

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 395 382**

51 Int. Cl.:

**F27D 17/00** (2006.01)

**F23D 14/32** (2006.01)

**F23C 6/04** (2006.01)

**C03B 5/235** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **23.10.2006 E 06831281 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la solicitud europea: **23.07.2008 EP 1946004**

54 Título: **Procedimiento de combustión mixta en un horno de regeneradores**

30 Prioridad:

**24.10.2005 FR 0553229**

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

**12.02.2013**

73 Titular/es:

**L'AIR LIQUIDE, SOCIETE ANONYME POUR  
L'ETUDE ET L'EXPLOITATION DES PROCEDES  
GEORGES CLAUDE (100.0%)  
75, QUAI D'ORSAY  
75007 PARIS, FR**

72 Inventor/es:

**LEROUX, BERTRAND;  
JARRY, LUC;  
SIMON, JEAN-FRANÇOIS y  
TSIAVA, RÉMI**

74 Agente/Representante:

**DE ELZABURU MÁRQUEZ, Alberto**

**ES 2 395 382 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

Procedimiento de combustión mixta en un horno de regeneradores

La invención se refiere a un procedimiento de combustión en un horno equipado de medios de recuperación de energía.

5 Los hornos de regeneradores son hornos equipados de apilamientos de refractarios sobre sus lados laterales. Estos refractarios son intercambiadores de calor que permiten recuperar el calor de los humos de combustión que salen de los lados laterales del horno y transferir este calor al aire frío proporcionado al horno. Los refractarios de los regeneradores se calientan a muy altas temperaturas por los humos de combustión (del orden de 1300 a 1500°C). En la práctica, los humos de combustión que salen por un lado del horno se ponen en contacto con los refractarios desde su parte superior hasta su parte inferior durante un ciclo generalmente de aproximadamente 20 minutos. Durante el ciclo siguiente, el aire frío de combustión destinado a alimentar los quemadores del horno se pone en contacto con los refractarios desde su parte inferior hasta su parte superior de tal manera que extraiga su calor. El aire de combustión se calienta entonces a una temperatura generalmente del orden de 1100 a 1300°C antes de ser introducido en la cámara de combustión del horno. Las corrientes de humo de combustión y de aire de combustión se invierten a cada ciclo de tal modo que cada cara de regenerador puede ser calentada alternativamente y utilizada para precalentar el aire de combustión. El precalentamiento del aire de combustión permite una combustión con aire con un elevado rendimiento energético. Para los hornos de recuperadores, el aire de combustión se calienta en continuo por intercambiadores metálicos alimentados en humos de combustión. Estos hornos de regeneradores funcionan con quemadores aero-combustible (o aero-quemadores), es decir, quemadores cuyo comburente es el aire. Se habla también entonces de aero-combustión.

La duración de campaña de estos hornos es generalmente del orden de 10 a 15 años. Durante la campaña, el problema de base consiste en mantener la capacidad de producción del horno a pesar del desgaste creciente de los refractarios y de los regeneradores. Este problema se puede revelar incluso más crítico en caso de necesidad de aumento de producción más allá de la capacidad nominal del horno para poder responder a la evolución en el tiempo de las necesidades del mercado.

Con el fin de mantener o de aumentar la capacidad de producción de un horno de regeneradores existente, existen distintas soluciones. En primer lugar, es posible completar la calefacción eléctricamente colocando en sitio electrodos a través del suelo o de las paredes laterales de cuba del baño de vidrio en curso de fusión. Esta solución presenta la ventaja intrínseca de una gran flexibilidad (capacidad de producción que se puede aumentar de 10 a 15%) pero su empleo es delicado y no hay garantía de resultado ya que la elección de las distribuciones de potencia y de emplazamiento de los electrodos es empírica (no existe modelo preciso del efecto de los electrodos sobre el baño de vidrio fundido). Es también difícil colocar electrodos en caliente (sobre todo si los emplazamientos no han estado previstos antes de la construcción del horno). El coste de la inversión es elevado (transformadores) y el precio de la energía eléctrica significativamente más elevado que el de los combustibles fósiles tradicionalmente utilizados para la fusión del vidrio.

Otra solución consiste en convertir parcialmente la aero-combustión empleada en el horno de oxi-combustión (por oxi-combustión, se entiende una combustión con la ayuda de un comburente que comprende un gas oxigenado más rico en oxígeno que el aire). La oxi-combustión puede ser empleada por el empleo de una de las siguientes tecnologías:

- 40 - la adición de oxi-quemadores (o quemadores oxi-combustible) a través de la bóveda del horno en zona fusión (se entiende por oxi-quemadores o quemadores oxi-combustible, los quemadores cuyo comburente es un gas oxigenado más rico en oxígeno que el aire),
- o la conversión parcial o total de aero-quemadores en oxi-combustión, la adición de oxi-quemadores a través de la pared del horno (patente de EE-UU- n° 2002/0152770).

