

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 675 910**

51 Int. Cl.:

F27D 17/00 (2015.01)

F27D 19/00 (2006.01)

F27D 21/00 (2006.01)

C03B 5/235 (2006.01)

C21C 5/46 (2006.01)

F23N 5/08 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA MODIFICADA
TRAS OPOSICIÓN

T5

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **30.03.2011** **PCT/FR2011/050703**

87 Fecha y número de publicación internacional: **27.10.2011** **WO11131880**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **30.03.2011** **E 11719312 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea modificada tras oposición: **02.04.2025** **EP 2561295**

54 Título: **Horno de llama y procedimiento para regular la combustión en un horno de llama**

30 Prioridad:

23.04.2010 FR 1053147

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la
traducción de la patente modificada:
30.05.2025

73 Titular/es:

**L'AIR LIQUIDE, SOCIETE ANONYME POUR
L'ETUDE ET L'EXPLOITATION DES PROCEDES
GEORGES CLAUDE (100.00%)
75, Quai d'Orsay
75007 Paris, FR**

72 Inventor/es:

**BEAUDOIN, PHILIPPE y
LOISELET, BENOIT**

74 Agente/Representante:

ELZABURU, S.L.P

ES 2 675 910 T5

DESCRIPCIÓN

Horno de llama y procedimiento para regular la combustión en un horno de llama

5 La presente invención se refiere a la regulación de la combustión en hornos de llama.

Los hornos de llama son de uso general en la industria para la generación de energía térmica y para el tratamiento de materiales a alta temperatura.

10 La terminología "horno de llama" significa un horno, como un horno de fusión o incinerador, en el que al menos parte de la energía térmica se produce en la cámara de combustión del horno para la combustión de un combustible con un oxidante presente en el comburente. Así, la terminología "horno de llama" abarca, también, hornos en los que al menos parte de la energía térmica es producida por una combustión sin llama visible, a menudo denominada "combustión sin llama" (en inglés: "flameless combustion").

15 Los humos generados en la combustión, que habitualmente contienen CO₂, CO y H₂O, se evacúan de la cámara de combustión del horno de llama a una temperatura superior a 600 °C por un conducto de evacuación.

20 En teoría, en la combustión se genera un máximo de energía térmica cuando es estequiométrica, es decir cuando el oxidante es inyectado en la zona de combustión en una cantidad que corresponde a la cantidad de oxidante requerida para la combustión total del combustible presente en la zona de combustión. En este caso, el carbono presente en el combustible está completamente oxidado a CO₂, el hidrógeno generalmente presente en el combustible está completamente oxidado a H₂O, etc. En la práctica industrial, se observa, sin embargo, que se necesita un ligero exceso de oxidante para llegar a la combustión total del combustible.

25 Una inyección insuficiente de oxidante ocasiona un bajo rendimiento del horno por la no combustión o la combustión parcial del combustible. Demasiado exceso de oxidante ocasiona, también, un bajo rendimiento del horno (por ejemplo, pérdida más significativa de energía térmica por los humos evacuados y, en el caso de la oxi-combustión, la evacuación con los humos de parte del oxígeno que no ha participado en la combustión, oxígeno que tiene un costo nada despreciable).

30 Entre los otros inconvenientes del caudal excesivo de oxidante, se puede señalar, en particular, una mayor tasa de oxidación de la carga en el caso de una carga oxidable, como es el caso en un horno de fusión de metales oxidables, como el aluminio, y algunos hornos de recalentamiento (en inglés, "reheating furnace"). En particular, es muy conocido operar hornos de llama en régimen sobre-estequiométrico o sub-estequiométrico, para evitar o limitar una reducción u oxidación perjudicial de la carga por la atmósfera en la zona de combustión. Así, para algunas aplicaciones, la combustión óptima difiere de la combustión estequiométrica.

35 Una operación optimizada de un horno de llama es generalmente posible en los hornos de llama en los cuales los insumos de combustible y de oxidante, y las composiciones de éstos se controlan perfectamente.

Sin embargo, en un gran número de aplicaciones industriales de hornos de llama, la cantidad y/o la composición del material combustible disponible en la zona de combustión es deficiente o incontrolada.

40 Este es, por ejemplo, el caso:

- en los hornos de llama cuya carga contenga una cantidad y/o calidad variable de materiales combustibles como, por ejemplo, los incineradores de residuos y hornos de fusión secundaria para el reciclaje de metales,

50 - en los hornos de fusión de llama en los que la carga contiene materiales combustibles inherentes y/o añadidos y en los que la carga libera de forma incontrolada estos materiales combustibles en la zona de combustión generalmente situada por encima de la carga como, por ejemplo, los hornos de fusión secundaria para el reciclaje de los metales,

55 - en los hornos de llama para la post-combustión de humos procedentes de hornos como los descritos anteriormente, por ejemplo, las cámaras de post-combustión de hornos de arco para la fusión secundaria del acero.

60 De los documentos JP-A-1314809 y JP-A-2001004116 se conoce dotar un incinerador con una cámara dirigida hacia el interior de la cámara de combustión y regular la post-combustión dentro de la cámara de combustión por encima de la combustión principal en función de la imagen obtenida de la combustión dentro de la cámara.

65 Del documento WO-A-2005/024398 se conocer medir la cantidad de especies químicas contenidas en un gas de salida de un horno de tratamiento de metal, tal como un horno de arco eléctrico o un convertidor, por extracción de una parte del gas a analizar, su enfriamiento a menos de 300 °C y la medida de la cantidad de

CO y/o CO₂ presente en el gas mediante la señal luminosa coherente emitida por un diodo láser, permitiendo dicho procedimiento una medición de dichas cantidades con un tiempo de respuesta inferior a 10 segundos y un control del horno en tiempo real.

