

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 717 976**

51 Int. Cl.:

C03B 5/235 (2006.01)

C03B 5/237 (2006.01)

F23L 15/04 (2006.01)

F25J 3/04 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **19.12.2014 PCT/FR2014/053474**

87 Fecha y número de publicación internacional: **02.07.2015 WO15097386**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **19.12.2014 E 14835481 (4)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **27.02.2019 EP 3087041**

54 Título: **Combustión con recuperación de calor mejorada**

30 Prioridad:

23.12.2013 FR 1363459

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

26.06.2019

73 Titular/es:

**L'AIR LIQUIDE SOCIÉTÉ ANONYME POUR
L'ETUDE ET L'EXPLOITATION DES PROCÉDÉS
GEORGES CLAUDE (100.0%)**

**75 Quai d'Orsay
75007 Paris, FR**

72 Inventor/es:

**JARRY, LUC;
JOUANI, YOUSSEF;
LEROUX, BERTRAND y
TSIAVA, RÉMI**

74 Agente/Representante:

ELZABURU, S.L.P

ES 2 717 976 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

Combustión con recuperación de calor mejorada

La presente invención se refiere a un procedimiento para la combustión de un combustible con un gas rico en oxígeno precalentado como comburente.

- 5 En la industria, el aire sigue siendo el comburente, es decir el oxidante de combustión, utilizado con más frecuencia.
- Sin embargo, se conoce la utilización del oxígeno como comburente en lugar del aire, principalmente para mejorar la eficacia de la combustión, para maximizar la explotación de la energía térmica generada y para reducir las emisiones contaminantes, tales como los NO_x.
- 10 Si bien el interés energético y medioambiental de la combustión con oxígeno es bien conocido y reconocido, el coste del oxígeno en relación al aire sigue limitando la utilización del oxígeno como comburente en el contexto industrial.
- Con el fin de mejorar todavía más la eficacia de la oxicomustión y reducir de esta forma la necesidad de combustible y de oxígeno para un procedimiento industrial dado, se han desarrollado procedimientos de precalentamiento de oxígeno.
- 15 Se conoce principalmente el precalentamiento del oxígeno en un intercambiador de calor. En particular se conoce el precalentamiento del oxígeno con el calor residual presente en los gases de combustión (humos) a la salida de la cámara de combustión, y esto por medio de un primer intercambio térmico entre los humos calientes y un fluido caloportador, seguido de un segundo intercambio térmico entre el fluido caloportador caliente (resultante del primer intercambio térmico) y el oxígeno.
- Dichos procedimientos se describen principalmente en los documentos EP-A-0872690 y WO2006/054015.
- 20 Sin embargo, la utilización de intercambiadores de calor para el precalentamiento de oxígeno plantea problemas delicados de resistencia de los materiales al contacto con el oxígeno caliente. En efecto, tal como se describe en el documento WO2008/141939, los materiales del intercambiador en contacto con el oxígeno caliente deben presentar una muy buena resistencia a la oxidación por este gas y no se deben fragilizar durante la puesta en funcionamiento o la parada del intercambiador.
- 25 Los aceros más corrientes no responden a estas exigencias y no permiten por lo tanto una suficiente seguridad del intercambiador.
- El siguiente criterio de selección se ha propuesto en el documento WO2008/141939 para la selección de los materiales del intercambiador de calor en contacto con el oxígeno caliente: una muestra de una aleación metálica se coloca en atmósfera de gas rico en oxígeno que tiene que circular en el intercambiador y a la temperatura más elevada que se
- 30 encuentre en el intercambiador, no presenta un aumento de peso de más de 0,1 mg/cm² de superficie expuesta después de 1.000 ciclos comprendiendo cada uno el mantenimiento de esta temperatura más elevada durante una hora, yendo seguida cada etapa a esta temperatura por una vuelta a la temperatura ambiente.
- Las exigencias de resistencia mencionadas anteriormente se aplican evidentemente también a cualquier parte metálica de la instalación que esté en contacto con el oxígeno caliente, tal como las canalizaciones para el transporte
- 35 del oxígeno caliente hacia los quemadores/toberas de la cámara de combustión.
- En el documento WO2008/141939, se mencionan varias de estas aleaciones, por ejemplo Inconel 600H, Inconel 600L e Inconel 800H, entre otras.
- Lamentablemente, dichas aleaciones y los procedimientos de ensamblaje correspondientes tienen un coste elevado, lo que, para un gran número de instalaciones industriales, es un obstáculo importante para la utilización de esta
- 40 tecnología y para beneficiarse así de las ventajas, principalmente medioambientales, de la combustión con el oxígeno precalentado.
- La presente invención tiene como objetivo remediar al menos parcialmente este inconveniente y permitir una utilización más amplia de la combustión con el oxígeno precalentado.
- 45 La presente invención tiene principalmente como objetivo permitir realizar procedimientos e instalaciones para la combustión de un combustible utilizando como comburente un gas rico en oxígeno precalentado, que son fuertes y fiables a la vez que limitan los costes para la realización de los equipos utilizados para el precalentamiento de dicho comburente.
- La presente invención se refiere de esta forma a un procedimiento para la combustión, en una cámara de combustión, de un combustible con un comburente rico en oxígeno precalentado. Dicha combustión genera calor y humos en dicha
- 50 cámara de combustión. Los humos generados se evacúan de la cámara de combustión. Siendo la temperatura de los humos evacuados considerablemente superior a la temperatura ambiente, generalmente entre 1.200°C y 1.600°C, estos humos evacuados contienen una gran cantidad de calor residual.

