

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 547 010**

51 Int. Cl.:

C21D 9/00 (2006.01)

F27D 17/00 (2006.01)

F27B 3/26 (2006.01)

F27B 9/30 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **11.09.2007 E 07823495 (2)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **09.09.2015 EP 2059616**

54 Título: **Procedimiento de calentamiento en un horno utilizando un combustible de baja potencia calorífica, y horno que utiliza este procedimiento**

30 Prioridad:

13.09.2006 FR 0607999

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

30.09.2015

73 Titular/es:

**FIVES STEIN (100.0%)
108-112, avenue de la République
94700 Maisons-Alfort, FR**

72 Inventor/es:

**CHEVER, RENÉ-VINCENT y
GIRAUD, PATRICK**

74 Agente/Representante:

LEHMANN NOVO, María Isabel

ES 2 547 010 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 calentamiento en un horno utilizando un combustible de baja potencia calorífica, y horno que utiliza este procedimiento

5 La invención se refiere a un procedimiento de control de un horno de calentamiento, en particular un horno de calentamiento de productos siderúrgicos, en particular de desbastes planos, de desbastes cuadrados o rectangulares, de desbastados o de palanquilla, que permite llevar el producto a calentar a la temperatura deseada para el laminado con un combustible de baja potencia calorífica, comúnmente denominado "gas pobre".

10 Por "gas pobre" se designa un combustible gaseoso cuya potencia calorífica está comprendida entre 2700 kJ/Nm³ y 4000 kJ/Nm³.

15 Estos gases pobres están generalmente compuestos de una gran proporción de gases inertes, tales como el nitrógeno y el gas carbónico, que tienen un papel de balastos y que deben ser calentados en la combustión y por lo tanto limitan la temperatura teórica de combustión.

20 El documento EP 0 322 678 se refiere a un sistema de quemadores regenerativos, para un horno, que pueden ser alimentados en gas de alto horno. Dos matrices regenerativas están previstas para cada quemador, lo que complica el horno y su procedimiento de control. La invención tiene en particular como objetivo remediar a este inconveniente.

25 A título de ejemplo, se describe a continuación más en detalle el caso de funcionamiento con un combustible gaseoso de bajo poder calórico, tomando como ejemplo el gas de alto horno. Su principal ventaja reside en el hecho de que es disponible "gratuitamente", de ahí el interés de utilizarlo como combustible para alimentar los hornos situados en el sitio siderúrgico. Por el contrario, tiene un bajo poder calorífico, del orden de 3500 kJ/Nm³, relacionado a su composición química que comprende una cantidad elevada en gases inertes, N₂ y CO₂. Para que los productos a calentar alcancen la temperatura requerida en el deshornado del horno para el laminado, aproximadamente 1150 a 1280°C, es indispensable que las paredes del horno y los humos de combustión estén a alta temperatura, aproximadamente 1300 a 1400°C. Según el estado de la técnica, estas temperaturas son difíciles de alcanzar por la temperatura teórica de combustión durante el uso exclusivo de gases pobres. La temperatura teórica de combustión es la temperatura máxima susceptible de ser obtenida por los gases en final de combustión. Se calcula determinando el estado final de una mezcla combustible/comburente tomada inicialmente en proporciones estequiométricas o en proporciones definidas, y que ha sufrido una combustión adiabática instantánea a presión constante y sin intercambio de calor con su entorno. La temperatura teórica de combustión no se puede obtener en un horno ya que, por un lado, la combustión no se produce jamás instantáneamente y, por otro lado, la llama intercambia siempre calor con su entorno. Resulta que en condiciones dadas, se puede obtener efectivamente sólo una temperatura de llama real inferior a la temperatura teórica. La relación entre esta temperatura real y la temperatura teórica se denomina "rendimiento pirométrico". Esta noción está por ejemplo detallada en el artículo "Combustibles pauvres dans les fours continus de sidérurgie" publicado en el número 232 de abril de 1981 en la Revue Générale de Thermique. El rendimiento pirométrico para el gas de alto horno es, por ejemplo, de 0,80. Se escoge este valor para exponer el problema técnico al que la invención aporta una solución.

