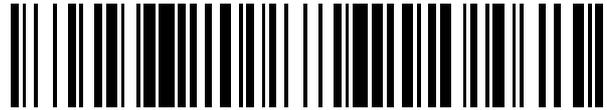


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 569 356**

51 Int. Cl.:

F23D 17/00 (2006.01)

C03B 5/235 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **06.05.2008 E 08805746 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **30.03.2016 EP 2153130**

54 Título: **Procedimiento de combustión con bajo nivel de NOx para la fusión del vidrio e inyector mixto**

30 Prioridad:

10.05.2007 FR 0754969

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

10.05.2016

73 Titular/es:

SAINT-GOBAIN EMBALLAGE (50.0%)

18, Avenue d'Alsace

92400 Courbevoie, FR y

SAINT-GOBAIN GLASS FRANCE (50.0%)

72 Inventor/es:

ROUCHY, PATRICE;

GARNIER, LAURENT;

VERNAZ, JOSEPH y

MAZZOTTI DE OLIVEIRA, CARLOS

74 Agente/Representante:

DE ELZABURU MÁRQUEZ, Alberto

ES 2 569 356 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).

DESCRIPCION

Procedimiento de combustión con bajo nivel de NOx para la fusión del vidrio e inyector mixto

El invento se refiere a un procedimiento y dispositivo de combustión en el cual la alimentación del combustible está asegurada por al menos un inyector.

5 El invento será descrito para una utilización en la fusión del vidrio en los hornos de las fábricas de vidrio, especialmente en los hornos para la fabricación de vidrio plano de tipo float o en los hornos para la fabricación de vidrio hueco de embalaje, por ejemplo, en los hornos que funcionan en inversión del tipo de los que utilizan regeneradores (recuperadores de energía).

10 La mayor parte de los procedimientos de combustión del tipo citado, particularmente los utilizados en los hornos de las fábricas de vidrio, están enfrentados a problemas de emisión de NOx en los humos de la combustión.

15 Los NOx tienen una influencia nefasta a la vez sobre el ser humano y sobre el medio ambiente. En efecto, por una parte, el NO₂ es un gas irritante y fuente de enfermedades respiratorias. Por otra parte, en contacto con la atmósfera, pueden formar de una manera progresiva lluvias ácidas. Finalmente, generan una polución fotoquímica puesto que en combinación con los compuestos orgánicos volátiles y la radiación solar, los NOx son el origen de la formación del ozono llamada troposférica cuyo aumento de concentración a baja altura se convierte en nociva para el ser humano, sobre todo en periodo en fuerte calor.

20 Es por esto por lo que las normas en vigor sobre la emisión de NOx han sido cada vez más exigentes. Por el hecho mismo de la existencia de estas normas, los fabricantes y los explotadores de hornos, tales como los de los hornos de las fábricas de vidrio, se preocupan, de manera constante, de limitar al máximo las emisiones de NOx, preferentemente a tasas inferiores a 800 mg por Nm³ de humos para un horno con quemadores transversales o inferior a 600 mg por Nm³ de humos para un horno de bucle.

25 Los parámetros que influyen en la formación de NOx han sido ya analizados. Se trata esencialmente de la temperatura, pues por encima de 1.300° C la emisión de NOx crece de manera exponencial, del exceso de aire, puesto que la concentración de NOx depende de la raíz cuadrada del exceso de oxígeno o incluso de la concentración de N₂.

Se han propuesto ya numerosas técnicas para reducir la emisión de NOx.

30 Una primera técnica consiste en hacer intervenir un agente reductor sobre los gases emitidos con el fin de que los NOx sean convertidos en nitrógeno. Este agente reductor puede ser el amoníaco pero esto induce inconvenientes tales como la dificultad para almacenar y manipular tal producto. Es posible igualmente utilizar un gas natural como agente reductor, pero esto se hace en detrimento del consumo del horno y aumenta las emisiones de CO₂. La presencia de gases reductores en ciertas partes del horno tales como los regeneradores puede provocar además una corrosión acelerada de los refractarios de estas zonas.

