

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 624 903**

51 Int. Cl.:

**F23D 14/12** (2006.01)

**F23L 15/04** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **11.11.2011** **E 11188879 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **01.03.2017** **EP 2453174**

54 Título: **Dispositivo quemador de tubo radiante con recuperación interna y externa**

30 Prioridad:

**13.11.2010 DE 102010051347**

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

**18.07.2017**

73 Titular/es:

**MESSER AUSTRIA GMBH (100.0%)  
Industriestrasse 5  
2352 Gumpoldskirchen, AT**

72 Inventor/es:

**POTESSE, MICHAEL**

74 Agente/Representante:

**LEHMANN NOVO, María Isabel**

**ES 2 624 903 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

Dispositivo quemador de tubo radiante con recuperación interna y externa

La invención se refiere a un dispositivo para la oxidación de combustibles, con un quemador integrado en una pared del espacio del horno, que presenta un canal de combustible que desemboca en un espacio de reacción y al menos un canal de oxidante para la alimentación de combustible y de oxidante, respectivamente, un canal de extracción de gases de la combustión para la descarga del gas de combustión fuera del espacio de reacción y un primer recuperador que comprende superficies de intercambio de calor que conectan térmicamente el canal de extracción de gases de la combustión con el canal de oxidante y el canal de combustible, en el que el quemador está conectado fuera del espacio del horno en un conducto de escape de gases conectado para circulación con el canal de extracción de gases de la combustión, en un conducto de alimentación de combustible conectado para circulación con el canal de combustible y en un conducto de alimentación de oxidante conectado para circulación con el canal de oxidante. La invención se refiere, además, a un procedimiento correspondiente para la oxidación de combustibles.

Se conoce el calentamiento de espacios del horno con calefacción directa o indirecta a través de combustibles. En la calefacción directa se introduce por medio de un quemador un combustible, por ejemplo petróleo o gas natural, y un oxidante, por ejemplo aire u oxígeno en el espacio del horno y se queman allí. Los gases de la combustión resultantes se descargan a continuación a través de un canal de extracción de gases de la combustión. Para muchas aplicaciones metalúrgicas es necesaria una calefacción indirecta del espacio del horno, que de acuerdo con el estado de la técnica se realiza la mayoría de las veces con calefacciones eléctricas o tubos de calor radiante. Los tubos de calor radiante se queman normalmente con quemadores de gas o de petróleo empleando aire o un gas rico en oxígeno como oxidante, que están alojados dentro de un tubo de calor radiante que está constituido de metal o de un material cerámico. La entrada de la energía térmica en el espacio del horno se realiza a través de radiación o convección de la atmósfera del espacio del horno que se calienta en la superficie exterior del tubo radiante, sin que se produzca un contacto directo de los gases combustibles con la atmósfera del espacio del horno. Los gases de la combustión se descargan directamente desde el tubo radiante sobre un canal de extracción de gases de la combustión.

Un ejemplo de un tubo de calor radiante diseñado para combustión de petróleo se encuentra en el artículo técnico de A. Munko, F. Kleine Jäger, H. Köhler: "Neue Brennertechnik für Strahlheizrohre in Thermoprozessanlagen", BWK 54 (2002) Nr. 9. En el objeto descrito allí se combina una mezcla de aire primario y combustible en un tubo de evaporación y se calienta de tal manera que se evapora el combustible líquido. El calor necesario en este caso se prepara por componentes calientes del quemador y radiación térmica dirigida curso arriba. En la salida del tubo de evaporación, la mezcla de combustible y aire no quemada introducida en un tubo de llama que se conecta en el tubo de evaporación se pone en contacto allí con aire secundario, que ha sido precalentado en un recuperador dispuesto dentro del tubo de calor radiante a través de intercambio de calor con gas de escape. En el tubo de llama se realizan la mezcla de las corrientes de gas y la combustión siguiente. El quemador y el tubo de llama están contruidos de tal forma que en el modo estacionario del tubo de calor radiante los tubos de la combustión que aparecen durante la combustión se retornan en parte y se introducen en común con la mezcla de combustible y aire en el tubo de llama (recirculación).

