



(11) **MX 2019000109 A**

(12)

## SOLICITUD de PATENTE

(43) Fecha de publicación: **03/06/2019** (51) Int. Cl: **F23L 15/04** (2006.01)  
**F27B 3/20** (2006.01)  
(22) Fecha de presentación: **07/01/2019**  
(21) Número de solicitud: **2019000109** **F27B 3/22** (2006.01)  
**F27B 7/34** (2006.01)  
**F27B 7/36** (2006.01)  
**F27D 17/00** (2006.01)

(86) Número de solicitud PCT: **FR 2017/051740**  
(87) Número de publicación PCT: **WO 2018/007721 (11/01/2018)**

(30) Prioridad(es): **08/07/2016 FR 1656588**

(71) Solicitante:  
**L'AIR LIQUIDE, SOCIETE ANONYME POUR L'ETUDE  
ET L'EXPLOITATION DES PROCEDES GEORGES  
CLAUDE  
Quai d'Orsay 75 F-75007 Paris FR**

(72) Inventor(es):  
**Luc JARRY  
Le Bourg, rue de l'Aubette, 10 Beaufai F-61270 FR  
Peter VAN KAMPEN**

(74) Representante:  
**Andrés Alberto ESTEVA WURTS  
Av Revolución 1392, 2do. Piso ALVARO OBREGON  
Ciudad de México 01020 MX**

(54) Título: **MÉTODO PARA HACER FUNCIONAR UN HORNO DISCONTINUO QUE COMPRENDE EL PRECALENTAMIENTO DE UN FLUIDO CORRIENTE ARRIBA DEL HORNO.**

(54) Title: **METHOD FOR OPERATING A BATCH FURNACE COMPRISING THE PREHEATING OF A FLUID UPSTREAM OF THE FURNACE.**

(57) Resumen

Método para poner en funcionamiento un horno 1, que comprende ciclos consecutivos que consisten en una etapa de calentamiento, una etapa de apagado y una etapa de reanudación que conecta la etapa de apagado y la etapa de calentamiento posterior, en donde al menos un fluido (40) seleccionado del combustible y el agente oxidante se precalienta aguas arriba del horno (1) mediante intercambio indirecto con los humos (10) descargados a través de un medio (31) que pasa a través de una cámara (20) separándose los humos (10) del medio (31) en la cámara (20) mediante una primera pared (21), y separándose el fluido (40) que se va a precalentar en medio (31) de la cámara mediante una segunda pared; y en donde el caudal Dm del medio (31) en la cámara (20) no supera 0%, preferiblemente 75% y más preferiblemente 90% del caudal Dm del medio (31) en la cámara (20) durante la etapa de calentamiento; y, durante la etapa de reanudación, el caudal Dm del medio (31) en la cámara es superior que el caudal Dm durante la etapa de apagado y se ajusta a fin de limita la velocidad de calentamiento de la primera pared (21) durante la etapa de reanudación hasta que la primera pared (21) alcance, al final de la etapa de reanudación, la temperatura de funcionamiento de la primera pared (21) durante la etapa de calentamiento.

(57) Abstract

Method for operating a furnace 1, comprising consecutive cycles consisting of a heating step, a stopping step and a restarting step linking the stopping step and the subsequent heating step, wherein at least one fluid (40) selected from the fuel and the oxidising agent is preheated upstream of the furnace (1) by indirect exchange with the discharged fumes (10) through a medium (31) passing through a chamber (20), the fumes (10) being separated from the medium (31) in the

chamber (20) by a first wall (21), and the fluid (40) to be preheated being separated from the medium (31) in the chamber by a second wall; and wherein the flow rate  $D_m$  of the medium (31) in the chamber (20) does not exceed 0%, preferably 75% and more preferably 90% of the flow rate  $D_m$  of the medium (31) in the chamber (20) during the heating step; and, during the restarting step, the flow rate  $D_m$  of the medium (31) in the chamber is higher than the flow rate  $D_m$  during the stopping step and is adjusted in order to limit the heating rate of the first wall (21) during the restarting step until the first wall (21) reaches, at the end of the restarting step, the operational temperature of the first wall (21) during the heating step.



**MÉTODO PARA HACER FUNCIONAR UN HORNO DISCONTINUO QUE  
COMPRENDE EL PRECALENTAMIENTO DE UN FLUIDO CORRIENTE ARRIBA  
DEL HORNO**

5

DESCRIPCIÓN DE LA INVENCION

La presente invención se refiere al precalentamiento de un fluido corriente arriba de un horno mediante intercambio de calor con gases de escape descargados del horno.

Se conoce el uso del calor presente en los gases de escape descargados para precalentar el aire de combustión aguas arriba del horno por medio de regeneradores que funcionan alternamente: (a) enviándose en primer lugar los gases de escape a través de un regenerador a fin de calentar el regenerador y (b) calentándose a continuación el aire de combustión al hacerlo pasar a través del regenerador así calentado. Por lo tanto, los gases de escape descargados y el aire de combustión pasan a través de un mismo volumen dentro de los regeneradores, pero en diferentes momentos. Por razones de seguridad, el método en el que los gases de escape calientes y el fluido que se va a calentar pasan a través de un mismo volumen no es adecuado para precalentar un combustible o un oxidante rico en oxígeno.

También se conoce el precalentamiento de un oxidante de combustión y/o un combustible aguas arriba de un horno mediante intercambio de calor con los gases de escape

descargados en uno o más intercambiadores de calor (a menudo denominados recuperadores) en los que los gases de escape descargados y el fluido que se va a calentar circulan en circuitos separados. Entonces, es necesario asegurar la estanqueidad entre el circuito del fluido que se va a precalentar y el circuito de los gases de escape descargados a fin de evitar cualquier contacto directo entre los gases de escape y el fluido. En el presente contexto, las expresiones "intercambio térmico" o "intercambio de calor" se refieren a los procesos en los que el fluido caliente y el fluido que se va a calentar circulan en circuitos separados sin mezcladura o contacto directo entre los dos fluidos.

