

Señor

Director de la Dirección de Nuevas Creaciones

Superintendencia de Industria y Comercio

E. S. D.

Re.: Expediente No. **NC2017/0011934**

Solicitud de Patente PCT entrada en Fase Nacional, para:

“HORNO DE HERRADURA”

Solicitantes: **SAINT-GOBAIN GLASS FRANCE**

RESPUESTA A EXAMEN DE FONDO

MARGARITA CASTELLANOS ABONDANO, mayor de edad, identificada y domiciliada como aparece al pie de mi firma, obrando en mi calidad de apoderada de la sociedad solicitante del asunto citado en la referencia, en atención a su oficio No. **2571** notificado el 12 de abril de 2019, me permito dar respuesta al mismo de la siguiente manera:

1. Modificación a las Reivindicaciones y el capítulo descriptivo

De acuerdo con lo establecido en el Artículo 34 de la Decisión 486 y en vista de las observaciones realizadas por el examinador, se presenta en esta oportunidad un nuevo pliego reivindicatorio conformado por 20 reivindicaciones y un nuevo capítulo descriptivo, en donde se han realizado las siguientes modificaciones:

- Se le informa al Despacho que el capítulo reivindicatorio ha sido modificado para corregir la traducción del término end-fired furnace presente en la solicitud PCT el cual en español se traduce como “(...) *horno con llama en forma de U* (...)” u “(...) *horno de herradura* (...)” u “(...) *horno de bucle* (...)”.

En la totalidad del capítulo descriptivo se ha reemplazado la expresión “(...) *horno de llama longitudinal* (...)” por su correcta traducción a “(...) *horno de herradura* (...)” y en el primer párrafo de la descripción se explica que la

traducción puede hacer referencia a cualquiera de las tres traducciones mencionadas anteriormente.

El soporte de esta traducción se encuentra en el libro *El vidrio* del científico mexicano Fernández Navarro.

Se pone de presente que únicamente se está realizando una corrección de la traducción al español del término *end-fire furnace* contenido en la solicitud PCT y que de ninguna manera se está ampliando la materia inicialmente reclamada.

- La expresión “(...) *emite* (...)” en las reivindicaciones 17 y 18 ha sido reemplazada por la expresión “(...) *entrega* (...)”.
- La expresión “(...) *horno de llama longitudinal* (...)” ha sido corregida por “(...) *horno de herradura* (...)” de acuerdo con la corrección realizada al capítulo descriptivo.
- El título de la solicitud ha sido modificado por “(...) *Horno de herradura y procedimiento de preparación de vidrio haciendo uso de dicho horno* (...)”

2. Claridad y concisión de las reivindicaciones

Tal como se indica arriba, el pliego reivindicatorio ha sido modificado para que resulte más claro y conciso. No obstante, se solicita atentamente tener en cuenta lo siguiente:

- Con respecto a la objeción formulada a la Reivindicación 12 por incluir una falsa dependencia de las reivindicaciones 2 a 7, se pone de presente que estamos en desacuerdo ya que dicha dependencia únicamente existe para no tener que repetir todas las características del horno divulgado en las reivindicaciones 2 a 7.

El proceso con su secuencia de etapas se encuentra divulgado en la reivindicación 11 y las características del horno usado, las cuales se entienden como parámetros del método, se encuentran en las reivindicaciones 2 a 7, por esa razón existe una dependencia directa del proceso y una falsa dependencia a las características del horno.

De acuerdo con la *Guía Para Examen de Solicitudes de Patente de Invención y Modelo de Utilidad* de su Despacho, las falsas dependencias son permitidas y únicamente están allí para dar claridad al pliego reivindicatorio, ya que de lo contrario sería necesario incluir muchas características dentro de una misma reivindicación dejando así un pliego reivindicatorio confuso. Teniendo en cuenta lo anterior, la objeción formulada a este respecto se debe tener por superada.

- Con respecto a la objeción formulada a la Reivindicación 12 por carecer de concisión, se pone de presente que estamos en desacuerdo ya que al incluir todas las características del horno divulgado en las reivindicaciones 2 a 7, dicha reivindicación es diferente e incluye características adicionales a las divulgadas por la reivindicación 11. Por lo tanto, la objeción formulada a este respecto se debe tener por superada.
- Con respecto a la objeción formulada a las reivindicaciones 17 y 18 por incluir la expresión “(...) *emite* (...)”, se pone de presente que dicha expresión ha sido reemplazada por la expresión “(...) *entrega* (...)” la cual se encuentra dentro de la descripción y por lo tanto la objeción formulada a este respecto se debe tener por superada.

3. Conclusión

Teniendo en cuenta las modificaciones introducidas en esta oportunidad y los argumentos que se presentan, es posible establecer que las reivindicaciones cumplen con los requerimientos de la Decisión 486.

4. Anexos

- Nuevo pliego reivindicatorio conformado por veinte (20) reivindicaciones.

Señor Director,



Margarita Castellanos Abondano

C.C. No. **39.779.654** de Bogotá

T.P.A. No. **70.819** del C.S.J.

Calle 94A No. 7A-09 - Bogotá, D.C.

Teléfono: 7560770

Bogotá, D.C.

MCA/dp

PXXXX

1. Horno de herradura (1) para la fusión de vidrio equipado con un quemador aéreo que incluye un conducto de entrada de comburente en su pared trasera (33), un conducto (3,20,30) receptor de los gases de combustión en su pared trasera (33) y un sistema de inyección sónico que incluye como mínimo un inyector (6,31) de un chorro de un gas con una velocidad como mínimo igual al 80 % de la velocidad sónica, llamado inyector sónico, que desemboca en la pared trasera (33) o que desemboca en el conducto (3,20,30) receptor de los gases de combustión, dicho inyector sónico inyecta su gas (8) a contracorriente del flujo (9) de los gases de combustión que se dirigen hacia el conducto (3,20,30) receptor de los gases de combustión.