5 El documento WO-A-03/056044 describe un procedimiento de fusión de aluminio, en el que se introduce aluminio sólido en un horno, se realiza la fusión del aluminio para formar un baño de aluminio, se detectan variaciones en la concentración de monóxido de carbono (CO) y en la temperatura de los humos que salen del horno, de lo que se ha deducido la formación de óxidos de aluminio en la superficie del baño de aluminio, y se regula el procedimiento de fusión según la formación de óxidos de aluminio.

10 La medida de la concentración de ciertas especies en los humos de un horno de llama se hace, sin embargo, difícil por la naturaleza y las cantidades de contaminantes, tales como el hollín, en esos humos.

15 El documento WO-A-2004/083469 describe un procedimiento de fusión de aluminio en el que la relación combustible/comburente inyectada por un quemador en el horno de llama se regula en función de la temperatura de los humos en el conducto de evacuación de los humos provisto de una entrada de aire denominada "aire de dilución".

20 En tal procedimiento, el caudal de aire de dilución puede variar en función de diferentes parámetros (tamaño de las aberturas, velocidad de extracción de los humos, estado de los conductos de los humos, caudal de otros flujos de humo recogidos por el mismo extractor). Este caudal variable puede influir en la temperatura de los humos en el conducto de evacuación y, de ese modo, influir en la regulación del horno. Las variaciones diarias (de día y de noche) y estacionales (en verano y en invierno) en la temperatura del aire de dilución, que es generalmente el aire ambiente, pueden influir también en la temperatura de los humos en el conducto de evacuación.

25 La presente invención tiene por objeto proporcionar una regulación de la combustión en un horno de llama que no presente las desventajas de los procedimientos conocidos descritos anteriormente.

30 La presente invención se refiere así a un procedimiento de operación de un horno de llama mejorado. Según este procedimiento, un oxidante, denominado "oxidante principal", se inyecta a un caudal regulado en una cámara de combustión del horno de llama. El material combustible se quema en la cámara de combustión con el oxidante principal así inyectado produciendo en la cámara de combustión la energía térmica y humos con una temperatura superior a 600 °C. Los humos así producidos son evacuados de la cámara de combustión por un conducto de evacuación. Este conducto de evacuación está provisto de una entrada de un oxidante denominado "oxidante de dilución", típicamente, pero no necesariamente, aire ambiente, aguas abajo de la cámara de combustión, de modo que el oxidante de dilución entre en contacto con los humos en 600 °C, incluso más. Cuando los humos todavía contienen materiales oxidables, es decir, cuando la combustión de material combustible en la cámara de combustión no es completa, se obtiene una llama a nivel de la entrada del oxidante de dilución en el interior del conducto de evacuación. En efecto, el contacto entre el oxidante de dilución y los materiales oxidables en los humos a alta temperatura generan una autocombustión de dichos materiales oxidables, tales como CO y/o H₂, presentes en los humos evacuados. Según la invención, la intensidad de la llama se detecta en el interior del conducto de evacuación y, por lo tanto, aguas abajo de la cámara de combustión, y se regula el caudal de inyección de oxidante principal en la cámara de combustión en función de la intensidad de la llama detectada.

50 El material combustible se puede introducir, en particular, en la cámara de combustión de forma controlada, por ejemplo, por inyección de un chorro de combustible en la cámara de combustión por medio de una lanza o de un quemador. El material combustible puede estar presente en la carga y así ser introducido en la cámara de combustión con la carga. El material combustible puede también ser introducido en la cámara de combustión por una combinación de una introducción controlada y de una introducción con la carga en la cámara de combustión.

55 Ventajosamente, el caudal de inyección del oxidante principal inyectado en la cámara de combustión se reduce cuando la intensidad de la llama así detectada es inferior a un límite inferior predeterminado y aumenta el caudal de oxidante principal inyectado en la cámara de combustión cuando la intensidad de la llama así detectada es superior a un límite superior predeterminado.

60 La presencia de materiales oxidables, como el CO, en los humos es, de ese modo, detectada por la intensidad de su combustión con el oxidante de dilución utilizando un detector de llama que devuelve una señal indicadora de la intensidad de la combustión/llama en el interior del conducto de evacuación: (a) siendo una intensidad fuerte señal de una presencia significativa de materiales oxidables en los humos evacuados, y (b) siendo una intensidad débil señal de una baja presencia de materiales oxidables en los humos evacuados.

65 La invención permite así determinar el nivel de la presencia de materiales oxidables en los humos y aplicar en tiempo real una corrección a la regulación de la combustión en la zona de combustión.

Los límites inferior y superior predeterminados se fijan en función de la naturaleza del procedimiento de combustión en la cámara de combustión, como se ha comentado anteriormente. Cuando el procedimiento de combustión tiene como objetivo una combustión completa del material combustible en la cámara de combustión, el límite inferior predeterminado es muy bajo pero mayor que cero. De esta manera, se garantiza que el caudal de inyección de oxidante principal no sea ni excesivo ni demasiado bajo para el procedimiento de combustión en la cámara de combustión.

En particular, la invención permite compensar un conocimiento imperfecto del contenido de material combustible de la carga del horno (caso típico para los hornos de reciclaje), de la calidad del material combustible y/o de su liberación en la cámara de combustión por una adaptación en tiempo real de la regulación del caudal de oxidante principal y, como se expone a continuación, posiblemente también el caudal de combustible inyectado en la cámara de combustión.