En el documento US 2005/0239005 A1 se describe un aparato para el tratamiento térmico, que puede estar realizado como tubo de calor radiante o quemador y en el que como oxidante se emplea oxígeno con una pureza de al menos 80 % en vol. La combustión con oxígeno o bien con un gas con una porción de oxígeno, que es más alta que la del aire, en lugar de aire conduce a concentraciones reducidas de NO<sub>x</sub> en el gas de escape. También aquí se realiza una recirculación del gas de escape así como un precalentamiento de oxígeno alimentado a través de intercambio de calor con el gas de la combustión descargado en un recuperador dispuesto dentro del quemador.

También el documento WO 2004/029511 A1 muestra un tubo de calor radiante con recirculación del gas de escape así como con un recuperador interior, en el que el calor residual del gas de escape se transmite sobre las paredes exteriores de los conductos que conducen el oxidante sobre el oxidante.

El documento US 2009/0269710 A1 describe igualmente un tubo de calor radiante, que está equipado con un recuperador interior. En este objeto se conducen los gases de escape a través de un tubo dispuesto en el centro, cuyas paredes se utilizan como superficies de intercambio de calor para precalentar el oxidante o combustible configurado en el exterior por delante del tubo de escape de gas.

El cometido de la invención es elevar adicionalmente la eficiencia de la combustión utilizando un quemador de recuperación.

Este cometido se soluciona por medio de un dispositivo con las características de la reivindicación 1 de la patente y por medio de un procedimiento con las características de la reivindicación 6 de la patente.

Un dispositivo del tipo mencionado al principio y adecuado posee, por lo tanto, las propiedades de que el quemador

5 está conectado fuera del espacio del horno en un conducto de escape de gases conectado para circulación con el canal de extracción de gases de la combustión, un conducto de alimentación de combustible está conectado para circulación con el canal de combustible y un conducto de alimentación de oxidante está conectado para circulación con el canal de oxidante, de manera que conducto de escape de gases está conectado térmicamente entre sí con el conducto de alimentación de oxidante y con el conducto de alimentación de combustible en superficies de intercambio de calor previstas en un segundo recuperador.

10 Por lo tanto, en el quemador según la invención tiene lugar un precalentamiento de dos fases, realizándose una primera fase fuera del espacio de horno durante la alimentación del oxidante o bien del combustible al quemador (segundo recuperador) y una segunda fase dentro del quemador (primer recuperador). A través del primer recuperador se transmite dentro del espacio del horno una parte del calor del gas de la combustión sobre el oxidante y/o el combustible. Si se conduce en este caso el oxidante al quemador o bien al primer recuperador a través de varios canales de oxidante, en general, también todos los canales de oxidante están conectados térmicamente con el gas de la combustión retornado. A través de la disposición de un segundo recuperador fuera del espacio del horno se puede utilizar también el calor residual contenido en e gas de la combustión después de la circulación a través del primer recuperador para el precalentamiento del oxidante y/o del combustible. A través del precalentamiento se incrementa adicionalmente la eficiencia de la combustión. A diferencia de los quemadores de recuperador según el estado de la técnica, según la invención existe la posibilidad no sólo de precalentar el oxidante, sino también el combustible en el rimerero y/o en el segundo recuperador. El quemador según la invención se puede emplear especialmente en hornos para el tratamiento térmico metalúrgico.

25 Como espacio de reacción se contempla todo el espacio del horno, si el combustible y el oxidante se introducen directamente en el espacio del horno y el gas de la combustión se descarga desde el espacio del horno, al menos parcialmente, a través de un canal de extracción de gases de la combustión previsto en el quemador con primer recuperador. No obstante, un desarrollo especialmente ventajoso de la invención prevé que como espacio de reacción esté previsto un tubo de calor radiante asociado al quemador. La combustión no se realiza, por lo tanto, en el espacio del horno, sino dentro del tubo de calor radiante conectado hacia fuera y el calentamiento del espacio del horno se realiza indirectamente a través de la radiación que parte desde el tubo de calor radialmente o bien por convección, a través del calentamiento de la atmósfera del espacio del horno que entra en contacto con la superficie exterior del tubo de calor radiante. Con preferencia, como oxidante está previsto oxígeno. Como "oxígeno" se entiende aquí un gas con una porción de oxígeno de al menos 90 % en vol., con preferencia al menos 95 % en vol. La utilización de oxígeno en lugar de aire conduce, por una parte, a concentraciones más bajas de NO<sub>x</sub> en el gas de escape, por otra parte a temperaturas más elevadas de la llama y, por consiguiente, a temperatura más elevadas en el gas de escape, en virtud de lo cual el precalentamiento de dos fases es especialmente económico.