2. Horno según una de las reivindicaciones precedentes, que se caracteriza por el hecho de que la sección del conducto de entrada de comburente en la pared trasera (33) está comprendida en el área que va de 0,5 a 3 m² y que la sección del conducto receptor de gases de combustión (3, 20,30) en la pared trasera (33) está comprendida en el área que va de 0,5 a 3 m².

3. Horno según una de las reivindicaciones precedentes, que se caracteriza por el hecho de que la sección de salida del sistema de inyección sónica está comprendida en el área que va de 0,2 a 4 cm².

4. Horno según una de las reivindicaciones precedentes, que se caracteriza por el hecho de que todo inyector sónico (21, 22, 23, 24, 25,26) del sistema de inyección sónica desemboca en el conducto (3, 20,30) que recibe los gases de combustión o en la pared trasera en un punto que esté más próximo al conducto (3, 20,30) que recibe los gases de combustión que al conducto de entrada de comburente.

5. Horno según una de las reivindicaciones precedentes, que se caracteriza por el hecho de que todo inyector sónico (21,22,23,24,25,26) del sistema de inyección sónica desemboca a menos de 1 m del borde del conducto (20) que recibe los gases de combustión.

6. Horno según la reivindicación precedente, que se caracteriza por el hecho de que todo inyector sónico (21,22,23,24,25,26) desemboca a menos de 0,5 m del borde del conducto (3,20,30) que recibe los gases de combustión.

7. Horno según una de las reivindicaciones precedentes, que se caracteriza por el hecho de que el sistema de inyección sónica incluye más de un inyector sónico (21, 22, 23, 24,25).

8. Horno según una de las reivindicación precedentes, que se caracteriza por el hecho de que la componente (34) de impulso del sistema de inyección sónica perpendicular a la pared (33) que incluye el conducto (3,20,30) que recibe los gases de combustión es superior a 5 newtons.

9. Horno según la reivindicación precedente, que se caracteriza por el hecho de que la componente (34) de impulso del sistema de inyección sónica perpendicular a la pared (33) que incluye el conducto (3,20,30) que recibe los gases de combustión es superior a 10 newton.

10. Horno según una de las reivindicaciones precedentes, que se caracteriza por el hecho de que el inyector sónico (6,31) inyecta su gas como mínimo al 95 % de la velocidad sónica.

11. Procedimiento de preparación de vidrio fundido en un horno de herradura equipado con un quemador aéreo que incluye un conducto de entrada de comburente con un porcentaje de entre el 15% y el 30% de oxígeno en su pared trasera (33), un conducto (3, 20,30) receptor de los gases de combustión en su pared trasera (33) y un sistema de inyección sónico que incluye como mínimo un inyector (6,31), dicho proceso comprende los pasos de:

- suministrar material vitrificable en dicho horno de herradura;
- producir una llama que parte de un quemador de la pared trasera (33) para ir hacia la delantera, luego gira para volver hacia el conducto que recibe los gases de combustión también ubicado en la pared trasera;
- inyectar un chorro de gas a una velocidad como mínimo igual al 80% de la velocidad sónica, llamado inyector sónico, que desemboca en la pared trasera (33) o que desemboca en el conducto (3, 20, 30) receptor de los gases de combustión, dicho inyector sónico inyecta su gas a contracorriente del flujo de los gases de combustión que se dirigen hacia el conducto (3, 20, 30) receptor de los gases de combustión, derritiendo el vidrio en dicho horno.

12. Procedimiento según la reivindicación precedente, que se caracteriza porque el horno es uno de los hornos de las reivindicaciones 2 a 7.

13. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 11 o 12, que se caracteriza porque el gas es aire.

14. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 11 a 13, que se caracteriza porque el componente de impulso (34) del sistema de inyección sónica perpendicular a la

pared que incluye el conducto (3, 20, 22) que recibe los gases de combustión es superior a 5 newton.

15. Procedimiento según la reivindicación anterior, que se caracteriza porque el componente de impulso (34) del sistema de inyección sónica perpendicular a la pared (33) que incluye el conducto (3, 20, 22) que recibe los gases de combustión es superior a 10 newton.

16. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 11 a 15, que se caracteriza porque el inyector sónico (6, 31) inyecta su gas a al menos 95% de la velocidad del sonido.

17. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 11 a 16, que se caracteriza por el hecho de que el sistema sónico entrega gas a razón del 0,2 al 5 % del volumen normal de comburente introducido por el conducto de entrada de comburente.

18. Procedimiento según la reivindicación anterior, que se caracteriza por el hecho de que el sistema sónico entrega gas a razón del 0.2% al 2% del volumen normal de comburente introducido por el conducto de entrada de comburente.

19. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 11 a 15, que se caracteriza por el hecho de que la cantidad de comburente introducida en el horno es mayor que la cantidad de combustible introducida en el horno.

20. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 11 a 17, que se caracteriza por el hecho de que la cantidad de comburente introducida en el horno fuera de la introducida a través del sistema de inyección sónica es mayor que la cantidad de combustible introducida en el horno fuera de la introducida a través del sistema de inyección sónica.

MEMORIA DESCRIPTIVA

La invención se refiere al área de los hornos con llama en forma de U, hornos de herradura u hornos de bucle
5 (en inglés end-fired furnace), en adelante solo hornos de herradura, de bajo NOx para la fusión del vidrio.

En general, el especialista en el oficio designa como "NOx" a las emisiones de óxido de nitrógeno del tipo NO y/o NO₂ provenientes de la oxidación indeseada de nitrógeno. El
10 nitrógeno contenido en el comburente, como el aire o el aire enriquecido con oxígeno, constituye una importante fuente de nitrógeno.