Otra ventaja de la invención es que puede realizarse con un detector de intensidad de llama barato y sencillo de implementar.

En algunos procedimientos de combustión, el contenido de materiales oxidables en los humos evacuados puede presentar variaciones frecuentes, pero a menudo de baja duración. Según una realización, la intensidad de la llama dentro del conducto de evacuación se detecta durante períodos predeterminados Δt_1 y Δt_2 . El caudal de inyección de oxidante principal en la cámara de combustión disminuye cuando la intensidad de llama detectada ha permanecido por debajo del límite inferior durante el período de tiempo Δt_1 predeterminado. De manera similar, el caudal de inyección de oxidante principal en la cámara de combustión aumenta cuando la intensidad de llama detectada ha permanecido por encima del límite superior durante el período de tiempo Δt_2 predeterminado. De ese modo, se evitan las fluctuaciones excesivas en el procedimiento de la combustión. Otra posibilidad es (a) reducir el caudal de inyección de oxidante principal en la cámara de combustión cuando el valor medio de la intensidad de llama detectada durante el período de tiempo Δt_1 predeterminado es inferior al límite inferior, y (b) aumentar el caudal de inyección de oxidante principal en la cámara de combustión cuando el valor medio de la intensidad de llama detectado durante el período de tiempo predeterminado Δt_2 es superior al límite superior. En la práctica, los períodos de tiempo Δt_1 y Δt_2 predeterminados son típicamente idénticos.

Según una realización, el oxidante principal y el material combustible se inyectan en la cámara de combustión en los caudales regulados, se quema el material combustible con el oxidante principal en la cámara de combustión produciendo energía térmica y humos a una temperatura superior a 600 °C en la cámara de combustión, y se evacuan los humos así producidos en la cámara de combustión mediante un conducto de evacuación. Como se indicó anteriormente, los humos evacuados pueden contener materiales oxidables residuales. El conducto de evacuación está provisto de una entrada de oxidante de dilución después de la cámara de combustión. Los materiales oxidables residuales de los humos se queman con el oxidante de dilución obteniendo una llama dentro del conducto de evacuación a la altura de la entrada de oxidante de dilución. Según la invención, se detecta la intensidad de llama dentro del conducto de evacuación y se regula el caudal de inyección oxidante principal en la zona de combustión, dependiendo de la intensidad de llama detectada.

También es posible regular el caudal de inyección de oxidante principal y el caudal de inyección del material combustible en la cámara de combustión según la intensidad de llama detectada.

Ventajosamente, disminuye la relación entre el caudal de inyección de oxidante principal y el caudal de inyección del material combustible en la cámara de combustión cuando la intensidad de llama detectada dentro del conducto de evacuación es menor que un límite inferior predeterminado y se incrementa la relación entre el caudal de inyección de oxidante principal y el caudal de inyección de material combustible en la cámara de combustión cuando la intensidad de llama detectada es superior a un límite superior predeterminado.

Es particularmente posible (a) reducir la relación entre el caudal de inyección de oxidante principal y el caudal de inyección de material combustible en la cámara de combustión cuando la intensidad de llama detectada es inferior al límite inferior durante un período de tiempo predeterminado Δt_1 , y (b) aumentar la relación entre el caudal de inyección de oxidante principal y el caudal de inyección de material combustible en la cámara de combustión cuando la intensidad de llama detectada en el interior del conducto de evacuación es superior al límite superior durante un período de tiempo predeterminado Δt_2 . También es posible (a) reducir la relación entre el caudal de inyección de oxidante principal y el caudal de inyección de material combustible en la cámara de combustión cuando el valor medio de la intensidad de llama detectada en el interior del conducto de evacuación durante el período de tiempo predeterminado Δt_1 es inferior al límite inferior, y (b) aumentar la relación entre el caudal de inyección de oxidante principal y el caudal de inyección de material combustible en la cámara de combustión cuando el valor medio de la intensidad de llama detectada durante el período de tiempo predeterminado Δt_2 es superior al límite superior.

La relación entre el caudal de inyección de oxidante principal y el caudal de la inyección del material combustible en la cámara de combustión se puede modificar cambiando el caudal de la inyección de oxidante

principal con relación al caudal de inyección del material combustible predeterminado, o cambiando (a) el caudal de inyección de oxidante principal y (b) el caudal de inyección de material combustible. Cabe señalar, sin embargo, que el caudal de inyección del material combustible en la cámara de combustión se regula a menudo según la necesidad de energía térmica en la cámara de combustión.

Según una realización, la cámara de combustión está equipada con al menos una lanza de inyección de un caudal regulado de oxidante principal. La cámara de combustión también puede estar equipada por al menos un quemador para la inyección de un caudal regulado de oxidante principal y un caudal regulado de material combustible. La cámara de combustión puede incluir también al menos una de esas lanzas y al menos uno de esos quemadores.

El procedimiento puede ser un procedimiento por lotes, un procedimiento semi-continuo, o un procedimiento de alimentación continua.

La cámara de combustión puede ser la cámara de combustión de un horno de arco, de un horno rotativo, de un horno de fusión estacionaria, de un horno de recalentamiento, de una caldera, de una cámara de post-combustión de efluentes gaseosos, etc.

El procedimiento puede ser un procedimiento de fusión o vitrificación, y en particular un procedimiento de fusión secundaria de metales recuperados, un procedimiento de combustión de residuos sólidos, líquidos o gaseosos, un procedimiento de post-combustión de efluentes gaseosos, un procedimiento de recalentamiento, como el recalentamiento de productos metalúrgicos, etc.