45 Los humos presentes en el horno tienen por lo tanto una temperatura máxima que corresponde a la temperatura de llama real.

Se conoce que un medio para aumentar la temperatura teórica de combustión consiste en precalentar el aire de combustión o el combustible aguas arriba de la boquilla del quemador.

50 Los medios utilizados según el estado de la técnica consisten en precalentar uno de los dos fluidos que participan a la combustión, bien a través de un recuperador situado en el circuito de humos, bien a través de las matrices regenerativas de quemadores regenerativos.

55 Las figuras 1 a 4 de los dibujos anexos son unas tablas de valores calculados para un combustible de tipo gas pobre de alto horno, cuya composición en volumen es la siguiente: N₂ 56,7%, CO 24,5%, CO₂ 16,7%, H₂ 2,0%, otros 0,1%. Las condiciones son recordadas en el encabezamiento de cada tabla.

60 Los cálculos representados en la Figura 1 muestran que precalentando el aire de combustión, una temperatura de aire de 1250°C no es suficiente para obtener una temperatura de humos comparable a las obtenidas para gases ricos, es decir 1400°C y más. Este nivel de temperatura de calentamiento del aire, y por lo tanto con más razón a nivel superior, no se puede obtener con un recuperador industrial situado en el circuito de humos.

Los quemadores regenerativos, gracias a los cuales es posible calentar el aire a alta temperatura, permiten obtener unas diferencias de temperaturas entre los humos y el gas precalentado de aproximadamente 150°C. Sin embargo, la temperatura límite de calentamiento del aire con un quemador regenerativo se sitúa entre 1150°C y 1200°C.

65 Por lo tanto, no es posible obtener una temperatura de pared de horno suficiente para calentar el aire con un

producto a 1200°C precalentando únicamente el aire de combustión.

Los cálculos representados en la Figura 2 muestran que precalentando el gas pobre, es necesario precalentarlo hasta una temperatura de 1000°C para obtener una temperatura de humos comparable a las obtenidas (1400°C y más) para gases ricos. Este nivel de temperatura podría ser alcanzado efectuando el precalentamiento en un quemador regenerativo. No obstante, esta solución no se utiliza industrialmente debido a problemas técnicos que la hacen difícil a realizar, tales como los riesgos inherentes a este nivel de temperatura del gas así como a los problemas inducidos por el craqueo del gas a estas temperaturas. Por lo tanto, no es posible industrialmente obtener una temperatura de pared de horno suficiente para calentar un producto a 1200°C precalentando únicamente el gas pobre.

Otro medio que permite aumentar la temperatura teórica de combustión consiste en realizar una sobreoxidación del aire de combustión, es decir aumentar su contenido en oxígeno.

Los cálculos representados en la Figura 3, con un comburente a 450°C, muestran que esta solución no es satisfactoria, ya que incluso precalentando el comburente a 450°C, se necesita una cantidad en oxígeno en el comburente del 80% para alcanzar una temperatura de humos próxima de 1400°C. Un precalentamiento a esta temperatura de oxígeno casi puro no se puede realizar industrialmente por razones de seguridad. Por otro lado, la rentabilidad de esta solución sería muy variable según las fábricas y el coste del m³ de oxígeno. Por estas mismas razones, una cantidad menor en oxígeno asociada a un calentamiento del gas pobre no es una solución satisfactoria.

Así, las soluciones utilizadas según el estado de la técnica no permiten llevar el producto a calentar a la temperatura deseada para el laminado con exclusivamente un combustible de baja potencia calorífica en condiciones satisfactorias.

Para responder a los problemas técnicos enunciados, la invención se basa principalmente en un procedimiento de control de un horno de calentamiento de productos siderúrgicos, en particular de desbastes planos, de desbastes cuadrados o rectangulares, de desbastados o de palanquilla, que permite llevar el producto a calentar a la temperatura deseada para el laminado,

- siendo el horno mayoritariamente de quemadores de tipo quemadores regenerativos que comprenden matrices regenerativas y que funcionan en modo todo o nada,

- funcionando los quemadores en modulación de duración,

- atravesando una parte de los humos de combustión las matrices regenerativas de los quemadores regenerativos a fin de precalentar uno (combustible o comburente) de los fluidos que participan a la combustión, caracterizado por que:

- el horno está equipado de un recuperador de calor dispuesto en el exterior del horno en un tubo de humos, y

- el total de los humos de combustión atraviesa el recuperador de calor para precalentar el fluido (comburente o combustible) diferente del precalentado en las matrices regenerativas.