La mayoría de los procedimientos de combustión, en especial los que se utilizan en los hornos de vidriería, se
15 enfrentan a problemas de emisión indeseada de NOx en los gases de combustión. Los NOx ejercen una influencia nefasta tanto en el ser humano, como en el medio ambiente. De hecho, el NO₂ es por un lado un gas irritante que provoca enfermedades respiratorias, y por el otro, en contacto con
20 la atmósfera puede formar progresivamente lluvias ácidas. Finalmente, genera una contaminación fotoquímica, ya que en combinación con los compuestos orgánicos volátiles y la radiación solar, los NOx causan la formación del ozono llamado troposférico, cuyo aumento de concentración a baja
25 altitud se vuelve nocivo para el ser humano, sobre todo en

períodos de temperatura elevada. Es por ello que las normas sobre la emisión de NOx son cada vez más exigentes. En razón de la existencia de dichas normas, los fabricantes y las personas que explotan hornos como los hornos de vidriería se preocupan constantemente por limitar al máximo las emisiones de NOx, preferentemente a un nivel inferior a 800 mg/Nm³ normalizado al 8 % de oxígeno en humo seco. En el marco de la presente solicitud, los niveles de NOx siempre están expresados en mg/Nm³ normalizado al 8 % de oxígeno en humo seco, unidad habitualmente utilizada por el especialista en el oficio. En general, el especialista en el oficio considera que un nivel de NOx inferior a 700 mg/Nm³ ya es un buen nivel y que un nivel de NOx inferior a 600 mg/Nm³ es muy bueno. Resulta útil saber obtener niveles de NOx aún más bajos.

Los hornos de fusión del vidrio están diseñados para funcionar durante varias decenas de años y su construcción es onerosa. Es por ello que su diseño evoluciona lentamente. Efectivamente, la realización de pruebas en hornos industriales resulta casi imposible por lo elevados que son los riesgos que se corren si se cambian parámetros de funcionamiento como dimensiones de dispositivo. En particular, las entradas de aire que desembocan en las paredes del horno son conductos de cerámica refractaria cuyas dimensiones no pueden modificarse fácilmente sin

tener que detener el horno para reconstruir una gran parte. Es por ello que el diseño del horno no puede modificarse fácilmente para modificar los flujos dentro de la cámara de combustión y, en especial, el impulso del aire sin cambiar su caudal.

La siguiente fórmula establece el impulso I de un chorro de gas emitido por un inyector:

$$I = Q_m \cdot V + S \cdot \Delta P$$

Donde:

- 10 - Q_m representa el caudal másico del chorro de gas;
- V representa la velocidad del gas a la salida del inyector;
- S representa el área de la sección del inyector a su salida
- 15 - ΔP representa la diferencia de presión entre la salida del inyector y la presión en la cámara sellada.

El término "sónico" califica a un chorro de gas específico que tiene la velocidad del sonido a la temperatura del gas inyectado (temperatura a la salida del inyector).

El EP2508827A1 muestra la inyección de un gas oxidante en una pared lateral de un horno de herradura para terminar la combustión del combustible, según el principio de la combustión por etapas. Esta inyección se realiza de manera oblicua, al mismo tiempo en dirección de la pared trasera y

en dirección de la pared opuesta, por lo tanto más bien en el mismo sentido que el flujo de los gases de combustión. La recirculación de los gases se intensifica fuertemente, lo que supondría reducir la concentración de NO_x, sin que se den ejemplos precisos de realización. Este documento muestra que es difícil bajar a menos de 1100 mg/Nm³ de NO_x y propone una solución para disminuir el nivel de NO_x por debajo de este valor. Los autores de la presente invención pudieron determinar que la recirculación horizontal del horno en el laboratorio efectivamente aumenta. Sin embargo, también disminuye la recirculación vertical. Vista desde arriba paralelamente a la superficie del vidrio, la llama no está muy expandida. El desarrollo de la llama queda entonces confinado y restringido a una zona próxima a la pared lateral opuesta a la que contiene el inyector de gas. Este acercamiento de la llama en estado concentrado cerca de la pared lateral provoca un aumento de la temperatura de la pared lateral, lo que resulta muy desfavorable para su resistencia al paso del tiempo. Además, la atenuación de la llama es parcial y, de hecho, poco eficaz. Efectivamente, esas fuertes recirculaciones interactúan escasamente con la llama, lo cual resulta poco eficaz en términos de reducción de NO_x. Los autores de la presente invención pudieron determinar que esta solución era poco eficaz para bajar el nivel de NO_x de un horno que ya se encuentra en un nivel

inferior a 700 mg/Nm^3 sin ninguna inyección adicional de gas.

Según la invención, ahora se ha hallado un medio simple para influir en la combustión de llama, manejando
5 los flujos gaseosos dentro de la cámara de combustión y sin tener que realizar desmontajes importantes del material refractario que forma las paredes de un horno y, en especial, las entradas de aire. Simplemente se dispuso al menos un inyector de gas comprimido en régimen sónico o
10 supersónico o cuasi sónico (lo que significa al menos el 80 % de la velocidad sónica), llamado "inyector sónico" cerca del conducto que recibe los gases o en el conducto que recibe los gases y a contracorriente del flujo de los gases. Entonces, nos percatamos de la gran ventaja que
15 aportaba este inyector sónico para reducir el nivel de NO_x . En el marco de la presente solicitud, un inyector sónico emite su gas a una velocidad de un 80 % como mínimo y preferentemente de un 95 % como mínimo de la velocidad sónica. Por lo general, esta velocidad no supera el 300 %
20 de la velocidad sónica. La forma del extremo del inyector sónico permite superar o no la velocidad sónica. Para superarla, conviene utilizar un inyector de forma convergente y luego divergente. Los inyectores habitualmente utilizados en el sector de la fabricación del

vidrio presentan un extremo convergente. Esta configuración permite alcanzar la velocidad sónica sin poder superarla.