Se hace una distinción entre el intercambio de calor directo y el intercambio de calor indirecto.

Durante un intercambio de calor directo, un fluido se calienta con un fluido más caliente mediante intercambio de calor a través de una pared que separa el fluido que se va a calentar del fluido más caliente.

Se entiende que intercambio de calor indirecto significa un intercambio de calor en dos etapas de intercambio directo a través de un fluido intermedio.

La compañía Air Liquide ha desarrollado e industrializa esta tecnología de precalentamiento que es particularmente fiable y adecuada para precalentar un oxidante que tiene

alto contenido de oxígeno mediante intercambio de calor indirecto entre el fluido que se va a precalentar y los gases de escape descargados del horno. Así, en la tecnología de precalentamiento de la compañía Air Liquide:

- 5       • un fluido intermedio se calienta mediante intercambio de calor directo con los gases de escape a través de una primera pared en una primera etapa y
- en una segunda etapa el oxígeno de combustión (y cuando sea apropiado también el combustible) se precalienta
- 10   (precalientan) mediante intercambio de calor directo con el fluido intermedio en la primera etapa a través de una segunda pared.

La tecnología se describe en particular en el documento WO 2006/054015. Esta tecnología permite ahorros de eficacia

15   considerables en el caso de hornos que generan continuamente un flujo de gases de escape calientes que es suficiente para precalentar el oxígeno y/o el combustible hasta una temperatura deseada.

Por razones de seguridad, es importante evitar fugas

20   entre los diversos circuitos. Las fugas pueden resultar de un choque térmico y en particular cambios abruptos y repetidos en la temperatura que son capaces de fragilizar las paredes y las juntas de los intercambiadores de calor.

Los gases de escape descargados de un horno industrial

25   pueden alcanzar fácilmente temperaturas entre 600°C y 1550°C.

Por lo tanto, es aconsejable llevar el intercambiador o los intercambiadores de calor lentamente y gradualmente hasta su temperatura de funcionamiento, es decir, llevar gradualmente las diversas partes del intercambiador o los intercambiadores de calor hasta la temperatura que tendrán durante el precalentamiento del fluido.

De forma similar, es aconsejable llevar el intercambiador o los intercambiadores gradualmente hasta temperatura ambiente cuando se apaga la combustión en los hornos y cuando ya no hay descarga de gases de escape calientes desde el horno.

El calentamiento y el enfriamiento del intercambiador o los intercambiadores de calor pueden llevar un tiempo considerable.

En la industria, se hace una distinción entre hornos continuos y hornos discontinuos.

Los hornos continuos se calientan continuamente a lo largo de toda la marcha, que puede durar meses, o incluso años.

Por otra parte, el funcionamiento de los hornos discontinuos se caracteriza por ciclos repetidos:

a) de una etapa de calentamiento, durante la cual el horno se calienta mediante la combustión de un combustible con un oxidante, con generación de calor y gases de escape calientes, descargándose a continuación los gases de escape

calientes del horno a través de un conducto de descarga; y

b) de una etapa de apagado durante la cual se interrumpen la combustión del combustible con el oxidante en el horno y la descarga de gases de escape calientes desde el  
5 horno a través del conducto.

Esta alternancia entre períodos con y sin producción de gases de escape calientes hace a los métodos conocidos para precalentar un reaccionante de combustión mediante intercambio de calor con los gases de escape calientes  
10 descargados en uno o más intercambiadores inadecuados para la puesta en práctica en un horno discontinuo, puesto que conducen a variaciones de temperatura altas, repentinas y repetidas, especialmente en la pared que separa los gases de escape descargados de, respectivamente, el fluido que se va  
15 a calentar o el fluido intermedio.

El objetivo de la presente invención es proporcionar una tecnología de precalentamiento indirecto que sea adecuada para hornos discontinuos. El objetivo de la presente invención es más particularmente permitir una recuperación  
20 fiable y eficaz de calor desde los gases de escape descargados para hornos discontinuos por medio de una tecnología de precalentamiento indirecto.

Con este propósito, la invención propone un proceso para hacer funcionar un horno, que comprende una etapa de  
25 calentamiento durante la cual se pone en práctica la

tecnología de precalentamiento indirecto descrita anteriormente. Así, durante la etapa de calentamiento:

(a) un combustible y un oxidante se suministran al horno y el horno se calienta mediante la combustión del combustible con el oxidante con generación de calor y gases de escape de combustión, descargándose los gases de escape del horno a través de un conducto y

(b) al menos un fluido elegido del combustible y el oxidante se precalienta aguas arriba del horno por medio de los gases de escape descargados del horno:

- al introducir un caudal  $D_m (>0)$  de un medio líquido o gaseoso en una cámara y al calentar el medio mediante intercambio de calor con los gases de escape del conducto a través de una primera pared que separa el medio en la cámara de los gases de escape del conducto obteniéndose un medio calentado, teniendo entonces la primera pared una temperatura denominada "temperatura de funcionamiento"; y

- al introducir un caudal  $D_f (>0)$  del fluido que se va a precalentar en al menos una tubería a fin de precalentar el fluido mediante intercambio de calor con el medio calentado de la cámara a través de una segunda pared que separa el fluido en la al menos una tubería del medio calentado de la cámara.

El proceso para hacer funcionar el horno comprende ciclos repetidos de la etapa de calentamiento descrita

anteriormente seguidos por una etapa de apagado y por una etapa de reanudación, sirviendo de puente la etapa de reanudación entre la etapa de apagado y la siguiente etapa de calentamiento.

5 Durante la etapa de apagado:

- el suministro del combustible y del oxidante al horno y la combustión del combustible con el oxidante en el horno se interrumpen, así como, obviamente, la descarga de gases de escape desde el horno a través del conducto.