El comburente se precalienta por medio de dicho calor residual en al menos un intercambiador de calor y el comburente así precalentado se suministra a la cámara de combustión para la combustión del combustible.

Según la invención, se calienta en un primer intercambiador de calor, un oxidante rico en oxígeno, que tenga más particularmente un contenido O1 de oxígeno de 80% en volumen a 100% en volumen, y preferentemente de 90% en volumen a 100% en volumen, por intercambio térmico con un primer fluido caloportador que contiene al menos una primera parte del calor residual de los humos evacuados, calentándose así dicho oxidante de una temperatura inicial TOi a la entrada del primer intercambiador hasta una temperatura final TOF a la salida del primer intercambiador, con TOF > TOi. El oxidante calentado procedente del primer intercambiador de calor se mezcla a continuación con aire y/o un gas mayoritariamente inerte, de forma que se obtenga un comburente rico en oxígeno que tenga más particularmente un contenido O2 de oxígeno de 70% en volumen a 90% en volumen, y preferentemente de 75% en volumen a 85% en volumen, con O2 < O1. En un segundo intercambiador de calor, se precalienta dicho comburente rico en oxígeno por intercambio térmico con un segundo fluido caloportador que contiene al menos una segunda parte del calor residual de los humos evacuados. El comburente se lleva de esta forma desde una temperatura inicial TCi a la entrada del segundo intercambiador de calor hasta una temperatura final TCf a la salida del segundo intercambiador de calor, con TCf > TCi. Al menos una parte, y preferentemente la totalidad, del comburente rico en oxígeno precalentado procedente del segundo intercambiador de calor se suministra a la cámara de combustión como comburente para la combustión del combustible.

La temperatura final TOF del oxidante a la salida del primer intercambiador de calor es ventajosamente de 200°C a 400°C, preferentemente de 250°C a 400°C, y todavía más preferentemente de 300°C a 400°C. La temperatura final TCf del comburente a la salida del segundo intercambiador de calor es ventajosamente de 400°C a 850°C, preferentemente de 400°C a 700°C, y todavía más preferentemente de 500°C a 650°C.

La invención permite optimizar el precalentamiento de un comburente rico en oxígeno. En efecto, si bien se calienta en el primer intercambiador de calor un oxidante particularmente rico en oxígeno, no es necesario utilizar materiales particularmente nobles y por lo tanto costosos (véase más arriba) para los elementos de la instalación que entran en contacto con el oxidante caliente, ya que la temperatura del oxidante caliente permanece considerablemente inferior a la temperatura a la que el comburente precalentado se suministra a la cámara de combustión.

Por otra parte, aunque en el segundo intercambiador, se precalienta el comburente hasta temperaturas particularmente elevadas (al menos la temperatura a la que el comburente se introduce en la cámara de combustión), no es necesario utilizar materiales particularmente nobles y por lo tanto costosos para los elementos de la instalación que entran en contacto con el comburente precalentado, ya que el contenido de oxígeno del comburente es inferior al contenido de oxígeno de lo que se denomina "oxígeno industrial" y más particularmente no superior al 90% en volumen.