La invención se refiere a un horno de herradura para la fusión de vidrio, equipado con un quemador aéreo que
5 incluye un conducto de entrada de comburente con entre el 15 y el 30 % de oxígeno en su pared trasera, un conducto receptor de los gases de combustión en su pared trasera y un sistema de inyección sónica que incluye como mínimo un inyector de un chorro de un gas con una velocidad como
10 mínimo igual al 80 % de la velocidad sónica, llamado inyector sónico, que desemboca en la pared trasera o que desemboca en el conducto receptor de los gases de combustión, dicho inyector sónico inyecta su gas a contracorriente del flujo de los gases de combustión que se
15 dirigen hacia el conducto receptor de los gases de combustión.

La invención permite obtener excelentes niveles de NOx en los gases de escape, puesto que pueden ser inferiores a 600 e incluso inferiores a 570 mg/Nm³ y a 500 mg/Nm³, hasta
20 incluso inferiores a 450 mg/Nm³. La inyección del gas sónico a contracorriente de los gases de combustión favorece la recirculación vertical de los gases de combustión por encima de la llama. Efectivamente, la simulación digital de los flujos gaseosos en el volumen de
25 laboratorio ha mostrado que la inyección de gas sónico

según la invención inhibía la recirculación horizontal para favorecer la recirculación vertical por encima de la llama. Esto resulta favorable para la expansión de la llama sobre la superficie del vidrio y, por ende, para la transmisión de calor hacia el vidrio y también para el aumento de la superficie de intercambio entre la llama y los gases de combustión. En consecuencia, la atenuación de la llama en los gases de combustión se incrementa y la concentración de NOx disminuye.

10 El sistema de inyección sónica puede incluir solo un inyector sónico (inyector de un chorro de un gas con una velocidad al menos igual al 80 % de la velocidad sónica) o bien más de un inyector sónico, es decir 2, o 3, o 4, o 5, o 6, incluso más inyectores sónicos.

15 El comburente es generalmente aire. El conducto de entrada de comburente aporta lo esencial del comburente, es decir al menos un 95 % del caudal de comburente total que entra en la cámara de combustión, el resto es aire de inducción. Este conducto de entrada de comburente está
20 formado por una abertura en una pared de material refractario.

Parece que el chorro de gas comprimido que el inyector sónico envía al gas de escape contribuye a modificar sensiblemente el trayecto y la recirculación de los flujos gaseosos en el horno. La llama producida de ese modo en el
25

horno se atenúa, el calor que aporta se reparte entonces en una longitud mayor y los tiempos de permanencia de los gases de combustión en la cámara de combustión aumentan globalmente. Esto resulta favorable por dos razones:

- 5 a) se forma una cantidad de NOx inferior dada la menor temperatura de la llama,
- b) se reduce la exigencia del material refractario del horno a causa de la temperatura, por lo cual se alarga su vida útil.

10 El inyector sónico desemboca en la pared que contiene el conducto que recibe los gases de combustión o desemboca en el conducto que recibe los gases de combustión e inyecta el gas sónico a contracorriente del flujo de gases de combustión que se dirige (en la cámara de combustión) hacia

15 la pared trasera. Los términos "trasera" y "delantera" hacen referencia al sentido de flujo del vidrio que fluye de atrás hacia adelante. En un horno de herradura, la llama parte de un quemador (es decir el conjunto formado por el conducto de entrada de comburente y el o los inyectores de

20 combustible) de la pared trasera para ir hacia la delantera, luego gira para volver hacia el conducto que recibe los gases de combustión también ubicado en la pared trasera y al lado del conducto de entrada de comburente. Según la invención, el inyector sónico inyecta su gas en la

25 dirección de atrás hacia adelante, pero a contracorriente

de los gases de combustión, es decir encontrando el flujo de los gases cuando este se dirige hacia el conducto que recibe los gases de combustión en la pared trasera y en sentido inverso al del flujo de los gases. Para ello, 5 preferentemente todo inyector sónico del sistema de inyección sónica desemboca en el conducto que recibe los gases de combustión o en la pared trasera en un punto que esté más próximo al conducto que recibe los gases que al conducto de entrada de comburente. Preferentemente, todo 10 inyector sónico del sistema de inyección sónica desemboca a menos de 1 m e incluso a menos de 0,5 m del borde del conducto que recibe los gases de combustión. Esto es válido para los casos en que el inyector sónico desemboca en el conducto que recibe los gases de combustión o en la pared 15 trasera. El borde del conducto que recibe los gases es el contorno formado por el conducto que recibe los gases en la pared en la que se halla dicho conducto, es decir la pared trasera, del lado de la cámara de combustión. Incluso si, en su caso, el inyector sónico desemboca en el interior del 20 conducto que recibe los gases, es lo suficientemente potente como para perturbar el régimen del flujo de gases que se encuentren aún en el horno y se dirijan hacia el conducto que recibe los gases. Por ello, cuando se dice que el gas sónico inyecta su gas a contracorriente del flujo de 25 los gases de combustión que se dirige hacia la pared

trasera, se trata del flujo de los gases que aún se hallan en el horno y que van a entrar en el conducto que recibe los gases de combustión.

