

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 908 444**

51 Int. Cl.:

F23L 15/04 (2006.01)
F27D 17/00 (2006.01)
F27B 3/20 (2006.01)
F27B 3/22 (2006.01)
F27B 7/34 (2006.01)
F27B 7/36 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **29.06.2017** **PCT/FR2017/051740**

87 Fecha y número de publicación internacional: **11.01.2018** **WO18007721**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **29.06.2017** **E 17742818 (2)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **22.12.2021** **EP 3482130**

54 Título: **Proceso de funcionamiento de un horno discontinuo con precalentamiento de un fluido
aguas arriba del horno**

30 Prioridad:

08.07.2016 FR 1656588

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la
traducción de la patente:
29.04.2022

73 Titular/es:

**L'AIR LIQUIDE, SOCIÉTÉ ANONYME POUR
L'ETUDE ET L'EXPLOITATION DES PROCÉDÉS
GEORGES CLAUDE (100.0%)
75, Quai d'Orsay
75007 Paris, FR**

72 Inventor/es:

**JARRY, LUC y
VAN KAMPEN, PETER**

74 Agente/Representante:

LEHMANN NOVO, María Isabel

ES 2 908 444 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín Europeo de Patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre Concesión de Patentes Europeas).

DESCRIPCIÓN

Proceso de funcionamiento de un horno discontinuo con precalentamiento de un fluido aguas arriba del horno

5 La presente invención se refiere al precalentamiento de un fluido corriente arriba de un horno mediante intercambio térmico con humos evacuados del horno.

Se sabe que el calor presente en los gases de escape se utiliza para precalentar el aire de combustión aguas arriba del horno por medio de regeneradores que funcionan ciclando:

10 (a) enviando primero los gases a través de un regenerador para calentar el regenerador y (b) siendo calentado acto seguido el aire de combustión pasando a través del regenerador calentado de este modo. Por lo tanto, los gases de escape y el aire de combustión pasan a través un mismo volumen en el interior de los regeneradores, pero en momentos distintos. Por razones de seguridad, un proceso de este tipo en el que los gases calientes y el medio a calentar pasan a través del mismo volumen no es adecuado para el precalentamiento de un combustible u comburente rico en oxígeno.

También es conocido precalentar un comburente de combustión y/o un combustible aguas arriba de un horno mediante el intercambio térmico con los gases de escape en uno o más intercambiadores de calor (a menudo denominados recuperadores) en los que los gases de escape y el fluido a calentar circulan en circuitos separados. Entonces, es necesario garantizar la estanqueidad entre el circuito del fluido a precalentar y el circuito de los gases de escape para evitar cualquier contacto directo entre los gases y el fluido. En el presente contexto, los términos "intercambio térmico" o "intercambio de calor" hacen referencia a procesos de este tipo en los que el fluido caliente y el fluido a calentar circulan en circuitos separados sin mezclarse ni entrar en contacto directo entre los dos fluidos.

25 Se hace una distinción entre el intercambio térmico directo y el intercambio térmico indirecto.

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

30 Por intercambio térmico indirecto se entiende un intercambio térmico en dos etapas de intercambio directo a través de un fluido intermedio.

35 La empresa Air Liquide ha desarrollado e industrializado una tecnología de precalentamiento de este tipo que es particularmente fiable y adecuada para el precalentamiento de un comburente con un alto contenido de oxígeno mediante el intercambio térmico indirecto entre el fluido a precalentar y los gases de escape del horno. De este modo, en la tecnología de precalentamiento de la empresa Air Liquide:

- 40 • se calienta un fluido intermedio mediante el intercambio térmico directo con los gases a través de una primera pared en una primera etapa y
- se precalienta(n), en una segunda etapa, el oxígeno de combustión (y si es necesario también el combustible) mediante el intercambio térmico directo con el medio intermedio calentado en la primera etapa a través de una segunda pared.

45 Una tecnología de este tipo se describe en el documento WO 2006/054015. Esta tecnología permite ganar considerablemente en eficiencia en el caso de los hornos que generen de forma continua un caudal suficiente de gases calientes que permitan el precalentamiento del oxígeno y/o del combustible a una temperatura deseada.

50 Por razones de seguridad, es importante evitar las fugas entre los diferentes circuitos. Las fugas de este tipo pueden ser debidas a choques térmicos y, en particular, a cambios bruscos y repetidos de temperatura que pueden debilitar las paredes y las juntas de los intercambiadores de calor.

55 Los gases de escape de un horno industrial pueden alcanzar fácilmente temperaturas entre 600 °C y 1550 °C. Por lo tanto, el o los intercambiadores de calor se deben llevar lenta y de forma progresiva a su temperatura de funcionamiento, es decir, las diferentes partes del intercambiador o intercambiadores de calor se deben llevar de forma progresiva a la temperatura que tendrán durante el precalentamiento del fluido.

60 De manera similar, es conveniente llevar el o los intercambiadores de forma gradual a la temperatura ambiente cuando la combustión en el horno se detenga y ya no haya evacuación de gases calientes del horno.

Un calentamiento de este tipo y un enfriamiento de este tipo del intercambiador o intercambiadores de calor puede llevar un tiempo no despreciable.

65 En la industria se hace distinción entre los hornos continuos y los hornos discontinuos.

Los hornos continuos se calientan de forma continua durante toda la campaña, que puede durar meses o incluso años.