La entrada de oxidante de dilución es típicamente una entrada de aire ambiente en el conducto de evacuación (en inglés, "air gap"), pero puede ser también un inyector del oxidante, tal como un inyector de aire enriquecido en oxígeno o de oxígeno.

El detector de llama es ventajosamente un detector óptico y, en particular, un detector óptico escogido entre detectores ultravioletas, detectores infrarrojos y detectores de la radiación visible. El detector es, preferiblemente, un detector de infrarrojos o un detector ultravioleta.

Para evitar una interferencia por combustión, denominada combustión principal, que tiene lugar en el interior de la cámara de combustión, se detecta la llama dentro del conducto de evacuación, preferiblemente, en un lugar protegido de la combustión principal.

Para separar mejor la zona de detección dentro del conducto de evacuación de la cámara principal, el conducto de evacuación puede estar provisto de un codo. La detección de la llama tiene lugar entonces, preferiblemente, después de este codo. La entrada de oxidante de dilución se sitúa ventajosamente inmediatamente por encima, en o por debajo del codo, de modo que la llama generada por la combustión de los materiales oxidables en los humos con el oxidante de dilución se desarrolle al menos principalmente después del codo.

Cuando el horno tiene una geometría que impide la interferencia entre la combustión principal y el detector de llama, o si el horno tiene elementos que forman una pantalla entre la combustión principal y el detector de llama, no es necesario dicho codo.

La presente invención también se refiere a un horno de llama adaptado para la puesta en práctica del procedimiento descrito antes.

Así, la invención se refiere más específicamente a un horno de llama que incluye una cámara de combustión, un medio para la inyección de oxidante principal a un caudal regulado en esta cámara de combustión y un conducto para la evacuación de humos de dicha cámara de combustión. El conducto de evacuación incluye una entrada de oxidante de dilución después de la cámara de combustión. El horno de llama de la invención incluye también un detector para detectar una intensidad de llama dentro del conducto de evacuación a la altura de la entrada de oxígeno de dilución. El detector está posicionado y orientado para evitar que la combustión principal distorsione la intensidad de la llama detectada.

El conducto de evacuación puede incluir, en concreto, un codo como se mencionó anteriormente. Respecto al procedimiento según la invención, el detector de la llama se coloca, preferiblemente, después de este codo. De manera ventajosa, la entrada del oxidante de dilución se coloca inmediatamente por encima, en o debajo del codo del conducto de evacuación.

El horno comprende ventajosamente una unidad de control ligada al detector y al medio para la inyección del oxidante principal. Según la primera realización del horno, esta unidad de control está programada:

- para comparar la intensidad de la llama detectada por el detector dentro del conducto de evacuación con

un límite inferior predeterminado y un límite superior predeterminado,

- para reducir el caudal de inyección de oxidante principal en la cámara de combustión por medio de inyección de oxidante principal cuando la intensidad de llama detectada es menor que el límite inferior predeterminado, y

- para aumentar el caudal de inyección de oxidante principal en la cámara de combustión por el medio de inyección de oxidante principal cuando la intensidad de llama detectada es mayor que un límite superior predeterminado.

Esta unidad de control se puede programar más especialmente:

- para reducir el caudal de inyección de oxidante principal en la cámara de combustión cuando la intensidad de llama detectada es menor que el límite inferior durante un período de tiempo Δt_1 predeterminado y/o cuando el valor medio de la intensidad de llama detectada durante un período de tiempo Δt_1 predeterminado es menor que el límite inferior durante el período de tiempo Δt_1 predeterminado, y

- para aumentar el caudal de inyección de oxidante principal en la cámara de combustión cuando la intensidad de la llama detectada es mayor que el límite superior para un período de tiempo predeterminado Δt_2 y/o cuando el valor medio de la intensidad de llama detectada durante el período de tiempo predeterminado Δt_2 es mayor que el límite superior durante un período de tiempo predeterminado Δt_2 .

Según la segunda realización, el horno según la incluye también un medio para la inyección de material combustible a un caudal regulado en la cámara de combustión y el horno de llama incluye, preferentemente, una unidad de control ligada (a) al detector, (b) al medio para la inyección de oxidante principal en la cámara de combustión y (c) al medio para la inyección de material combustible en la cámara de combustión. Esta unidad de control está programada (i) para comparar la intensidad de llama detectada por el detector en el interior del conducto de evacuación con un límite inferior predeterminado y un límite superior predeterminado, (ii) para reducir la relación entre el caudal de inyección del oxidante principal y el caudal de inyección del material combustible en la cámara de combustión cuando la intensidad de la llama detectada es menor al límite inferior predeterminado, y (iii) para aumentar la relación entre el caudal de inyección del oxidante principal y el caudal de inyección del material combustible en la cámara de combustión cuando la intensidad de llama detectada es mayor que un límite superior predeterminado.

Según una realización preferida, esta unidad de control está programada, más especialmente:

- para reducir la relación entre el caudal de inyección del oxidante principal y el caudal de inyección del material combustible en la cámara de combustión cuando la intensidad de la llama detectada dentro del conducto de evacuación es menor que el límite inferior durante un período de tiempo predeterminado Δt_1 y/o cuando el valor medio de la intensidad de la llama detectada durante el período de tiempo predeterminado Δt_1 es menor que el límite inferior, y

- para aumentar la relación entre el caudal de inyección de oxidante principal y el caudal de inyección de material combustible en la cámara de combustión cuando la intensidad de llama detectada es mayor que el límite superior durante un período de tiempo predeterminado Δt_2 y/o cuando el valor medio de la intensidad de llama detectada durante el período de tiempo predeterminado de Δt_2 es mayor que el límite superior.