Dichas ventajas ligadas a la recuperación de la explotación del calor residual de los humos evacuados para el precalentamiento del comburente compensan más que el efecto de la reducción del contenido en oxígeno del comburente (en relación al contenido de oxígeno del oxidante) sobre la eficacia de la combustión.

En el presente contexto, se entiende por:

- un gas "rico en oxígeno" o "rico": un gas que tiene un contenido de oxígeno superior al 70% en volumen;
- un gas "mayoritariamente inerte": un gas que consiste para más de 50% en volumen en una o varias sustancias que no participan en la combustión (ni como combustible ni como comburente) en las condiciones existentes en la cámara de combustión. Un gas mayoritariamente inerte contiene por lo tanto necesariamente menos que 50% en volumen de oxígeno;
- "intercambiador de calor": una instalación o un dispositivo de calentamiento en el que el fluido caloportador, que aporta calor, y el fluido que se va a calentar circulan en recintos diferentes, transmitiendo el fluido caloportador el calor al fluido que se va a calentar a través de una o varias paredes que separan los dos recintos y por lo tanto sin contacto directo o mezcla entre el fluido caloportador y el fluido que se va a calentar;
- "quemador": un dispositivo o un conjunto de dispositivos para la puesta en contacto de al menos un combustible con al menos un comburente para permitir la combustión de dicho al menos un combustible por medio de dicho al menos un comburente. Un quemador comprende generalmente inyectores y/o lanzas para la inyección de combustible y de comburente en una zona de combustión;
- "calor residual": el calor que se evacúa de la cámara de combustión con los humos generados por la combustión;
- "precalentamiento": el calentamiento de un producto, tal como un combustible, un comburente o incluso una carga para calentar o fundir, antes de su introducción en la cámara de combustión.

El gas que se mezcla con el oxidante calentado para obtener el comburente se puede elegir entre el aire, un gas mayoritariamente inerte o una mezcla de aire con un gas mayoritariamente inerte. El gas mayoritariamente inerte se puede elegir entre el vapor, el CO₂, el humo evacuado de la cámara de combustión o incluso una mezcla de al menos dos de dichos gases mayoritariamente inertes.

Cuando es importante limitar la formación de NO_x a un mínimo, se utiliza preferentemente vapor, CO₂, los humos evacuados de la cámara de combustión o también una mezcla de al menos dos de dichos gases.

5 Según una forma de realización particular, se suministra un flujo principal de fluido caloportador que contiene calor residual de los humos evacuados y se divide dicho flujo principal en al menos dos porciones. Una primera porción constituye el primer fluido caloportador utilizado en el primer intercambiador de calor y una segunda porción se utiliza como segundo fluido caloportador en el segundo intercambiador. En este caso, una tercera porción del flujo principal de fluido caloportador se puede utilizar ventajosamente para el precalentamiento del combustible anteriormente a la cámara de combustión por intercambio térmico entre la tercera porción y el combustible en un intercambiador de calor suplementario.

10 Según una forma de realización alternativa, se utiliza al menos una primera parte del flujo principal de fluido caloportador como segundo fluido caloportador y se utiliza como primer fluido caloportador dicha al menos una primera parte del flujo principal después de su paso a través del segundo intercambiador de calor.

Por lo tanto, es ventajoso utilizar al menos una segunda parte del flujo principal de fluido caloportador para el precalentamiento del combustible anteriormente a la cámara de combustión por intercambio térmico entre la segunda parte y el combustible en un intercambiador de calor suplementario.

Es posible utilizar al menos una parte de los humos evacuados como primer y/o segundo fluido caloportador.

15 Según otra forma de realización, se recupera calor residual de los humos evacuados calentando un fluido auxiliar por intercambio térmico con los humos evacuados en un intercambiador de calor auxiliar.

Al menos una parte de dicho fluido auxiliar calentado en el intercambiador de calor auxiliar se utiliza entonces como primer y/o segundo fluido caloportador, preferentemente como primer y segundo fluidos caloportadores.