45 No obstante, estas dos soluciones presentan inconvenientes. La adición de oxi-quemadores a través de la bóveda del horno presenta dificultades intrínsecas al posicionamiento de quemadores oxígeno en bóveda: la colocación de este tipo de quemadores durante la campaña (perforación en bóveda) es delicada. Dificultades termomecánicas excesivas (a nivel de los bloques y punta de los quemadores (elevadas presión y temperatura) o de la propia bóveda (debilitamiento)) puede inducir un desgaste más rápido de los materiales y de los equipos y, por lo tanto, defectos más numerosos en el vidrio. Se observa también un aumento de los despegues de polvo a partir de la capa de composición que cubre el baño de vidrio fundido en zona de fusión (llamas impactantes) y la perturbación del estado Redox del vidrio (mayor presencia de CO en contacto con el vidrio en zona de fusión) que puede causar defectos del vidrio.

55 En lo que se refiere a la conversión parcial o total de aero-quemadores a la oxi-combustión, se emplea sobre todo por la colocación de lanzas de oxígeno bajo un conducto de aire ajustando el caudal de aire caliente introducido por el conducto en cuestión o por adición de oxi-quemadores de cada lado del horno. Las limitaciones de esta conversión al oxígeno actualmente disponibles sobre los hornos de regeneradores son las siguientes:

- 5 - se observa un aumento significativo de las temperaturas de bóveda (+ 30 a 50°C) y de superestructura (en la proximidad de los sitios de empleo del oxígeno) potencialmente perjudicial al desgaste y a la resistencia del horno así como a la calidad del vidrio (defectos de tipo “piedras refractarias”). Este inconveniente se señala especialmente en el caso de las conversiones parciales al oxígeno para las cuales se observa un aumento significativo de las temperaturas en raíz de llama (o incluso en el conducto) (combustión más rápida resultante de la cantidad de oxígeno mayor en la llama y del aumento de temperatura del aire precalentado en los regeneradores).
- 10 - aumento insuficiente de la producción del horno (tirada):
  - o ninguna garantía de aumento de tirada en caso de conversión parcial de puerto (acortamiento casi sistemático de llama perjudicial a la transferencia térmica al baño de vidrio seguido de un calentamiento excesivo en raíz y a una menos buena cobertura del baño de vidrio fundido por las llamas),
  - o aumento pequeño en el caso de quemadores oxi-combustibles añadidos de cada lado del horno, siendo este aumento limitado por el tamaño de las llamas oxígeno desarrolladas y la potencia máxima inyectable en la zona en cuestión
- 15 - riesgo de interacción negativa con las llamas procedentes de la aero-combustión:
  - o desviación de llamas perjudicial al desgaste de los refractarios y a la eficacia de la transferencia térmica a la carga,
  - o emisiones de Nox difícil de controlar (en kg de Nox/tonelada de vidrio fundido),
  - 20 o aumento de las emisiones en caso de conversión parcial de puertos (llamas más calientes y más cortas),
  - o en el mejor caso, estabilización de las emisiones en caso de conversión total de un puerto (junto a un puerto aero) o en el caso de quemadores oxígeno añadidos sobre el horno en coexistencia con puertos aero.
  - 25 o dificultad de colocación de quemadores oxígeno convencionales bajo el conducto de un puerto difícil, o incluso imposible de emplear industrialmente debido a la falta de espacio bajo el conducto de aire.

30 El objetivo de la presente invención es proponer un procedimiento que permite aumentar la capacidad (tirada y calidad de vidrio) de los hornos de regeneradores con la ayuda de una tecnología de oxi-combustión fácil de emplear.

Otro objetivo es proponer un procedimiento que permite aumentar la capacidad de los hornos de regeneradores con la ayuda de una tecnología de oxi-combustión apta para controlar mejor las emisiones Nox en los humos con respecto a las tecnologías existentes.

35 Otro objetivo es proponer un procedimiento que permite adaptar la combustión mixta aero- y oxi-combustible en hornos de regeneradores sin modificar el perfil de la llama aero-combustible.

Con este fin, la invención se refiere a un procedimiento de combustión en un horno equipado de medios de recuperación de energía y de quemadores, en el cual:

- 40 - el calor de los humos de combustión es recuperado alternativamente por una parte de los medios de recuperación de energía luego por la otra parte de los medios de recuperación de energía,
- al menos una parte de los quemadores son quemadores aero-combustibles constituidos por al menos un conducto de aire bajo el cual o en el centro del cual se coloca al menos un inyector de un primer combustible, estando dicho inyector perpendicular a la pared del horno,
- se emplea alternativamente dos fases:
  - 45 o una primera fase durante la cual solamente una parte de los medios de recuperación de energía funcionan y solo funcionan los aero-quemadores susceptibles de dirigir sus llamas hacia dichos medios de recuperación de energía en funcionamiento,
  - o una segunda fase durante la cual solamente la otra parte de los medios de recuperación de energía funcionan y solo funcionan los aero-quemadores susceptibles de dirigir sus llamas hacia dichos medios de recuperación de energía en funcionamiento,
- 50 y en que al menos se coloca un quemador oxi-combustible bajo el conducto de aire de al menos un quemador aero-

