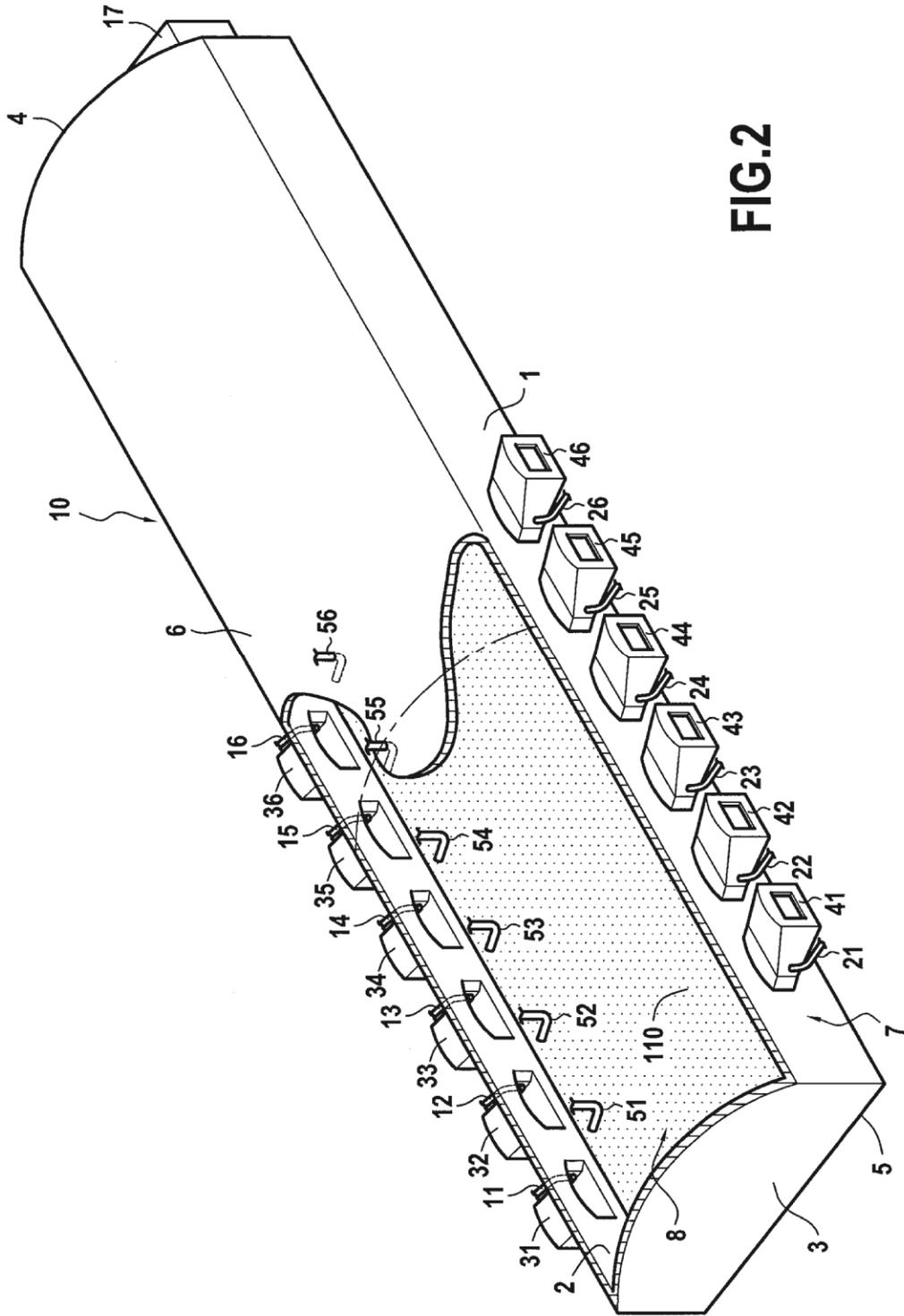


FIG. 2

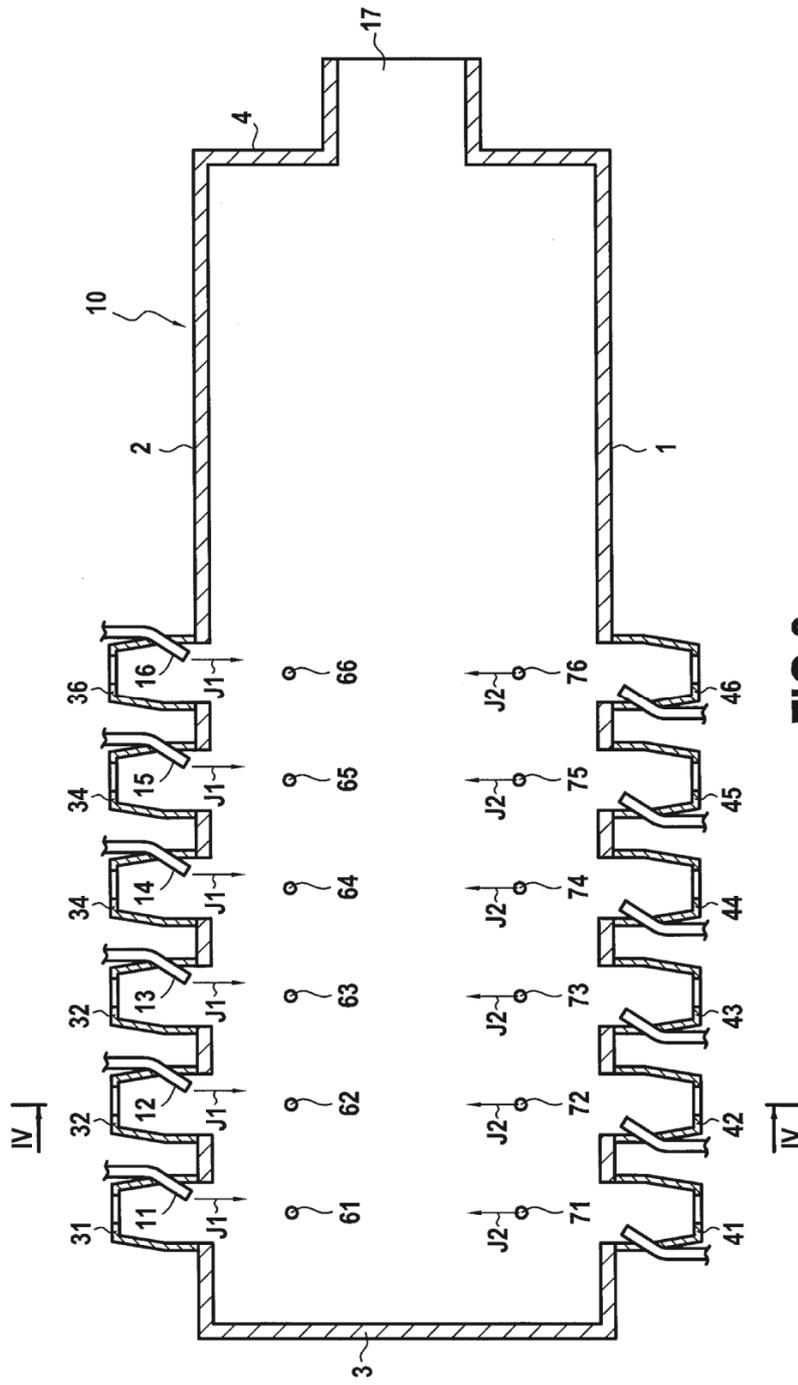