20 En este caso, se utiliza preferentemente como fluido auxiliar aire o un fluido mayoritariamente inerte o una mezcla de aire con un fluido mayoritariamente inerte. El fluido mayoritariamente inerte se elige preferentemente entre el vapor, CO₂ y las mezclas de dichos gases. El fluido auxiliar es preferentemente el aire. La temperatura del fluido auxiliar a la salida del intercambiador auxiliar es de forma útil de 600°C a 900°C, preferentemente de 650°C a 800°C, y todavía preferentemente de 650°C a 700°C.

25 Es posible, por lo tanto, de forma particularmente ventajosa, obtener el comburente rico en oxígeno mezclando el oxidante calentado con una parte:

- (i) del fluido auxiliar calentado procedente del intercambiador de calor auxiliar,
 - (ii) del fluido auxiliar procedente del primer intercambiador de calor después de su utilización como primer fluido caloportador, o
 - (iii) del fluido auxiliar procedente del segundo intercambiador de calor después de su utilización como segundo fluido caloportador.
- 30

De esta forma, se optimiza la recuperación del calor residual de los humos evacuados.

Hay que destacar que los diferentes intercambiadores de calor, y en particular el primer y el segundo intercambiador de calor, se pueden presentar en forma de dispositivos diferentes, cada uno con su propia carcasa exterior.

35 Sin embargo, dichos intercambiadores de calor también se pueden integrar en un mismo dispositivo, es decir estar rodeados de una misma carcasa exterior.

La cámara de combustión puede ser una cámara de fusión, una cámara de afinado, una cámara de fusión-afinado o un distribuidor de materia fundida (en inglés: "feeder"), preferentemente una cámara de fusión de vidrio o de metal, una cámara de afinado de vidrio o de metal, una cámara de fusión-afinado de vidrio o de metal o un distribuidor de vidrio fundido o de metal fundido.

40 El procedimiento de combustión forma parte entonces de un procedimiento de fusión, de un procedimiento de afinado, de un procedimiento de fusión-afinado, de un procedimiento de distribución de materia fundida, principalmente para la fusión/afinado/distribución de vidrio o de metales.

45 La presente invención y sus ventajas se ilustran con más detalle en la descripción siguiente de ejemplos de la presente invención, haciendo referencia a las figuras 1 a 4 que son representaciones esquemáticas de instalaciones para la realización de diferentes formas de realización del procedimiento según la invención.

En las diferentes figuras, las mismas cifras de referencia designan elementos correspondientes a las diferentes formas de realización.

I. Ejemplos 1 y 2: recuperación del calor residual por medio de un fluido intermedio y utilización del fluido intermedio calentado como primer y segundo fluido caloportador y gas de dilución mayoritariamente inerte.

I.1. Ejemplo 1 (figura 1):

5 Tal como se ilustra en la figura 1, se genera calor en el interior de la cámara de combustión 1 por combustión, por ejemplo, para calentar y/o fundir una carga en la cámara (como por ejemplo vapor, metales, materia vitrificable, etc.). Los humos generados 11 se evacúan de la cámara 1 por medio de una salida de humos. Los humos evacuados 11 contienen calor residual. Según la invención, este calor residual se valoriza, en particular para el precalentamiento del comburente y preferentemente del comburente y del combustible, anteriormente a la cámara de combustión 1.

10 Con este objetivo, los humos evacuados 11 (o al menos una parte de dichos humos) se introducen en un intercambiador de calor auxiliar 10. En este intercambiador de calor auxiliar 10, un fluido auxiliar 21 se calienta por intercambio térmico con los humos evacuados. En el caso mostrado, el fluido auxiliar que se va a calentar 21 es aire a temperatura ambiente.

A la salida del intercambiador auxiliar 10, los humos enfriados 12 se llevan hacia una chimenea, si es necesario después de un tratamiento de limpieza (no mostrado) para eliminar los polvos u otros contaminantes.

15 El fluido auxiliar calentado 22 presenta una temperatura del orden de 700°C y constituye un flujo principal de fluido caloportador.

Dicho flujo principal 22 se divide en varias porciones (23, 24, 25).