combustible, incluyendo dicho quemador oxi-combustible inyectores de fluidos perpendiculares a la pared del horno y empleando un procedimiento de combustión escalonada de un segundo combustible y de un gas rico en oxígeno, siendo dicho procedimiento de combustión escalonada empleado de tal modo que se inyectan al menos un chorro del segundo combustible y al menos un chorro de gas rico en oxígeno, incluyendo el chorro de gas rico en oxígeno un chorro primario de gas rico en oxígeno y un chorro secundario de gas rico en oxígeno, siendo el chorro primario de gas rico en oxígeno inyectado en la proximidad del chorro del segundo combustible de tal manera para generar una primera combustión incompleta, incluyendo también los gases procedentes de esta primera combustión al menos una parte de segundo combustible, mientras que el chorro secundario de gas rico en oxígeno se inyecta a una distancia  $l_2$  del chorro del segundo combustible que es superior a la distancia entre el chorro del segundo combustible y el chorro primario de gas rico en oxígeno lo más cerca posible del chorro del segundo combustible, de tal manera que entra en combustión con la parte del segundo combustible presente en los gases procedentes de la primera combustión, estando el chorro primario de gas rico en oxígeno dividido en al menos dos chorros primarios: al menos un primer chorro primario de gas rico en oxígeno que se inyecta en contacto con el chorro del segundo combustible, y al menos un segundo chorro primario de gas rico en oxígeno inyectado a una distancia  $l_1$  del chorro del segundo combustible, con  $l_2$  superior a  $l_1$ .

La invención se refiere también a un sistema para el empleo de una combustión en un horno que incluye:

- al menos un quemador aero-combustible compuesto:
  - o de un conducto de aire, y
  - o de al menos un inyector de combustible colocado bajo o en el centro del conducto de aire, y perpendicular a la pared del horno,
- al menos un quemador oxi-combustible colocado bajo el conducto de aire del quemador aero-combustible y compuesto de al menos un conjunto de inyectores que incluyen:
  - o al menos un inyector de combustible,
  - o al menos un inyector de gas rico en oxígeno colocado de manera para inyectar dicho gas rico en oxígeno en contacto con el combustible inyectado por el inyector del quemador oxi-combustible,
  - o al menos un inyector de gas rico en oxígeno colocado a una distancia  $l_1$  del inyector de combustible del quemador oxi-combustible,
  - o al menos un inyector de gas rico en oxígeno a una distancia  $l_2$  del inyector de combustible del quemador oxi-combustible, con  $l_2 > l_1$ , estando dichos inyectores perpendiculares a la pared del horno.

Otras características y ventajas de la invención aparecerán a la lectura de la descripción que va a seguir. Se dan algunas formas y modos de realización de la invención como ejemplos no limitativos, ilustrados por los dibujos adjuntos en los cuales:

- la figura 1 es una vista esquemática de un horno equipado de medios de recuperación de energía laterales,
- la figura 2 es una vista esquemática de un horno equipado de medios de recuperación de energía a nivel del cargamento de la materia que se debe fundir,
- la figura 3 es una vista esquemática del sistema de combustión según la invención.

La invención se refiere, por lo tanto, en primer lugar, a un procedimiento de combustión en un horno equipado de medios de recuperación de energía y de quemadores, en el cual:

- el calor de los humos de combustión es recuperado alternativamente por una parte de los medios de recuperación de energía luego por la otra parte de los medios de recuperación de energía,
- al menos una parte de los quemadores son quemadores aero-combustibles constituidos por al menos un conducto de aire bajo el cual o en el centro del cual se coloca al menos un inyector de un primer combustible, estando dicho inyector perpendicular a la pared del horno,
- se emplean alternativamente dos fases:
  - o una primera fase durante la cual solamente una parte de los medios de recuperación de energía funcionan y solo funcionan los aero-quemadores susceptibles de dirigir sus llamas hacia dichos medios de recuperación de energía en funcionamiento,
  - o una segunda fase durante la cual solamente la otra parte de los medios de recuperación de energía funcionan y solo funcionan los aero-quemadores susceptibles de dirigir sus llamas hacia

5 dichos medios de recuperación de energía en funcionamiento, y en el que al menos se coloca un quemador oxi-combustible bajo el conducto de aire de al menos un quemador aero-combustible, incluyendo dicho quemador oxi-combustible inyectores de fluidos perpendiculares a la pared del  
 10 horno y empleando un procedimiento de combustión escalonada de un segundo combustible y de un gas rico en oxígeno, siendo dicho procedimiento de combustión escalonada empleado de tal modo que se inyecta al menos un chorro del segundo combustible y al menos un chorro de gas rico en oxígeno, incluyendo el chorro de gas rico en oxígeno un chorro primario de gas rico en oxígeno y un chorro secundario de gas rico en oxígeno, siendo el chorro primario de gas rico en oxígeno inyectado en la proximidad del chorro del segundo combustible de tal manera para  
 15 generar una primera combustión incompleta, incluyendo también los gases procedentes de esta primera combustión al menos una parte de segundo combustible, mientras que el chorro secundario de gas rico en oxígeno se inyecta a una distancia  $l_2$  del chorro del segundo combustible que es superior a la distancia entre el chorro del segundo combustible y el chorro primario de gas rico en oxígeno lo más próximo al chorro del segundo combustible, de tal manera para entrar en combustión con la parte del segundo combustible presente en los gases procedentes de la primera combustión, estando el chorro primario de gas rico en oxígeno dividido en al menos dos chorros primarios: al menos un primer chorro primario de gas rico en oxígeno que se inyecta en contacto con el chorro del segundo combustible, y al menos un segundo chorro primario de gas rico en oxígeno inyectado a una distancia  $l_1$  del chorro del segundo combustible, con  $l_2$  superior a  $l_1$ .