En cambio, el funcionamiento de los hornos discontinuos se caracteriza por la repetición de ciclos:

- 5 a) de una etapa de calentamiento, durante la cual el horno se calienta mediante la combustión de un combustible con un comburente, con generación de calor y gases calientes, siendo dichos gases calientes evacuados del horno a través de una canalización de evacuación; y
- 10 b) de una etapa de parada durante la cual se interrumpe la combustión del combustible con el comburente en el horno y la evacuación de gases calientes del horno a través de la canalización.

Esta alternancia entre periodos con y sin producción de gases calientes hace que los métodos conocidos para el precalentamiento de un reactivo de combustión mediante el intercambio térmico con los gases de escape en uno o más intercambiadores no sean adecuados para su utilización en un horno discontinuo, ya que conducen a variaciones de temperatura significativas, repentinas y repetidas, en particular a nivel de la pared que separa los gases de escape de, respectivamente, el fluido a calentar o el fluido intermedio.

Un objetivo de la presente invención es proporcionar una tecnología de precalentamiento indirecto que sea adecuada para los hornos discontinuos. Más concretamente, la presente invención tiene por objetivo proporcionar una recuperación de calor fiable y eficaz de los gases de escape para los hornos discontinuos por medio de la tecnología de precalentamiento indirecto.

Para ello, la invención proporciona un proceso de funcionamiento de un horno que comprende una etapa de calentamiento durante la cual se aplica la tecnología de precalentamiento indirecto descrita anteriormente. De este modo, durante la etapa de calentamiento:

- (a) se suministra un combustible y un comburente al horno y el horno se calienta mediante la combustión del combustible con el comburente con la generación de calor y gases de combustión, siendo los gases evacuados del horno a través de una canalización y
- 30 (b) se precalienta al menos un fluido seleccionado entre el combustible y el comburente aguas arriba del horno por medio de los gases de escape del horno:
 - 35 • introduciendo un caudal D_m (>0) de un medio líquido o gaseoso en una cámara y calentando dicho medio mediante el intercambio térmico con los gases en la canalización a través de una primera pared que separa el medio en la cámara de los gases en la canalización con la obtención de un medio calentado, teniendo entonces la primera pared una temperatura denominada "temperatura de funcionamiento"; y
 - 40 • introduciendo un caudal D_f (>0) del fluido a precalentar en al menos un conducto para precalentar el fluido mediante el intercambio térmico con el medio calentado en la cámara a través de una segunda pared que separa el fluido en el al menos un conducto del medio calentado en la cámara

El proceso de funcionamiento del horno tiene ciclos repetidos de la etapa de calentamiento descrita anteriormente, seguida de una etapa de parada y una etapa de reinicio, siendo la etapa de reinicio el puente entre la etapa de parada y la etapa de calentamiento posterior.

Durante la etapa de parada:

- 50 • el suministro de combustible y comburente al horno y la combustión del combustible con el comburente en el horno se interrumpen, así como, por supuesto, la evacuación de gases del horno a través de la canalización.

De acuerdo con la invención, desde el comienzo de cada etapa de parada, es decir, cuando se detiene la combustión del combustible en el horno, y durante toda la etapa de parada, el caudal D_m del medio en la cámara se reduce al menos en un 50 %, preferiblemente en al menos un 75 % y aún más preferiblemente en al menos un 90 %. En particular, el caudal D_m del medio en la cámara se puede detener ($D_m = 0$) desde el principio de cada etapa de parada. Al ralentizar, o incluso limitar, el enfriamiento de la pared (primera pared) que separa los gases de escape en la canalización del fluido intermedio, se evitan los choques térmicos a nivel de esta primera pared al inicio de cada etapa de parada.

Asimismo, de acuerdo con la invención, la combustión en el horno del combustible con el comburente y la evacuación de los gases a través de la canalización se reinician al principio de la etapa de reinicio. El caudal D_m del medio en la cámara se incrementa simultáneamente de manera controlada y acto seguido se regula de manera que se limita la velocidad de calentamiento de la pared (primera pared) que separa los gases de escape en la canalización del medio

intermedio en la cámara hasta que la primera pared alcanza la temperatura de funcionamiento al inicio 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: $\frac{|\Delta T|}{|\Delta t|}$

5 y se expresan en K/s.

Para evitar la fragilidad térmica del intercambiador de calor a nivel de la primera pared, la velocidad de enfriamiento $V_{T\downarrow}$ y la velocidad de calentamiento $V_{T\uparrow}$ no deben superar sus respectivos límites superiores $V_{T\downarrow\max}$ y $V_{T\uparrow\max}$. Estos límites superiores $V_{T\downarrow\max}$ y $V_{T\uparrow\max}$ pueden ser iguales o diferentes (en valores absolutos). Dependen de los materiales que forman la primera pared, así como de las conexiones (por ejemplo, las soldaduras) que unen la primera pared con el resto del intercambiador de calor. De hecho, algunos materiales o combinaciones de materiales soportan mejor los cambios de temperatura que otros.

Al regular, de la manera descrita anteriormente, el caudal D_m del fluido intermedio durante las etapas de parada y de reinicio, es posible limitar y ralentizar el enfriamiento de la primera pared durante la etapa de parada, de manera que $V_{T\downarrow}$ no supere $V_{T\downarrow\max}$, así como limitar la velocidad de calentamiento $V_{T\uparrow}$ de la primera pared de manera que no supere $V_{T\uparrow\max}$, limitando al mismo tiempo el tiempo necesario para que la primera pared alcance su temperatura de funcionamiento. La invención permite de este modo beneficiarse con total seguridad de las ventajas energéticas del precalentamiento del combustible o del agente oxidante con el calor presente en los gases de escape en la instalación de un horno discontinuo, limitando al mismo tiempo las pérdidas de tiempo asociadas al calentamiento necesariamente controladas (de la primera pared) del intercambiador de calor.