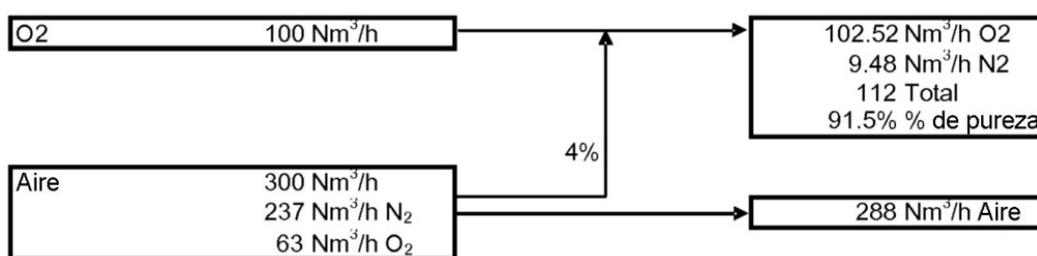
Una primera porción 24 de fluido caloportador se introduce en un primer intercambiador de calor 40a para el calentamiento de un oxidante 41 de alto contenido de oxígeno.

20 En el caso mostrado, el oxidante 41 tiene un contenido de oxígeno de aproximadamente 100% en volumen, generalmente del orden de 99% en volumen. La fuente de oxidante (no mostrada) puede ser por ejemplo un conducto de oxidante, un depósito de oxidante o una instalación para la producción de un gas de alto contenido de oxígeno, tal como una unidad de separación de los gases del aire.

El fluido caloportador templado 44 de esta primera porción 24 se recupera a la salida del primer intercambiador 40a.

25 El oxidante calentado sale del primer intercambiador 40a a una temperatura de aproximadamente 400°C. Se mezcla con el fluido caloportador (fluido (aire) auxiliar) calentado 26 proporcionalmente a 12 partes (en volumen) de fluido caloportador 26 sobre 100 partes (en volumen) de oxidante calentado.

De esta manera se obtiene un comburente rico en oxígeno 42, con un contenido de oxígeno de 91,5% en volumen y una temperatura del orden de 402°C, que se introduce en un segundo intercambiador 40b (véase la tabla 1).



30

Tabla 1

35 En la instalación mostrada en la figura 1, la mezcla de oxidante calentado y del fluido caloportador se realiza a la salida del oxidante calentado del primer intercambiador 40a, por medio de una canalización que une, por una parte, la línea que lleva la primera porción 24 de fluido caloportador hacia el primer intercambiador 40a, con, por otra parte, la línea que une la salida de oxidante calentado del primer intercambiador 40a a la entrada de comburente rico del segundo intercambiador 40b.

Una válvula montada sobre la primera línea regula el caudal de fluido caloportador así dirigido hacia la segunda línea por medio de la canalización que los une.

40 En el segundo intercambiador 40b, el comburente rico en oxígeno 42 así obtenido se calienta a su vez por intercambio térmico con una segunda porción 23 del fluido caloportador calentado hasta una temperatura de precalentamiento de 650°C. El fluido caloportador templado 45 de esta segunda porción se evacúa del segundo intercambiador 40b y el

comburente rico en oxígeno precalentado 43 se suministra a uno o varios quemadores 2 de la cámara de combustión 1 para la combustión de combustible en la cámara 1, con generación de calor y humos.

Debido a que la temperatura del oxidante 41 en el primer intercambiador 40a sigue siendo relativamente baja, es posible realizar este primer intercambiador 40a sin necesidad de recurrir a materiales particularmente costosos conocidos por su resistencia particularmente elevada frente al oxígeno aproximadamente puro a alta temperatura, asegurando a la vez una durabilidad y fiabilidad elevadas de dicho primer intercambiador 40a.

Debido a que el contenido de oxígeno del comburente rico en oxígeno 42 es inferior al contenido de oxígeno del oxidante 41, es posible, de forma análoga, a pesar de la elevada temperatura del comburente 42, 43 en el segundo intercambiador 40b, realizar este segundo intercambiador 40b sin tener que recurrir a dichos materiales costosos, asegurando a la vez una durabilidad y una fiabilidad elevadas del segundo intercambiador 40b.

Según la forma de realización mostrada, se utiliza una tercera porción 25 del fluido caloportador calentado 22 en un intercambiador de calor suplementario 30, para el precalentamiento del combustible 31. Para un combustible gaseoso tal como el gas natural, el combustible se calienta generalmente hasta una temperatura de precalentamiento de 400°C a 600°C.