El horno del procedimiento según la invención se equipa de medios de recuperación de energía utilizados para calentar el aire frío, es decir, el aire ambiental, comunicándole la energía recuperada en los humos de combustión. Estos medios de recuperación de energía se colocan bien sea por una parte y otra del horno sobre los lados laterales del horno, o bien en el extremo del horno donde se carga la materia que se debe fundir.

25 El horno se equipa también de quemadores aero-combustibles. Por “quemadores aero-combustibles”, se entiende en la presente invención quemadores que emplean la combustión de aire y de un combustible. Según el presente procedimiento, un quemador aero-combustible está constituido por al menos un conducto de aire bajo el cual o en el centro del cual se coloca al menos un inyector de combustible. El inyector es perpendicular a la pared del horno de tal manera para crear una llama sensiblemente perpendicular a la pared del horno. No obstante, efectos de ángulo pueden darse a la llama. El calor liberado por los humos de combustión de los quemadores aero-combustibles es recuperado por los medios de recuperación de energía en funcionamiento, el modo de funcionamiento correspondiente a la fase en que los medios de recuperación de energía recuperan el calor, mientras que el modo de paro corresponde al caso en que los medios de recuperación de energía vuelvan su calor al aire frío. Los medios de recuperación de energía y los quemadores aero-combustibles funcionan en oposición de fase: la parte de los quemadores aero-combustibles que no dirigen sus llamas hacia los medios de recuperación de energía en funcionamiento se apagan mientras que la parte de los quemadores aero-combustibles que dirigen su llama y su humo de combustión hacia los medios de recuperación de energía en funcionamiento funcionan.

40 Según la invención, el procedimiento emplea también quemadores oxi-combustible colocados bajo el conducto de aire de al menos un quemador aero-combustible. Por quemador oxi-combustible, se entiende un quemador que emplea la combustión de un combustible y de un gas rico en oxígeno, es decir, un gas que presenta una concentración de oxígeno superior a 90% en volumen. El oxígeno producido por un procedimiento VSA (adsorción de regeneración al vacío) es particularmente adaptado. El combustible de los quemadores oxi-combustible puede ser idéntico o diferente de los quemadores oxi-combustible. Se entiende que los quemadores oxi-combustible están bajo un conducto de aire pero permanecen por encima del baño en fusión. El procedimiento puede emplear un quemador oxi-combustible bajo un conducto de aire o varios quemadores oxi-combustible bajo uno o varios conductos de aire. Si el horno se equipa de conductos de aire colocados en los lados laterales, entonces, preferentemente, el procedimiento emplea un número par de quemadores oxi-combustible colocados simétricamente de cada lado lateral bajo conductos de aire que se enfrentan entre sí. Los quemadores oxi-combustible empleados según la invención son de un tipo particular: deben emplear una combustión escalonada de combustible que queman, siendo el gas rico en oxígeno inyectado en forma de al menos tres chorros diferentes: inyección en un primer chorro primario en contacto con el combustible, inyección en un segundo chorro primario inyectado a una distancia  $l_1$  del punto de inyección del combustible e inyección en un chorro secundario inyectado a una distancia  $l_2$ . Por inyección en contacto, se entiende el hecho de que uno de los chorros primarios se inyecta bien sea en el centro del chorro del segundo combustible, o bien en forma de conductos del chorro del segundo combustible, siendo la distancia entre el primer chorro primario de gas rico en oxígeno y el segundo combustible, por lo tanto nula. Este tipo de quemador oxi-combustible se describe especialmente en las solicitudes de patentes internacionales nº WO 02/081967, WO2004/094902 o WO2005/059440. Los inyectores del quemador oxi-combustible son perpendiculares a la pared del horno de tal manera para crear una llama sensiblemente perpendicular a la pared del horno. No obstante efectos de ángulo pueden darse a la llama. La llama creada por el quemador oxi-combustible es sensiblemente paralela a la creada por el quemador aero-combustible.

Si el horno es un horno de fusión en el cual los medios de recuperación de energía se colocan sobre los lados laterales, entonces preferentemente al menos un quemador oxi-combustible se coloca bajo un conducto de aire

situado en la zona de fusión del horno.