Ventajosamente, se utiliza un gas pobre exclusivamente como combustible, y un precalentamiento a alta temperatura de uno de los fluidos que participan a la combustión, obtenido durante su paso a través de las matrices regenerativas de los quemadores, en combinación con un precalentamiento del otro fluido que participa a la combustión obtenido durante su paso a través del recuperador de calor, y permite alcanzar la temperatura requerida para los productos a calentar a la salida del horno.

El caudal de los humos que atraviesan la matriz regenerativa de un quemador regenerativo se determina para obtener la temperatura deseada de los humos en la salida del quemador regenerativo y correlativamente la temperatura deseada en el fluido a precalentar después de su paso en la matriz regenerativa.

Preferiblemente, para un tiempo de ciclo constante basculante entre dos quemadores regenerativos de un mismo par, el tiempo de funcionamiento en modo calentamiento de cada quemador regenerativo se ajusta para cada ciclo de manera que el quemador transmite la potencia calorífica requerida.

A fin de alcanzar una temperatura de llama suficiente durante fases de encendido del horno o en funcionamiento a bajo régimen, la temperatura del fluido que proviene del recuperador está ventajosamente mantenida a un nivel mínimo, bien utilizando el o los quemadores del horno situados lo más cerca de este recuperador, bien utilizando uno o más quemadores complementario. Preferiblemente, los quemadores complementarios están colocados en el circuito de humos aguas arriba del recuperador.

La proporción de humos que pasa por el recuperador de calor se aprovecha para un control preciso de la presión en

el interior del horno a fin de limitar las entradas de aire.

Ventajosamente, el gas pobre se precalienta en las matrices regenerativas de los quemadores a una temperatura comprendida entre 600°C y 800°C,

- 5 - el gas pobre tiene un poder calorífico comprendido entre 2700 kJ/Nm³ y 4000 kJ/Nm³,
- y el comburente está formado por aire precalentado en el recuperador de calor a una temperatura comprendida entre 400°C y 600°C para obtener una temperatura de humos superior a 1300°C que permite llevar el producto a calentar a una temperatura comprendida entre 1150°C y 1280°C.

15 Preferiblemente, los quemadores de tipo quemadores regenerativos están dispuestos en lados opuestos del horno y están agrupados por pares de quemadores enfrente el uno del otro, siendo el quemador de un par situado de un lado controlado para funcionar alternativamente en quemador y chimenea mientras que el quemador del par situado del otro lado está controlado para funcionar alternativamente en chimenea y quemador. El número de quemadores de tipo quemadores regenerativos es superior al número total de quemadores de otro tipo.

20 El tiempo de ciclo constante de transición entre dos quemadores regenerativos de un mismo par está ventajosamente comprendido entre 40 y 90 segundos y el tiempo de funcionamiento en modo calentamiento de cada quemador regenerativo se ajusta para cada ciclo, de manera que el quemador transmite la potencia calorífica requerida.

25 La invención se refiere también a un horno de calentamiento de productos siderúrgicos, en particular de desbastes planos, de desbastes cuadrados o rectangulares, de desbastados o de palanquilla, que permite llevar el producto a calentar a la temperatura deseada para el laminado, que comprende

- por un lado, mayoritariamente, unos quemadores de tipo quemadores regenerativos que comprenden matrices regenerativas y que funcionan en modo todo o nada,
- 30 - medios para hacer funcionar los quemadores en modulación de duración,
- medios para que una parte de los humos de combustión atraviese las matrices regenerativas de los quemadores regenerativos a fin de precalentar uno u otro de los fluidos que participan a la combustión (combustible o comburente),

35 caracterizado por que comprende un recuperador de calor, dispuesto en el exterior del horno en un tubo a humos,

- y medios para que la totalidad de los humos de combustión atraviese el recuperador de calor para precalentar el fluido que no está calentado en las matrices regenerativas (comburente o combustible).