Para hacer variar la relación entre el caudal de inyección del oxidante principal y el caudal de inyección de material combustible en la cámara de combustión, la unidad de control variará ventajosamente el caudal de inyección del oxidante principal según el caudal de inyección del material combustible. Sin embargo, también es posible que la unidad de control haga variar la relación entre el caudal de inyección de oxidante principal y el caudal de inyección del material combustible regulando el caudal de inyección del oxidante principal y el caudal de inyección del material combustible. En este caso, la unidad de control puede, por ejemplo, en el caso de una intensidad de llama inferior al límite inferior predeterminado, reducir la relación entre el caudal de inyección de oxidante principal y el caudal de inyección de material combustible aumentando el caudal de inyección de material combustible a un caudal de inyección de oxidante principal sin cambios.

El medio de inyección de oxidante principal del horno puede incluir una o más lanzas para la inyección del oxidante principal en la cámara de combustión.

El medio de inyección de material combustible del horno puede incluir una o más lanzas para la inyección de material combustible en la cámara de combustión.

El horno puede incluir también uno o más quemadores para la inyección de materiales combustibles y de oxidante principal en la cámara de combustión. Tal quemador, por consiguiente, forma parte, por un lado, del medio para la inyección del oxidante principal y, por otro lado, del medio para la inyección de material

combustible del horno.

El horno según la invención puede ser un horno para un procedimiento por lotes, para un procedimiento semi-continuo o para un procedimiento continuo.

5

El horno puede incluir, especialmente, un horno de arco, un horno rotatorio, un horno de fusión estacionaria, un horno de recalentamiento, tal como un horno de recalentamiento para productos metalúrgicos, una caldera, una cámara de post-combustión de efluentes gaseosos, etc.

10

El horno puede ser un horno de fusión o de vitrificación y, en particular, un horno de fusión secundaria de metales recuperados, un incinerador de residuos sólidos, líquidos o gaseosos, etc.

La entrada de oxidante de dilución es típicamente una entrada de aire ambiental en el conducto de evacuación (en inglés: "air gap"), pero puede ser, también, un inyector de oxidante, tal como un inyector de aire enriquecido en oxígeno o un inyector de oxígeno.

15

El detector de llama es, preferiblemente, un detector óptico y, en particular, un detector óptico elegido entre detectores ultravioletas, detectores infrarrojos y detectores de radiación visible.

20

El material combustible inyectado en la cámara de combustión puede ser un combustible gaseoso, líquido o sólido (por ejemplo, gas natural, combustible líquido, propano, bio-combustible, carbón pulverizado) o una combinación de varios combustibles. Este material combustible puede ser inyectado además con material combustible introducido en la cámara de combustión con la carga, pudiendo ser mezclado con la carga antes de que se introduzca en la cámara de combustión y/o pudiendo formar parte intrínseca de la carga.

25

El oxidante principal puede ser aire, aire enriquecido en oxígeno, oxígeno puro (que, por definición, tiene un contenido de oxígeno de 88 % a 100 % en vol.) o una mezcla de oxígeno con los humos reciclados. En estos últimos casos (aire enriquecido en oxígeno y, en particular, oxígeno puro o mezcla de oxígeno con los humos reciclados), se beneficia de un volumen de humos y un consumo de combustible reducidos.

30

La invención es particularmente útil para los hornos de llama utilizados para la segunda fusión de los metales. La segunda fusión se refiere a la fusión de materiales reciclados o procedentes de metalurgia primaria (por ejemplo: de la fundición de salida de un alto horno).

35

Los metales considerados son, por ejemplo: fundición, plomo, aluminio, cobre, o cualquier otro metal que se pueda fundir en un horno de llama.

40

La carga metálica también se puede cargar en el horno en mezcla con materiales combustibles compuestos por una alta proporción de carbono (plástico, coque,...). Estos materiales combustibles pueden estar presentes en la carga metálica (por ejemplo, en el caso del reciclaje de aluminio) y/o se añaden intencionadamente a la carga según las necesidades del procedimiento de fusión (por ejemplo, en el caso de la reacción de desoxidación para el reciclaje del plomo).

45

La presente invención y sus ventajas aparecen más claramente en el ejemplo siguiente ilustrativo, haciendo referencia a la figura 1 que representa esquemáticamente un horno de fusión de llama según la invención.

El horno es particularmente un horno rotatorio para la fusión secundaria del plomo con una cámara de combustión 2 con una capacidad de 15 t.

50

El horno está equipado con un quemador 24 de gas natural/oxígeno que genera la llama 11 en la cámara de combustión 2. La potencia del quemador 24 y la relación de oxígeno/gas natural son controladas por la automatización del horno (dispositivo de control 20 conectado al regulador del caudal de oxígeno 15 y al regulador del caudal de gas natural 17), dependiendo del avance del ciclo de calentamiento, como se describe a continuación.

55

La carga 30 se compone de residuos de plomo que provienen de la fragmentación de la batería de un automóvil. Una parte significativa de este plomo está en forma de una "pasta" de óxido (PbO , PbO_2 ...) y sulfato de plomo ($PbSO_4$...). A esta carga metálica se añaden los materiales necesarios para la reducción de los óxidos en parte constituidos en coque (que incluye un alto contenido de carbono), también llamados "reactivos".