5 Cuando se coloca un quemador oxi-combustible bajo un conducto de aire de un quemador aero-combustible, entonces el caudal de gas rico en oxígeno inyectado por el quemador oxi-combustible está generalmente comprendido entre 20 y 100% del caudal de gas rico en oxígeno y de aire inyectado por dicho quemador y el conducto de aire bajo la cual se coloca. La producción de 100% corresponde a la fase en que se apaga el quemador aero-combustible.

Preferentemente, la combustión empleada por los quemadores aero-combustibles es bajo-estequiométrica y la combustión empleada por los quemadores oxi-combustibles es sobre-estequiométrica.

10 Según la invención, es posible controlar el procedimiento de combustión, y, en particular, la combustión empleada en los quemadores oxi-combustibles, en función de los ciclos de recuperación de calor de los medios de recuperación de energía. Así, según una primera variante, para cada quemador oxi-combustible colocado bajo el conducto de aire de un quemador aero-combustible en funcionamiento, el caudal de gas rico en oxígeno en el chorro secundario de gas rico en oxígeno puede representar 70 a 80%, preferentemente 75%, de la cantidad total de gas rico en oxígeno inyectado por dicho quemador oxi-combustible. Este reparto del gas rico en oxígeno en los inyectores secundarios de gas oxidante de los oxi-quemadores permite proporcionar una llama aero- y oxi- amplia.

15 Según una segunda variante, para cada quemador oxi-combustible colocado bajo el conducto de aire de un quemador aero-combustible en funcionamiento, el caudal de gas rico en oxígeno en el chorro secundario de gas rico en oxígeno puede representar 45 a 55%, preferentemente 50%, de la cantidad total de gas rico en oxígeno inyectado por dicho quemador oxi-combustible. Este reparto del gas rico en oxígeno en los inyectores secundarios de gas oxidante de los oxi-quemadores permite proporcionar una llama aero- y oxi- estable y concentrar la transferencia de calor a la materia en fusión colocada cerca de la raíz de la llama.

20 En lo que se refiere al funcionamiento de los quemadores oxi-combustibles, se pueden emplear dos modos de funcionamiento del procedimiento.

25 Según un primer modo del procedimiento, solamente los quemadores oxi-combustibles cuyas llamas se dirigen hacia los medios de recuperación de energía en funcionamiento funcionan igualmente. En este modo, los quemadores oxi-combustible funcionan en paralelo a los quemadores aero-combustibles: cuando una parte de los medios de recuperación de energía recuperan los humos de los aero-quemadores en funcionamiento, los oxi-quemadores colocados bajo el conducto de aire de estos últimos quemadores aero-combustibles funcionan igualmente, y cuando estos últimos medios de recuperación de energía se apagan, entonces estos aero-quemadores que les proporcionaban el calor se apagan también y los oxi-quemadores colocados bajo el conducto de aire de estos quemadores aero-combustibles apagados, se apagan también.

30 Según un segundo modo del procedimiento, los quemadores oxi-combustibles funcionan permanentemente, independientemente de las fases de funcionamiento y de paro de los medios de recuperación de calor y de los quemadores aero-combustibles. Durante el empleo de este segundo modo, según una primera variante, para cada quemador oxi-combustible colocado bajo el conducto de aire de un quemador aero-combustible en paro, el caudal de gas rico en oxígeno en el chorro secundario de gas rico en oxígeno puede representar de 70 a 80%, preferentemente 75%, de la cantidad total de gas rico en oxígeno inyectado por dicho quemador oxi-combustible. Este reparto del gas rico en oxígeno en los inyectores secundarios de gas oxidante de los oxi-quemadores permite reducir las emisiones de Nox de las llamas y proporcionar una llama amplia.

40 Durante el empleo de este segundo modo, según una segunda variante, para cada quemador oxi-combustible colocado bajo el conducto de aire de un quemador aero-combustible en paro, el caudal de gas rico en oxígeno en el chorro secundario de gas rico en oxígeno puede representar de 45 a 55%, preferentemente 50%, de la cantidad total de gas rico en oxígeno inyectado por dicho quemador oxi-combustible. Este reparto del gas rico en oxígeno en los inyectores secundarios de gas oxidante de los oxi-quemadores permite reducir las emisiones de Nox de las llamas y aumentar la temperatura de los humos.

La invención se refiere también a un sistema para el empleo de una combustión en un horno que incluye:

- al menos un quemador aero-combustible compuesto:
  - o de un conducto de aire, y
  - o de al menos un inyector de combustible colocado bajo o en el centro del conducto de aire y perpendicular a la pared del horno,
- al menos un quemador oxi-combustible colocado bajo el conducto de aire del quemador aero-combustible y compuesto de al menos un conjunto de inyectores que incluyen:
  - o al menos un inyector de combustible,

- 5
- o al menos un inyector de gas rico en oxígeno colocado de tal manera para inyectar dicho gas rico en oxígeno en contacto con el combustible inyectado por el inyector del quemador oxi-combustible,
  - o al menos un inyector de gas rico en oxígeno colocado a una distancia  $l_1$  del inyector de combustible del quemador oxi-combustible,
  - o al menos un inyector de gas rico en oxígeno a una distancia  $l_2$  del inyector de combustible del quemador oxi-combustible, con  $l_2 > l_1$ , siendo dichos inyectores del quemador oxi-combustible perpendiculares a la pared del horno.