40 La invención consiste, a parte de las disposiciones expuestas anteriormente, en un cierto número de otras disposiciones más explícitamente en cuestión a continuación, a propósito de ejemplos de realización descritos en detalle con referencias a las figuras anexas, pero que no son de ninguna manera limitativos. En estas figuras:

45 Las figuras 1 a 3 son unas tablas de valores calculados para un combustible de tipo gas pobre de alto horno, cuya composición en volumen es la siguiente: N₂ 56,7%, CO 24,5%, CO₂ 16,7%, H₂ 2,0%, otros 0,1%, con funcionamiento según los procedimientos del estado de la técnica.

50 La figura 4 es una tabla de valores calculados para un combustible de tipo gas pobre de alto horno parecido al de las figuras 1 a 4, con funcionamiento según el procedimiento de la invención.

La figura 5 es una vista esquemática en plano de un horno de calentamiento según la invención, y

55 La figura 6 es una sección transversal vertical del horno de la figura 5 a nivel de dos quemadores regenerativos enfrente el uno del otro.

60 A título de ejemplo de realización de la invención, la tabla de la figura 4 muestra que un precalentamiento del gas pobre en la matriz regenerativa a una temperatura moderada de 700°C combinado con un calentamiento del aire de combustión a 450°C en el recuperador de calor permite alcanzar la temperatura de llama requerida para calentar los productos.

65 Una característica del procedimiento según la invención es que los humos están repartidos en dos circuitos separados que permiten precalentar, según el circuito, el combustible y el comburente, y que uno al menos de estos circuitos de humos atraviesa un recuperador que agotando los humos en la salida del horno.

Otra característica del procedimiento según la invención es que la combinación de un precalentamiento de uno de

los fluidos que participa a la combustión obtenido durante su paso a través de las matrices regenerativas de los quemadores, y de un precalentamiento del otro fluido que participa a la combustión obtenido durante su paso a través del recuperador de calor permite, gracias a una temperatura de llama elevada, alcanzar la temperatura requerida para los productos a calentar a la salida del horno utilizando exclusivamente un gas pobre.

5 Otra característica del procedimiento según la invención es que el caudal de los humos que atraviesa la matriz regenerativa de un quemador regenerativo se determina para obtener la temperatura deseada de los humos en la salida del quemador regenerativo y correlativamente la temperatura deseada del fluido a precalentar después de su paso en la matriz regenerativa.

10 En efecto, para alcanzar la temperatura de llama considerada con un gas pobre, según la invención se precalienta el comburente y el combustible. Para que el fluido a precalentar alcance la temperatura requerida a la salida de la matriz regenerativa, es necesario que esta pueda transmitirle la energía calorífica correspondiente. Esto es posible si la matriz regenerativa ha alcanzado una temperatura suficiente durante el anterior funcionamiento del quemador en modo chimenea. En efecto, para una masa dada de matriz regenerativa, a esta temperatura corresponde una cantidad de energía almacenada en la matriz susceptible de ser redistribuida al fluido a precalentar durante su paso a través de la matriz durante el siguiente funcionamiento del quemador en modo calentamiento.

15 Según esta característica de la invención, el caudal de humos que circula en la matriz regenerativa durante un funcionamiento en modo chimenea está limitado al necesario para alcanzar la temperatura considerada en la matriz regenerativa. El caudal de humos en exceso se evacua al exterior del horno pasando a través del recuperador de calor tubular que precalienta el otro fluido que participa a la combustión, contribuyendo así a un buen rendimiento térmico global del horno.

20 Otra característica del procedimiento según la invención es que, para un tiempo de ciclo constante de transición entre dos quemadores regenerativos de un mismo par, el tiempo de funcionamiento en modo calentamiento de cada quemador regenerativo se ajusta para cada ciclo de manera que el quemador transmita la potencia calorífica requerida.