10 Según la invención, desde el principio de cada etapa de apagado, es decir, cuando la combustión del combustible en el horno se detiene, y a través de toda la etapa de apagado, el caudal  $D_m$  del medio de la cámara se reduce en al menos 50%, preferiblemente en al menos 75% y más preferiblemente  
15 al menos 90%. El caudal  $D_m$  del medio de la cámara, en particular, se puede detener ( $D_m = 0$ ) desde el principio de cada etapa de apagado. Por tanto al frenar, o incluso al limitar, así el enfriamiento de la pared (primera pared) que separa los gases de escape descargados del conducto del  
20 fluido intermedio, se evitan los choques térmicos en esta primera pared al principio de cada etapa de apagado.

También según la invención, la combustión en el horno del combustible con el oxidante y la descarga de los gases de escape a través del conducto se reanudan al principio de la  
25 etapa de reanudación. El caudal  $D_m$  del medio de la cámara se

incrementa simultáneamente de modo controlado y a continuación se regula a fin de limitar la velocidad de calentamiento de la pared (primera pared) que separa los gases de escape descargados del conducto del fluido intermedio hasta que la primera pared alcanza la temperatura de funcionamiento al principio de la siguiente etapa de calentamiento.

La velocidad de enfriamiento  $V_{T\downarrow}$  y la velocidad de calentamiento  $V_{T\uparrow}$  de la primera pared se definen como:  $\frac{|\Delta T|}{|\Delta t|}$  y se expresan en K/s.

Para prevenir una fragilización térmica del intercambiador de calor en la primera pared, la velocidad de enfriamiento  $V_{T\downarrow}$  y la velocidad de calentamiento  $V_{T\uparrow}$  no deben superar sus límites superiores respectivos  $V_{T\downarrow\text{máx}}$  y  $V_{T\uparrow\text{máx}}$ . Los límites superiores  $V_{T\downarrow\text{máx}}$  y  $V_{T\uparrow\text{máx}}$  pueden ser idénticos o diferentes (como valores absolutos). Dependen de los materiales que forman la primera pared y también de las conexiones (por ejemplo las soldaduras) que conectan la primera pared al resto del intercambiador de calor. Específicamente, ciertos materiales o combinaciones de materiales soportan los cambios de temperatura mejor que otros.

Al regular, del modo descrito anteriormente, el caudal  $D_m$  del fluido intermedio durante las etapas de apagado y las etapas de reanudación, es posible limitar y frenar el

enfriamiento de la primera pared durante la etapa de apagado, de modo que  $V_{T\downarrow}$  no supere  $V_{T\downarrow\text{máx}}$ , y también limitar la velocidad de calentamiento  $V_{T\uparrow}$  de la primera pared de modo que no supere  $V_{T\uparrow\text{máx}}$  mientras se limita el tiempo necesario para que la primera pared alcance su temperatura de funcionamiento. La invención hace así posible beneficiarse con seguridad de las ventajas energéticas de precalentar el combustible o el oxidante del combustible con el calor presente en los gases de escape descargados en la planta de un horno discontinuo mientras se limitan las pérdidas de tiempo relacionadas con el calentamiento necesariamente controlado del (la primera pared del) intercambiador de calor.

Los criterios usados para seleccionar el cambio del caudal  $D_m$  del fluido intermedio durante la etapa de reanudación son: alcanzar una alta velocidad de calentamiento  $V_{T\uparrow}$  de la primera pared mientras se cumple el límite superior  $V_{T\uparrow\text{máx}}$  de la velocidad de calentamiento.

Cuando la primera pared es bastante sensible a choques térmicos, es decir cuando  $V_{T\uparrow\text{máx}}$  es relativamente baja, y/o cuando la temperatura de los gases de escape descargados del horno alcanza un nivel alto, lo que conduce a un riesgo significativo de aumento rápido en la temperatura de la primera pared, es posible, durante la etapa de reanudación, aumentar el caudal  $D_m$  del fluido intermedio hasta un nivel

por encima del caudal  $D_m$  del fluido intermedio al principio de las etapas de calentamiento antes de reducir el caudal  $D_m$  hasta el último nivel al principio de la siguiente etapa de calentamiento.

5 Por otra parte, cuando el riesgo de fragilización térmica de la primera pared es relativamente bajo,  $V_{T\uparrow\text{máx}}$  es relativamente alta y/o la temperatura de los gases de escape descargados es relativamente baja,  $D_m$  puede permanecer, durante la etapa de reanudación, por debajo del caudal  $D_m$  al  
10 principio de las etapas de calentamiento.

Se debe apuntar que durante las etapas de calentamiento, la primera pared tiene típicamente un perfil de temperatura en la dirección del flujo de los gases de escape descargados. La expresión "temperatura de funcionamiento", según se usa  
15 en el presente contexto, se refiere así a la temperatura de la pared en una posición específica de la primera pared elegida como un punto de referencia.

Según una primera modalidad, el caudal  $D_m$  varía durante las etapas de reanudación según una función predeterminada.  
20 Esta función se puede predeterminar experimentalmente o mediante cálculo (balance energético).

Según otra modalidad, se detecta el gradiente (cambio a lo largo del tiempo) de una temperatura de la primera pared (por ejemplo por medio de un termopar) y el caudal  $D_m$  se  
25 regula como una función de la velocidad de calentamiento  $V_{T\uparrow}$

de la primera pared así determinada mientras se cumplen los criterios descritos anteriormente.

La etapa de calentamiento puede ser una etapa de tratamiento térmico de una materia prima en el horno, por ejemplo la fusión o el recalentamiento de una materia prima presente en el horno.

La etapa de apagado puede incluir una etapa de vaciado (completo o parcial) del horno (descarga de la materia prima después del tratamiento térmico) seguida por una introducción de una nueva materia prima (completa o parcial) en el horno.

Como ya se indicó anteriormente, la segunda pared, que no está en contacto directo con los gases de escape calientes descargados del horno, experimenta variaciones de temperatura menores. Por lo tanto, la regulación del cambio en la temperatura de esta segunda pared durante el funcionamiento del horno es generalmente menos crítica.

