

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 371 611**

51 Int. Cl.:
C03B 5/235 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 96 Número de solicitud europea: **09711067 .0**
96 Fecha de presentación: **02.02.2009**
97 Número de publicación de la solicitud: **2240417**
97 Fecha de publicación de la solicitud: **20.10.2010**

54 Título: **PROCEDIMIENTO DE CALENTAMIENTO DE UN HORNO DE VIDRIO DE NOX BAJO CON TRANSFERENCIA DE CALOR ELEVADA.**

30 Prioridad:
08.02.2008 FR 0850814

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
05.01.2012

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
05.01.2012

73 Titular/es:
**SAINT-GOBAIN GLASS FRANCE
18 AVENUE D'ALSACE
92400 COURBEVOIE, FR**

72 Inventor/es:
**ROUCHY, Patrice y
NETTER, Paul**

74 Agente: **de Elzaburu Márquez, Alberto**

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).

ES 2 371 611 T3

DESCRIPCION

Procedimiento de calentamiento de un horno de vidrio de NOx bajo con transferencia de calor elevada

La invención se refiere a un horno de vidrio de quemadores transversales dotado de regeneradores como los utilizados para producir vidrio fundido transformado en vidrio plano en una unidad de flotación del vidrio sobre un baño de metal, generalmente a base de estaño.

La mayor parte de los hornos de vidrio de llama se enfrentan a problemas de emisión, no deseada, de óxido de nitrógeno (NOx) en los humos de combustión. Además deben emitir lo menos posible de monóxido de carbono y funcionar de manera eficaz. El horno funciona de manera eficaz si tiene una gran productividad (gran tirada) de un vidrio de buena calidad y una larga duración de vida aunque consumiendo la menor energía posible. La duración de vida del horno puede estar afectada por el deterioro de los refractarios, en particular a causa de sobrecalentamientos locales, pudiendo dicho deterioro ocasionar además la polución del vidrio fabricado. En efecto, un sobrecalentamiento local puede ocasionar la fusión del refractario cuyos colores pueden mezclarse en el vidrio produciendo lo que el profesional llama lágrimas ("knot" en inglés) en el vidrio.

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 en el origen de las enfermedades respiratorias. Por otra parte, en contacto con la atmósfera pueden formar progresivamente lluvias ácidas. Finalmente, generan una polución fotoquímica, puesto que en combinación con compuestos orgánicos volátiles y la radiación solar los NOx están en el origen de la formación del ozono llamado troposférico cuyo aumento de concentración a baja altura se vuelve nocivo para el ser humano, sobre todo en periodo de fuerte calor. Es por ello que las normas en vigor sobre la emisión de NOx se vuelven cada vez más exigentes. Debido a la existencia de esas normas, los fabricantes y explotadores de hornos, tales como los de los hornos de vidrio, se preocupan constantemente de limitar al máximo las emisiones de NOx, preferiblemente a una tasa inferior a 800, incluso inferior a 700 mg por m³ N de humos (donde N indica condiciones normales de presión y temperatura).

La temperatura influye en la formación de los NOx. En efecto, por encima de 1300°C la emisión de los NOx crece de modo exponencial. Se han propuesto ya varias técnicas para reducir la emisión de los NOx.

Una primera técnica consiste en hacer intervenir un agente reductor sobre los gases emitidos con el fin de que los NOx se transformen en nitrógeno. Este agente reductor puede ser amoníaco, pero ello comporta inconvenientes tales como la dificultad de almacenar y manipular tal producto. También es posible utilizar un gas natural como agente reductor, pero ello se hace en detrimento del consumo del horno y aumenta las emisiones de CO₂. La presencia de gases reductores (monóxido de carbono) en algunas partes del horno tales como los regeneradores puede además provocar una corrosión acelerada de los refractarios de esas zonas.

Por tanto, es preferible liberarse de esta técnica adoptando medidas llamadas primarias. Se llaman así esas medidas porque no se pretende destruir los NOx ya formados, como en la técnica descrita anteriormente, sino más bien impedir su formación, por ejemplo a nivel de la llama. Esas medidas son además más simples de aplicar y, por tanto, más económicas. Sin embargo pueden no reemplazar completamente a la técnica antes citada, sino llegar a complementarla convenientemente. De todos modos esas medidas primarias constituyen una condición previa indispensable para disminuir el consumo de reactivos de las medidas secundarias.

Se pueden clasificar de manera no limitativa las medidas existentes en varias categorías:

- una primera categoría consiste en reducir la formación de NOx mediante la técnica llamada de "requemado" por la cual se crea una zona con defecto de aire a nivel de la cámara de combustión de un horno. Esta técnica presenta el inconveniente de aumentar la temperatura a nivel de los apilamientos de regeneradores y, llegado el caso, de deber prever una concepción específica de los regeneradores y de sus apilamientos, muy particularmente en términos de estanqueidad y de resistencia a la corrosión. Además, esta técnica produce un aumento de la formación de monóxido de carbono, el cual daña a los refractarios a causa de su poder reductor.
- una segunda categoría consiste en actuar sobre la llama reduciendo, incluso impidiendo, la formación de los NOx a su nivel. Para ello, se puede por ejemplo intentar reducir el exceso de aire de combustión. También es posible intentar limitar los picos de temperatura manteniendo la longitud de llama, y aumentar el volumen del frente de llamas para reducir la temperatura media en el seno de la llama. Tal solución se describe por ejemplo en los documentos US6047565 y W09802386. Consiste en un procedimiento de combustión para la fusión del vidrio, en el que la alimentación de combustible y la alimentación de comburente se realizan ambas para escalonar en el tiempo el contacto combustible/comburente y/o aumentar el volumen de ese contacto con vistas a reducir la emisión de los NOx.