25 El tiempo de ciclo de funcionamiento de un quemador comprende el tiempo de funcionamiento en modo calentamiento al que se añade el tiempo de funcionamiento en modo chimenea. Para un tiempo de ciclo constante, una reducción del tiempo de funcionamiento en modo calentamiento, debido a una demanda calorífica más baja, se traduce por un aumento de la misma duración de funcionamiento en modo chimenea. Debido a esta duración importante de funcionamiento del quemador en modo chimenea, el caudal de humos que circula en la matriz regenerativa está reducido, de manera a limitar la cantidad de energía almacenada en la matriz a la necesaria al fluido a precalentar durante el siguiente funcionamiento del quemador en modo calentamiento. De nuevo, el caudal de humos en exceso se evacua al exterior del horno pasando a través del recuperador de calor tubular que precalienta el otro fluido que participa a la combustión, contribuyendo así a un buen rendimiento térmico global del horno.

30 Según un ejemplo de realización de la invención, el tiempo de ciclo constante de un quemador es de 60 s (60 segundos) con un tiempo de base de funcionamiento en modo calentamiento de 30 s y un tiempo de funcionamiento en modo chimenea de 30 s. Cuando la potencia calorífica requerida al quemador es del 100% de su potencia nominal, el quemador funciona durante 30 s en modo calentamiento y después 30 s en modo chimenea. Cuando la potencia calorífica requerida al quemador es del 50% de su potencia nominal, el quemador funciona durante 15 s en modo calentamiento y después 45 s en modo chimenea. Ya que el encendido del quemador en modo calentamiento necesita un cierto tiempo, existe una duración mínima de funcionamiento en modo calentamiento, por ejemplo de 5 s. Según la demanda calorífica, el tiempo de funcionamiento en modo calentamiento estará así comprendido entre 5 y 30 s, añadiendo cada segundo de menos en la duración de calentamiento un segundo en la duración de funcionamiento en modo chimenea para un tiempo de ciclo constante de 60 s.

35 Otra característica del procedimiento según la invención es que la proporción de humos que pasa por el recuperador de calor tubular está aprovechada para un control preciso de la presión en el interior del horno a fin de limitar las entradas de aire. Según la invención, el caudal de humos evacuado por los quemadores a través de las matrices regenerativas está limitado. Resulta una cantidad importante de humos presente en el horno, aprovechada para control el nivel de presión del horno actuando sobre el caudal de extracción de los humos a través de un registro o de un eyector cuyo motor eléctrico está controlado vía un variador de frecuencia de la corriente de alimentación.

40 La Figura 5 representa un ejemplo de realización de la invención que muestra la implantación de un receptor de calor A, por ejemplo tubular, dispuesto en el exterior del horno 1 en el tubo de humos B. El precalentamiento del aire de combustión y/o del combustible está así realizado fuera de los quemadores 2a, 2b (figura 6) de tipo regenerativo, aguas arriba de estos. El precalentamiento en el recuperador de calor se efectúa para el conjunto de los quemadores en cuestión. Este precalentamiento tiene lugar en continuo por intercambio entre fluido caliente y fluido frío. En los quemadores regenerativos 2a, 2b, la transferencia de energía entre los humos y el fluido a precalentar se realiza directamente en el interior del quemador, o a proximidad inmediata, en una matriz regenerativa 3a, 3b, formada por una masa compacta de materiales acumuladores de calor.