10 El quemador oxi-combustible se puede elegir entre los descritos en las solicitudes de patentes internacionales N° WO02/081967, WO2004/094902 o WO2005/059440.

En general, en el sistema de combustión según la invención, el inyector de combustible del quemador aero-combustible se coloca bajo el conducto de aire y dicho inyector y los inyectores del quemador oxi-combustible están dispuestos sensiblemente en el mismo plano horizontal.

15 Preferentemente, el quemador oxi-combustible está compuesto por dos conjuntos de inyectores, estando dichos conjuntos dispuestos simétricamente con respecto al centro del conducto de aire bajo el cual se coloca el quemador. En este sistema preferido, es ventajoso colocar al menos un inyector de combustible del quemador aero-combustible entre los dos conjuntos de inyectores del quemador oxi-combustible. Según un empleo preferido, el quemador oxi-combustible incluye al menos dos inyectores de combustible y se colocan dichos inyectores de combustible de cada lado de los dos conjuntos de inyectores del quemador oxi-combustible.

20 Las figuras 1, 2 y 3 ilustran el dispositivo y el procedimiento según la invención.

25 La figura 1 ilustra el funcionamiento de un horno equipado de quemadores aero-combustibles y de medios de recuperación de energía laterales. Los medios de recuperación de energía (1 y 11) se colocan lateralmente sobre los lados del horno 6. Quemadores aero-combustibles (no representados) producen llamas 2: las llamas de estos quemadores se dirigen hacia los medios de recuperación de energía 11 en funcionamiento, mientras que los medios de recuperación de energía 1 colocados del mismo lado lateral del horno 6 que los quemadores en funcionamiento se apagan.

30 La figura 2 ilustra el funcionamiento de un horno equipado de quemadores aero-combustibles y de medios de recuperación de energía (1, 11) colocados en el extremo del horno (6) donde se carga la materia que se debe fundir. Un quemador aero-combustible (no representado) produce una llama 2 que presenta un movimiento de vuelta hacia el extremo del horno (6) donde se carga la materia que se debe fundir. Los medios de recuperación de energía 11, hacia los cuales la llama 2 se dirige, funcionan, mientras que se apagan los medios de recuperación de energía 1 colocados detrás del quemador en funcionamiento.

La figura 3 ilustra un sistema de combustión según la invención compuesto:

- 35
- de un quemador aero-combustible que incluye un conducto de aire 3 y de tres inyectores de combustible 4 colocados bajo el conducto de aire,
  - de un quemador oxi-combustible que incluye dos conjuntos 5 de inyectores, estando cada conjunto dispuesto simétricamente bajo el conducto de aire 3. Se coloca un inyector 4 de combustible del quemador aero-combustible entre los dos conjuntos 5 de inyectores del quemador oxi-combustible. Los otros dos inyectores 4 de combustible del quemador aero-combustible se colocan alrededor de los dos conjuntos 5 de inyectores del quemador oxi-combustible.
- 40

Por empleo del procedimiento y del sistema de combustión según la invención tales como anteriormente se describen, es posible aumentar la potencia de un horno equipado de medios de recuperación de energía y de quemadores aero-combustible y, en consecuencia, de aumentar la capacidad de producción del horno.

45 El procedimiento y el sistema de combustión según la invención permiten también emplear las combustiones de combustibles de distintas naturalezas según la naturaleza de los quemadores aero- u oxi-combustible.

50 El segundo modo del procedimiento según la invención (en el cual quemadores oxi-combustibles que funcionan permanentemente, independientemente de las fases de funcionamiento y de paro de los medios de recuperación de calor y quemadores aero-combustibles) permite mantener el calentamiento de la materia en fusión. A causa del bajo volumen de humo creado por los quemadores oxi-combustible, no es en efecto necesario apagarlos cuando los medios de recuperación de calor cambian de modo de funcionamiento. En caso, la potencia de los quemadores oxi-combustibles se puede ajustar para compensar el calentamiento disimétrico de los quemadores aero-combustibles.

## REIVINDICACIONES

1.- Procedimiento de combustión en un horno equipado de medios de recuperación de energía y de quemadores, en el cual:

- 5 - el calor de los humos de combustión se recupera alternativamente por una parte por los medios de recuperación de energía luego por la otra parte por los medios de recuperación de energía,
- al menos una parte de los quemadores son quemadores aero-combustibles constituidos por al menos un conducto de aire bajo el cual o en el centro del cual se coloca al menos un inyector de un primer combustible, estando dicho inyector perpendicular a la pared del horno,
- se emplea alternativamente dos fases:
  - 10 o una primera fase durante la cual solamente una parte de los medios de recuperación de energía funcionan y solo funcionan los aero-quemadores susceptibles de dirigir sus llamas hacia dichos medios de recuperación de energía en funcionamiento,
  - 15 o una segunda fase durante la cual solamente la otra parte de los medios de recuperación de energía funcionan y solo funcionan los aero-quemadores susceptibles de dirigir sus llamas hacia dichos medios de recuperación de energía en funcionamiento,

caracterizado porque se coloca al menos un quemador oxi-combustible bajo el conducto de aire de al menos un quemador aero-combustible, incluyendo dicho quemador oxi-combustible inyectores de fluidos perpendiculares a la pared del horno y empleando un procedimiento de combustión escalonada de un segundo combustible y de un gas rico en oxígeno, siendo dicho procedimiento de combustión escalonada empleado de tal modo que se inyecta al menos un chorro del segundo combustible y al menos un chorro de gas rico en oxígeno, incluyendo el chorro de gas rico en oxígeno un chorro primario de gas rico en oxígeno y un chorro secundario de gas rico en oxígeno, siendo el chorro primario de gas rico en oxígeno inyectado en la proximidad del chorro del segundo combustible de tal manera para generar una primera combustión incompleta, incluyendo también los gases procedentes de esta primera combustión al menos una parte de segundo combustible, mientras que el chorro secundario de gas rico en oxígeno se inyecta a una distancia  $l_2$  del chorro del segundo combustible que es superior a la distancia entre el chorro del segundo combustible y el chorro primario de gas rico en oxígeno lo más próximo al chorro del segundo combustible, de tal manera para entrar en combustión con la parte del segundo combustible presente en los gases procedentes de la primera combustión, estando el chorro primario de gas rico en oxígeno dividido en al menos dos chorros primarios: al menos un primer chorro primario de gas rico en oxígeno que se inyecta en contacto con el chorro del segundo combustible, y al menos un segundo chorro primario de gas rico en oxígeno inyectado a una distancia  $l_1$  del chorro del segundo combustible, siendo dicha distancia  $l_2$  superior a la distancia  $l_1$ .

2.- Procedimiento según la reivindicación 1, caracterizado porque el horno es un horno de fusión en el cual los medios de recuperación de energía se colocan sobre los lados laterales y porque al menos un quemador oxi-combustible se coloca bajo un conducto de aire situado en la zona de fusión del horno.

35 3.- Procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones 1 ó 2, caracterizado porque el caudal de gas rico en oxígeno inyectado por el quemador oxi-combustible está comprendido entre 20 y 100% del caudal de gas rico en oxígeno y de aire inyectado por dicho quemador y el conducto de aire bajo el cual se coloca.

40 4.- Procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, caracterizado porque, para cada quemador oxi-combustible colocado bajo el conducto de aire de un quemador aero-combustible en funcionamiento, el caudal de gas rico en oxígeno en el chorro de gas rico en oxígeno secundario representa de 70 a 80% de la cantidad total de gas rico en oxígeno inyectado por dicho quemador oxi-combustible.

45 5.- Procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, caracterizado porque, para cada quemador oxi-combustible colocado bajo el conducto de aire de un quemador aero-combustible en funcionamiento, el caudal de gas rico en oxígeno en el chorro de gas rico en oxígeno secundario representa de 45 a 55% de la cantidad total de gas rico en oxígeno inyectado por dicho quemador oxi-combustible.

6.- Procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, caracterizado porque solamente los quemadores oxi-combustibles colocados en frente de los medios de recuperación de energía que recuperan el calor de los humos de combustión funcionan.

50 7.- Procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, caracterizado porque, para cada quemador oxi-combustible colocado bajo el conducto de aire de un quemador aero-combustible en paro, el caudal de gas rico en oxígeno en el chorro de gas rico en oxígeno secundario representa de 70 a 80% de la cantidad total de gas rico en oxígeno inyectado por dicho quemador oxi-combustible.

8.- Procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, caracterizado porque, para cada quemador oxi-combustible colocado bajo el conducto de aire de un quemador aero-combustible en paro, el caudal de gas rico

en oxígeno en el chorro de gas rico en oxígeno secundario representa de 45 a 55% de la cantidad total de gas rico en oxígeno inyectado por dicho quemador oxi-combustible.

5 9.- Procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque la combustión empleada por los quemadores aero-combustibles es sub-estequiométrica y porque la combustión empleada por los quemadores oxi-combustibles es sobre-estequiométrica.