35 Es, pues, preferible, sin que sea obligatorio, pasar de esta técnica adoptando medidas llamadas primarias. Estas medidas son llamadas así porque no buscan destruir los NOx ya formados, como en la técnica descrita anteriormente, sino que más bien buscan impedir su formación, por ejemplo, al nivel de la llama. Estas medidas son además más sencillas de poner en práctica y, como consecuencia, más económicas. Pueden, sin embargo, no sustituir completamente a la técnica citada anteriormente pero sí pueden completarla ventajosamente. Estas medidas primarias constituyen de cualquier manera un preliminar indispensable para disminuir el consumo de reactivos de las medidas secundarias.

40 Las medidas existentes se pueden clasificar, de manera no limitativa, en varias categorías:

45 -una primera categoría consiste en reducir la formación de NOx con la ayuda de una técnica llamada de "reburning", mediante la cual se crea una zona de defecto de aire al nivel de la cámara de combustión de un horno. Esta técnica presenta el inconveniente de aumentar la temperatura al nivel de los apilamientos de los regeneradores y, llegado el caso, tener que prever una concepción específica de los regeneradores y de sus apilamientos, muy particularmente en términos de estanqueidad y de resistencia a la corrosión;

50 - una segunda categoría consiste en actuar sobre la llama reduciendo o incluso impidiendo la formación de NOx a su nivel. Para esto, se puede, por ejemplo, tratar de reducir el exceso de aire de combustión. Es posible igualmente tratar de limitar los picos de temperatura manteniendo la longitud de la llama, y aumentar el volumen del frente de llamas para reducir la temperatura media en el seno de la llama. Tal solución está descrita, por ejemplo, en los documentos US6047565 y WO9802386. Consiste en un procedimiento de combustión para la fusión del vidrio, en el cual la alimentación de combustible y la alimentación de carburante se efectúan los dos de tal manera que se amplía en el tiempo el contacto combustible/carburante y/o se aumenta el volumen de este contacto con vistas a reducir la emisión de NOx.

Recuérdese que un inyector está destinado a la propulsión del combustible, teniendo, este último, la finalidad de ser

quemado por un carburante. Así, el inyector puede formar parte de un quemador, designando generalmente el término quemador a un dispositivo que comprende a la vez la admisión del combustible y del carburante.

5 El documento EP921349 (o US6244524) ha propuesto, con un objetivo de reducción de NOx, un quemador equipado de al menos un inyector, que comprende un conducto de admisión de combustible líquido, del tipo fuel, y un conducto de admisión de un fluido de pulverización dispuesto concéntricamente con respecto al citado conducto de admisión de combustible líquido, comprendiendo el citado conducto de admisión de combustible líquido, en elemento agujereado de canales oblicuos para inyectar el combustible líquido bajo la forma de un chorro hueco que se aplica sustancialmente a la pared interna, formando la generatriz de cada uno de los citados canales un ángulo de al menos 10° con la dirección de admisión de combustible líquido.

10 El documento FR 2 834 774 propone reducir los NOX mediante la utilización de un quemador equipado con al menos un inyector que comprende tres conductos coaxiales de admisión de combustibles:

-líquido

- gaseosos de alta

- y baja presión.

15 citados según el orden de alejamiento creciente del eje. Sin embargo, con este inyector, el mantenimiento de una baja emisión de NOx cuando se desea hacer variar las proporciones relativas de los diferentes combustibles, necesita reglajes complejos.

20 El invento tiene como objetivo la puesta a disposición de un procedimiento de tratamiento térmico de vidrio fundido en el cual son utilizados combustibles de diferente naturaleza, cuyas proporciones relativas son variables en una gran medida, manteniendo al mismo tiempo una baja emisión de NOx.

25 A estos efectos, el invento tiene como objetivo un procedimiento de combustión, para la fusión del vidrio, en el cual se crea una llama a la vez por un combustible líquido y un combustible gaseoso, caracterizado porque la fracción de la potencia total debida al combustible líquido es variable entre el 20% y 80%, y porque el impulso específico del combustible gaseoso está limitado a un valor lo suficientemente bajo para que el contenido en NOx de los humos producidos no exceda de 800 mg/Nm³ para un horno con quemadores transversales, y 600 mg/Nm³ para un horno de bucle.