El vector que representa la velocidad del gas a la salida de un inyector sónico tiene una componente no nula, paralela al flujo de los gases que entran en el conducto que recibe los gases de combustión y, en sentido inverso, a la dirección de dicho flujo. Se puede considerar que el flujo de los gases que entra en el conducto que recibe los gases de combustión tiene una dirección sensiblemente perpendicular a la pared trasera del horno que incluye el conducto que recibe los gases de combustión. Preferentemente, la componente de impulso del sistema de inyección sónica perpendicular a la pared que incluye el conducto que recibe los gases de combustión es superior a 5 newtons y preferentemente superior a 10 newtons. Según esta última característica, se toman en cuenta todos los inyectores sónicos del sistema de inyección sónica y se determina la componente global del sistema perpendicular a la pared trasera. Esta componente es la resultante de todas las componentes de impulso expulsadas por todos los inyectores sónicos perpendiculares a la pared que incluye el conducto que recibe los gases de combustión. Esta componente es superior a 5 newtons y preferentemente superior a 10 newtons.

El gas comprimido inyectado por el inyector sónico puede ser de cualquier tipo y en especial puede ser de gas natural o de oxígeno, pero preferentemente de aire.

Los hornos de herradura (*end-fired furnace* en inglés) son muy conocidos por el especialista en el oficio de la fusión de vidrio. La pared trasera de un horno de herradura posee dos aberturas que funcionan de manera alternada en el conducto de entrada de comburente y en el conducto que recibe los gases de combustión. Para el funcionamiento de un horno de herradura, es útil remitirse en especial al WO2008/078049 y particularmente a sus figuras 1 y 2. De ese modo, para hacer funcionar la presente invención, se equipa cada una de esas aberturas con un sistema de inyección sónica pero solo se hace funcionar el que está asociado a la abertura que funciona en el conducto que recibe los gases de combustión. Cuando se invierte el funcionamiento del horno, también se invierte el funcionamiento de esos dos sistemas de inyección sónica. Se detiene entonces el que está asociado a la abertura convertida en conducto de entrada de comburente y se pone en servicio el asociado a la abertura convertida en conducto que recibe los gases de combustión.

El conducto de entrada de comburente desemboca en la cámara de combustión del horno mediante una abertura en la pared trasera del horno de material refractario. El arco de

ese conducto desciende generalmente en el sentido de circulación del comburente para formar un ángulo con la horizontal, comprendido entre 14 y 30° . De ese modo, el comburente es dirigido hacia el flujo de combustible, ya

5 que este último generalmente es inyectado por inyectores ubicados debajo del conducto de entrada de comburente. Esos inyectores de combustible pueden orientarse para que sus chorros estén levemente dirigidos hacia arriba en dirección del flujo de comburente. La dirección de emisión del

10 combustible en general puede formar un ángulo con la horizontal, comprendido entre 0 y 15° , principalmente entre 3 y 15° hacia arriba. El conducto de entrada de comburente y su o sus inyectores de combustible constituyen un quemador. En general, se utiliza más de un inyector de

15 combustible y se colocan bajo la corriente de aire. Esos inyectores de combustible se distribuyen debajo de la corriente de aire, uno al lado del otro vistos desde arriba, de forma de expandir la llama vista desde arriba paralelamente a la superficie del vidrio. En general, se

20 coloca un regenerador detrás de cada una de las dos aberturas de la pared trasera del horno. El comburente atraviesa un regenerador que lo calienta antes de llegar al conducto de entrada de comburente. Cuando se procede a la "inversión" del horno, el conducto de entrada de comburente

25 se transforma en conducto receptor de los gases de

combustión y el regenerador asociado a dicho conducto se calienta entonces con los gases de combustión. Los regeneradores están rellenos de elementos refractarios (ladrillos, cruciformes, etc.) que forman una red que recorren los gases de combustión o el comburente, según la fase de funcionamiento. Cuando el gas de combustión atraviesa el regenerador, el calor del gas se transmite a los elementos refractarios del regenerador. Cuando el comburente atraviesa el regenerador, el calor de los elementos refractarios del regenerador calienta el comburente. El comburente en el conducto de entrada de comburente es sensible a la presión atmosférica y generalmente a una presión levemente superior a la presión atmosférica, es decir una presión comprendida entre la presión atmosférica y la presión atmosférica + 100 Pa, en presión absoluta.

De este modo, según la invención, en el horno de herradura la sección del conducto de entrada de comburente en la pared trasera generalmente está comprendida en el área que va de 0,5 a 3 m². El conducto que recibe los gases de combustión en general es idéntico al de entrada de comburente, ya que cada uno de esos conductos cumple de manera alternada la función de proveer comburente y de recibir los gases. De este modo, la sección del conducto que recibe los gases de combustión en la pared trasera

generalmente está comprendida en el área que va de 0,5 a 3 m².

Un conducto receptor de gases de combustión puede estar equipado con uno o más inyectores sónicos, en general
5 dos, o tres, o cuatro, o cinco, o seis, incluso más, formando un sistema de inyección sónica según la invención. Un inyector sónico puede estar constituido por un tubo de metal refractario, principalmente de acero inoxidable, inserto en un orificio realizado en el material refractario
10 del conducto que recibe los gases de combustión o que rodea el conducto que recibe los gases de combustión.

Un inyector sónico puede desembocar en el horno por encima o por debajo o sobre los laterales del conducto que recibe los gases de combustión o en el propio conducto que
15 recibe los gases de combustión. Preferentemente, el eje del inyector sónico está dirigido hacia el flujo de gases que se dirige hacia la pared trasera y a contracorriente de aquella.

La sección de salida del sistema de inyección sónica
20 tiene preferentemente una sección total comprendida en el área que va de 0,2 a 4 cm². Para el caso en que se utilice un solo inyector sónico, se trata de la sección en el extremo del inyector sónico. Para el caso en que el sistema de inyección sónica incluya más de un inyector sónico, se

trata de la suma de las secciones de salida del gas mediante todos los inyectores sónicos.