El documento EP921349 (o US6244524) y la solicitud de patente francesa n° 0754028 presentada el 26 de marzo de 2007 han propuesto con un objetivo de reducción de los NOx un quemador dotado de al menos un inyector, que comprende un tubo de conducción de combustible líquido, de tipo fuel, y un tubo de conducción de fluido de pulverización dispuesto concéntricamente con respecto a dicho tubo de conducción de combustible líquido,

comprendiendo dicho tubo de conducción de combustible líquido un elemento perforado de canales oblicuos para poner el combustible líquido bajo la forma de un chorro hueco que se adapta sustancialmente a la pared interna.

El documento JP-A-2003269709 enseña un procedimiento de calentamiento de vidrio fundido en un horno de quemadores transversales dotado de regeneradores y que funciona con un combustible gaseoso.

- 5 El documento US4946382 enseña un procedimiento de combustión de un combustible líquido con un comburente que puede ser aire enriquecido en oxígeno en el que la relación del impulso de oxígeno al impulso del combustible es de 10 a 30.

La invención se dirige a los hornos de vidrio dotados de quemadores transversales y de regeneradores. Para el profesional, en el ámbito de un horno de quemadores transversales, el término “quemador” significa el par de los
10 conjuntos inyector/entrada de aire que se sitúan uno frente a otro en las paredes laterales, también llamadas paredes de sostenimiento. Por tanto un quemador comprende dos inyectores y dos entradas de aire, pero cada pared lateral está dotada de uno de los inyectores y de una de las entradas de aire, asociados para generar una llama que sale de una de las paredes laterales. En cierto modo, cada pared lateral está dotada de un semi-
15 quemador del quemador, estando colocados los dos semi-quemadores uno frente a otro en las paredes laterales. Por supuesto un inyector de un semi-quemador puede estar dividido en varios chorros agrupados que participan en la misma llama, de manera que el término “inyector” abarca la noción de grupos de inyectores o de grupo de tubos de conducción.

El objetivo de la invención es contribuir a reducir los NOx actuando sobre la manera de introducir comburente y combustible y más en particular actuando sobre su impulso. Así, la invención concierne a un procedimiento de
20 calentamiento de vidrio fundido por un horno que comprende paredes laterales equipadas de quemadores transversales y dotado de regeneradores, caracterizado porque al menos un quemador transversal está alimentado de comburente, que comprende menos de 30% en volumen de oxígeno, y de combustible, de manera que la relación del impulso del comburente al impulso del combustible varía de 5 a 13. En efecto se ha descubierto que la relación R del impulso del comburente al impulso del combustible se elegía convenientemente de 5 a 13. De manera
25 preferida, R es superior a 6. De manera preferida, R es inferior a 11 e incluso inferior a 9,5. En particular, R puede variar de 6 a 11 e incluso 6 a 9,5.

El comburente está siempre en exceso en el ámbito de la reacción de combustión. Las llamas generadas son oxidantes. Recordemos que el impulso de un material es el producto del caudal másico de este material por su
30 velocidad, y se expresa en Newton. En efecto se ha observado que, en igualdad de potencia de calentamiento, esa relación R tenía una importancia considerable en la forma de la llama, en el trayecto de los humos, las temperaturas en la bóveda del horno y en el cerebro (parte superior del regenerador que sobresale de los apilamientos de refractario; “free space” en inglés) de los regeneradores así como en la calidad de transferencia de calor al vidrio. Eligiendo juiciosamente esa relación R, se ha constatado efectivamente que los humos de combustión podían volver en dirección del quemador bajo la bóveda del horno adhiriendo la llama sobre el vidrio. Esa adhesión de la llama a la
35 superficie del vidrio mejora la transferencia térmica de la llama hacia el vidrio. Además, debido a esa transferencia máxima de calor al vidrio, la temperatura de la bóveda permanece razonable porque los humos de combustión han sido descargados de un máximo de calorías. Cuando R es demasiado pequeña, la llama está menos bien adherida a la superficie del vidrio. Los humos de combustión forman también un bucle de circulación bajo la bóveda, más pequeño, pero la temperatura de la bóveda tiene tendencia a ser más elevada. Cuando R es demasiado grande, la
40 llama está muy adherida al vidrio, pero de hecho es demasiado larga y su extremidad tiene tendencia a lamer la pared de sostenimiento (pared lateral del horno, “breastwall” en inglés) que está frente al inyector del que proviene la llama, lo que ocasiona un deterioro de dicha pared de sostenimiento y el goteo del refractario en el baño de vidrio produciendo defectos llamados “lágrimas” en el vidrio final. Si R es en particular demasiado elevada, la extremidad de la llama puede incluso penetrar en el tubo del regenerador que está frente al inyector del que proviene la llama.
45 Eso tiene como consecuencia una transferencia térmica al vidrio menos buena, una corrosión acelerada del tubo de regenerador y del generador mismo, y un aumento del contenido de monóxido de carbono.