El fluido caloportador templado 33 de esta tercera porción 25 se evacúa del intercambiador suplementario 30 y el combustible precalentado 32 procedente del intercambiador suplementario 30 se suministra al (a los) quemador(es) 2 para ser quemado en la cámara 1 con el comburente precalentado 43.

1.2.: Ejemplo 2 (Figura 2):

La forma de realización mostrada en la figura 2 se distingue de la mostrada en la figura 1 principalmente por que una sola porción 23 de fluido caloportador calentado 22 se utiliza para el calentamiento del oxidante 41 y el precalentamiento del comburente 42, respectivamente.

Dicha porción 23 del fluido caloportador calentado 22 se utiliza en primer lugar para el precalentamiento del comburente rico en oxígeno 42 en el segundo intercambiador de calor 40b y el fluido caloportador parcialmente templado 45 de esta porción se evacúa del segundo intercambiador 40b y se introduce en el primer intercambiador 40a para el calentamiento del oxidante 41.

El comburente rico en oxígeno 42, que se introduce en el segundo intercambiador 40b, se obtiene mezclando el oxidante calentado procedente del primer intercambiador 40a con una parte 27 del fluido caloportador (fluido (aire) auxiliar) templado 44 procedente de dicho primer intercambiador 40a proporcionalmente a 12 partes (en volumen) de fluido caloportador sobre 100 partes (en volumen) de oxidante calentado.

La mezcla de oxidante calentado y del fluido caloportador calentado se realiza a la salida del oxidante calentado del primer intercambiador 40a, por medio de una canalización que une, por una parte, la salida de fluido caloportador templado 44 del primer intercambiador 40a con, por otra parte, la línea que une la salida del oxidante calentado del primer intercambiador 40a con la entrada de comburente rico del segundo intercambiador 40b. El caudal de fluido caloportador templado dirigido hacia la segunda línea se regula de nuevo mediante una válvula 27'.

Después de servir como fluido caloportador en los diferentes intercambiadores 40a, 40b, 30, el fluido auxiliar o las porciones de fluido auxiliar 44, 45, 33 pueden (i) recircular, (ii) ser enviados a la atmósfera (si la naturaleza del fluido auxiliar lo permite) o (iii) ser utilizados con otros fines en el lugar.

II. Ejemplos 3 y 4: utilización de humos evacuados de la cámara de combustión como primer y segundo fluido caloportador.

II.1: Ejemplo 3 (Figura 3):

La forma de realización de la figura 3 se distingue de la de la figura 1 principalmente en que se utiliza al menos una parte de los humos 11 evacuados de la cámara 1 directamente como fluido caloportador caliente 22.

Por lo tanto, se transfiere calor residual directamente de los humos evacuados 22 respectivamente hacia el oxidante 41 en el primer intercambiador de calor 40a, y hacia el comburente 42 en el segundo intercambiador de calor 40b y hacia el combustible 31 en el intercambiador de calor complementario 30 (sin transferencia intermedia hacia un fluido auxiliar utilizado como fluido caloportador en un intercambiador auxiliar 10).

De esta forma, se reducen los costes de la instalación y las pérdidas de energía térmica. Sin embargo, la utilización prolongada de esta opción del procedimiento según la invención está limitada generalmente a los procedimientos de calentamiento que producen humos relativamente limpios, es decir humos con un contenido bajo de polvos y de materias condensables.

El comburente rico en oxígeno 42 se obtiene mezclando el oxidante calentado procedente del primer intercambiador 40a con aire y principalmente aire ambiente o con un gas mayoritariamente inerte 28 tal como el aire ambiente, el vapor, el N₂ o el CO₂.

5 *II.2: Ejemplo 4 (Figura 4):*

La forma de realización de la figura 4 se distingue de forma análoga de la de la figura 2 en que se utiliza como fluido caloportador caliente 22 al menos una parte de los humos 11 evacuados de la cámara 1.

El comburente rico en oxígeno 42 se obtiene mezclando el oxidante calentado procedente del primer intercambiador 40a con aire y principalmente aire ambiente o con un gas mayoritariamente inerte 28 tal como el vapor, el N₂ o el CO₂.