Sin embargo, es posible limitar los cambios de temperatura de la segunda pared y/o hacerlos más graduales, en particular durante la etapa de reanudación, al suministrar, durante esta etapa de reanudación, al menos una porción del fluido directamente al horno sin que esta al menos una porción del fluido pase a través de al menos una tubería del dispositivo de precalentamiento descrito anteriormente. Según una posible modalidad, el fluido

suministrado al horno durante la etapa de reanudación se divide en dos porciones: una primera porción y una segunda porción. La primera porción del fluido se suministra directamente al horno sin pasar a través de la al menos una tubería dedicada a el fluido. La segunda porción del fluido se suministra al horno después de haber pasado a través de la al menos una tubería. El intercambio de calor entre el medio de la cámara y el fluido a través de la segunda pared está limitado entonces a la segunda porción del fluido.

10 Ventajosamente, la relación entre (a) la segunda porción y (b) la suma de la primera porción y la segunda porción del fluido (es decir, el caudal total del fluido suministrado al horno) se incrementa durante la etapa de inicio. Preferiblemente, al final de la etapa de reanudación, la

15 segunda porción del fluido corresponde a un caudal de fluido precalentado que se suministra al horno al principio de la etapa de calentamiento que sigue a la etapa de reanudación. Al limitar así la cantidad de fluido que pasa a través de la al menos una tubería durante al menos el principio de la

20 etapa de reanudación, las variaciones de temperatura (enfriamiento y recalentamiento) de la segunda pared se reducen y se hacen más graduales durante la etapa de reanudación. Según una modalidad particular, la segunda porción es igual a cero al principio de la etapa de

25 reanudación. En otras palabras, todo el fluido suministrado

al horno cortocircuita la al menos una tubería del dispositivo de precalentamiento. Al final de la etapa de reanudación, la primera porción es ventajosamente igual a cero, es decir, todo el fluido suministrado al horno pasa a través de la al menos una tubería del dispositivo de precalentamiento aguas arriba del horno.

Típicamente, una materia prima calentada se descarga del horno y una materia prima que se va a calentar se introduce en el horno durante la etapa de apagado.

El medio usado como fluido de transferencia para calentar el fluido mediante intercambio indirecto con los gases de escape descargados es útilmente un medio gaseoso y en particular un medio gaseoso elegido de aire, nitrógeno, CO<sub>2</sub> o vapor de agua. El uso de aire como medio a menudo es preferible debido a su disponibilidad y su inocuidad.

El proceso según la invención es particularmente útil cuando el fluido que se va a precalentar es un oxidante rico en oxígeno. Así, el fluido que se va a precalentar puede ser un oxidante con un contenido de oxígeno entre 50% en volumen y 100% en volumen, preferiblemente entre 80% en volumen y 100% en volumen y más preferiblemente de al menos 90% en volumen.

La invención también hace posible combinar el precalentamiento de varios fluidos que se van a precalentar, por ejemplo del oxidante de combustión y del combustible,

pasando a continuación cada fluido que se va a precalentar a través de al menos una tubería dedicada a el fluido que se va a precalentar.

La presente invención puede ser útil para un gran número de tipos de hornos discontinuos, tales como, por ejemplo:

- un horno giratorio para la fundición de hierro colado,
- un horno giratorio para la fundición de metales no ferrosos, preferiblemente para la fundición secundaria de metales no ferrosos,
- 10 • un horno basculante para la fundición de metales no ferrosos, preferiblemente para la fundición secundaria de metales no ferrosos,
- un horno giratorio o basculante para la fundición de esmaltes, o
- 15 • un horno para la fundición de metales de tipo horno de arco eléctrico (EAF, por sus siglas en inglés), preferiblemente para la fundición secundaria de metales.

La sucesión a lo largo del tiempo de las diversas etapas de los ciclos se regula ventajosamente de modo automatizado por medio de una unidad de control.

Durante la etapa de calentamiento, la temperatura a la que se precalienta el fluido se puede regular al regular el caudal del medio dentro de la cámara. Este caudal del medio dentro de la cámara también hace posible evitar grandes variaciones en la temperatura de la primera superficie entre

los gases de escape del conducto y el medio de la cámara y también de la segunda pared entre el fluido en la al menos una tubería y el medio de la cámara durante una etapa de calentamiento. El proceso se describe en la solicitud de  
5 patente coexistente FR 1656584 presentada el 8 de julio de 2016 y se hará uso ventajosamente de una de las modalidades del proceso de precalentamiento descrito en la presente para el precalentamiento del fluido durante la etapa de calentamiento del proceso según la presente invención.

10 La presente invención y las ventajas de la misma se describen con mayor detalle en los ejemplos posteriores, haciéndose referencia a las figuras 1 a 3, en las que:

- la **figura 1**, que es una representación esquemática de un proceso según la invención y de una planta para la puesta  
15 en práctica del mismo, y

- las **figuras 2 y 3** son representaciones esquemáticas del caudal  $D_m$  y de la temperatura de la primera pared durante las diversas etapas del proceso según dos modalidades del proceso según la invención.

20 El horno 1 discontinuo está provisto de al menos un quemador 2 para la combustión de un combustible con un oxidante rico en oxígeno, por ejemplo un oxidante que tiene un contenido de oxígeno de al menos 97% en volumen.

Aunque se muestra un solo quemador en la figura 1, el  
25 horno puede comprender varios de los quemadores 2. La

posición del quemador o los quemadores 2 en el horno depende del tipo de horno y del proceso para el que está destinado el horno. Por ejemplo, en un horno giratorio, es común tener un quemador situado en el extremo o los extremos 5 longitudinales del cilindro que forma el horno giratorio. En un horno de reverbero (no giratorio), el quemador o los quemadores, por ejemplo, se pueden montar en el tejado, en las paredes laterales y/o en las paredes transversales.

El combustible, por ejemplo gas natural, es suministrado 10 por una fuente 43 de combustible y el oxidante por una fuente 45 de oxidante tal como un depósito de oxígeno licuado o una unidad de separación de aire.

Cuando tiene lugar una combustión del combustible con el oxidante en el horno 1, que es el caso durante la etapa de 15 calentamiento y durante la etapa de reanudación, los gases 10 de escape calientes generados por la combustión se descargan del horno 1 a través de un conducto 11.