En el ámbito de la presente invención, el comburente es aire o aire ligeramente enriquecido en oxígeno de manera que el contenido total de oxígeno en el comburente es inferior al 30% en volumen y generalmente inferior al 25% en volumen. Este contenido total de oxígeno en el comburente es superior al 15% en volumen.

- 50 El comburente se precalienta antes de salir de su tubo de conducción. Su temperatura es superior a 1200°C. Generalmente es inferior a 1500°C.

En el ámbito de la presente invención, el combustible puede ser líquido. Se puede tratar de un combustible fósil líquido utilizado frecuentemente en los dispositivos de combustión para calentar materiales vitrificables en un horno de vidrio. Se puede tratar por ejemplo de fuel pesado. En ese caso se utiliza un fluido de pulverización (como aire o gas natural) para pulverizar dicho combustible líquido. La pulverización de un combustible líquido en el horno se
55 hace por un inyector. Un inyector particularmente adaptado se ha descrito en la solicitud de patente francesa n° 0754028 presentada el 26 de marzo de 2007. En particular, el inyector de pulverización del combustible líquido puede comprender un tubo de conducción de combustible líquido y un tubo de conducción de fluido de pulverización, comprendiendo dicho tubo de conducción de combustible líquido un elemento perforado de canales oblicuos para

poner dicho combustible en forma de un chorro hueco en rotación antes de la expulsión fuera de dicho inyector, formando la generatriz de cada uno de dichos canales un ángulo menor que 10° con la dirección de conducción del combustible líquido. Generalmente el combustible líquido se inyecta a una temperatura comprendida entre 100 y 150°C , aún preferiblemente entre 120 y 140°C . El combustible líquido tiene generalmente una viscosidad de al menos igual a $5 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$, en particular comprendida entre 10^{-5} y $2 \cdot 10^{-5} \text{ m}^2/\text{s}$. El combustible puede ser también un gas como el gas natural, metano, aire enriquecido en butano, aire enriquecido en propano. En ese caso el inyector puede ser del tipo de doble impulso de gas, es decir, que comprende dos entradas concéntricas de gas combustible, una entrada a alta presión y una entrada a baja presión, como se describe por ejemplo en la solicitud de patente francesa n° 0850701 presentada el 5 de febrero de 2008. También puede ser mixto, es decir, comprender una entrada de gas combustible y una entrada de líquido combustible, siendo inyectados esos dos combustibles alternativamente o simultáneamente. Se ha descrito un inyector mixto en la solicitud de patente francesa publicada con el número FR2834774.

Generalmente el inyector se coloca bajo la entrada de comburente. La entrada de comburente está garantizada por una abertura de sección relativamente importante, cuya área puede en particular estar comprendida entre $0,5$ y 2 m^2 a nivel de cada pared lateral (y por tanto por $\frac{1}{2}$ quemador), pudiendo varios inyectores estar asociados a cada entrada de aire (noción de grupo de inyectores) de cada $\frac{1}{2}$ quemador. El tubo de conducción del comburente presenta una bóveda inclinada hacia la parte inferior (en el sentido de circulación del comburente) para que el comburente tome una dirección orientada hacia la superficie del baño de vidrio. La bóveda del tubo de conducción del comburente forma con la horizontal un ángulo que varía de 18 a 30° . Generalmente el tubo de conducción de combustible está ligeramente orientado hacia la parte superior (en el sentido de circulación del combustible). Forma un ángulo con la horizontal que generalmente varía de 3 a 12° .

Así, las direcciones dadas al combustible y al comburente son convergentes en el momento en que el combustible y comburente abandonan su tubo de conducción respectivo. El ángulo formado entre la dirección de la bóveda del tubo de conducción de comburente y la dirección del tubo de conducción de combustible está generalmente comprendido entre 21 y 42° .

El tubo de conducción del combustible tiene una sección mucho más pequeña que la del tubo de conducción del comburente. En el caso de un combustible líquido, esta sección está comprendida generalmente entre 5 y 30 mm^2 , entendiéndose que esta sección puede corresponder a la de un tubo único o a la de un grupo de tubos yuxtapuestos en el marco de un mismo $\frac{1}{2}$ quemador de una pared lateral. En el caso de un combustible gaseoso, esta sección está comprendida generalmente entre 3000 y 9000 mm^2 , entendiéndose que esta sección puede corresponder a la de un tubo único o a la de un grupo de tubos yuxtapuestos de un mismo $\frac{1}{2}$ quemador de una pared lateral. La relación de la sección de entrada de comburente a la sección de entrada de combustible (se puede tratar de varias entradas de combustible, en particular 3 a 5 entradas, en forma de varios inyectores de un mismo grupo, que participan en la misma llama) varía generalmente de 20 a $2 \cdot 10^5$.