10.- Horno que incluyen un sistema para el empleo de una combustión en dicho horno que incluye:

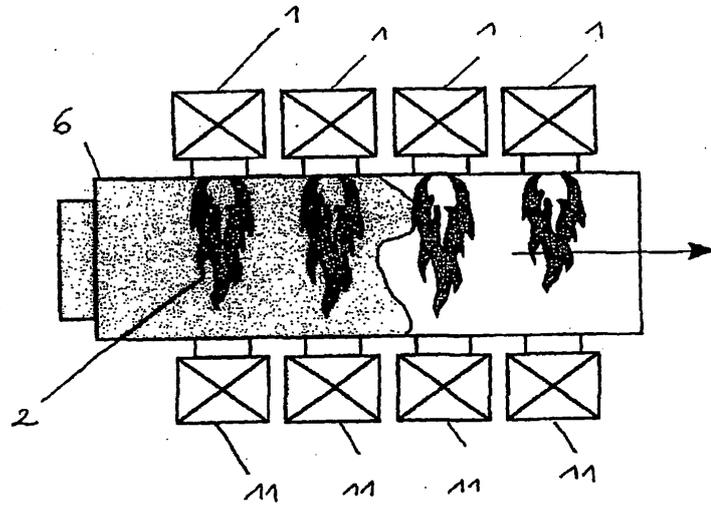
- al menos un quemador aero-combustible compuesto:
  - o de un conducto de aire (3), y
  - o de al menos un inyector de combustible (4) colocado bajo o en el centro del conducto de aire (3) y perpendicular a la pared del horno, caracterizado porque el dicho sistema incluye también:
- al menos un quemador oxi-combustible colocado bajo el conducto de aire del quemador aero-combustible y compuesto de al menos un conjunto (5) de inyectores que incluyen:
  - o al menos un inyector de combustible,
  - o al menos un inyector de gas rico en oxígeno colocado de tal manera para inyectar dicho gas rico en oxígeno en contacto con el combustible inyectado por el inyector del quemador oxi-combustible,
  - o al menos un inyector de gas rico en oxígeno colocado a una distancia  $l_1$  del inyector de combustible del quemador oxi-combustible,
  - o al menos un inyector de gas rico en oxígeno a una distancia  $l_2$  del inyector de combustible del quemador oxi-combustible, con  $l_2 > l_1$ , estando dichos inyectores del quemador oxi-combustible perpendiculares a la pared del horno.

11.- Horno según la reivindicación 10, caracterizado porque el inyector (4) de primer combustible del quemador aero-combustible se coloca bajo el conducto de aire (3) y porque dicho inyector y los inyectores del quemador oxi-combustible están dispuestos sensiblemente en el mismo plano horizontal.

25 12.- Horno según la reivindicación 10 ó 11, caracterizado porque el quemador oxi-combustible se compone de dos conjuntos (5) de inyectores, estando dichos conjuntos (5) dispuestos simétricamente con respecto al centro del conducto de aire (3) bajo el cual se coloca el quemador.

13.- Horno según la reivindicación 12, caracterizado porque se coloca al menos un inyector de combustible (4) del quemador aero-combustible entre los dos conjuntos (5) de inyectores del quemador oxi-combustible.

30



**FIGURA 1**

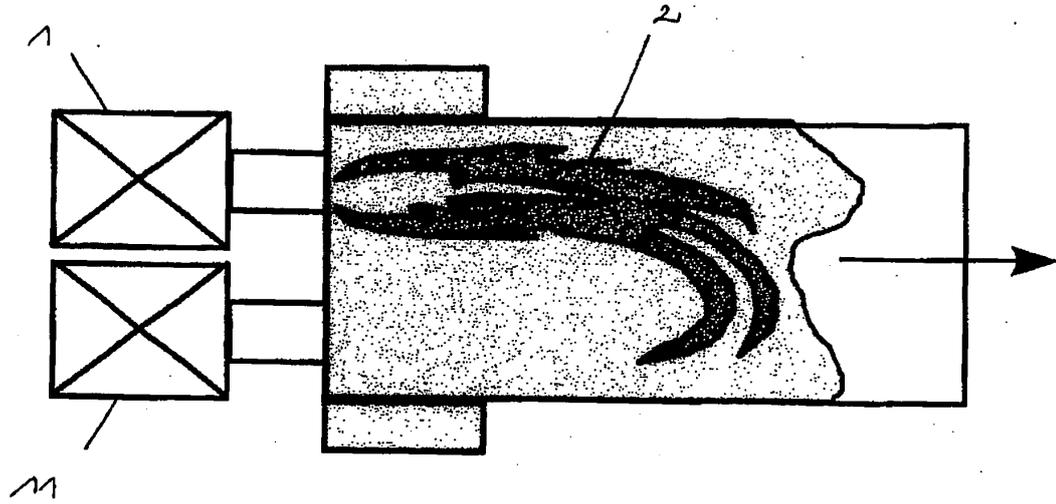


FIGURA 2

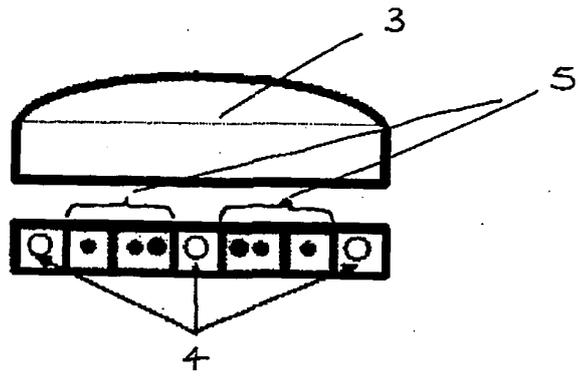


FIGURA 3