Los criterios utilizados para la selección de la evolución del caudal D_m del fluido intermedio durante la etapa de reinicio son: lograr una alta velocidad de calentamiento $V_{T\uparrow}$ de la primera pared respetando al mismo tiempo el límite superior $V_{T\uparrow\max}$ de dicha velocidad de calentamiento.

Cuando la primera pared es bastante sensible a los choques térmicos, es decir, cuando $V_{T\uparrow\max}$ es relativamente bajo, y/o cuando la temperatura de los gases de escape del horno alcanza un nivel significativo, lo que implica un riesgo importante de aumento rápido de la temperatura de la primera pared, el caudal D_m del fluido intermedio se puede aumentar durante la etapa de reinicio hasta un nivel superior al caudal D_m del fluido intermedio al inicio de las etapas de calentamiento, antes de reducir el caudal D_m a este último nivel al inicio de la etapa de calentamiento siguiente.

Cuando, por el contrario, el riesgo de fragilidad térmica de la primera pared es relativamente bajo, $V_{T\uparrow\max}$ es relativamente alto y/o la temperatura de los gases de escape es relativamente baja, D_m puede permanecer por debajo del caudal D_m al principio de las etapas de calentamiento durante la etapa de reinicio.

Cabe señalar que, durante las etapas de calentamiento, la primera pared tiene normalmente un perfil de temperatura en la circulación de los gases de escape. El término "temperatura de funcionamiento", tal como se utiliza en este contexto, hace referencia por lo tanto a la temperatura de la pared en una ubicación específica de la primera pared elegida como punto de referencia.

De acuerdo con una primera forma de realización, el caudal D_m varía durante las etapas de reinicio dependiendo de una función predeterminada. Esta función se puede predeterminar de manera experimental o mediante cálculo (balance energético).

De acuerdo con otra forma de realización, se detecta el gradiente (evolución en el tiempo) de una temperatura de la primera pared (por ejemplo, por medio de un termopar) y se regula el caudal D_m en función de la velocidad de calentamiento $V_{T\uparrow}$ de la primera pared determinada de este modo, respetando los criterios descritos anteriormente.

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

La etapa de parada puede incluir una etapa de descarga del horno (total o parcialmente) (evacuación de la carga después del tratamiento térmico) seguida de una introducción de una nueva carga (total o parcialmente) en el horno.

Como ya se indicó anteriormente, la segunda pared, que no está en contacto directo con los gases de escape calientes del horno, está sujeta a variaciones de temperatura menos significativas. Por lo tanto, la regulación de la evolución de la temperatura de esta segunda pared en el curso del 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 reinicio, suministrando durante esta etapa de reinicio al menos una parte del fluido directamente al horno, sin que ésta al menos una parte del fluido pase a través del al menos un conducto del dispositivo de precalentamiento descrito anteriormente. De acuerdo con una posible forma de realización, el fluido suministrado al horno durante la etapa de reinicio se divide en dos partes: una primera parte y una segunda parte. La primera parte del fluido se suministra directamente al horno sin pasar a través del al menos un conducto dedicado a dicho fluido. La

segunda parte del fluido se suministra al horno después de pasar a través del al menos un conducto. El intercambio térmico entre el medio en la cámara y el fluido a través de la segunda pared se limita entonces a la segunda parte del fluido. Ventajosamente, la relación entre (a) la segunda parte y (b) la suma de la primera parte y la segunda parte del fluido (es decir, el caudal total del fluido suministrado al horno) aumenta en el curso de la etapa de puesta en marcha.

Preferiblemente, al final de la etapa de reinicio, la segunda parte del fluido corresponde a un caudal de fluido precalentado que se suministra al horno al comienzo de la etapa de calentamiento que sigue a la etapa de reinicio. Limitando de este modo la cantidad de fluido que pasa a través del al menos un conducto durante al menos el comienzo de la etapa de reinicio, las variaciones de temperatura (enfriamiento y calentamiento) de la segunda pared se reducen y se hacen más graduales durante la etapa de reinicio. De acuerdo con una forma de realización particular, la segunda parte es igual a cero al comienzo de la etapa de reinicio. En otras palabras, todo el fluido suministrado al horno pasa por al menos un conducto del dispositivo de precalentamiento. Al final de la etapa de reinicio, la primera parte es de forma ventajosa igual a cero, es decir, todo el fluido suministrado al horno pasa a través del al menos un conducto del dispositivo de precalentamiento aguas arriba del horno.

Normalmente, durante la etapa de parada se evacua una carga calentada del horno y se introduce una carga a calentar en el horno.

El medio utilizado como medio caloportador para el calentamiento del fluido mediante el intercambio indirecto con los gases de escape es útilmente un medio gaseoso y, en particular, un medio gaseoso seleccionado entre aire, nitrógeno, CO₂ o vapor. La utilización de aire como medio es frecuentemente preferible debido a su disponibilidad y su inocuidad.

El proceso de acuerdo con la invención es particularmente útil cuando el fluido a precalentar es un comburente rico en oxígeno. De este modo, el fluido a precalentar puede ser un comburente con un contenido de oxígeno entre el 50 % en volumen y el 100 % en volumen, preferiblemente entre el 80 % en volumen y el 100 % en volumen y más preferiblemente al menos el 90 % en volumen.