Cada quemador transversal del horno tiene generalmente una potencia que varía de 4 a 12 megavatios.

Los regeneradores, muy conocidos por el profesional, sirven para recuperar calor de los humos de combustión. Están constituidos por elementos refractarios colocados en compartimentos separados funcionando alternativamente. Esos hornos están generalmente dotados de al menos tres quemadores (que comprenden cada uno dos semi-quemadores colocados uno frente a otro y funcionando uno tras otro) y de tantos regeneradores como $\frac{1}{2}$ quemadores para calentar alternativamente el comburente y recoger los humos. Mientras que un $\frac{1}{2}$ quemador de un quemador de una de las paredes laterales funciona y produce una llama cuyo comburente es conducido y calentado por un primer regenerador situado detrás de dicho $\frac{1}{2}$ quemador, los humos se recogen y se envían hacia un segundo regenerador que recupera de ellos el calor, estando situado dicho segundo regenerador enfrente de dicho $\frac{1}{2}$ quemador detrás de la otra pared lateral. De manera cíclica se invierte el funcionamiento de los dos $\frac{1}{2}$ quemadores del mismo quemador, parando el funcionamiento del primer $\frac{1}{2}$ quemador y poniendo en funcionamiento el segundo $\frac{1}{2}$ quemador cuyo comburente es conducido y calentado por el segundo regenerador (que durante la etapa precedente servía de colector de humos). El primer regenerador sirve entonces de colector de humos. Por tanto se hace funcionar el horno en un sentido durante un tiempo fijado (10 a 40 minutos por ejemplo), después se invierte el funcionamiento del horno. En el caso de un horno de quemadores transversales, los regeneradores se colocan detrás de las paredes laterales del horno.

La presente invención se refiere a todos los tipos de hornos de vidrio de quemadores transversales, en particular para la fusión de vidrio con vistas a su formación en vidrio plano en una unidad de flotación. El vidrio fluye en el horno de una pared superior a una pared inferior y entre dos paredes laterales (paredes de sostenimiento). Las paredes laterales (paralelas entre ellas) dotadas de los quemadores transversales están generalmente distantes una de otra de 7 a 16 metros. Los quemadores dotan a las paredes de sostenimiento de conjuntos de dos $\frac{1}{2}$ quemadores colocados uno frente a otro. El horno comprende generalmente de 3 a 10 quemadores transversales, es decir, que cada pared de sostenimiento comprende generalmente 3 a 10 conjuntos de inyector/entrada de comburente (o sea, 6 a 20 conjuntos de inyector/entrada de aire en total para el horno).

La invención se refiere también a la utilización del procedimiento de acuerdo con la invención para reducir óxido de nitrógeno (los NOx) en los humos de combustión de un horno de vidrio con regeneradores.