10 Después de servir como fluido caloportador, los humos templados 44', 45', 33' se envían hacia la chimenea, tal como la porción 12' de los humos evacuados que no hayan servido como fluido caloportador.

REIVINDICACIONES

1.- Procedimiento para la combustión, en una cámara de combustión (1), de un combustible (32) con un comburente precalentado (43) rico en oxígeno con generación de calor y humos (11) en dicha cámara de combustión (1), procedimiento en el que:

- 5 - los humos (11) se evacúan de la cámara de combustión (1), conteniendo dichos humos evacuados (11) calor residual;
- el comburente (42) se precaliente por medio de dicho calor residual en al menos un intercambiador de calor (40a, 40b); y
- 10 - el comburente precalentado (43) se suministra a la cámara de combustión (1) para la combustión del combustible,
- en un primer intercambiador de calor (40a), se calienta, por intercambio térmico con un primer fluido caloportador (24, 45) que contiene al menos una primera parte del calor residual de los humos evacuados, un oxidante (41) con un contenido O1 de oxígeno de 80% en volumen a 100% en volumen, y preferentemente de 90% en volumen a 100% en volumen, de una temperatura inicial TOi a la entrada del primer intercambiador (40a) hasta una temperatura final TOf a la salida del primer intercambiador (40a), con TOf > TOi;
- 15 - se mezcla el oxidante calentado procedente del primer intercambiador de calor (40a) con aire, con un gas mayoritariamente inerte o con una mezcla de aire con un gas mayoritariamente inerte, de forma que se obtenga un comburente rico en oxígeno (42) que tenga un contenido O2 de oxígeno de 70% en volumen a 90% en volumen, y preferentemente de 75% en volumen a 85% en volumen, con O2 < O1;
- 20 - en un segundo intercambiador de calor (40b), se precalienta, por intercambio térmico con un segundo fluido caloportador (23, 46) que contiene al menos una segunda parte del calor residual de los humos evacuados, el comburente rico en oxígeno (42) que tiene un contenido O2 de oxígeno de 70% en volumen a 90% en volumen, y preferentemente de 75% en volumen a 85% en volumen, con O2 < O1, de una temperatura inicial TCi a la entrada del segundo intercambiador de calor (40b) hasta una temperatura final TCf a la salida del
- 25 segundo intercambiador de calor (40b), con TCf > TCi; y
- se suministra al menos una parte del comburente rico en oxígeno precalentado (43) procedente del segundo intercambiador de calor (40b) a la cámara de combustión (1) para la combustión del combustible.

2.- Procedimiento según la reivindicación 1, en el que la temperatura final TOf del oxidante a la salida del primer intercambiador de calor (40a) es de 200°C a 400°C, preferentemente de 250°C a 400°C, y todavía más preferentemente de 300°C a 400°C.

3.- Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 y 2, en el que la temperatura final TCf del comburente a la salida del segundo intercambiador de calor (40b) es de 400°C a 850°C, preferentemente de 400°C a 700°C, y todavía más preferentemente de 500°C a 650°C.

4.- Procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que se mezcla el oxidante calentado procedente del primer intercambiador de calor con aire o con una mezcla de aire y un gas mayoritariamente inerte de forma que se obtenga el comburente rico en oxígeno.

5.- Procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el gas mayoritariamente inerte (28) se elige entre el vapor, el CO₂, el humo evacuado de la cámara de combustión o incluso una mezcla de al menos dos de dichos gases.

40 6.- Procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que se suministra un flujo principal de fluido caloportador que contiene calor residual de los humos evacuados (11) y se divide dicho flujo principal (22) en al menos dos porciones:

- una primera porción (24) que constituye el primer fluido caloportador, y
- una segunda porción (23) que constituye el segundo fluido caloportador, y
- 45 • preferentemente también una tercera porción (25), utilizándose dicha tercera porción (25) para el precalentamiento del combustible (31) anteriormente a la cámara de combustión (1) por intercambio térmico entre la tercera porción (25) y el combustible (31) en un intercambiador de calor suplementario (30).