La invención permite también combinar el precalentamiento de varios fluidos que se van a precalentar, por ejemplo, un oxidante de combustión y un combustible, atravesando entonces cada fluido que se va a precalentar al menos un conducto específico para dicho 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 de fusión para hierro fundido,
- un horno giratorio de fusión para metales no ferrosos, preferiblemente de fusión secundaria para metales no ferrosos,
- el horno basculante de fusión para metales no ferrosos, preferiblemente para la fusión secundaria de metales no ferrosos,
- un horno giratorio o basculante para la fusión de esmaltes, o
- un horno de fusión para metales del tipo horno de arco eléctrico (en inglés: Electric Arc Furnace o EAF), preferiblemente un segundo horno de fusión para metales.

La sucesión en el tiempo de las diferentes etapas individuales de los ciclos se regula de forma ventajosa de manera automatizada por medio de una unidad de control.

Durante la etapa de calentamiento, la temperatura a la que se precalienta el fluido se puede regular mediante la regulación del caudal del medio en el interior de la cámara. Este caudal del medio en el interior de la cámara también permite evitar variaciones significativas en la temperatura de la primera superficie entre los gases en la canalización y el medio en la cámara, así como de la segunda pared entre el fluido en el al menos un conducto y el medio en la cámara durante una etapa de calentamiento. Un proceso de este tipo se describe en la solicitud de patente FR 1656584 presentada el 8 de julio de 2016.

La presente invención y sus ventajas se describen con más detalle en los siguientes ejemplos, haciendo referencia a las figuras 1 a 3, en las que:

- la figura 1, es una representación esquemática de un proceso de acuerdo con la invención y de una instalación para su implementación, y
- las figuras 2 y 3 son representaciones esquemáticas del caudal Dm y de la temperatura de la primera pared durante las diferentes etapas del proceso de acuerdo con dos formas de realización del proceso de acuerdo con la invención.

El horno discontinuo 1 está equipado con al menos un quemador 2 para la combustión de un combustible con un comburente rico en oxígeno, por ejemplo, un comburente con un contenido de oxígeno de al menos el 97 % en volumen.

Aunque en la figura 1 sólo se muestra un quemador, el horno puede tener varios quemadores 2 de este tipo. La posición del quemador o quemadores 2 en el horno depende del tipo de horno y del proceso al que se destina el horno. Por ejemplo, en un horno giratorio, es común tener un quemador colocado en el o los extremos longitudinales del cilindro que constituye el horno giratorio. En un horno de reverbero (no giratorio), el quemador o quemadores se pueden montar, por ejemplo, en el techo, en las paredes laterales y/o en las paredes transversales.

El combustible, por ejemplo, el gas natural, se suministra mediante una fuente de combustible 43 y el comburente mediante una fuente de comburente 45 tal como un tanque de oxígeno licuado o una unidad de separación de gases del aire.

Cuando tiene lugar la combustión del combustible con el comburente en el horno 1, lo que ocurre durante la etapa de calentamiento y durante la etapa de reinicio, es que los gases calientes 10 generados por la combustión son evacuados del horno 1 a través de una canalización 11.

Una cámara 20 rodea la canalización de evacuación de los humos 11.

Durante la etapa de calentamiento, una soplante de aire ambiente de velocidad variable 30 introduce un caudal $D_m > 0$ de aire ambiente 31 en la cámara 20 para crear una circulación de aire en la cámara 20 en contracorriente con la circulación de los gases 10 en la canalización 11. El caudal D_m de aire ambiente introducido en la cámara 20 está determinado por la velocidad de la soplante 30.

Durante la fase de calentamiento, el caudal de aire D_m puede ser constante o variable.

Una primera pared 21 separa físicamente los gases 10 en la canalización 11 del aire en la cámara 20 para permitir un intercambio térmico entre los gases 10 en la canalización 11 y el aire en la cámara 20 a través de esta segunda pared 21. El aire en la cámara 20 absorbe de este modo una parte del calor evacuado del horno 1 por los gases, obteniendo aire calentado en la cámara 20.

También durante la etapa de calentamiento, un caudal $D_f > 0$ del fluido a precalentar 40 se introduce en un haz de conductos 41 que pasa a través de la cámara 20. La pared exterior de dichos conductos 41, denominada "segunda pared", separa físicamente el fluido en los conductos 41 del medio (aire) en la cámara 20. Esta pared 41 funciona como superficie de intercambio de calor entre el aire de la cámara 20 y el fluido a precalentar para obtener, durante la etapa de calentamiento, fluido precalentado 42. El aire en la cámara 20 tiene por lo tanto el papel de fluido portador de calor entre los humos calientes 10 en la canalización 11 y el fluido que se va a precalentar en los conductos 41. El caudal D_f del fluido a precalentar se regula por medio de la válvula 46 situada en el conducto de circulación que conecta la fuente 45 con el haz de conductos 41.

Acto seguido, el fluido precalentado 42 se evacua del haz de conductos 41 y se introduce en el horno 1, y más concretamente en el quemador o quemadores 2. El aire 32 se evacua de la cámara 20.

En el ejemplo ilustrado, el fluido a precalentar es el comburente de combustión (agente oxidante) procedente de la fuente 45 y circula en los conductos 41 a contracorriente con el aire de la cámara 20.

El caudal de combustible dirigido hacia el horno 1 (el quemador o quemadores 2) se regula por medio de la válvula 47 situada en el conducto de circulación que conecta la fuente 43 con el quemador o quemadores 2 del horno 1.