La figura 1 representa, visto desde arriba, un horno 41 de fusión de vidrio con quemadores transversales y regeneradores. El horno 41 comprende una pared superior 43, una pared inferior 44 y dos paredes laterales (o paredes de sostenimiento) 45 y 45'. Los materiales vitrificables se introducen en la pared superior 43 por un dispositivo habitual no representado. Los materiales vitrificables fundidos fluyen de la parte superior a la inferior como se indica por las flechas. En el caso representado, el vidrio pasa en una brasa 47 con fines de acondicionamiento térmico antes de ir a la unidad de transformación no representada y que puede ser una instalación de vidrio flotado para la producción de vidrio plano. El horno 41 está dotado por medio de sus dos paredes laterales de cuatro quemadores, es decir, de dos filas de cuatro $\frac{1}{2}$ quemadores aéreos que funcionan uno tras otro. Cada $\frac{1}{2}$ quemador aéreo comprende un inyector (o grupo de inyectores) de combustible alimentado por las canalizaciones 8 y 8', y una entrada de aire caliente 9 y 9'. El inyector (grupo de inyectores) está situado por debajo de la entrada de aire. Las aberturas 9 y 9' juegan alternativamente el papel de entrada de aire caliente y el de colector de humos. Cada una de ellas está conectada a un regenerador 10, 10'. Cuando los inyectores de la pared 45 funcionan, los de la pared 45' no funcionan. Los humos pasan a través de las aberturas 9' de la pared lateral 45' frente a ellos y su calor se recupera en los regeneradores 10. Al cabo de algunas decenas de minutos se invierte el funcionamiento del horno, es decir, se para el funcionamiento de los $\frac{1}{2}$ quemadores de la pared 45 (parada de gas combustible a través de la canalización 8 y parada de aire a través de las aberturas 9) y se ponen en marcha los $\frac{1}{2}$ quemadores aéreos de la pared 45' alimentando sus inyectores por la canalización 8' y alimentando de aire caliente las entradas de aire 9'. El aire está caliente gracias al recalentamiento por los regeneradores 10. Al cabo de algunas decenas de minutos se invierte otra vez el funcionamiento del horno y así sucesivamente (repetición del ciclo de inversión). El horno está aquí dotado de una pared sumergida 11 que favorece la formación de correas de convección en el vidrio fundido. La figura 2 representa un horno 1 de quemadores transversales, visto en sección lateral en el eje de flujo del vidrio 7, pasando el plano de corte por un quemador y dos regeneradores. El horno está en funcionamiento. Contiene un baño de vidrio 7 en fusión. Los inyectores 2 y 2' (solo el inyector 2 está en funcionamiento en la figura 2) están colocados uno frente a otro en las paredes de sostenimiento (paredes laterales) del horno. Una llama 15 sale del $\frac{1}{2}$ quemador de la izquierda, que comprende el inyector 2 y la entrada de comburente 3. El comburente se recalienta tras pasar por el regenerador 4 que contiene apilamientos de refractario bajo la línea punteada 5, siendo el cerebro 18 del regenerador la parte del regenerador por encima de esta línea, comprendiendo dicho cerebro una bóveda 19. El comburente sigue el trayecto de las flechas gruesas en el regenerador 4 y desemboca en el horno por encima del inyector 2. Aquí, la relación R está muy regulada entre 5 y 13 y la llama está muy adherida a la superficie 6 del vidrio fundido 7. Los humos de combustión 11 tienen tendencia a formar un bucle de circulación encima de la llama en retorno hacia el quemador de donde viene la llama. Ese retorno de humos empuja a la llama hacia la parte inferior y la adhiere favorablemente a la superficie del vidrio. La transferencia de calor al vidrio es óptima. Los humos salen por el tubo 12 del regenerador 13 colocado frente al quemador en funcionamiento y siguen el trayecto de las flechas gruesas en el regenerador 13. Esos humos calientan los refractarios del regenerador 13 dispuestos bajo la línea punteada 14. La figura 3 representa el mismo dispositivo de calentamiento del vidrio que en la figura 2, con la misma potencia de calentamiento, excepto que la relación R es inferior a 5. Aquí la llama 16 no está bien adherida a la superficie 6 del vidrio 7. La transferencia de calorías al vidrio es menos buena y en consecuencia la temperatura de la bóveda 17 es más elevada. La figura 4 ilustra las orientaciones dadas a los fluidos comburente y combustible en una pared de sostenimiento 30 de horno que contiene un baño de vidrio en fusión 36. El comburente desemboca en el horno por un tubo 31 de gran sección, estando la bóveda 32 de dicho tubo orientada hacia la parte inferior y forma con la horizontal un ángulo 33 (18 a 30°). El tubo de conducción de combustible 34 es de pequeña sección y forma con la horizontal un ángulo 35 (3 a 12°). Así, las direcciones dadas al combustible y al comburente son convergentes en el momento en que el combustible y comburente salen de su tubo de conducción respectivo. El ángulo 37 formado entre la dirección de la bóveda del tubo de conducción de comburente y la dirección del tubo de conducción de combustible es la suma de los ángulos 33 y 35 (estando dicha suma comprendida generalmente entre 21 y 42°).

EJEMPLOS 1-3

Las pruebas se han realizado en un horno de vidrio de 10,7 m x 33,5 m cuyas paredes de sostenimiento estaban dotadas de 7 quemadores (14 grupos de inyectores, 14 entradas de aire y 14 regeneradores). Se ha hecho variar el impulso de comburente de uno de los $\frac{1}{2}$ quemadores y se han analizado diferentes parámetros como se indica en la tabla 1.

Todas las pruebas se han realizado a igual potencia, siendo el combustible fuel líquido. Los contenidos de NOx y de CO se midieron en el cerebro del regenerador que recoge los humos.

Se constata que la buena adherencia de la llama con una R intermedia en el caso del ejemplo 2 se traduce en un mínimo de temperatura de bóveda y un conjunto de parámetros excelentes tanto a nivel de calidad del vidrio como de nocividad de los humos (NOx y CO).

Tabla 1 (fuel líquido)

	unidad	Ej. 1 (comp.)	Ej. 2	Ej. 3 (comp.)
Sección de entrada de aire	m x m	1,7 x 1,25	1,7 x 0,5	1,5 x 0,26
Velocidad de aire	m/s	4	10	24,5
Caudal de aire	m ³ /h N ^a	5830	5830	5830
	Kg/s	2,09	2,09	2,09
Impulso de aire	Newton	8,4	20,9	51,3
Velocidad de fuel	m/s	27	27	27
Caudal de fuel	Kg/h	500	500	500
	Kg/s	0,139	0,139	0,139
Impulso de fuel	Newton	3,8	3,8	3,8
R	-	2,2	5,6	13,5
Temperatura de bóveda de horno	°C	1570	1530	1570
Temperatura de bóveda de regenerador	°C	> 1500	1490	> 1500
NOx	mg/m ³ N ^a al 8% de oxígeno	800	650	500
CO	ppm	200	200	1800
Posición de llama	-	Separada del vidrio	Adherida al vidrio	Adherida al vidrio
Calidad del vidrio	-	Buena	Buena	Presencia de burbujas y lágrimas

^aN indica condiciones normales de presión y temperatura.