Una cámara 20 rodea el conducto 11 de descarga de gases de escape.

20 Durante la etapa de calentamiento, un soplador 30 de aire ambiental de velocidad variable introduce un caudal  $D_m > 0$  de aire 31 ambiental en la cámara 20 a fin de crear un flujo de aire en la cámara 20 que está en contracorriente con el flujo de los gases 10 de escape del conducto 11. El caudal 25  $D_m$  de aire ambiental introducido en la cámara 20 está

determinado por la velocidad del soplador 30.

Durante la etapa de calentamiento, el caudal  $D_m$  de aire puede ser constante o variable. Según una modalidad, el caudal  $D_m$  se regula durante la etapa de calentamiento según un método que se describe en la solicitud de patente coexistente FR 1656584.

Una primera pared 21 separa físicamente los gases 10 de escape del conducto 11 del aire de la cámara 20 a fin de permitir un intercambio de calor entre los gases 10 de escape del conducto 11 y el aire de la cámara 20 a través de esta segunda pared 21. El aire de la cámara 20 absorbe así una porción del calor descargado del horno 1 mediante los gases de escape, obteniéndose así aire calentado en la cámara 20.

Todavía durante la etapa de calentamiento, un caudal  $D_f > 0$  del fluido 40 que se va a precalentar se introduce en un haz de tuberías 41 que pasa a través de la cámara 20. La pared externa de las tuberías 41, denominada "segunda pared", separa el fluido de las tuberías 41 físicamente del medio (aire) de la cámara 20. Esta pared 41 funciona como superficie de intercambio de calor entre el aire de la cámara 20 y el fluido que se va a precalentar a fin de obtener, durante la etapa de calentamiento, fluido 42 precalentado. El aire de la cámara 20 actúa por lo tanto como fluido de transferencia de calor entre los gases 10 de

escape calientes del conducto 11 y el fluido que se va a precalentar de las tuberías 41. El caudal  $D_f$  del fluido que se va a precalentar se regula por medio de la válvula 46 situada en la tubería de flujo que conecta la fuente 45 con el haz de tuberías 41.

El fluido 42 precalentado se descarga a continuación del haz de tuberías 41 y se transporta al horno 1, y más particularmente al quemador o los quemadores 2. El aire 32 se descarga de la cámara 20.

En el ejemplo ilustrado, el fluido que se va a precalentar es el oxidante de combustión (oxidante del combustible) procedente de la fuente 45 y fluye en las tuberías 41 en contracorriente con el aire de la cámara 20.

El caudal de combustible enviado al horno 1 (el quemador o los quemadores 2) se regula por medio de la válvula 47 situada sobre la tubería de flujo que conecta la fuente 43 con el quemador o los quemadores 2 del horno 1.

La unidad 60 de control regula:

- el funcionamiento del soplador 30 y por lo tanto el caudal de aire ambiental introducido en la cámara 20,
- la apertura de la válvula 46 y por lo tanto el caudal  $D_f$  de oxidante 40 suministrado al haz de tuberías 41 y desde allí al horno 1, y además
- la apertura de la válvula 47 y por lo tanto el caudal de combustible suministrado al horno 1.

Al final de la etapa de calentamiento, por ejemplo cuando la materia prima presente en el horno 1 está completamente fundida y, cuando sea apropiado, también refinada, la materia prima se puede descargar del horno a fin de permitir  
5 que una nueva materia prima se introduzca en el horno. A continuación, la combustión en el horno 1 se detiene y comienza la etapa de apagado.

La unidad 60 de control ordena a continuación:

- la reducción de la velocidad y típicamente el apagado  
10 del soplador 30 de modo que el caudal  $D_m$  de aire ambiental introducido en la cámara 20 se reduzca en al menos 50%, o incluso descienda hasta cero; el cierre de la válvula 47 de modo que ya no haya suministro de combustible al horno 1; y
- el cierre de la válvula 46 de modo que el caudal  $D_f$   
15 de oxidante enviado al haz de tuberías 41 y desde allí al horno 1 se haga igual a cero.

Debido a la reducción, o incluso la interrupción, durante la etapa de apagado, de la introducción de aire ambiental en la cámara 20, el enfriamiento de la primera pared 21 en  
20 ausencia de gases de escape calientes en el conducto 11 se frena, o incluso se reduce cuando la duración de la etapa de apagado sea suficientemente corta.

También se apunta que, debido al apagado del flujo de oxidante 40 dentro del haz de tuberías 41, también se frena  
25 el enfriamiento de la segunda pared.

Según una modalidad particular, una válvula 48 hace posible cerrar la salida de la cámara 20 a fin de que el aire presente en la cámara 20 en un momento dado permanezca dentro de esta cámara 20.

5 La apertura (y por lo tanto también el cierre) de la válvula 48 también es regulada por la unidad 60 de control. Entonces, es posible retener el aire calentado que está dentro de la cámara 20 al final de la etapa de calentamiento dentro de la cámara 20 durante la etapa de apagado al cerrar  
10 la válvula 48 al principio de la etapa de apagado, frenando así aún más el enfriamiento de la primera y segunda paredes durante la etapa de apagado.

Al principio de la etapa de reanudación que sigue a la etapa de apagado, la unidad de control, se reanuda la  
15 combustión del combustible con el oxidante 42.

Con este propósito, la unidad 60 de control ordena, al principio de la etapa de reanudación:

- la apertura de la válvula 47 a fin de suministrar combustible al horno 1; y
- 20 • la apertura de la válvula 46 a fin de enviar un caudal  $D_f > 0$  de oxidante al haz de tuberías 41 y desde allí al horno 1.

Los gases 10 de escape calientes generados por la combustión en el horno 1 durante la etapa de reanudación se  
25 descargan desde el horno 1 a través del conducto 11 donde

entran en contacto con y calientan la primera pared 21.