La unidad de control 60 regula:

- el funcionamiento de la soplante 30 y, por lo tanto, el caudal de aire ambiente introducido en la cámara 20,
- la apertura de la válvula 46 y, por lo tanto, el caudal D_f de comburente 40 suministrado al haz de conductos 41 y de ahí al horno 1, así como
- 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 carga presente en el horno 1 está completamente fundida y, si es necesario, también refinada, la carga se puede evacuar del horno con el fin de permitir la introducción de una nueva carga en el horno. A continuación, se detiene la combustión en el horno 1 y se inicia la etapa de parada.

La unidad de control 60 controla entonces:

- la reducción de la velocidad y, normalmente, la parada de la soplante 30 para que el caudal D_m de aire ambiente introducido en la cámara 20 se reduzca al menos en un 50 % o incluso llegue a cero; el cierre de la válvula 47 para que no haya más suministro de combustible al horno 1; y

- el cierre de la válvula 46 para que el caudal D_f de comburente dirigido hacia el haz de conductos 41 y de ahí al horno 1 sea también cero.

Debido a la reducción o incluso la interrupción de la introducción de aire ambiente en la cámara 20 durante la etapa de parada, el enfriamiento de la primera pared 21 en ausencia de gases calientes en la canalización 11 se ralentiza o incluso se reduce cuando la duración de la etapa de parada es suficientemente corta.

También se observa que, debido a la parada de la circulación de comburente 40 en el interior del haz de conductos 41, el enfriamiento de la segunda pared también se ralentiza.

- De acuerdo con una forma de realización particular, una válvula 48 permite cerrar la salida de la cámara 20 de manera que el aire presente en la cámara 20 en un momento dado permanezca en el interior de la cámara 20.

La apertura (y por lo tanto también el cierre), de la válvula 48 también se regula mediante la unidad de control 60. Entonces es posible mantener el aire calentado que se encuentra en el interior de la cámara 20 al final de la etapa de calentamiento en el interior de la cámara 20 durante la etapa de parada, cerrando la válvula 48 al principio de la etapa de parada, ralentizando de este modo aún más el enfriamiento de las paredes primera y segunda durante la etapa de parada.

Al comienzo de la etapa de reinicio que sigue a la etapa de parada, la unidad de control reinicia la combustión del combustible con el comburente 42.

Para ello, la unidad de control 60 ordena al principio de la etapa de reinicio:

- la apertura de la válvula 47 para suministrar combustible al horno 1; y
- la apertura de la válvula 46 para dirigir un caudal $D_f > 0$ de comburente hacia el haz de conductos 41 y de ahí al horno 1.

Los gases calientes 10 generados por la combustión en el horno 1 durante la etapa de reinicio se evacúan del horno 1 a través de la canalización 11, donde entran en contacto y calientan la primera pared 21.

Al comienzo de la etapa de reinicio, la unidad de control 60 aumenta la velocidad de la soplante 30 o la vuelve a poner en marcha (si la soplante 30 estaba parada durante la etapa de parada), de manera que durante la etapa de reinicio se suministra a la cámara 20 un caudal de aire ambiente D_m regulado y superior que el caudal D_m durante la etapa de parada. En el caso de que la válvula 48 esté presente y se haya cerrado durante la etapa de parada, la unidad de control también abre esta válvula 48 con el fin de permitir que el caudal D_m se evacue después de su paso a través de la cámara 20.

El caudal D_m de aire ambiente en la cámara 20 durante la etapa de reinicio ralentiza el calentamiento de la primera pared 21 que también está en contacto con los gases de escape 10.

El caudal D_m de aire ambiente en la cámara 20 durante la etapa de reinicio se elige de manera que la primera pared 21 se caliente rápidamente sin que la velocidad de calentamiento $V_{T\uparrow}$ supere el límite superior predeterminado $V_{T\uparrow\max}$.

De acuerdo con una forma de realización, el caudal D_m durante la etapa de reinicio varía con el tiempo de acuerdo con una función predeterminada.

De acuerdo con otra forma de realización ilustrada en la figura 1, la primera pared 21 se equipa con un detector de temperatura 50 (termopar) que detecta una temperatura de la pared 21 en un punto de referencia determinado. El detector de temperatura 50 se conecta a la unidad de control 60 que determina la velocidad de calentamiento $V_{T\uparrow}$ sobre la base de la temperatura detectada. A continuación, la unidad de control regula, a través de la soplante 30, el caudal D_m en la cámara 20 durante la etapa de reinicio, para aproximar esta velocidad de calentamiento $V_{T\uparrow}$ a su límite superior $V_{T\uparrow\max}$ sin que, no obstante, $V_{T\uparrow}$ supere a $V_{T\uparrow\max}$, por ejemplo, respetando un margen predeterminado entre $V_{T\uparrow}$ y $V_{T\uparrow\max}$.

Al final de la etapa de reinicio, cuando la primera pared 21 ha alcanzado de este modo su temperatura de funcionamiento, la etapa de reinicio termina y comienza la siguiente etapa de calentamiento.

Cuando el proceso de acuerdo con la invención incluye la división del caudal total del fluido suministrado al horno 1 en dos partes durante la etapa de reinicio como se describió anteriormente, la unidad de control 60 regula de forma

ventajosa esta división del caudal del fluido y la evolución de la relación entre la segunda parte del fluido (que circula a través del haz de conductos 41) y el caudal total del fluido durante la etapa de reinicio.

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

La figura 2 muestra de forma esquemática un primer perfil de D_m durante las diferentes etapas del proceso en el caso de que el límite superior V_{T1max} de la velocidad de calentamiento V_{T1} de la primera pared 21 sea relativamente bajo en comparación con la temperatura de los gases calientes evacuados del horno 1, de manera que se requiera durante la etapa de reinicio un caudal D_m significativo, superior al caudal D_m durante la etapa de calentamiento, con el fin de evitar que la primera pared se fragilice térmicamente en el curso de los sucesivos ciclos del proceso.