El sistema sónico emite gas a razón del 0,2 al 5 % y preferentemente del 0,2 al 2 % del volumen normal de
5 comburente introducido por el conducto de entrada de comburente. Se toma entonces aquí la suma de los volúmenes de gas emitidos por todos los inyectores del sistema de inyección sónica.

La invención se refiere también a un procedimiento de
10 preparación de vidrio fundido que incluye la fusión de vidrio en el horno de herradura según la invención. En particular, la cantidad de comburente introducida en el horno es preferentemente mayor que la cantidad de combustible introducida en el horno. En especial, la
15 cantidad de comburente introducida en el horno fuera de la que se introduce a través del sistema de inyección sónica es preferentemente mayor que la cantidad de combustible introducida en el horno fuera de la que se introduce a través del sistema de inyección sónica.

20 Las figuras no están a escala.

La figura 1 representa la vista lateral en corte de un horno de herradura según la invención.

La figura 2 muestra diferentes sistemas de inyección sónica que pueden asociarse a un conducto receptor de los
25 gases de combustión en un horno según la invención.

La figura 3 representa la vista lateral y en corte de un conducto receptor de gases de combustión equipado con un inyector sónico que desemboca en la misma pared trasera del horno según la invención.

5 La figura 4 es una representación de los flujos gaseosos en un horno de herradura según diferentes configuraciones. La figura 1 representa la vista lateral en corte de un horno de herradura 1, el vidrio en fusión 2 fluye de izquierda a derecha. El corte se realizó a través
10 del conducto 3 receptor de gases de combustión, que son dirigidos al regenerador 4 que contiene elementos refractarios 5 que los gases van a calentar. Luego de la inversión de fase, esta abertura servirá de conducto de entrada de comburente de quemador para una llama, dicho
15 comburente será entonces calentado por los elementos refractarios 5. Tal como se representa, el conducto está en fase de recepción de gases de combustión. Un inyector de gas comprimido 6 desemboca en la pared trasera 7 que también es la pared en la que desemboca el conducto que
20 recibe los gases de combustión. El chorro 8 de gas comprimido está dirigido hacia el flujo de gases (representado por líneas punteadas 9) que se dirige hacia el conducto que recibe los gases de combustión a contracorriente de este.

La figura 2 muestra diferentes sistemas de inyección sónica que pueden asociarse a un conducto receptor de los gases de combustión 20. Esas diferentes configuraciones se ilustran con ejemplos. El sistema de inyección sónica puede
5 incluir 3 inyectores 21 y hallarse justo encima del conducto que recibe los gases de combustión 20 (fig. 2a) o a cierta distancia encima de los gases de combustión (fig. 2b). Los inyectores del sistema de inyección sónica pueden hallarse debajo del conducto que recibe los gases de
10 combustión (fig. 2d). En la figura 2e, se utiliza un solo inyector 26 y se halla debajo del conducto que recibe los gases de combustión 20. Aquí el inyector está ubicado un poco sobre la izquierda, del lado del eje longitudinal del horno. En la figura 2c, se combinaron en el sistema de
15 inyección sónica inyectores sónicos por encima y por debajo del conducto que recibe los gases de combustión. Se designó como "d" lo que se entiende por la distancia entre el inyector y el borde del conducto. Habida cuenta del pequeño diámetro del inyector sónico, la distancia "d" se toma a
20 partir de su eje.

La figura 3 representa la vista lateral de un conducto
30 receptor de los gases de combustión, provisto de un inyector sónico (31) que desemboca en la misma pared trasera 33 del horno. El inyector sónico está a la
25 distancia "d" del borde del conducto. El inyector sónico

emite su gas con un impulso representado por el vector 32, el cual puede dividirse en una componente 34 perpendicular a la pared trasera 33 y otra componente 35 paralela a la pared.

5 La figura 4 es una representación de los flujos gaseosos en un horno de herradura de referencia sin inyección adicional de gas mediante una pared (configuración a), en un horno de herradura con inyección sónica según la invención (configuración b), en un horno de
10 herradura con inyección sónica en pared lateral (configuración c).

Ejemplos 1 a 10

Las pruebas se realizaron con un horno de herradura de
15 dos quemadores que funcionan con inversión, de 13,3 megavatios de potencia y cuyo comburente era el aire. Cada conducto de entrada de aire tenía un área de 1,55 m² (2200 mm de ancho y 800 mm de alto). El horno era alimentado con material vitrificable del tipo sódico-cálcico, del cual el
20 95 % en peso era de chatarra de vidrio. Funcionaba con una tirada de 330 toneladas por día. El horno tenía una superficie de 94 m². La temperatura del vidrio a la salida del horno era de alrededor de 1300°C. La bóveda estaba a una temperatura de alrededor de 1600°C.

Uno o más inyectores sónicos de aire comprimido estaban colocados cerca del conducto que recibe los gases de combustión para formar sistemas de inyección sónica. Esos inyectores presentaban un extremo convergente. El gas
5 inyectado estaba a 25°C. El cuadro 1 establece las diferentes condiciones operativas y los resultados en términos de niveles de NOx en los gases de combustión. Se probaron varias posiciones posibles de inyector sónico:

- justo encima de la recepción de gases de combustión:

10 el inyector está exactamente en el borde del conducto que recibe los gases de combustión con un ángulo de 20° hacia abajo respecto de la horizontal;

- un poco por encima del conducto que recibe los gases de combustión: el inyector está 400 mm por encima de
15 la cota superior del conducto que recibe los gases de combustión con un ángulo de 20° hacia abajo respecto de la horizontal;

- debajo del conducto que recibe los gases de combustión: el inyector está a 250 mm debajo del
20 conducto que recibe los gases de combustión con un ángulo de 5° hacia arriba respecto de la horizontal.