Al principio de la etapa de reanudación, la unidad 60 de control incrementa la velocidad del soplador 30 o lo reanuda (si el soplador 30 se apagaba durante la etapa de apagado) de modo que un caudal regulado de aire ambiental  $D_m$  mayor que el caudal  $D_m$  durante la etapa de apagado se suministre a la cámara 20 durante la etapa de reanudación. En caso de que la válvula 48 esté presente y estuviera cerrada durante la etapa de apagado, la unidad de control también abre esta válvula 48 a fin de permitir que el caudal  $D_m$  se descargue después de que haya pasado a través de la cámara 20.

El caudal  $D_m$  de aire ambiental de la cámara 20 durante la etapa de reanudación frena el calentamiento de la primera pared 21 que también está en contacto con los gases 10 de escape descargados.

El caudal  $D_m$  de aire ambiental de la cámara 20 durante la etapa de reanudación se elige de modo que la primera pared 21 se caliente rápidamente sin que la velocidad de calentamiento  $V_{T\uparrow}$  supere el límite superior  $V_{T\uparrow\text{máx}}$  predeterminado.

Según una modalidad, el caudal  $D_m$  durante la etapa de reanudación varía a lo largo del tiempo según una función predeterminada.

Según otra modalidad ilustrada en la figura 1, la primera pared 21 está equipada con un detector 50 de temperatura

(termopar) que detecta una temperatura de la pared 21 en un punto de referencia dado. El detector 50 de temperatura está conectado a la unidad 60 de control que determina la velocidad de calentamiento  $V_{T\uparrow}$  sobre la base de la temperatura detectada. A continuación, la unidad de control regula, por medio del soplador 30, el caudal  $D_m$  de la cámara durante la etapa de reanudación a fin de llevar esta velocidad de calentamiento  $V_{T\uparrow}$  cerca de su límite superior  $V_{T\uparrow\text{máx}}$  sin que sin embargo  $V_{T\uparrow}$  supere  $V_{T\uparrow\text{máx}}$ , por ejemplo al observar un margen predeterminado entre  $V_{T\uparrow}$  y  $V_{T\uparrow\text{máx}}$ .

Al final de la etapa de reanudación, cuando la primera pared 21 ha alcanzado así su temperatura de funcionamiento, la etapa de reanudación acaba y comienza la siguiente etapa de calentamiento.

15 Cuando el proceso según la invención incluye la división del caudal total del fluido suministrado al horno 1 en dos porciones durante la etapa de reanudación según se describe anteriormente, la unidad 60 de control regula ventajosamente esta división del caudal del fluido y el cambio en la relación entre la segunda porción del fluido (que fluye a través del haz de tuberías 41) y el caudal total del fluido durante la etapa de reanudación.

Las figuras 2 y 3 muestran dos posibles perfiles del caudal  $D_m$  durante la etapa de reanudación.

25 La figura 2 muestra esquemáticamente un primer perfil de

Dm durante las diversas etapas del proceso en caso de que el límite superior  $V_{T\uparrow\text{máx}}$  de la velocidad de calentamiento  $V_{T\uparrow}$  de la primera pared 21 sea relativamente bajo con respecto a la temperatura de los gases de escape calientes descargados del

5 horno 1, de forma que se requiera, durante la etapa de reanudación, un alto caudal Dm mayor que el caudal Dm durante la etapa de calentamiento a fin de evitar que la primera pared se fragilice térmicamente durante los ciclos sucesivos del proceso.

10 En el caso de la figura 3, la relación entre el límite superior  $V_{T\uparrow\text{máx}}$  de la velocidad de calentamiento  $V_{T\uparrow}$  de la primera pared 21 y la temperatura de los gases de escape calientes descargados del horno 1 es superior, de modo que es posible usar, durante la etapa de reanudación, un caudal

15 Dm inferior que el caudal Dm durante la etapa de calentamiento a fin de evitar un calentamiento demasiado rápido de la primera pared 21.

Al llevar a cabo así con seguridad un enfriamiento controlado y un calentamiento controlado de la primera pared

20 21 entre dos etapas de calentamiento, la invención hace posible beneficiarse de las ventajas del precalentamiento del oxidante y/o del combustible mediante intercambio de calor indirecto con los gases de escape descargados sin experimentar pérdidas de tiempo inaceptables normalmente

25 asociadas con el calentamiento y el enfriamiento operativos

del intercambiador o los intercambiadores de calor.

Según se indica anteriormente, es esencial que un enfriamiento o un (re)calentamiento del intercambiador tenga lugar gradualmente y de un modo controlado a fin de evitar choques térmicos que sean capaces de generar fugas en el intercambiador de calor. Por lo tanto, el enfriamiento y el calentamiento requerirían un tiempo considerable que generalmente supera el tiempo necesario para la descarga y la recarga del horno.

Por esta razón, el precalentamiento del oxidante y/o del combustible aguas arriba del horno mediante intercambio indirecto con los gases de escape descargados del horno normalmente no es rentable para un horno discontinuo, cuyo funcionamiento incluye una etapa de apagado durante cada ciclo.

También se apunta que los hornos discontinuos son generalmente de un tamaño relativamente pequeño en comparación con los tamaños que pueden alcanzar los hornos continuos para el mismo tipo de proceso: por ejemplo, hornos de fusión de vidrio discontinuos en comparación con un horno de fusión de vidrio de tipo flotante. Por lo tanto, la inversión en una planta para precalentar mediante intercambio indirecto con los gases de escape calientes descargados es relativamente mayor (en comparación con el precio del horno y la producción) para un horno discontinuo

que para un horno continuo. Hasta ahora, la amortización de la planta para el precalentamiento mediante intercambio indirecto no era así posible a lo largo de una duración aceptable para hornos discontinuos.

5 Sin embargo, al llevar a cabo con seguridad un enfriamiento controlado y un calentamiento controlado de la primera pared entre dos etapas de calentamiento, la invención hace posible beneficiarse de las ventajas del precalentamiento del oxidante y/o del combustible mediante  
10 intercambio de calor indirecto con los gases de escape descargados sin experimentar pérdidas de tiempo inaceptables normalmente asociadas con el calentamiento y el enfriamiento operativos del intercambiador o los intercambiadores de calor.