35 Como combustible puede estar previsto un combustible en forma de gas como gas natural, pero también se pueden emplear combustibles líquidos o en polvo como por ejemplo petróleo o carbón en polvo. Pero especialmente en el caso de utilización de oxígeno como oxidante, el dispositivo según la invención es adecuado también para la combustión de combustible de bajo valor calórico. Como "combustibles de bajo valor calórico" deben entenderse aquí combustibles, que con menos de 35 MJ/kg, especialmente entre 1,5 y 20 MJ/kg, presentan un valor combustible claramente más reducido que el gas natural o el fuel-oil, especialmente combustibles en forma de gas como gas de alto horno, gas ciudad, gas de horno de coque o gas de convertidor. Para poder elevar el valor de combustión se pueden emplear también mezclas, como por ejemplo una mezcla de gas natural con uno o varios de los combustibles mencionados o con otro combustible de bajo valor calórico, resultando como resultado un combustible, cuyo valor de combustión está entre el gas natural y el o los combustibles de bajo valor calórico empleados.

50 Pero un desarrollo ventajoso de la invención prevé que dentro de la carcasa del quemador, para posibilitar una combustión escalonada, estén previstos canales para un primero y un segundo oxidantes, que están conectados para circulación, respectivamente, con conductos de alimentación de oxidante para un primero y un segundo oxidante, respectivamente. A través de la combustión escalonada se puede regular la temperatura de la llama. En el caso de un tubo de calor radiante como espacio de reacción se evita de esta manera especialmente un recalentamiento del tubo de calor radiante. En este caso, uno o ambos conductos de alimentación de oxidante pueden estar conectados térmicamente en el segundo recuperador con el conducto de escape de gases. De la misma manera, uno o ambos canales de oxidante pueden estar conectados térmicamente en el primer recuperador dentro del quemador con el canal de extracción de gases de la combustión, es decir, que se realiza, respectivamente, un precalentamiento de ambos o de un solo oxidante.

60 El cometido de la invención se soluciona también por medio de un procedimiento con las características de la reivindicación 6.

Según el procedimiento de la invención, para calentar un espacio del horno se alimentan un combustible y un oxidante a través de canales de alimentación, asociados a un quemador, para combustible o bien oxidante a un espacio de reacción y se llevan allí a reacción bajo la aparición de un producto de reacción (gas de la combustión).

5 El gas de la combustión que resulta durante la reacción se descarga a través de un canal de extracción de gases de la combustión, siendo transmitido en superficies de intercambio de calor de un primer recuperador dispuesto dentro del quemador el calor de gas de la combustión, en parte, sobre el oxidante y/o el combustible alimentados al espacio de reacción. El gas de la combustión que presenta como anteriormente una alta energía térmica se conducido a continuación fuera del espacio del horno a superficies de intercambio de calor previstas en un segundo recuperador y puesto en intercambio de calor allí con el oxidante y el combustible conducidos al primer recuperador. A través del ciclo de dos fases de la recuperación según la invención se utilizar el calor residual del gas de la combustión de una manera especialmente eficiente.

10 En un desarrollo ventajoso del procedimiento según la invención se mezcla una corriente parcial del gas de la combustión con el oxidante y/o el combustible y de esta manera se lleva a recirculación. Dentro del quemador están previstas en este caso conexiones de circulación entre el canal de escape de gases de la combustión y los canales de alimentación para oxidante y/o combustible alimentado, que posibilitan en el funcionamiento del quemador la recirculación de una corriente parcial del gas de la combustión. Tales conexiones de circulación se conocen en sí y se describen, por ejemplo en US 2005/0239005 A1.

15 De manera especialmente ventajosa, las corrientes de oxidante, combustible y gas de la combustión recirculado se controlan de tal manera que dentro del espacio de reacción se realiza una combustión sin llama, en virtud de la cual se consiguen concentraciones especialmente bajas de NO<sub>x</sub> en el gas de escape.

20 Para el funcionamiento del quemador según la invención no se excluye una inyección supersónica de combustible y/o oxidante en el marco de la invención, pero una configuración preferida del procedimiento según la invención prevé una alimentación claramente subsónica de combustible y/o de oxidante al espacio de reacción, con una velocidad preferida de 0,5 Mach. Un quemador que trabaja según el procedimiento de la invención es suficiente en esta configuración sin tecnología supersónica costosa, como por ejemplo toberas Laval.