EJEMPLOS 4-6

- 5 Se procede como para los ejemplos 1-3, excepto que el combustible es gas natural inyectado a través de un inyector de doble impulso de gas. Se han hecho variar las condiciones de funcionamiento de uno de los ½ quemadores en las condiciones compiladas en la tabla 2. Todas las pruebas se han realizado a igual potencia. Se constata que la buena adherencia de la llama con una R intermedia en el caso del ejemplo 5 se traduce por un mínimo de temperatura de bóveda (horno y regenerador) y un conjunto de parámetros excelentes tanto a nivel de calidad de
- 10 vidrio como de nocividad de los humos.

Tabla 2 (gas natural)

	unidad	Ej. 4 (comp.)	Ej. 5	Ej. 6 (comp.)
Sección de entrada de aire	m x m	1,7 x 1,25	1,7 x 0,5	1,5 x 0,28
Velocidad de aire	m/s	4,6	11,5	23,5
Caudal de aire	m ³ /h N ^a	6110	6110	6110
	Kg/s	2,19	2,19	2,19
Impulso de aire	Newton	10	25,2	51,4

ES 2 371 611 T3

Velocidad de gas	m/s	30	30	30
Caudal de gas	m ³ /h N ^a	586	586	586
	Kg/s	0,13	0,13	0,13
Impulso de gas	Newton	3,81	3,81	3,81
R	-	2,6	6,6	13,5
Temperatura de bóveda de horno	°C	1590	1570	1570
Temperatura de bóveda de regenerador	°C	1535	1510	> 1550
NOx	mg/m ³ N ^a al 8% de oxígeno	950	800	700
CO	ppm	500	500	> 2000
Posición de llama	-	<i>Separada del vidrio</i>	<i>Adherida al vidrio</i>	<i>Adherida al vidrio</i>
Calidad del vidrio	-	<i>Aceptable salvo presencia localizada de grandes burbujas ("bouillon" o "blister" en inglés)</i>	<i>Buena</i>	<i>Presencia de burbujas y lágrimas</i>

^aN indica condiciones normales de presión y temperatura.

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento de calentamiento de vidrio (7) fundido por un horno (1, 41) que comprende paredes laterales (45, 45') dotadas de quemadores transversales y provisto de regeneradores (4, 13, 10, 10'), siendo un quemador transversal el par de los conjuntos inyector/entrada de aire que están uno frente a otro en las paredes laterales (45, 45') y que funcionan uno tras otro, **caracterizado porque** al menos un quemador transversal está alimentado de comburente, que comprende menos del 30% en volumen de oxígeno, y de combustible, de manera que la relación del impulso del comburente al impulso del combustible varía de 5 a 13.
2. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación precedente, **caracterizado porque** al menos un quemador transversal está alimentado de comburente y de combustible de manera que la relación del impulso del comburente al impulso del combustible varía de 6 a 11.
3. Procedimiento de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, **caracterizado porque** la relación del impulso del comburente al impulso del combustible es inferior a 9,5.
4. Procedimiento de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, **caracterizado porque** el comburente comprende menos del 25% en volumen de oxígeno.
5. Procedimiento de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, **caracterizado porque** la bóveda (32) del tubo (31) de conducción del comburente forma con la horizontal un ángulo que varía de 18 a 30°.
6. Procedimiento de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, **caracterizado porque** el ángulo formado entre la dirección de la bóveda (32) del tubo (31) de conducción de comburente y la dirección del tubo (34) de conducción de combustible está comprendido entre 21 y 42°.
7. Procedimiento de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, **caracterizado porque** la relación de la sección de entrada de comburente a la sección de entrada de combustible de dicho quemador varía de 20 a 2.10⁵.
8. Procedimiento de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, **caracterizado porque** las entradas de comburente del quemador transversal tienen una sección comprendida entre 0,5 y 2 m² en cada pared lateral (45, 45').
9. Procedimiento de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, **caracterizado porque** dicho quemador transversal tiene una potencia que varía de 4 a 12 megavatios.
10. Procedimiento de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, **caracterizado porque** las paredes laterales (45, 45') dotadas de los quemadores transversales están distantes 7 a 16 metros una de otra.
11. Procedimiento de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, **caracterizado porque** el horno (1, 41) comprende 3 a 10 quemadores transversales.
12. Procedimiento de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, **caracterizado porque** el contenido total de oxígeno en el comburente es superior al 15% en volumen.
13. Procedimiento de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, **caracterizado porque** el quemador está alimentado de combustible líquido.
14. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación precedente, **caracterizado porque** el quemador comprende un inyector de pulverización del combustible líquido que comprende un tubo de conducción de combustible líquido y un tubo de conducción de fluido de pulverización, comprendiendo dicho tubo de conducción de combustible líquido un elemento perforado de canales oblicuos para poner dicho combustible en forma de un chorro hueco en rotación antes de la expulsión fuera de dicho inyector, formando la generatriz de cada uno de dichos canales un ángulo menor que 10° con la dirección de conducción del combustible líquido.
15. Procedimiento de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 12, **caracterizado porque** el quemador está alimentado de gas combustible.
16. Utilización del procedimiento de una cualquiera de las reivindicaciones precedentes para reducir los NOx en los humos de combustión de un horno (1, 41) de vidrio de regeneradores (4, 13, 10, 10').