15 Así, la presente invención hace, por primera vez, eficaz y rentable para hornos discontinuos el precalentamiento del oxidante y/o del combustible mediante intercambio de calor indirecto con los gases de escape.

Se hace constar que con relación a esta fecha, el mejor  
20 método conocido por la solicitante para llevar a la práctica la citada invención, es el que resulta claro de la presente descripción de la invención.

**REIVINDICACIONES**

Habiéndose descrito la invención como antecede, se reclama como propiedad lo contenido en las siguientes  
5 reivindicaciones:

1. Un proceso para hacer funcionar un horno que comprende una etapa de calentamiento, en donde:

(c) un combustible y un oxidante se suministran al horno y el horno se calienta mediante la combustión del  
10 combustible con el oxidante con generación de calor y gases de escape, descargándose los gases de escape del horno a través de un conducto y

(d) al menos un fluido elegido del combustible y el oxidante se precalienta aguas arriba del horno:

15 • al introducir un caudal  $D_m > 0$  de un medio líquido o gaseoso en una cámara y al calentar el medio mediante intercambio de calor con los gases de escape del conducto a través de una primera pared que separa el medio de la cámara de los gases de escape del conducto, obteniéndose un medio  
20 calentado, y

• al introducir un caudal  $D_f > 0$  del fluido que se va a precalentar en al menos una tubería a fin de precalentar el fluido mediante intercambio de calor con el medio calentado en la cámara a través de una segunda pared que separa el  
25 fluido en la al menos una tubería del medio calentado de la

cámara y que tiene una temperatura denominada temperatura de funcionamiento;

caracterizado porque:

• comprende ciclos repetidos de la etapa de calentamiento, seguidos por una etapa de apagado y por una etapa de reanudación,

• durante la etapa de apagado:

o se interrumpen el suministro del combustible y del oxidante al horno, la combustión del combustible con el oxidante en el horno y la descarga de gases de escape desde el horno a través del conducto; y

o el caudal  $D_m$  del medio en la cámara no supera 50%, preferiblemente no supera 75% y más preferiblemente no supera 90% del caudal  $D_m$  durante la etapa de calentamiento; y

• durante la etapa de reanudación:

o se reanuda el suministro del combustible y del oxidante al horno, la combustión del combustible con el oxidante en el horno y la descarga de gases de escape desde el horno a través del conducto; y

o se introduce en la cámara un caudal  $D_m$  del medio que es mayor que el caudal  $D_m$  durante la etapa de apagado y el caudal  $D_m$  se regula a fin de limitar la velocidad de calentamiento de la primera pared durante la etapa de reanudación hasta que la primera pared alcanza la temperatura

de funcionamiento al final de la etapa de reanudación.

2. El proceso de funcionamiento de conformidad con la reivindicación 1, caracterizado porque, durante la etapa de apagado, el caudal  $D_m = 0$ .

5        3. El proceso de conformidad con cualquiera de las reivindicaciones precedentes, caracterizado porque, durante la etapa de reanudación, el caudal  $D_m$  asciende por encima del caudal  $D_m$  durante la etapa de calentamiento a fin de volver a continuación al caudal  $D_m$  de la etapa de calentamiento al  
10 final de la etapa de reanudación.

4. El proceso según cualquiera de las reivindicaciones 1 y 2, caracterizado porque, durante la etapa de reanudación, el caudal  $D_m$  no supera el caudal  $D_m$  durante la etapa de calentamiento.

15        5. El proceso de conformidad con una de las reivindicaciones precedentes, caracterizado porque el caudal  $D_m$  durante la etapa de reanudación se regula de modo que durante la etapa de reanudación la primera pared se caliente a una velocidad de calentamiento  $V_{T\uparrow}$  que es menor que o igual a  
20 un límite superior  $V_{T\uparrow\text{máx}}$  predeterminado.

6. El proceso de conformidad con cualquiera de las reivindicaciones precedentes, caracterizado porque, durante la etapa de reanudación, el caudal  $D_m$  cambia según una función predeterminada.

25        7. El proceso de conformidad con cualquiera de las

reivindicaciones 1 a 5, caracterizado porque, durante la etapa de reanudación:

- se detecta una temperatura de la primera pared y
  - el caudal  $Dm$  se regula como una función de la
- 5 velocidad de calentamiento  $V_T \uparrow$  determinada a partir de la temperatura detectada.

8. El proceso de conformidad con cualquiera de las reivindicaciones precedentes, caracterizado porque la etapa de calentamiento es una etapa del tratamiento de una materia

10 prima en el horno, preferiblemente una etapa de fusión o recalentamiento de la materia prima.

9. El proceso de conformidad con la reivindicación 8, caracterizado porque, durante la etapa de apagado, la materia prima calentada se descarga del horno y una materia prima que

15 se va a calentar se introduce en el horno.

10. El proceso de conformidad con cualquiera de las reivindicaciones precedentes, caracterizado porque el medio es un medio gaseoso elegido preferiblemente de aire, nitrógeno,  $CO_2$  o vapor de agua, más preferiblemente aire.

20 11. El proceso de conformidad con una de las reivindicaciones precedentes, caracterizado porque el fluido que se va a precalentar es un oxidante con un contenido de oxígeno de 50% en volumen y 100% en volumen, preferiblemente entre 80% en volumen y 100% en volumen.

25 12. El proceso de conformidad con una de las

reivindicaciones 1 a 10, caracterizado porque el oxidante y el combustible se precalientan durante la etapa de calentamiento.

13. El proceso de conformidad con cualquiera de las reivindicaciones precedentes, caracterizado porque el horno se  
5 elige de hornos giratorios para la fundición de hierro colado, hornos giratorios para la fundición de metales no ferrosos, hornos basculantes para la fundición de metales no ferrosos, hornos giratorios o basculantes para la fundición de esmaltes y hornos para la fundición de metales de tipo horno de arco  
10 eléctrico.