25 Para configurar el procedimiento según la invención de manera especialmente eficiente, se precalienta a través del intercambio de calor con gas de combustión en el primero y en el segundo recuperador el oxidante con preferencia al menos a 800°C, especialmente preferido al menos a 1000°C y el combustible al menos a 400°C.

30 El gas de la combustión se refrigera durante el intercambio de calor con el oxidante y/o el combustible en los dos recuperadores a una temperatura inferior a 100°C, con preferencia inferior a 80°C, es decir, que se puede accionar el quemador según la invención como quemador de valor de combustión.

35 Con la ayuda del dibujo se explica en detalle un ejemplo de realización de la invención. La figura única (figura 1), muestra en vista esquemática un horno con un quemador según la invención, configurado como tubo de calor radiante, en la sección longitudinal.

40 El horno 1 ilustrado en el dibujo presenta un espacio de horno 2, que está rodeado por una pared de horno 3 mostrada sólo en sección, En la pared de horno 3 está previsto un orificio de paso 5 que se extiende perpendicularmente a la superficie interior de la pared de horno 3 a través de ésta, en el que está montado un quemador 6.

45 El quemador 6 que se extiende, en parte, dentro del espacio de horno 2 está delimitado por el espacio del horno 2 y por el orificio de paso 5 a través de un tubo envolvente 7, que en la configuración del quemador 6 como tubo de calor radiante, como se muestra en el dibujo, pose una pared delantera 9 cerrada. En una sección trasera del quemador 6, adyacente a la pared de horno 3, están previstos canales de alimentación 11, 12, 13 para combustible (11) o bien oxidante (12, 13), mientras que la sección delantera del espacio interior del tubo envolvente 7 forma entre los desembocaduras de los canales de alimentación 11, 12, 13 y la pared delantera 9, un espacio de reacción 15, en el que se realiza durante el funcionamiento del quemador 6 una oxidación del combustible alimentado. El espacio de reacción 15 comprende en este caso, en general, la parte muy predominante del volumen rodeado por el tubo envolvente 7.

50 Los canales de alimentación 11, 12, 13 comprenden un canal de combustible central 11 para la alimentación de combustible, en el que están previstos radialmente fuera una pluralidad de canales de oxidante 12, 13, por ejemplo cuatro, seis u ocho, distanciados de manera uniforme en dirección circunferencial, de los cuales se muestran en la vista en sección en la figura 1 libremente dos canales opuestos entre sí. El canal de combustión 11 y los canales de oxidante 12, 13 desembocan esencialmente a nivel sobre sus orificios de boca dirigidos hacia el espacio de reacción 15.

55 Dentro del espacio de reacción 15 está dispuesto un tubo de llama 16, que está dispuesto axialmente a distancia delante de los orificios de la boca del canal de combustible 11 o bien de los canales de oxidante 12, 13, y que presenta un radio interior, que está dimensionado de tal manera que el oxidante que sale desde los canales de oxidante 12, 13 circula, en menos de manera muy predominante, al tubo de la llama 16. Entre el tubo de la llama 16

y la pared interior del tubo envolvente 7 existe un intersticio anular 17, que posibilita el retorno del producto de reacción (gas de la combustión) que aparece durante la oxidación del combustible. En la zona trasera del tubo envolvente 8, la zona alrededor del canal de combustible 11 o bien los canales de oxidante 12, 13 sirven como canal de escape 18 para la salida de los gases de la combustión desde el espacio de reacción 15. Dentro de este canal de escape 18 está dispuesto un recuperador 19. El recuperador 19 está configurado de manera conocida en sí y comprende superficies de intercambio de calor, por ejemplo nervaduras, por medio de las cuales el canal de escape 18 está conectado térmicamente con el conducto de alimentación de combustible 11 y los conductos de oxidante 12, 13.

Para la introducción del combustible o bien del oxidante en los canales de alimentación 11, 12, 13 así como para la descarga de los gases de la combustión fuera del canal de escape 18, el quemador 6 está provisto sobre su sección extrema opuesta al espacio del horno 2 con un racor de escape de gases 21 así como con conexiones 22, 23, 24 para combustible y oxidante, respectivamente. En este caso, el canal de combustible 11 está conectado a través de una conexión 22 con un conducto de alimentación de combustible 25, mientras que los canales de oxidante 12, 13 están conectados a través de conexiones 23, 24 en un conducto de alimentación de oxidante 26 común que se ramifica antes de alcanzar las conexiones 23, 24. El racor de escape de gas 21 está conectado con un conducto de escape de gases 28, que está conectado en el desarrollo siguiente en instalaciones no mostradas aquí para la limpieza de la corriente de gas de escape. El conducto de escape de gases 28 así como el conducto de alimentación de combustible 25 y el conducto de alimentación de oxidante 26 atraviesan un segundo recuperador 29, en el que están previstas superficies de intercambio de calor no mostradas aquí, que establecen una conexión térmica entre el conducto de escape de gases 28, por una parte, y el conducto de alimentación de combustible 25 así como el conducto de alimentación de oxidante 26, por otra parte.