Todos los inyectores sónicos de aire comprimido ubicados por encima del conducto que recibe los gases de combustión tenían un diámetro interno de 5 mm. Los inyectores sónicos

de aire comprimido ubicados por debajo del conducto que recibe los gases de combustión tenían un diámetro de 6 mm.

En el cuadro 1 se indicó:

- 5 - presión relativa: es la presión del tanque que alimenta el inyector sónico;
- caudal: es el caudal total de aire comprimido (suma de los caudales de todos los inyectores sónicos);
- velocidad de inyección: es la velocidad del aire a la salida del inyector sónico de aire comprimido;
- 10 - impulso sónico: es la suma de los impulsos de los inyectores sónicos (en el caso del ejemplo 2, ninguna inyección es sónica, pero igualmente se hizo constar el impulso del gas al 50 % de la velocidad sónica en la columna "impulso sónico" por cuestiones de
- 15 simplificación);
- NO_x: es la concentración en mg/Nm³ normalizada al 8 % de oxígeno en humo seco;
- variación: es la variación de NO_x respecto de una referencia (sin inyección sónica de aire comprimido).

20 Los resultantes de "variación" de los ejemplos 2 a 7 se dan respecto del ejemplo 1. Los resultados de "variación" de los ejemplos 9 a 10 se dan respecto del ejemplo 8.

Ejemplos 11 y 12

Las pruebas se realizaron con un horno de herradura de dos quemadores que funcionan con inversión, de 11 megavatios de potencia y cuyo comburente era el aire. Cada conducto de entrada de aire de quemador (o receptor de los gases de combustión, según la fase de inversión) tenía un área de 2 m² (2300 mm de ancho y 960 mm de alto). El horno era alimentado con material vitrificable del tipo sódico-cálcico, del cual el 60% en peso era de chatarra de vidrio. Funcionaba con una tirada de 250 toneladas por día. El horno tenía una superficie de 85 m². La temperatura del vidrio a la salida del horno era de alrededor de 1300°C. La bóveda estaba a una temperatura de alrededor de 1600°C. El sistema de inyección sónica solo poseía un inyector sónico de aire comprimido con un extremo convergente. Este estaba colocado a 300 mm debajo del conducto que recibe los gases de combustión y a 650 mm del ángulo inferior del conducto que recibe los gases de combustión más próximo al eje longitudinal del horno. El inyector sónico inyectaba su gas con un ángulo de 5° hacia arriba respecto de la horizontal y presentaba un diámetro interno de 8 mm de diámetro. El gas inyectado estaba a 25°C.

El cuadro 1 establece las diferentes condiciones operativas y los resultados en términos de niveles de NOx en los gases de combustión.

Ej. n.º	Cant. de inyec- tores justo encima	Cant. de inyec- tores 400 mm por encima	Cant. de inyec- tores 250 mm por debajo	Presión relativa [bar]	Caudal [Nm³/h]	% Velo- cidad sónica	Velo- cidad inyección [m/s]	Impulso sónico [N]	Nox [mg/Nm³ @ 8% O²]	Va- ria- ción
1 (comp.)									601	
2 (comp.)	3			0.2	35	50	174	2	607	1%
3	3			0.7	65	84	289	7	559	-7%
4	3			1.7	104	100	346	14	546	-9%
5	3			4.2	200	100	346	33	405	-33%
6	0	3		4.2	200	100	346	33	390	-35%
7			2	4.2	200	100	346	33	397	-34%
8 (comp.)				-	-	-		-	778	-
9	3			4.2	200	100	346	33	494	-37%
10		3	2	4.2	400	100	346	65	354	-54%
11			1	3	132	100	346	21	457	
12			1	3.5	148	100	346	24	381	

Cuadro 1

Ejemplos 13 a 15

Se realizaron simulaciones digitales del flujo de los gases de combustión en un horno de herradura en funcionamiento, en las siguientes configuraciones:

- a) Referencia: sin inyección adicional de gas (ver figura 4a) ;

b) Inyección adicional de 181 Nm³/h de gas sónico en pared trasera, de conformidad con la presente invención;

5 c) Inyección adicional de 150 Nm³/h de gas sónico en pared lateral (ver figura 4b, la inyección adicional está representada por una flecha en negrita); el inyector formaba un ángulo de 60° con la pared lateral del lado de la pared trasera y estaba a una distancia de la pared trasera igual al 23 % de la longitud total
10 de la pared lateral;

d) Inyección adicional de 150 Nm³/h de gas sónico en pared trasera (ver figura 4c, la inyección adicional está representada por una flecha en negrita) de conformidad con la presente invención.

15 El horno de herradura posee dos quemadores que funcionan con inversión, de 11 megavatios de potencia y cuyo comburente es el aire. Cada conducto de entrada de aire de quemador (o receptor de los gases de combustión, según la fase de inversión) tiene un área de 1,55 m²
20 (2200 mm de ancho y 800 mm de alto). El horno tiene una superficie de 94 m². La temperatura del vidrio a la salida del horno era de alrededor de 1300°C. El gas sónico inyectado estaba a 25°C.

La figura 4 muestra el efecto de esas inyecciones en
25 los flujos gaseosos en el volumen de laboratorio del

horno. Para visualizar esos flujos, se proyectaron los vectores de velocidad en un plano vertical que pasa por el medio del conducto de entrada de aire. Esta representación permite visualizar la recirculación vertical de los gases. Se verifican grandes diferencias en función de las configuraciones. Se ve que la inyección sónica según la invención lleva a la más amplia recirculación en el volumen del laboratorio. Además, los resultados sobre los NOx expresados respecto de una referencia sin inyección sónica demuestran la superioridad de la inyección según la invención, como lo muestra el cuadro 2. La columna "variación" da la concentración en NOx respecto de la configuración de referencia sin inyección de gas adicional (fig. 4a). La inyección según la invención lleva a una reducción del 15 y el 20 % de NOx respectivamente. La inyección de gas sónico en pared lateral no produce una reducción sustancial de NOx.