30 Está comprobado, en efecto, que la combinación de un impulso de combustible líquido (tal como el fuel) y de un único impulso de gas de baja presión, permitía el mantenimiento de bajos niveles de NOx sin necesidad de reglajes o puestas a punto complejas. Así, se puede modificar muy fácilmente la proporción fuel/gas, por ejemplo, a merced especialmente de las fluctuaciones de coste de estos combustibles.

El procedimiento del invento permite obtener emisiones de NOx tal bajas como con la utilización de fuel como único combustible.

35 La potencia de combustión se descompone aquí exclusivamente en la potencia debida al combustible líquido por una parte, a gaseoso por otra, de tal manera que la parte del segundo es el complemento del primero al 100% (es decir, variable entre 80% y 20%).

El impulso específico del combustible gaseoso es preferentemente igual como mucho a 3, de manera particularmente preferida 2,5 N/MW.

40 Precisemos que en la industria del vidrio, a la que interesa el presente invento, un horno de bucle puede funcionar alternativamente con dos quemadores situados en la parte izquierda, respectivamente derecha, del horno. La potencia de los quemadores es igual al producto del número de inyectores (especialmente dos o tres) que lo componen por la potencia de un inyector.

La potencia de los quemadores (y como consecuencia el número de inyectores por quemador, y la potencia de los inyectores) es variable y debe estar adaptada especialmente al tamaño del horno.

45 A título indicativo, un horno de un centenar de m² (superficie del baño del vidrio) puede funcionar con dos quemadores, de manera alternativa, con una potencia de 8-14 MW cada uno. Si estos quemadores comprenden dos inyectores cada uno, la potencia de éstos es de 4-7 MW, a descomponer en una parte de la potencia del inyector debida al combustible líquido, y otra parte debida al combustible gaseoso.

50 Es a esta última parte a la que se refiere el impulso específico máximo anteriormente mencionado del combustible gaseoso. El mantenimiento de este impulso específico del combustible gaseoso a tales valores relativamente bajos permite hacer variar en una gran medida las proporciones relativas de combustibles líquido y gaseoso, conservando al mismo tiempo las emisiones de NOx a un nivel bajo.

El reglaje de este impulso específico puede hacerse muy fácilmente seleccionando el diámetro del conducto de

admisión del combustible gaseoso. Basta con aumentar este diámetro para disminuir el impulso específico, manteniendo los demás parámetros iguales, y al contrario.

5 Según otra característica ventajosa del procedimiento del invento, el impulso específico del combustible líquido es como mucho igual a 1 N/MW. Estos valores se refieren a la única contribución del combustible líquido a la potencia del inyector. Están adaptados a la longitud de las llamas y a potencias de combustión óptimas, en todas las dimensiones y configuraciones de los hornos de la industria del vidrio o equivalentes. Por supuesto, también garantizan emisiones de NOx contenidas en el bajo nivel deseado.

10 El reglaje del impulso específico del combustible líquido es también fácil y se hace de la misma manera que el del impulso específico del combustible gaseoso. El aumento del diámetro del conducto de admisión (boquilla) del combustible líquido disminuye el impulso específico de éste, manteniendo al mismo tiempo los otros parámetros iguales, y al contrario.

15 El invento tiene igualmente como objeto un inyector para poner en práctica un procedimiento descrito anteriormente, caracterizado porque comprende un conducto de admisión de combustible líquido circunscrito en un conducto coaxial de admisión del fluido de pulverización del combustible líquido, circunscrito a su vez en un único conducto coaxial de admisión del combustible gaseoso. Esta construcción del inyector puede resultar de la supresión del conducto coaxial de admisión del gas de alta presión dispuesto entre los conductos coaxiales de admisión del combustible líquido y del fluido de pulverización de éste, por una parte, y el conducto coaxial de admisión del gas de baja presión, por otra parte, en el inyector descrito en el documento FR 2 834 774. Los conductos de admisión tienen aquí también la función de expulsión de los fluidos.