En el caso de la figura 3, la relación entre el límite superior V_{T1max} de la velocidad de calentamiento V_{T1} de la primera pared 21 y la temperatura de los gases calientes evacuados del horno 1 es mayor, de manera que es posible utilizar un caudal D_m inferior durante la etapa de reinicio que el caudal D_m durante la etapa de calentamiento con el fin de evitar un calentamiento demasiado rápido de la primera pared 21.

Al realizar de este modo con total seguridad un enfriamiento y un calentamiento controlados de la primera pared 21 entre dos etapas de calentamiento, la invención permite disfrutar de las ventajas del precalentamiento del comburente y/o el combustible mediante un intercambio térmico indirecto con los gases de escape evacuados sin incurrir en las inaceptables pérdidas de tiempo que normalmente se asocian con el calentamiento a la temperatura de funcionamiento y el enfriamiento del intercambiador o intercambiadores de calor.

Como se indicó anteriormente, es esencial que un enfriamiento o el (re)calentamiento del intercambiador de calor se produzcan de manera progresiva y controlada con el fin de evitar choques térmicos que puedan provocar fugas en el intercambiador de calor. Por lo tanto, un enfriamiento y recalentamiento de este tipo requeriría una cantidad de tiempo no despreciable, que generalmente supera el tiempo necesario para la descarga y recarga del horno.

Por esta razón, el precalentamiento del comburente y/o del combustible aguas arriba del horno mediante el intercambio indirecto con los gases de escape del horno no suele ser económicamente viable para un horno discontinuo cuyo funcionamiento incluya una etapa de parada durante cada ciclo.

También se observa que los hornos discontinuos suelen tener un tamaño relativamente pequeño en comparación con los tamaños que pueden alcanzar los hornos continuos para el mismo tipo de proceso, por ejemplo, los hornos de fusión de vidrio discontinuos en comparación con el horno de fusión de vidrio de tipo flotante. Por lo tanto, la inversión en una instalación de precalentamiento por intercambio indirecto con los gases de escape calientes es relativamente más importante (en relación con el precio del horno y la producción) para un horno discontinuo que para un horno continuo. Por lo tanto, hasta ahora, la amortización de la instalación de precalentamiento por intercambio indirecto no era posible durante un periodo de tiempo aceptable para los hornos discontinuos.

Sin embargo, al proporcionar con total seguridad un enfriamiento y un calentamiento controlados de la primera pared entre dos etapas de calentamiento, la invención permite disfrutar de las ventajas del precalentamiento del comburente y/o del combustible mediante un intercambio térmico indirecto con los gases de escape sin incurrir en las inaceptables pérdidas de tiempo que normalmente se asocian con el calentamiento a la temperatura de funcionamiento y el enfriamiento del intercambiador o intercambiadores de calor.

De este modo, la presente invención hace que, por primera vez, el precalentamiento del comburente y/o del combustible mediante el intercambio térmico indirecto con los gases sea eficiente y rentable para los hornos discontinuos.

REIVINDICACIONES

1. Proceso de funcionamiento de un horno (1) que tiene una etapa de calentamiento durante la cual:

- (a) se suministra un combustible y un comburente al horno (1) y el horno (1) se calienta mediante la combustión del combustible con el comburente con la generación de calor y gases (10), siendo los gases (10) evacuados del horno (1) a través de una canalización (11) y
- (b) se precalienta al menos un fluido (40) seleccionado entre el combustible y el comburente aguas arriba del horno (1):
 - introduciendo un caudal $D_m > 0$ de un medio líquido o gaseoso (31) en una cámara (20) y calentando dicho medio (31) mediante el intercambio térmico con los gases (10) en la canalización (11) a través de una primera pared (21) que separa el medio (31) en la cámara (20) de los gases (10) en la canalización (11), obteniendo de este modo un medio calentado (32), teniendo entonces la primera pared una temperatura denominada temperatura de funcionamiento; y
 - introduciendo un caudal $D_f > 0$ del fluido a precalentar (40) en al menos un conducto (41) para precalentar el fluido (40) mediante el intercambio térmico con el medio calentado (32) en la cámara (20) a través de una segunda pared que separa el fluido (40) en el al menos un conducto (41) del medio calentado (32) en la cámara (20)

estando el proceso **caracterizado**:

- **por que** tiene ciclos repetidos de la etapa de calentamiento, seguidos de una etapa de parada y una etapa de reinicio,
- **por que** durante la etapa de parada:
 - se interrumpen el suministro de combustible y comburente al horno (1), la combustión del combustible con el comburente en el horno (1) y la evacuación de gases (10) del horno (1) a través de la canalización (11); y
 - el caudal D_m del medio (31) en la cámara (20) no supera el 50 %, preferiblemente no supera el 25 % y aún más preferiblemente no supera el 10 % del caudal D_m durante la etapa de calentamiento; y
- **por que** durante la etapa de reinicio:
 - se reanudan el suministro de combustible y comburente al horno (1), la combustión del combustible con el comburente en el horno (1) y la evacuación de gases (10) del horno (1) a través de la canalización (11); y
 - se introduce en la cámara un caudal D_m del medio (31) que es mayor que el caudal D_m durante la etapa de parada y se regula el caudal D_m para limitar la velocidad de calentamiento de la primera pared (21) durante la etapa de reinicio hasta que la primera pared (21) alcance la temperatura de funcionamiento al final de la etapa de reinicio.