14. El proceso de conformidad con una de las reivindicaciones precedentes, caracterizado porque, durante la etapa de reanudación, el fluido se divide en dos porciones: una primera porción y una segunda porción,

15 • suministrándose la primera porción del fluido directamente al horno sin pasar a través de la al menos una tubería y

• suministrándose la segunda porción del fluido al horno después de haber pasado a través de la al menos una tubería.

20 15. El proceso de conformidad con la reivindicación 14, caracterizado porque la relación entre, por una parte, la segunda porción del fluido y, por otra parte, la suma de la primera porción del fluido y la segunda porción del fluido se incrementa durante la etapa de inicio.

25

**RESUMEN DE LA INVENCION**

Método para poner en funcionamiento un horno 1, que comprende ciclos consecutivos que consisten en una etapa de calentamiento, una etapa de apagado y una etapa de reanudación que conecta la etapa de apagado y la etapa de calentamiento posterior, en donde al menos un fluido (40) seleccionado del combustible y el agente oxidante se precalienta aguas arriba del horno (1) mediante intercambio indirecto con los humos (10) descargados a través de un medio (31) que pasa a través de una cámara (20), separándose los humos (10) del medio (31) en la cámara (20) mediante una primera pared (21), y separándose el fluido (40) que se va a precalentar en medio (31) de la cámara mediante una segunda pared; y en donde el caudal  $D_m$  del medio (31) en la cámara (20) no supera 0%, preferiblemente 75% y más preferiblemente 90% del caudal  $D_m$  del medio (31) en la cámara (20) durante la etapa de calentamiento; y, durante la etapa de reanudación, el caudal  $D_m$  del medio (31) en la cámara es superior que el caudal  $D_m$  durante la etapa de apagado y se ajusta a fin de limitar la velocidad de calentamiento de la primera pared (21) durante la etapa de reanudación hasta que la primera pared (21) alcance, al final de la etapa de reanudación, la temperatura de funcionamiento de la primera pared (21) durante la etapa de calentamiento.



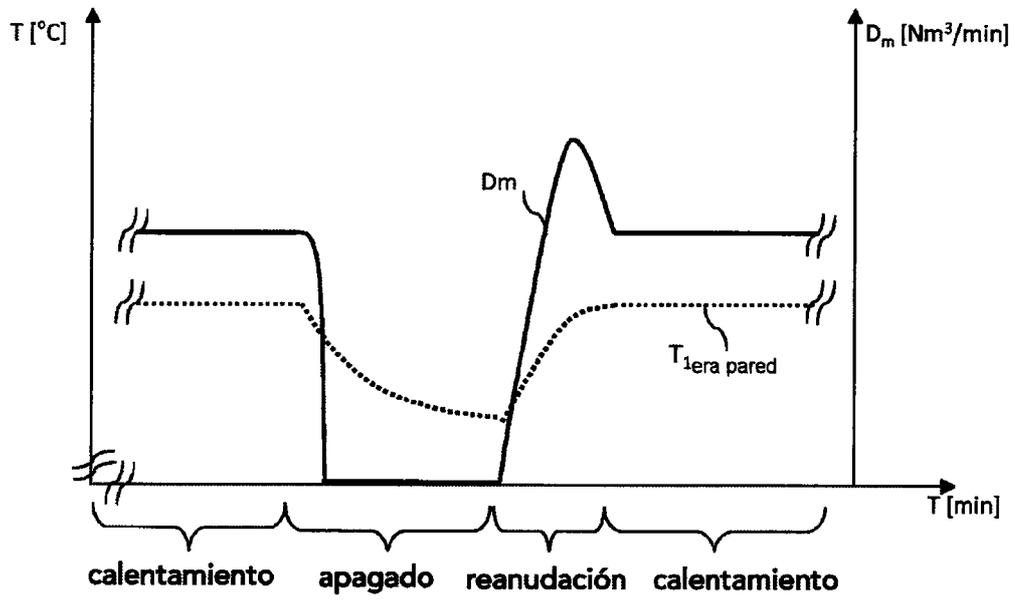


Figura 2

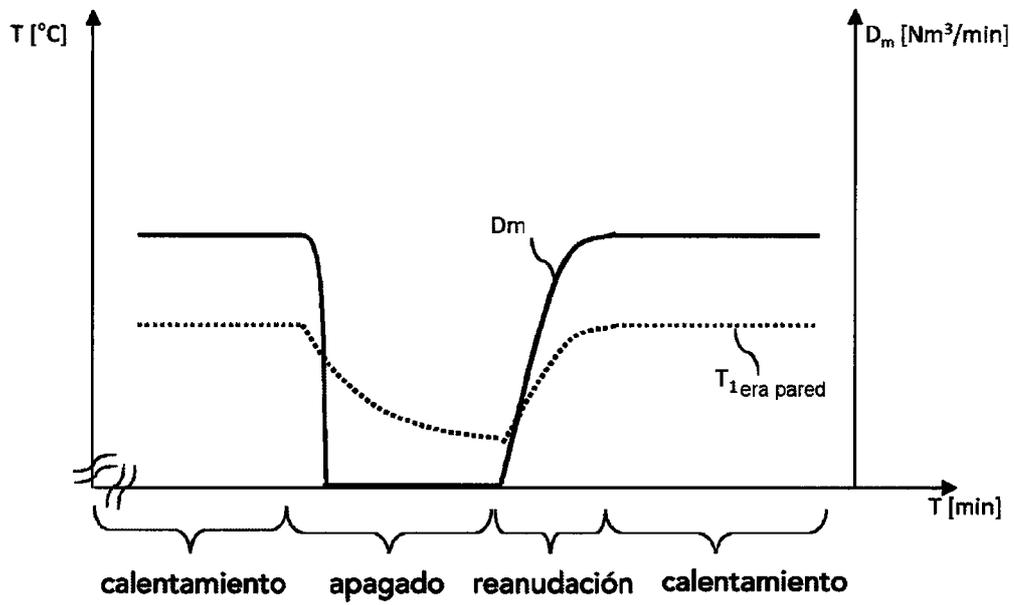


Figura 3