- 5 En el ejemplo de realización representado, es el aire de combustión que está precalentado. Este se encamina a partir del ventilador 4 mediante el conducto de alimentación 5 hasta una alimentadora 6 que distribuye el aire sobre cuatro circuitos paralelos equipados cada uno de dos intercambiadores sucesivos de dos pasos. El aire precalentado se recoge en salida del recuperador por un colector 7 para ser distribuido a los quemadores 2a, 2b por los conductos de alimentación 8. En el circuito de humos, el tubo B permite llevar los humos extraídos del horno 1 al recuperador A en el que se enfrían liberando calorías al aire de combustión antes de ser evacuados por la chimenea 9.
- 10 El principio de funcionamiento de los quemadores regenerativos se describe ahora más en detalle.
- 15 Como se representa en la Figura 6, los quemadores regenerativos 2a, 2b están montados por pares en el horno 1. Los quemadores están instalados en las paredes longitudinales opuestas del horno, enfrente el uno del otro por pares. Por turnos, uno de los quemadores de un par sirve de chimenea mientras que el otro calienta.
- 20 Cada quemador contiene un elemento 4a, 4b, en particular formado por una electroválvula, que controla la admisión del combustible, un elemento 5a, 5b formado en particular por una aleta de estrechamiento, que permite la evacuación de los gases de combustión. Se señala que un mismo elemento, por ejemplo una válvula de tres vías, puede asegurar las dos funciones de los elementos 5 y 6.
- 25 Como se representa en la Figura 6, cuando el quemador 2b sirve de chimenea, el elemento de escape 6B está abierto y el elemento de admisión del aire 5b está cerrado. Los gases de combustión pasan a través de la matriz regenerativa 3b y después son liberados al aire libre, ventajosamente por un circuito independiente como se representa en la Figura 5, a través del circuito 10 hasta la chimenea 11.
- 30 Cuando el quemador 2b calienta, la posición de cada elemento está inversada y esta vez es el aire de combustión que pasa a través de la matriz regenerativa antes de ser mezclado al combustible para ser quemado.
- 35 Cada quemador funciona por lo tanto alternativamente en modo calentamiento, con un tiempo de ciclo compuesto de una fase de calentamiento y de una fase de chimenea de una duración comprendida generalmente entre 30 y 120 segundos. Esta duración depende del volumen de la matriz regenerativa y de la capacidad calorífica que es capaz de acumular, y de otros parámetros que no están descritos aquí.
- 40 En el ejemplo representado en la Figura 6, es el aire de combustión que está precalentado pasando a través de la matriz regeneradora. Según otro ejemplo de realización, es el combustible que está precalentado pasando a través de la matriz regeneradora.
- La potencia proporcionada por el quemador en calentamiento se ajusta en función de la necesidad calorífica en el horno. Un primer modo de ajuste consiste en modular la potencia del quemador haciendo variar el caudal de combustible durante su tiempo de funcionamiento en modo calentamiento. Ventajosamente, el modo de ajuste según la invención consiste en mantener constante el caudal de combustible y en modular el tiempo de funcionamiento del quemador en modo calentamiento.

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento de control de un horno de calentamiento de productos siderúrgicos, en particular de desbastes planos, de desbastes cuadrados o rectangulares, de desbastados o de palanquilla, que permite llevar el producto a calentar a la temperatura deseada para el laminado,
- 5 - estando el horno equipado mayoritariamente de quemadores de tipo quemadores regenerativos (2a, 2b), que comprenden unas matrices regenerativas (3a, 3b) y que funcionan en modo todo o nada,
- 10 - funcionando los quemadores en modulación de duración,
- atravesando una parte de los humos de combustión las matrices regenerativas de los quemadores regenerativos a fin de precalentar uno (combustible o comburente) de los fluidos que participan a la combustión, caracterizado por que:
- 15 - el horno está equipado de un recuperador de calor (A) colocado en el exterior del horno en un tubo de humos (B), y
- la totalidad de los humos de combustión atraviesa el recuperador de calor (A) para precalentar el fluido (comburente o combustible) diferente del precalentado en las matrices regenerativas.
- 20 2. Procedimiento según la reivindicación 1, caracterizado por que:
- un gas pobre se utiliza exclusivamente como combustible;
- 25 - un precalentamiento a alta temperatura de uno de los fluidos que participa a la combustión, obtenido durante su paso a través de las matrices regenerativas (3a, 3b) de los quemadores, está combinado con un precalentamiento del otro fluido que participa a la combustión obtenido durante su paso a través del recuperador de calor (A), y permite alcanzar la temperatura requerida para los productos a calentar a la salida del horno.
- 30 3. Procedimiento según la reivindicación 1 o 2, caracterizado por que el caudal de los humos que atraviesa la matriz regenerativa de un quemador regenerativo está determinado para obtener la temperatura deseada de los humos en la salida del quemador regenerativo y correlativamente la temperatura deseada para el fluido a precalentar después de su paso en la matriz regenerativa.
- 35 4. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, caracterizado por que, para un tiempo de ciclo constante de transición entre dos quemadores regenerativos de un mismo par, el tiempo de funcionamiento en modo calentamiento de cada quemador regenerativo se ajusta para cada ciclo, de manera que el quemador transmita la potencia calorífica requerida.
- 40 5. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, caracterizado por que, a fin de alcanzar una temperatura de llama suficiente durante fases de encendido del horno o en funcionamiento a bajo régimen, la temperatura del fluido que proviene del recuperador (A) se mantiene a un nivel mínimo, bien utilizando el o los quemadores del horno situados lo más cerca posible de este recuperador, bien utilizando uno o más quemadores complementarios.
- 45 6. Procedimiento según la reivindicación 5, caracterizado por que los quemadores complementarios están colocados en el circuito de humos, aguas arriba del recuperador (A).
- 50 7. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6, caracterizado por que la proporción de humos que pasa por el recuperador de calor (A) se aprovecha para un control preciso de la presión en el interior del horno a fin de limitar las entradas de aire.
- 55 8. Procedimiento según la reivindicación 2, o el conjunto de la reivindicación 2 y de cualquiera de las reivindicaciones 3 a 7, caracterizado por que:
- el gas pobre se precalienta en las matrices regenerativas de los quemadores a una temperatura comprendida entre 600°C y 800°C,
- 60 - el gas pobre tiene un poder calorífico comprendido entre 2700 kJ / Nm³ y 4000 kJ /Nm³,
- y el comburente está formado por aire precalentado en el recuperador de calor (A) a una temperatura comprendida entre 400°C y 600°C para obtener una temperatura de humos superior a 1300°C, que permite lleva el producto a calentar a una temperatura comprendida entre 1150°C y 1280°C.
- 65 9. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que el número de quemadores de tipo quemadores regenerativos (2a, 2b) es superior al número total de quemadores de otro tipo.