60

El procedimiento de reciclaje del plomo consiste en calentar la carga 30, y a continuación mantener la carga caliente en contacto con los reactivos con el fin de obtener plomo líquido 4 y una escoria que fija las impurezas y el azufre presentes en el sulfato del plomo.

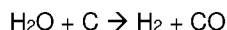
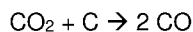
65

El horno tiene un funcionamiento discontinuo. La cámara de combustión 2 se carga al principio de cada ciclo. A continuación, se enciende el quemador 24 y su potencia se modula por el dispositivo de control 20 para que

la temperatura de la carga siga un ciclo de calentamiento que ha sido determinado empíricamente.

Durante la fase de calentamiento, una parte significativa del carbono presente en la carga sólida 30 reacciona con la atmósfera de la cámara de combustión rotatoria 2 constituida esencialmente del humo caliente producido por el quemador 24.

Esta reacción produce CO e H₂ por la reacción siguiente entre una parte del humo y una parte del carbón de la carga, cuyos mecanismos se pueden describir esquemáticamente de la forma siguiente:



Para limitar la formación de CO en la atmósfera de la cámara 2, es posible regular previamente el quemador 24 con el fin de inyectar un exceso de oxígeno en la cámara 2. Sin embargo, el caudal de reacción del carbono presente en la carga sólida 30 con la atmósfera del horno varía según los diferentes parámetros del procedimiento como, en particular, la composición de la carga que varía según la procedencia de los lotes a reciclar.

Para una carga de 15 t, la potencia del quemador 24 se establecerá, por ejemplo, entre 1 y 1,5 MW según el progreso del ciclo de calentamiento. A mitad de ciclo, por ejemplo, el quemador está configurado para una potencia de 1,3 MW con los caudales siguientes:

- gas natural 130 Nm³/h

- oxígeno puro 270 Nm³/h.

Un análisis de los humos 6 que salen de la cámara 2 revela la siguiente composición:

- CO₂:56 %/CO: 25 %/H₂: 4 %, el resto N₂.

El CO y el H₂ de los humos se queman con el aire de dilución en la llama 12 en el interior de la chimenea 13 que incluye un codo por debajo y cerca de la cámara 2. El aire de dilución es el aire ambiente que entra en la chimenea 13 por la abertura 14 prevista para este fin por debajo del codo. Este aire de dilución permite la combustión de CO en CO₂ y el enfriamiento de los humos antes de la filtración (no ilustrado) que precede a la evacuación de los humos. Un nivel de CO demasiado significativo en los humos 6 tiene varios inconvenientes:

- una combustión incompleta del CO en la chimenea 13, y por consiguiente una emisión de CO residual en la chimenea 13,
- un aumento muy significativo de la temperatura de los humos en la chimenea 13, que no permite el paso, aguas abajo, de humos por el filtro (no ilustrado), de ahí la disminución forzada de la potencia del quemador 24, o incluso la parada del quemador 24 sobre la seguridad de la temperatura, para permitir la filtración y el cumplimiento de las normas medioambientales, y
- un consumo excesivo de combustible y, por lo tanto, una disminución del rendimiento energético en el horno, ya que las reacciones $\text{CO}_2 + \text{C} \rightarrow 2 \text{CO}$ y $\text{H}_2\text{O} + \text{C} \rightarrow \text{H}_2 + \text{CO}$ son endotérmicas.

La detección según la invención por medio del detector UV 10 de la gama D-LX100 comercializado por la empresa Durag de la intensidad de la llama 12 de combustión de la mezcla CO + H₂ con el aire de dilución justo después de la salida 5 del horno permite corregir la regulación del quemador 24 actuando sobre la relación "Oxígeno/Gas Natural". Con este fin, el detector 10 transmite al dispositivo de control 20 una señal correspondiente a la intensidad de la llama detectada.

El codo de la chimenea 13 y la colocación del detector UV10 con relación a dicho codo garantiza que el detector UV10 detecta solamente la intensidad de la llama 12 dentro de la chimenea 13 sin interferencia de la radiación ultravioleta de la combustión dentro de la cámara de combustión 2.

La invención permite, por ejemplo, al dispositivo de control 20, en particular cuando la intensidad de esta combustión en la chimenea 13 sobrepasa un límite superior experimentalmente predeterminado:

- aumentar, por medio del regulador del caudal de oxígeno 15, el caudal del oxígeno a 340 Nm³/h y mantener el caudal de gas natural sin cambios a 130 Nm³/h,

- disminuir, por medio del regulador del caudal de combustible 17, el caudal de combustible a 95 Nm³/h y mantener el caudal de oxígeno sin cambios a 270 Nm³/h, y
- modular los dos caudales aumentando el caudal de oxígeno a 300 Nm³/h por medio del regulador 15 y disminuyendo el caudal de gas natural a 110 Nm³/h mediante el regulador 17.

En los tres casos, el quemador 24 inyecta un exceso de 70 Nm³/h de oxígeno con relación a la regulación inicial. Este exceso de oxígeno está, entonces, disponible para la combustión dentro del horno 2 de los materiales combustibles liberados por la carga.

Tan pronto como disminuya el caudal de liberación de material combustible por la carga, después de la evolución del ciclo, la intensidad de la combustión de CO e H₂ en la chimenea 13 disminuye y la intensidad de la llama 12 detectada por el detector 10 disminuye, por lo tanto, también.

Es entonces posible reducir gradualmente los caudales del oxígeno y de gas natural del quemador 24 a los caudales iniciales o de referencia predeterminados y disminuir, así, la proporción oxígeno/gas natural.