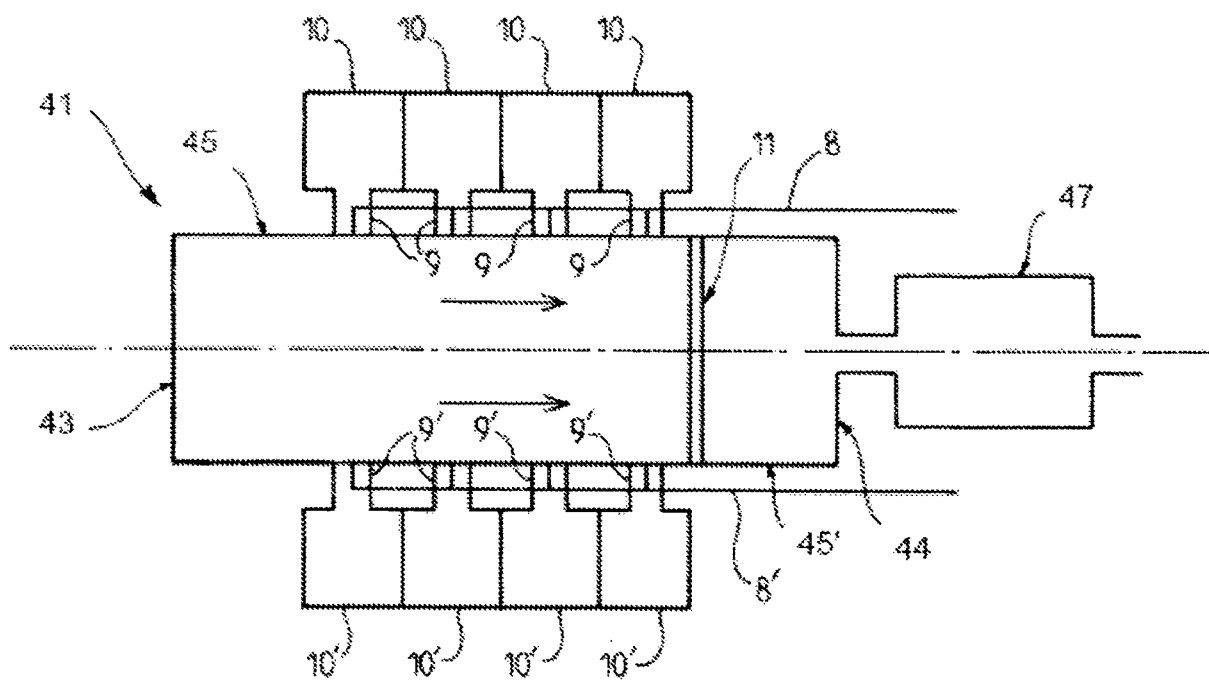


Fig 1

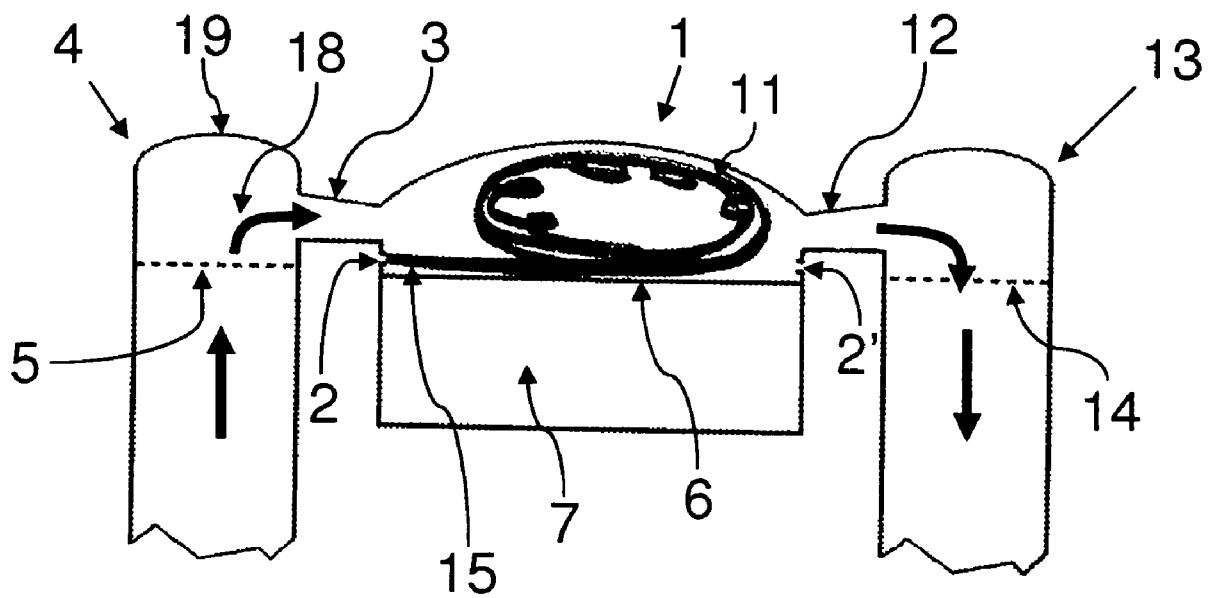


Fig 2