- 5 10. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que el tiempo de ciclo constante de transición entre dos quemadores regenerativos de un mismo par está comprendido entre 40 y 80 segundos, y el tiempo de funcionamiento en modo calentamiento de cada quemador regenerativo está ajustado para cada ciclo de manera que el quemador transmita la potencia calorífica requerida.
- 10 11. Horno de calentamiento de productos siderúrgicos, en particular de desbastes planos, de desbastes cuadrados o rectangulares, de desbastados o de palanquilla, que permite llevar el producto a calentar a la temperatura deseada para el laminado, que comprende:
- 15 - por un lado mayoritariamente unos quemadores de tipo quemadores regenerativos (2a, 2b), que comprenden unas matrices regenerativas (3a, 3b) y que funcionan en modo todo o nada,
- medios (4a, 5a; 4b, 5b) para hacer funcionar los quemadores (2a, 2b) en modulación de duración,
- 20 - medios (6a, 6b) para que una parte de los humos de combustión atraviese las matrices regenerativas (3a, 3b) de los quemadores regenerativos a fin de precalentar uno u otro de los fluidos que participan a la combustión (combustible o comburente),
- 25 caracterizado por que comprende un recuperador de calor (A), dispuesto en el exterior del horno en un tubo a humos (B), y medios para que la totalidad de los humos de combustión atraviese el recuperador de calor (A) para precalentar el fluido que no está calentado en las matrices regenerativas (comburente o combustible).
12. Horno según la reivindicación 11, caracterizado por que el número de quemadores de tipo quemadores regenerativos (2a, 2b) es superior al de los otros quemadores.

ES 2 547 010 T3

Figura 1

Efecto de la temperatura del aire de combustión sobre la temperatura teórica de combustión

Composición del combustible: N₂ 56,7%, CO 24,5%, CO₂ 16,7%, H₂ 2,0%, otros 0,1%

Temperatura del combustible: 20°C

Exceso de aire del 5%

Temperatura del aire de combustión (°C)	Temperatura teórica de combustión (°C)	Temperatura máxima de los humos (°C)
100	1333	1066
200	1362	1090
300	1392	1114
400	1422	1138
500	1452	1162
600	1482	1186
700	1513	1210
800	1545	1236
900	1577	1262
1000	1609	1287
1100	1639	1311
1200	1670	1336
1250	1685	1348

Figura 2

Efecto de la temperatura del combustible sobre su temperatura teórica de combustión