FIG.3

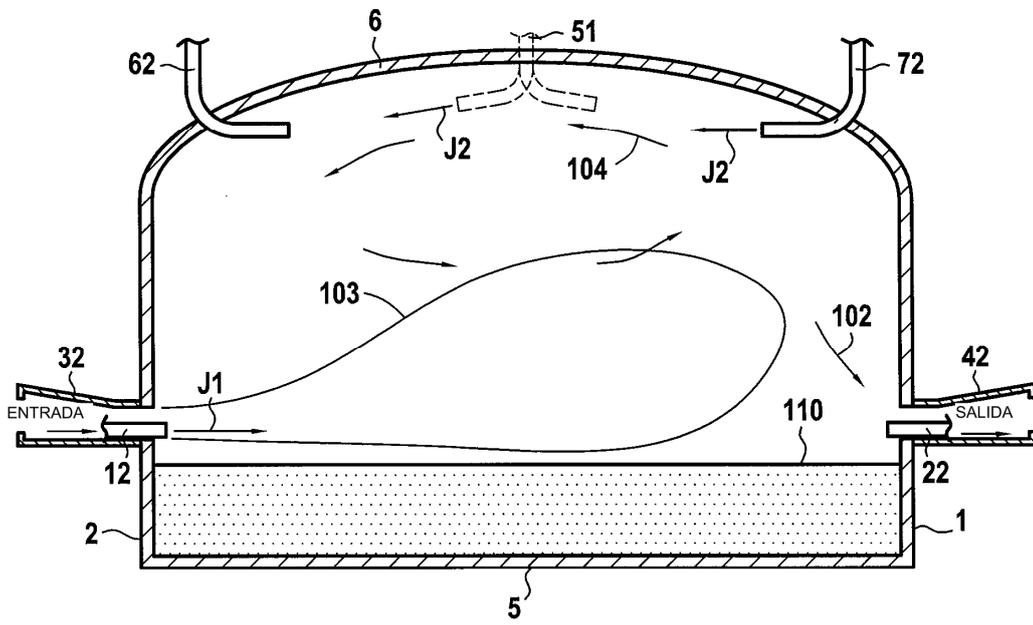


FIG.4