2. Proceso de funcionamiento de acuerdo con la reivindicación 1, en donde durante la etapa de parada $D_m = 0$.

3. Proceso de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde durante la etapa de reinicio, el caudal D_m se eleva por encima del caudal D_m durante la etapa de calentamiento y acto seguido vuelve al caudal D_m de la etapa de calentamiento al final de la etapa de reinicio.

4. Proceso de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde durante la etapa de reinicio el caudal D_m no supera al caudal D_m durante la etapa de calentamiento.

5. Proceso de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, en donde el caudal D_m se regula durante la etapa de reinicio de manera que durante la etapa de reinicio la primera pared (21) se calienta a una velocidad de calentamiento V_{T1} que es menor o igual que un límite superior predeterminado V_{T1max} .

6. Proceso de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, en donde durante la etapa de reinicio, el caudal D_m evoluciona de acuerdo con una función predeterminada.

7. Proceso de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6, en donde durante la etapa de reinicio:

- se detecta una temperatura de la primera pared (21) y

- el caudal D_m se regula en función de la velocidad de calentamiento $V_{T\uparrow}$ determinada a partir de la temperatura detectada.

5 8. Proceso de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde la etapa de calentamiento es una etapa de tratamiento térmico de una carga en el horno (1), preferiblemente una etapa de fusión o calentamiento de la carga.

10 9. Proceso de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde durante la etapa de parada se evacua una carga calentada del horno (1) y se introduce en el horno (1) una carga a calentar.

10 10. Proceso de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde el medio (31) es un medio gaseoso seleccionado preferiblemente entre aire, nitrógeno, CO_2 o vapor, más preferiblemente aire.

15 11. Proceso de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde el fluido a precalentar (40) es un comburente con un contenido de oxígeno entre el 50 % en volumen y el 100 % en volumen, preferiblemente entre el 80 % en volumen y el 100 % en volumen.

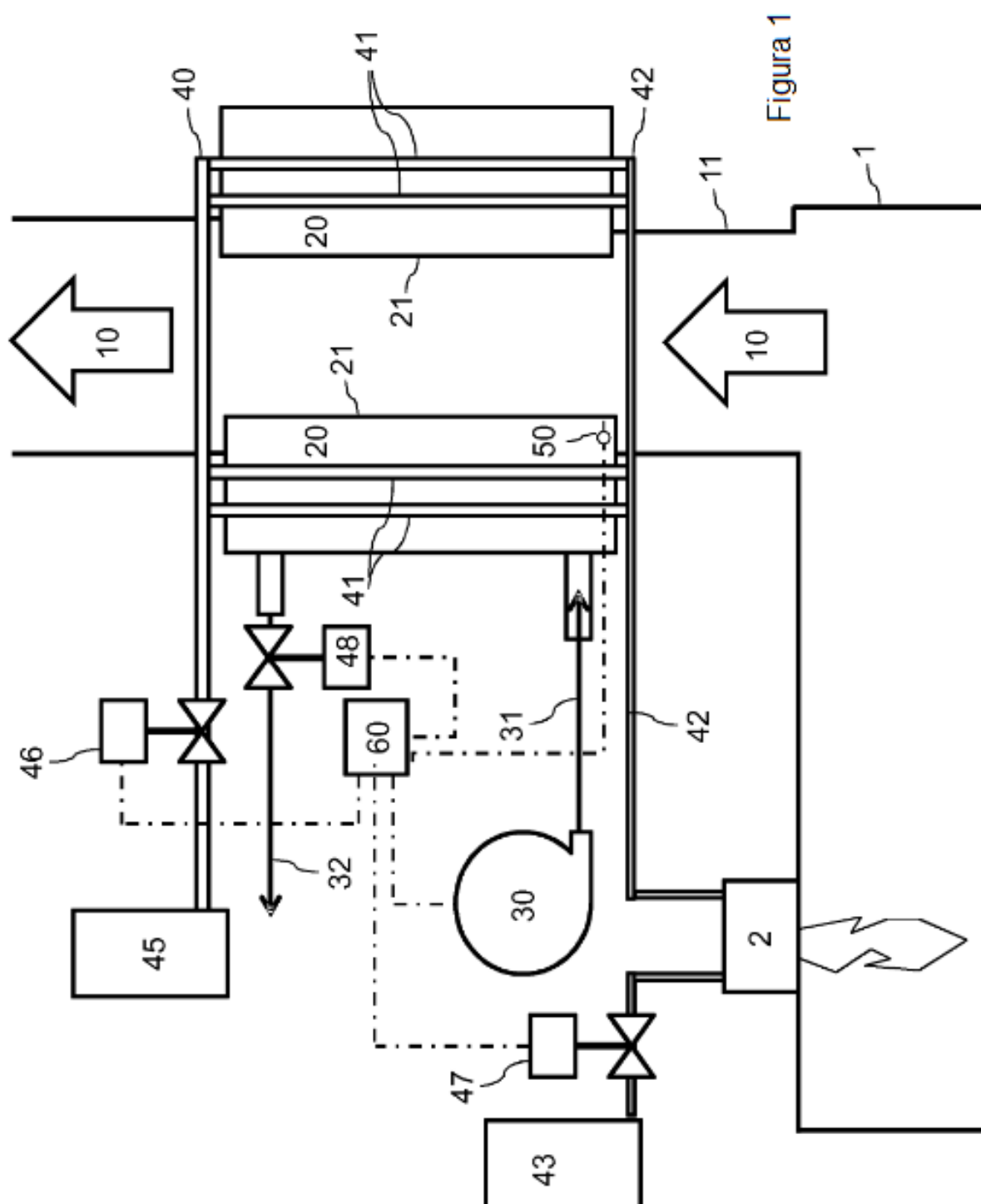
20 12. Proceso de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 10, en donde el comburente y el combustible se precalientan durante la etapa de calentamiento.