20 Además el conducto de admisión del combustible líquido comprende un elemento agujereado de canales oblicuos para inyectar el combustible líquido bajo la forma de un chorro hueco en rotación antes de la expulsión y fuera del inyector, formando la generatriz de cada uno de los canales un ángulo de 2 a 30° con la dirección de admisión del combustible líquido. Esta característica es conocida especialmente del documento EP 921 349. El combustible líquido está dividido en tantos chorros individuales como canales oblicuos.

25 El reparto uniforme de los canales oblicuos y la inclinación de 2 a 30° de la generatriz de cada uno de estos canales sobre toda la circunferencia del conducto de admisión del combustible líquido trae como consecuencia un centrifugado del conjunto de los chorros individuales sin que exista ninguna interferencia entre ellos.

Este centrifugado contribuye, aguas arriba, a que el combustible siga una trayectoria helicoidal, inyectándose bajo la forma de un chorro hueco que se aplica a la pared interna del conducto de admisión.

30 A la salida de éste, el combustible líquido ha adquirido así una energía mecánica máxima y, bajo la influencia del fluido de pulverización, explota verdaderamente en gotitas cuya dispersión de tamaño es óptima.

35 En una realización particularmente interesante del inyector del invento, los conductos de admisión del combustible líquido y del fluido de pulverización de éste son amovibles para un funcionamiento con el 100% de gas. Estos conductos pueden formar un conjunto integrado, ligero, que es tan fácil de desmontar del inyector, como de volverlo a montar. Una vez desmontado este conjunto del inyector, el inyector puede funcionar totalmente con combustible gaseoso. En el lugar dejado libre por la retirada de la barra del fuel, sale gas a alta presión. El gas a baja presión continúa pasando por la corona exterior.

Otros objetos del invento son:

-un quemador que comprende uno o varios inyectores definidos anteriormente;

40 - un horno que comprende al menos un quemador, especialmente un horno de bucle o un horno con los quemadores transversales.

El invento es ilustrado ahora por el ejemplo que viene a continuación.

Ejemplo

45 Un horno de bucle de 95 m² (superficie del baño de vidrio) está equipado con dos quemadores situados en la parte izquierda, y respectivamente derecha del horno.

Un quemador comprende un chorro de llegada de aire bajo el cual están dispuestos dos inyectores de fuel líquido a 130° C y de gas natural. La potencia de un quemador es de 13 MW.

El conducto de admisión de fuel del inyector está circunscrito en un conducto coaxial de admisión de aire (2 bares) de pulverización del fuel.

50 El conducto de admisión del aire de pulverización está circunscrito en un conducto coaxial de transporte del gas natural.

El impulso específico del fuel $I_{spé(f)}$, con respecto a la potencia del fuel de un solo inyector, depende de la boquilla del conducto de admisión del fuel. Los valores $I_{spé(f)}$ están consignados en la tabla que hay a continuación. La potencia de un inyector vale la mitad de la potencia de un quemador (es decir, 6,5 MW), y se descompone en la suma de la potencia del fuel y de la potencia del gas de un inyector.

- 5 El impulso específico del gas $I_{spé(g)}$, con respecto a la potencia del gas de un solo inyector, depende del diámetro del conducto de admisión de gas. Los valores $I_{spé(g)}$ están consignados en la tabla que hay a continuación.

El conducto de admisión del fuel contiene un elemento de puesta en rotación del fuel que comprende unos orificios cuyo eje forma un ángulo de 2 a 30° con la dirección de admisión del fuel.

- 10 Se hacen variar las potencias relativas del gas y del fuel de la misma manera, para cada configuración consignada en la tabla que hay a continuación, para los dos inyectores de los dos quemadores. La potencia relativa del fuel está consignada en la tabla en % (f).

Para cada configuración, se recogen las emisiones de NOx para un valor de CO razonable frente a la corrosión de los refractarios.

La configuración 5 es un ejemplo comparativo.

TABLA

Configuración	Nº	%(f)	$I_{spé(f)}$ (N/MW)	$I_{spé(g)}$ (N/MW)	NOx (mg/Nm ³)
1		70	0,54	0,91	570
2		50	0,53	1,51	575
3		30	0,53	2,05	580
4		30	0,53	0,64	530
5		17	0,51	0,75	560
6		74	0,56	0,76	510

- 15 Se comparan las configuraciones 1 a 3.