Esta regulación de la proporción de oxígeno/gas natural se hace dinámica según la intensidad de la post-combustión del humo en la chimenea 13 (intensidad de la llama 12 detectada).

El rendimiento energético del horno 2 se mejora significativamente y se garantiza el tratamiento eficaz de los humos, principalmente el filtrado.

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento de funcionamiento de un horno de llama que incluye una cámara de combustión (2), procedimiento en el cual:

- se inyecta un oxidante principal a un caudal regulado en la cámara de combustión (2),
- el material combustible se quema en la cámara de combustión (2) con el oxidante principal produciéndose en la cámara de combustión energía térmica y humos (6) a una temperatura superior a 600 °C,
- los humos (6) así producidos son evacuados de la cámara de combustión (2) por un conducto de evacuación (13), pudiendo dichos humos (6) contener materiales oxidables residuales,

caracterizándose el procedimiento por que:

- el conducto de evacuación (13) está provisto de una entrada de oxidante de dilución (14) por debajo de la cámara de combustión (2),

y por que:

- los materiales oxidables residuales se queman con el oxidante de dilución por medio de una llama (12) dentro del conducto de evacuación (13) a la altura de la entrada del oxidante de dilución (14),
- la intensidad de la llama de dicha llama se detecta en el interior del conducto de evacuación (13),
- el caudal de inyección del oxidante principal se regula en la cámara de combustión (2), dependiendo de la intensidad de llama detectada.

2. Procedimiento según la reivindicación 1, en el que:

- disminuye el caudal de inyección del oxidante principal en la cámara de combustión (2) cuando la intensidad de la llama detectada es menor a un límite inferior predeterminado y
- aumenta el caudal de oxidante principal inyectado en la cámara de combustión (2) cuando la intensidad de la llama así detectada es mayor que un límite superior predeterminado.

3. Procedimiento según la reivindicación 1, en el que:

- se reduce el caudal de inyección de oxidante principal en la cámara de combustión (2) cuando la intensidad de la llama detectada es menor que el límite inferior durante un período de tiempo predeterminado Δt_1 o cuando el valor medio de la intensidad de la llama detectada durante el período de tiempo predeterminado Δt_1 es menor que el límite inferior, y
- aumenta el caudal de inyección de oxidante principal en la cámara de combustión (2) cuando la intensidad de la llama detectada es mayor que el límite superior durante un período de tiempo Δt_2 predeterminado o cuando el valor medio de la intensidad de llama detectada durante el período de tiempo predeterminado Δt_2 es mayor que el límite superior.

4. Procedimiento según la reivindicación 1,

en el que

- se inyecta también material combustible en la cámara de combustión (2) a un caudal regulado, y en
- se regula posiblemente también el caudal de inyección de material combustible en la cámara de combustión (2) dependiendo de la intensidad de la llama detectada.

5. Procedimiento según la reivindicación 4, en el que:

- se reduce la relación entre el caudal de inyección de oxidante principal y el caudal de inyección del material combustible en la cámara de combustión (2) cuando la intensidad de la llama detectada es menor que un límite inferior predeterminado, y
- aumenta la relación entre el caudal de inyección de oxidante principal y el caudal de inyección de

material combustible en la cámara de combustión (2) cuando la intensidad de la llama detectada es mayor que un límite superior predeterminado.

6. Procedimiento según la reivindicación 5, en el que:

- se reduce la relación entre el caudal de inyección de oxidante principal y el caudal de inyección de material combustible en la cámara de combustión (2) cuando la intensidad de la llama detectada es menor a un límite inferior durante un período de tiempo predeterminado Δt_1 o cuando el valor medio de la intensidad de la llama detectada durante el período de tiempo predeterminado Δt_1 es menor que el límite inferior, y
- aumenta la relación entre el caudal de inyección de oxidante principal y el caudal de inyección de material combustible en la cámara de combustión (2) cuando la intensidad de la llama detectada es mayor al límite superior durante un período de tiempo predeterminado Δt_2 o cuando el valor medio de la intensidad de la llama detectada durante el período de tiempo predeterminado Δt_2 es mayor que el límite superior.

7. Procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones 5 y 6, en el que se varía el caudal de inyección de material combustible en la cámara de combustión (2) dependiendo de la necesidad de energía térmica en la cámara de combustión (2).

8. Procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en el que la intensidad de la llama se determina por medio de un detector óptico, preferiblemente, por medio de un detector óptico elegido entre los detectores ultravioleta, los detectores infrarrojos y los detectores de radiación visible.

9. Horno de llama que incluye

- una cámara de combustión (2),
- un medio (15, 24) para la inyección de oxidante principal a un caudal regulado en la cámara de combustión (2), y
- un conducto (13) para la evacuación de humos (6) de dicha cámara de combustión (2),

caracterizándose el horno por que:

- dicho conducto (13) incluye una entrada de oxidante de dilución (14) por debajo de la cámara de combustión (2),

y por que el horno también incluye:

- un detector (10) para detectar una intensidad de llama a la altura de la entrada de oxígeno de dilución (14) dentro del conducto de evacuación (13) y

una unidad de control (20) ligada (a) al detector (10) y (b) al medio para la inyección de oxidante principal (15, 24), estando la unidad de control (20) programada:

- para comparar la intensidad de llama detectada por el detector (10) con un límite inferior predeterminado y un límite superior predeterminado,
- para reducir el caudal de inyección de oxidante principal en la cámara de combustión (2) por el medio de inyección de oxidante principal (15, 24) cuando la intensidad de llama detectada es menor que el límite inferior predeterminado, y
- para aumentar el caudal de inyección de oxidante principal en la cámara de combustión (2) por el medio de inyección de oxidante principal (15, 24) cuando la intensidad de llama detectada es mayor que un límite superior predeterminado.