Durante la combustión del dispositivo 1 se introduce combustible, por ejemplo petróleo, gas natural o un combustible de bajo valor calórico, a través del conducto de alimentación de combustible 25 y el canal de combustible 11 así como oxidante, por ejemplo oxígeno con una pureza de al menos 95 % en vol., a través del conducto de alimentación de oxidante 26 y los canales de oxidante 12, 13 en el espacio de reacción 15. La velocidad de entrada de ambos medios está en este caso en la zona subsónica y es por ejemplo 0,5 Mach. En el espacio de reacción 15 tiene lugar dentro del tubo de la llama 16 la oxidación del combustible. El gas de la combustión generado se retorna –indicado en la figura 1 por medio de flechas – a través del intersticio anular 17, llegando una parte de la corriente del gas de la combustión al hueco entre los orificios de la boca de los canales 11, 12, 13 y el tubo de la llama 16 y siendo alimentada en común con los socios de la reacción de nuevo al espacio de reacción 15 (recirculación). En virtud de la recirculación parcial del gas de la combustión se puede producir también la configuración de una oxidación sin llama del combustible alimentado en el espacio de reacción 15.

La corriente parcial restante del gas de la combustión se descarga a través del canal de escape 18, el racor de escape 21 y el conducto de escape 28. El gas de la combustión posee durante la entrada en el canal de escape 18 con una temperatura de aproximadamente 1400°C una energía térmica alta, que se transmite en los recuperadores 19, 29 en dos etapas sucesivas en gran medida sobre el combustible y el oxidante. A través de esta configuración de dos etapas de la recuperación se eleva hasta inmediatamente antes de la alimentación al espacio de reacción la temperatura del oxidante por ejemplo 1000°C y la del combustible por ejemplo a 400°C. Al mismo tiempo se reduce la temperatura del gas de escape hasta su salida desde el segundo recuperador 29 desde el principio, es decir, inmediatamente después de la aparición en el espacio de reacción 15, desde más de 1400°C hasta por debajo de 100°C, por ejemplo 80°C y menos. En virtud de la alta transferencia de calor y del hecho de que junto al oxidante se precalienta también el combustible, resulta una eficiencia de la combustión, con respecto al valor calorífico, de más del 100 %. El quemador 6 según la invención se caracteriza de esta manera por una gran eficiencia y, además, por valores bajos de NO<sub>x</sub> en el gas de escape.

En lugar de la forma de realización mostrada en la figura 1, pueden estar previstos canales de oxidante separados para un primero y un segundo oxidante, que desembocan a distancia entre sí en sentido axial y posibilitan un funcionamiento del quemador en combustión escalonada. En el oxidante primario y secundario se puede tratar en este caso del mismo oxidante, por ejemplo oxígeno, o de diferentes oxidantes, por ejemplo aire como oxidante primario u oxígeno como oxidante secundario. En la combustión escalonada se realiza en primer lugar una mezcla del combustible con el oxidante primario en relación subestequiométrica. En virtud de la oferta reducida de oxidante solamente se que una parte del combustible con el oxidante primario. La mezcla de gas de la combustión y de combustible no quemado llega a una sección delantera del quemador y allí es impulsada con el oxidante secundario, por medio del cual se oxida el combustible todavía no quemado. La combustión escalonada posibilita una distribución más uniforme del desarrollo de calor sobre la extensión longitudinal del espacio de reacción, es decir, en el caso de la configuración como tubo de calor radiante, dentro de la extensión longitudinal del tubo de la llama.