Composición del combustible: N₂ 56,7%, CO 24,5%, CO₂ 16,7%, H₂ 2,0%, otros 0,1%

Temperatura del aire de combustión: 20°C

Exceso de aire del 5%

Temperatura del combustible en el quemador (°C)	Temperatura teórica de combustión (°C)	Temperatura máxima de los humos (°C)
20	1309	1047
100	1346	1077
200	1393	1114
300	1439	1151
400	1486	1189
500	1535	1228
600	1585	1268
700	1633	1306
800	1680	1344
900	1726	1381
1000	1771	1417
1100	1816	1453
1200	1359	1487

ES 2 547 010 T3

Figura 3

Efecto de la sobreoxidación del aire sobre la temperatura teórica de combustión

Composición del combustible: N₂ 56,7%, CO 24,5%, CO₂ 16,7%, H₂ 2,0%, otros 0,1%

Temperatura del comburente: 450°C

Temperatura del combustible: 20°C

Exceso de aire del 5%

% de O ₂ en el comburente	Temperatura teórica de combustión (°C)	Temperatura máxima de los humos (°C)
20,8	1437	1150
25	1494	1195
30	1547	1238
35	1588	1270
40	1619	1295
50	1664	1331
60	1696	1357
70	1719	1375
80	1736	1389
90	1750	1400
100	1762	1410

Figura 4

Efecto de la temperatura del gas pobre sobre la temperatura teórica de combustión

Composición del combustible: N₂ 56,7%, CO 24,5%, CO₂ 16,7%, H₂ 2,0%, otros 0,1%

Temperatura del aire de combustión: 450°C

Exceso de aire del 5%

Temperatura del combustible en el quemador (°C)	Temperatura teórica de combustión (°C)	Temperatura máxima de los humos (°C)
20	1437	1150
100	1472	1178
200	1516	1213
300	1563	1250
400	1609	1287
500	1653	1322
600	1698	1358
700	1741	1393
800	1785	1428
900	1828	1462
1000	1871	1497

Figura 5

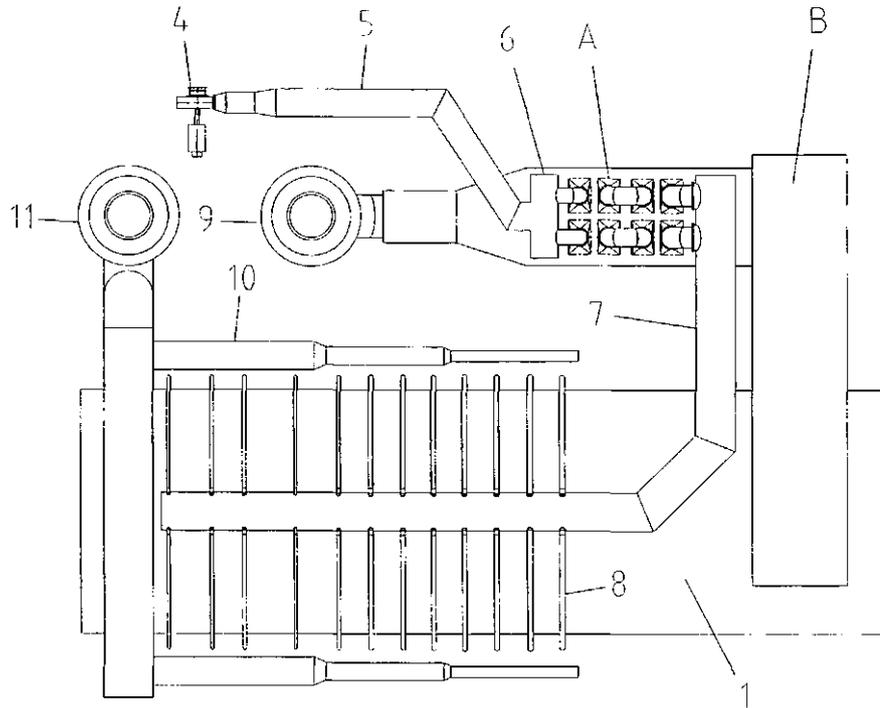


Figura 6