10. Horno de llama según la reivindicación 9, en el que la unidad de control (20) está programada:

- para reducir el caudal de inyección de oxidante principal en la cámara de combustión (2) cuando la intensidad de llama detectada es menor al límite inferior durante un período de tiempo Δt_1 predeterminado o cuando el valor medio de la intensidad de llama detectada durante el período de tiempo Δt_1 predeterminado es menor al límite inferior, y
- para aumentar el caudal de inyección de oxidante principal en la cámara de combustión (2) cuando

la intensidad de llama detectada es mayor que el límite superior durante un período de tiempo Δt_2 predeterminado o cuando el valor medio de la intensidad de llama detectada durante el período de tiempo Δt_2 predeterminado es mayor que el límite superior.

5 11. Horno de llama que incluye

- una cámara de combustión (2),

10 - medios (15, 24) para inyectar oxidante principal a un caudal regulado en la cámara de combustión (2), y

- un conducto (13) para la evacuación de humos (6) de dicha cámara de combustión (2),

caracterizándose el horno por que:

15 - dicho conducto (13) comprende una entrada de oxidante de dilución (14) aguas abajo de la cámara de combustión (2),

y en que el horno también comprende:

20 - un detector (10) para detectar la intensidad de la llama en la entrada de oxidante de dilución (14) dentro del conducto de escape (13),

25 - medios (17, 24) para la inyección de material combustible a un caudal regulado en la cámara de combustión (2),

y una unidad de control (20) ligada (a) al detector (10), (b) al medio para la inyección de oxidante principal (15, 24) y (c) al medio para la inyección de material combustible (17, 24), siendo la unidad de control (20) programada:

30 - para comparar la intensidad de llama detectada por el detector (10) con un límite inferior predeterminado y un límite superior predeterminado,

35 - para reducir la relación entre el caudal de inyección de oxidante principal y el caudal de inyección de material combustible en la cámara de combustión (2) cuando la intensidad de llama detectada es menor que el límite inferior predeterminado, y

40 - aumentar la relación entre el caudal de inyección de oxidante principal y el caudal de inyección del material combustible en la cámara de combustión (2) cuando la intensidad de la llama detectada es mayor que un límite superior predeterminado.

12. Horno de llama según la reivindicación 11, en el que la unidad de control (20) es programada:

45 - para reducir la relación entre el caudal de inyección de oxidante principal y el caudal de inyección de material combustible en la cámara de combustión (2) cuando la intensidad de llama detectada es menor que el límite inferior durante un período de tiempo predeterminado Δt_1 o cuando el valor medio de la intensidad de llama detectada durante el período de tiempo predeterminado Δt_1 es menor que el límite inferior, y

50 - para aumentar la relación entre el caudal de inyección de oxidante principal y el caudal de inyección de material combustible en la cámara de combustión (2) cuando la intensidad de llama detectada es mayor que el límite superior durante un período de tiempo predeterminado Δt_2 o cuando el valor medio de la intensidad de llama detectado durante el período de tiempo predeterminado Δt_2 es mayor que el límite superior.

55 13. Horno según una cualquiera de las reivindicaciones 9 a 12 en el que el detector de llama (10) se elige de entre los detectores ópticos, preferiblemente, entre detectores ultravioleta, detectores infrarrojos y detectores de radiación visible.

DIBUJOS

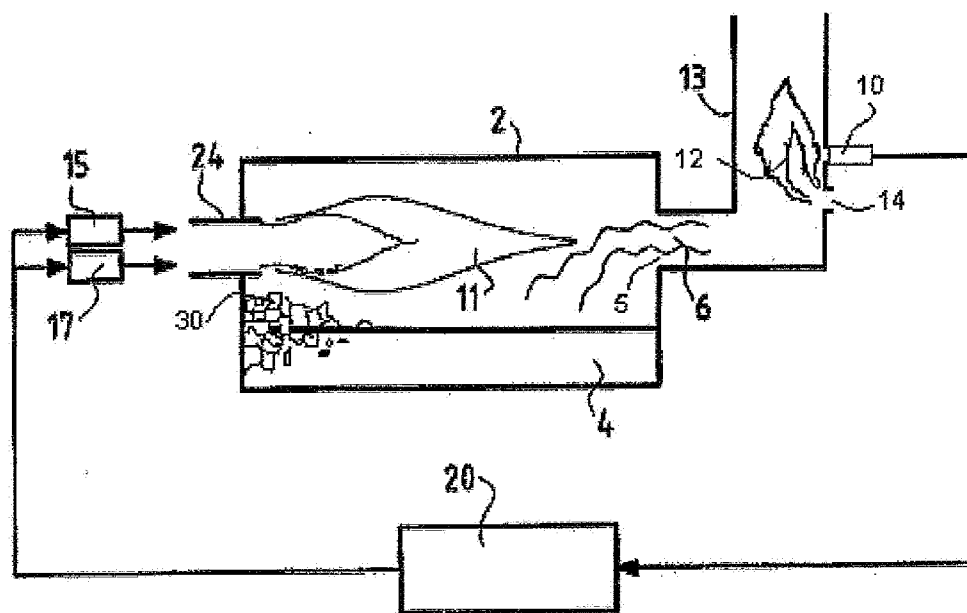


FIG.1