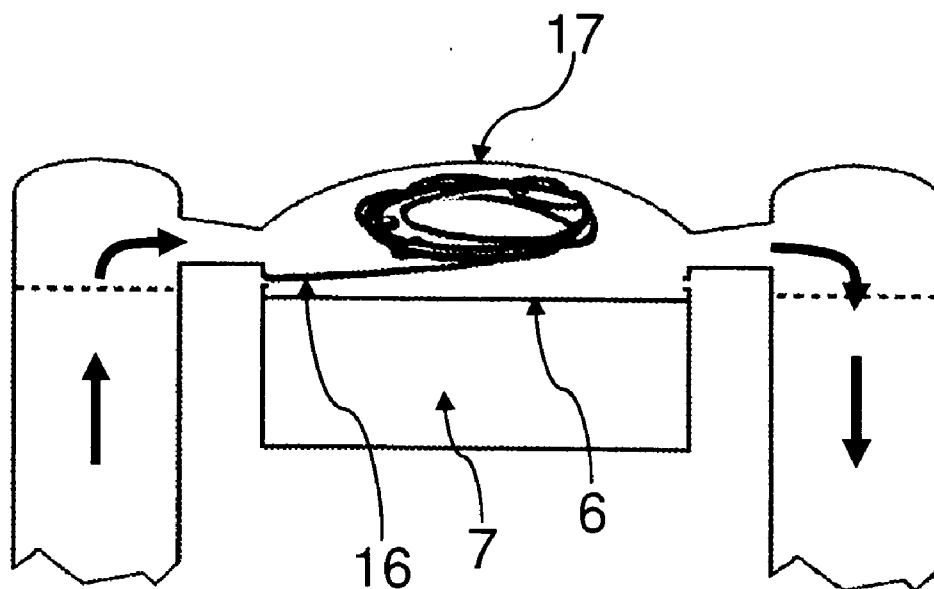


Fig 3

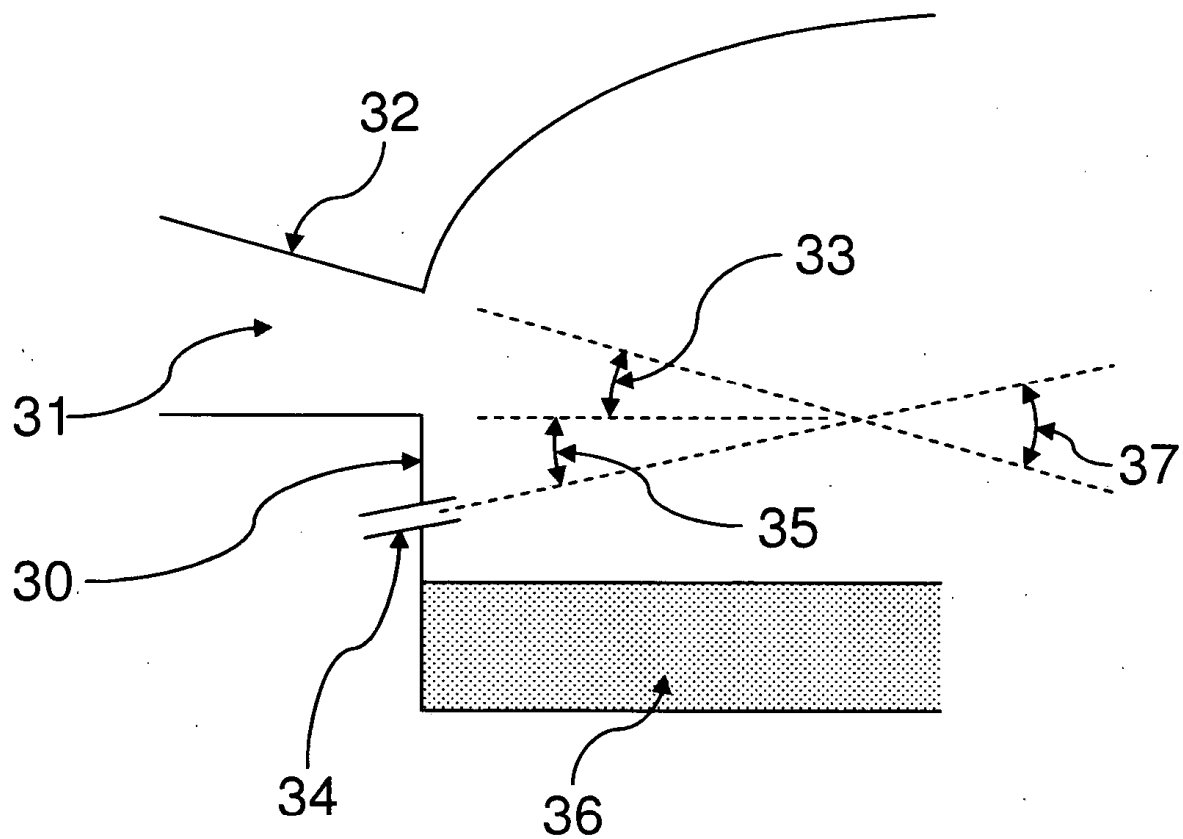


Fig 4