Ej. n.º	Cant. inyectores en pared lateral	Cant. inyectores 250 mm bajo el conducto receptor de los gases de combustión	Caudal (Nm³/h)	% Velocidad sónica	Velocidad inyección (m/s)	Impulso sónico (N)	Variación
13 (fig. 4b)		2	181	100	346	27	-19%
14 (fig. 4c)	1		150	94	326	17	-1%
15		1	150	94	326	17	-15%

Cuadro 2

REIVINDICACIONES

1. Horno de herradura (1) para la fusión de vidrio equipado con un quemador aéreo que incluye un conducto de entrada de comburente con un porcentaje de entre el 15 y el 30 % de oxígeno en su pared trasera (33), un conducto (3,20,30) receptor de los gases de combustión en su pared trasera (33) y un sistema de inyección sónico que incluye como mínimo un inyector (6,31) de un chorro de un gas con una velocidad como mínimo igual al 80 % de la velocidad sónica, llamado inyector sónico, que desemboca en la pared trasera (33) o que desemboca en el conducto (3,20,30) receptor de los gases de combustión, dicho inyector sónico inyecta su gas (8) a contracorriente del flujo (9) de los gases de combustión que se dirigen hacia el conducto (3,20,30) receptor de los gases de combustión.
2. Horno según la reivindicación precedente, que se caracteriza por el hecho de que el inyector sónico (6,31) inyecta su gas como mínimo al 95 % de la velocidad sónica.

3. Horno según una de las reivindicaciones precedentes, que se caracteriza por el hecho de que la sección del conducto de entrada de comburente en la pared trasera (33) está comprendida en el área que va de 0,5 a 3 m² y que la sección del conducto receptor de gases de combustión (3,20,30) en la pared trasera (33) está comprendida en el área que va de 0,5 a 3 m².

4. Horno según una de las reivindicaciones precedentes, que se caracteriza por el hecho de que la sección de salida del sistema de inyección sónica está comprendida en el área que va de 0,2 a 4 cm².

5. Horno según la reivindicación precedente, que se caracteriza por el hecho de que la componente (34) de impulso del sistema de inyección sónica perpendicular a la pared (33) que incluye el conducto (3,20,30) que recibe los gases de combustión es superior a 5 newtons y preferentemente superior a 10 newtons.

6. Horno según una de las reivindicaciones precedentes, que se caracteriza por el hecho de que

todo inyector sónico (21,22,23,24,25,26) del sistema de inyección sónica desemboca en el conducto (3,20,30) que recibe los gases de combustión o en la pared trasera en un punto que esté más próximo al conducto (3,20,30) que recibe los gases de combustión que al conducto de entrada de comburente.

5

10

7. Horno según una de las reivindicaciones precedentes, que se caracteriza por el hecho de que todo inyector sónico (21,22,23,24,25,26) del sistema de inyección sónica desemboca a menos de 1 m del borde del conducto (20) que recibe los gases de combustión.

15

20

8. Horno según la reivindicación precedente, que se caracteriza por el hecho de que todo inyector sónico (21,22,23,24,25,26) desemboca a menos de 0,5 m del borde del conducto (3,20,30) que recibe los gases de combustión.

25

9. Horno según una de las reivindicaciones precedentes, que se caracteriza por el hecho de que el gas es aire.

10. Horno según una de las reivindicaciones precedentes, que se caracteriza por el hecho de que el sistema de inyección sónica incluye más de un inyector sónico (21,22,23,24,25).

11. Procedimiento de preparación de vidrio fundido que incluye la fusión de vidrio en el horno de una de las reivindicaciones precedentes.

12. Procedimiento según la reivindicación precedente, que se caracteriza por el hecho de que el sistema sónico emite gas a razón del 0,2 al 5 % y preferentemente del 0,2 al 2 % del volumen normal de comburente introducido por el conducto de entrada de comburente.

13. Procedimiento según una de las reivindicaciones precedentes, que se caracteriza por el hecho de que la cantidad de comburente introducida en el horno es mayor que la cantidad de combustible introducida en el horno.

14. Procedimiento según una de las reivindicaciones precedentes, que se caracteriza por el hecho de que

5

la cantidad de comburente introducida en el horno fuera de la introducida a través del sistema de inyección sónica es mayor que la cantidad de combustible introducida en el horno fuera de la introducida a través del sistema de inyección sónica.

PATENTE DE INVENCION
HORNO DE INYECCION SÓNICA

RESUMEN

5

La invención se refiere a un horno de herradura de bajo NOx para la fusión de vidrio, equipado con un quemador aéreo que incluye un conducto de entrada de comburente con un porcentaje de entre el 15 y el 30 % de oxígeno en su pared trasera, un conducto receptor de los gases de combustión en su pared trasera y un sistema de inyección sónico que incluye como mínimo un inyector de un chorro de un gas con una velocidad como mínimo igual al 80 % de la velocidad sónica, llamado inyector sónico, que desemboca en la pared trasera o que desemboca en el conducto receptor de los gases de combustión, dicho inyector sónico inyecta su gas a contracorriente del flujo de los gases de combustión que se dirigen hacia el conducto receptor de los gases de combustión, como así también a un procedimiento de preparación de vidrio fundido que incluye la fusión de vidrio en dicho horno.

10

15

20

Fig. 1