Se ensayan proporciones crecientes de gas, conocido por producir más NOx que el fuel. Está bien que esto se constate.

- 20 Se hace variar la boquilla (f) para mantener un valor $I_{spé(f)}$ prácticamente constante, correspondiendo este valor a la longitud de la llama óptima para el horno considerado.

Habiendo conservado en mismo diámetro de la tobera del gas, se observa un impulso específico de gas creciente, correspondiente a un caudal de gas creciente.

Se comparan las configuraciones 3 y 4.

- 25 Se ha conseguido disminuir las emisiones de NOx con una tobera de gas de mayor diámetro, haciendo bajar el valor de $I_{spé(g)}$ de 2,05 a 0,64 N/MW.

Sin embargo, el control de la llama es mejor, y la llama menos voluminosa con el valor de $I_{spé(g)}$ de 2,05 con respecto a 0,64 N/MW.

Se comparan las configuraciones 5 y 6.

- 30 Se constata de nuevo que el aumento de la potencia del fuel disminuye las emisiones de NOx. Se verifican independientemente los impulsos específicos, mantenidos constantes por el cambio de valores de la boquilla (f) y el diámetro (g).

Así, el invento permite limitar las emisiones de NOx a menos de 600 mg/Nm³ para un horno de bucle (800 mg/Nm³ para un horno con quemadores transversales), por la combinación de un impulso de combustible líquido y de un impulso de combustible gaseoso relativamente bajo.

- 35

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento de combustión para la fusión del vidrio, en el cual se crea una llama a la vez por un impulso de combustible líquido y un único impulso de combustible gaseoso, caracterizado porque la fracción de la potencia total debida al combustible líquido es variable entre 20% y 80%, porque el impulso específico del combustible gaseoso está limitado a un valor lo suficientemente bajo como para el contenido de NOx en los humos producidos no exceda de 800 mg/Nm³, para un horno con quemadores transversales, y de 600 mg/Nm³, para un horno de bucle, porque el citado procedimiento es puesto en práctica por medio de un inyector que comprende un conducto de admisión de combustible líquido circunscrito en un conducto coaxial de admisión de fluido de pulverización del combustible líquido, circunscrito, a su vez, en un único conducto coaxial de admisión de combustible gaseoso, y porque el conducto de admisión de combustible líquido comprende un elemento agujereado de canales oblicuos para inyectar el combustible líquido bajo la forma de un chorro hueco en rotación antes de la eyección fuera del inyector, formando la generatriz de cada uno de los canales un ángulo de 2 a 30° con la dirección de admisión del combustible líquido.
2. Procedimiento según la reivindicación 1, caracterizado porque el impulso específico del combustible gaseoso es como mucho igual a 3, preferentemente 2,5 N/MW.
3. Procedimiento según una de las reivindicaciones precedentes, caracterizado porque el impulso específico del combustible líquido es como mucho igual a 1 N/MW.
4. Inyector para poner en práctica un procedimiento según una de las reivindicaciones precedentes, caracterizado porque comprende un conducto de admisión de combustible líquido circunscrito en un conducto coaxial de admisión de fluido de pulverización del combustible líquido, circunscrito, a su vez, en un único conducto de admisión de combustible gaseoso, porque el conducto de admisión de combustible líquido comprende un elemento agujereado de canales oblicuos para inyectar el combustible líquido bajo la forma de un chorro hueco en rotación antes de la eyección fuera del inyector, formando la generatriz de cada uno de los canales un ángulo de 3 a 30° con la dirección de admisión del combustible líquido.
5. Inyector según la reivindicación 4, caracterizado porque los conductos de admisión de combustible líquido y del fluido de pulverización de éste son amovibles para un funcionamiento del 100% de gas.
6. Quemador que comprende uno o varios inyectores según una de las reivindicaciones 4 ó 5.
7. Horno que comprende al menos un quemador según la reivindicación 6.
8. Horno según la reivindicación 7, caracterizado porque es de bucle o con quemadores transversales.