#### Lista de signos de referencia

- 1 Horno
- 2 Espacio del horno

## ES 2 624 903 T3

	3	Pared del horno
	5	Orificio de paso
	6	Quemador
	7	Tubo envolvente
5	9	Pared delantera
	11	Canal de combustible
	12	Canal de oxidante
	13	Canal de oxidante
	15	Espacio de reacción
10	16	Tubo de la llama
	17	Intersticio anular
	18	Canal de extracción
	19	Recuperador
	21	Tubo de escape de gases
15	22	Conexión para alimentación de combustible
	23	Conexión para conducto de oxidante
	24	Conexión para conducto de oxidante
	25	Conducto de alimentación de combustible
	26	Conducto de alimentación de oxidante
20	28	Conducto de escape de gases
	29	Recuperador

**REIVINDICACIONES**

- 5 1.- Dispositivo para la oxidación de combustibles, con un quemador (6) integrado en una pared (3) del espacio del horno (2), que presenta un canal de combustible (11) que desemboca en un espacio de reacción (15) y al menos un canal de oxidante (12, 13) para la alimentación de combustible y de oxidante, respectivamente, un canal de extracción de gases de la combustión (18) para la descarga de fase de la combustión desde el espacio de reacción (15) y un primer recuperador (19) que comprende superficies de intercambio de calor que conectan térmicamente el canal de extracción de gases de la combustión (18) con el canal de oxidante (12, 13) y con el canal de combustible (11), en el que el quemador (6) está conectado fuera del espacio del horno (2) en un conducto de escape de gases (28) conectado para circulación con el canal de extracción de gases de la combustión (18), en un conducto de alimentación de combustible (25) conectado para circulación con el canal de combustible (11) y en un conducto de alimentación de oxidante (26) conectado para circulación con el canal de oxidante (12, 13), en el que el conducto de escape de gases (28) está conectado térmicamente entre sí con el conducto de alimentación de oxidante (26) y con el conducto de alimentación de combustible (25) en superficies de intercambio de calor previstas en un segundo recuperador (29).
- 10 2.- Dispositivo según la reivindicación 1, en el que el quemador 6 está dispuesto en un tubo de calor radiante.
- 20 3.- Dispositivo según la reivindicación 1 ó 2, en el que como oxidante está previsto oxígeno.
- 4.- Dispositivo según una de las reivindicaciones anteriores, en el que como combustible está previsto un combustible de baja capacidad calórica.
- 25 5.- Dispositivo según una de las reivindicaciones anteriores, en el que el quemador (6) presenta para posibilitar una combustión escalonada unos canales (12, 13) para un primero y un segundo oxidante, que están conectados para circulación, respectivamente, con conductos de alimentación de oxidante para un primero y un segundo oxidante, respectivamente.
- 30 6.- Procedimiento para oxidar combustibles, en el que con objeto del calentamiento de un espacio del horno (2) se alimentan combustible y oxidante a través de canales de alimentación (11, 12, 13), asociados a un quemador (6), para combustible y oxígeno a un espacio de reacción (15) y se llevan allí a reacción y el gas combustible que aparece durante la reacción es descargado a través de un canal de extracción de gases de la combustión (18) y se transfiere a superficies de intercambio de calor de un primer recuperador (19) dispuesto dentro del quemador (6) el calor del gas de la combustión en parte sobre el oxidante, que se alimenta al espacio de reacción (15), y sobre el quemador, en el que el gas de la combustión refrigerado en el recuperador (19) se conduce fuera del espacio del horno (2) a superficies de intercambio de calor previstas en un segundo recuperador (29) y se llevan allí a intercambio de calor con el oxidante y el combustible que se conducen al primer recuperador (19).
- 35 7.- Procedimiento según la reivindicación 6, en el que el gas de la combustión generado en el espacio de reacción (15) se mezcla, en parte, con el oxidante y/o el combustible alimentados en el espacio de reacción (15) y de esta manera se llevan a recirculación.
- 40 8.- Procedimiento según una de las reivindicaciones 6 ó 7, en el que dentro del espacio de reacción (15) se realiza una combustión sin llama.
- 45 9.- Procedimiento según una de las reivindicaciones 6 a 8, en el que la inyección de combustible y/o de oxidante al espacio de reacción (15) se realiza subsónica.
- 50 10.- Procedimiento según una de las reivindicaciones 6 a 9, en el que el oxidante se precalienta al menos a 1000°C y el combustible al menos a 400°C.
- 55 11.- Procedimiento según una de las reivindicaciones 6 a 10, en el que el gas de la combustión se refrigera a través de intercambio de calor con el oxidante y/o el combustible en el primer recuperador (19) y/o en el segundo recuperador (29) a una temperatura inferior a 100°C.