25 13. Proceso de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde el horno (1) se selecciona entre los hornos de fusión giratorios para hierro fundido, los hornos de fusión giratorios para metales no férricos, los hornos de fusión basculantes para metales no férricos, los hornos rotativos o basculantes para la fusión de esmaltes y los hornos de fusión para metales del tipo horno de arco.

25 14. Proceso de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde durante la etapa de reinicio, el fluido (40) se divide en dos partes: una primera parte y una segunda parte,

- siendo suministrada la primera parte del fluido directamente al horno (1) sin pasar a través del al menos un conducto (41) y
- siendo suministrada la segunda parte del fluido al horno (1) después de haber pasado a través del al menos un conducto (41).

35 15. Proceso de acuerdo con la reivindicación 14, en donde la relación entre, por un lado, la segunda parte del fluido y, por otro lado, la suma de la primera parte del fluido y la segunda parte del fluido aumenta en el curso de la etapa de puesta en marcha.



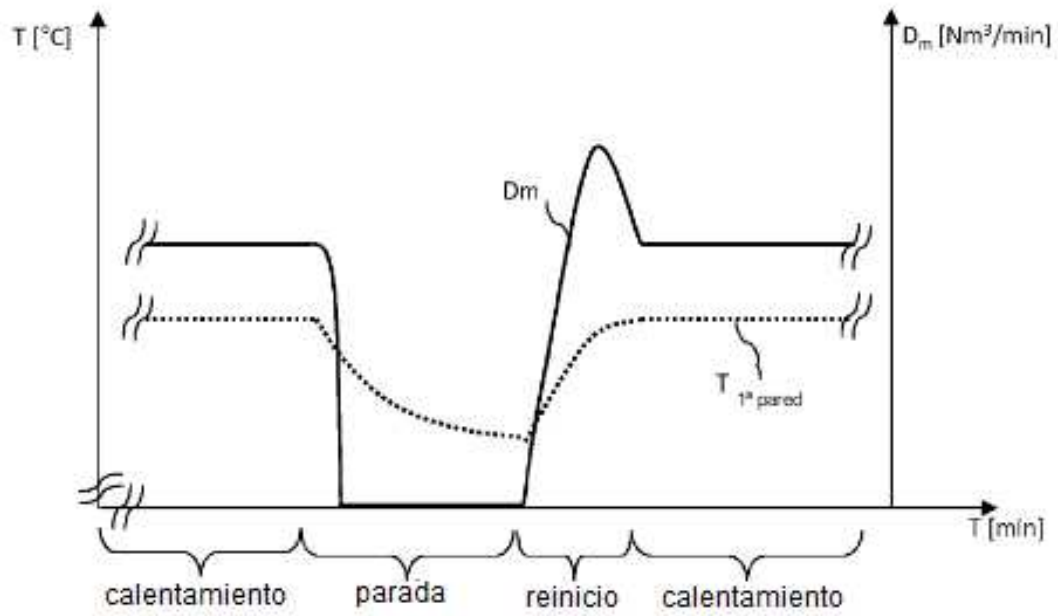


Figura 2

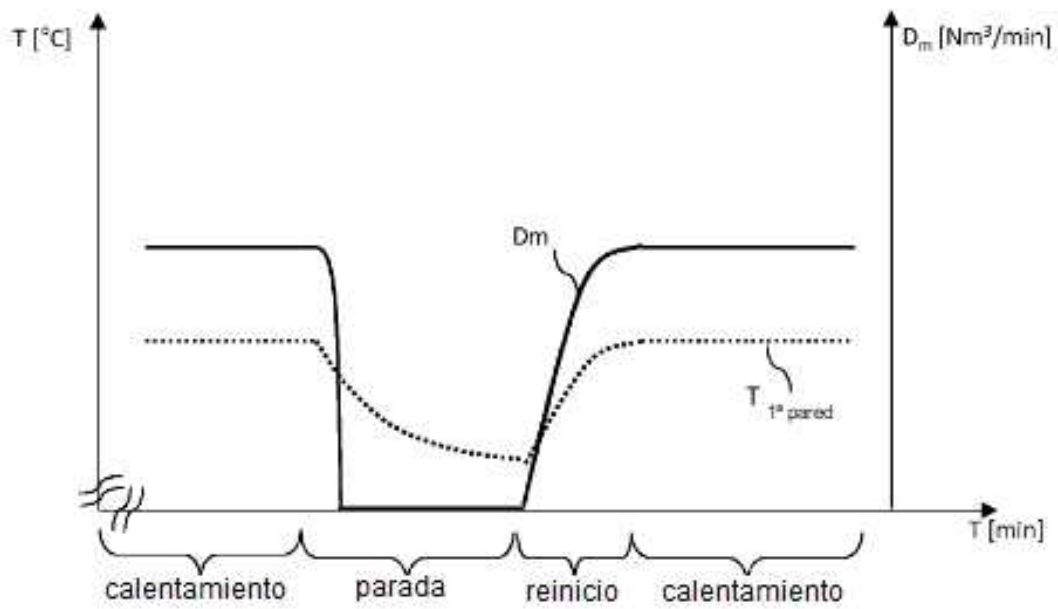


Figura 3