7.- Procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, en el que:

- 50 • se suministra un flujo principal de fluido caloportador (22) que contiene calor residual de los humos evacuados (11),
- se utiliza al menos una primera parte (23) de dicho flujo principal (22) como segundo fluido caloportador,
- se utiliza como primer fluido caloportador dicha al menos una primera parte del flujo principal (46) después de su paso a través del segundo intercambiador de calor (40b), y

- se utiliza preferentemente al menos una segunda parte (25) del flujo principal (22) del fluido caloportador para el precalentamiento del combustible (31) anteriormente a la cámara de combustión (1) por intercambio térmico entre la segunda parte (25) y el combustible (31) en un intercambiador de calor suplementario (30).

5 8.- Procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que se utiliza el humo evacuado (11) de la cámara de combustión (1) como primer y/o segundo fluido caloportador, de preferencia como primer y segundo fluidos caloportadores.

9.- Procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7, en el que:

- se recupera calor residual de los humos evacuados (11) calentando un fluido auxiliar (21) por intercambio térmico con los humos evacuados (11) en un intercambiador de calor auxiliar (10), y
- 10 - se utiliza fluido auxiliar calentado en el intercambiador de calor auxiliar (10) como primer y/o segundo fluidos caloportadores (23, 24, 46), preferentemente como primer y segundo fluido caloportador.

15 10.- Procedimiento según la reivindicación 9, en el que el fluido auxiliar (21) es el aire, un fluido mayoritariamente inerte o una mezcla de aire con un fluido mayoritariamente inerte, eligiéndose preferentemente el fluido mayoritariamente inerte entre el vapor, el CO₂ y las mezclas de al menos dos de dichos gases mayoritariamente inertes, siendo el fluido auxiliar (21) preferentemente el aire.

11.- Procedimiento según la reivindicación 10, en el que el comburente rico en oxígeno se obtiene mezclado el oxidante calentado con una parte:

- (i) del fluido auxiliar calentado procedente del intercambiador de calor auxiliar (10),
- 20 (ii) del fluido auxiliar procedente del primer intercambiador de calor (40a) después de su utilización como primer fluido caloportador, o
- (iii) del fluido auxiliar procedente del segundo intercambiador de calor (40b) después de su utilización como segundo fluido caloportador.

25 12.- Procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que la cámara de combustión (1) es una cámara de fusión, una cámara de afinado, una cámara de fusión-afinado o un distribuidor de materia fundida, preferentemente una cámara de fusión de vidrio o de metal, una cámara de afinado de vidrio o de metal, una cámara de fusión-afinado de vidrio o de metal o un distribuidor de vidrio fundido o de metal fundido.

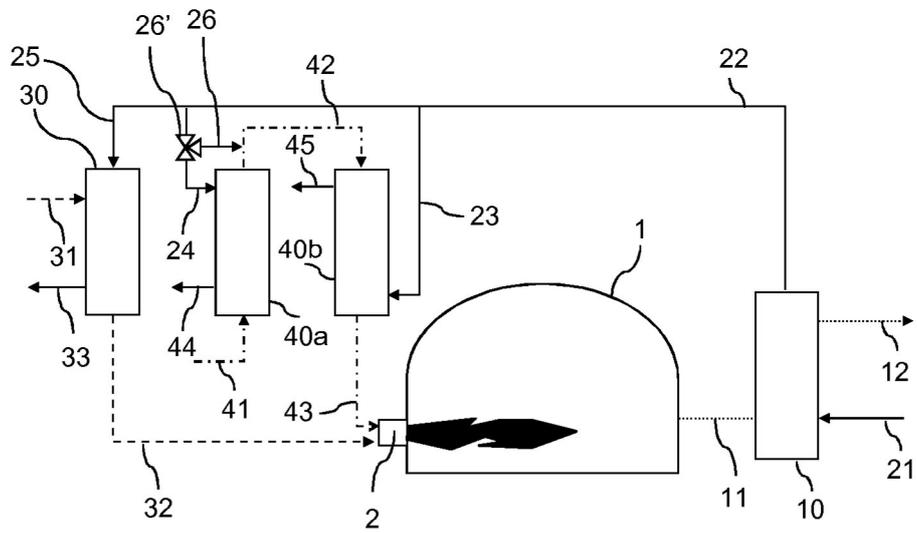


Figura 1

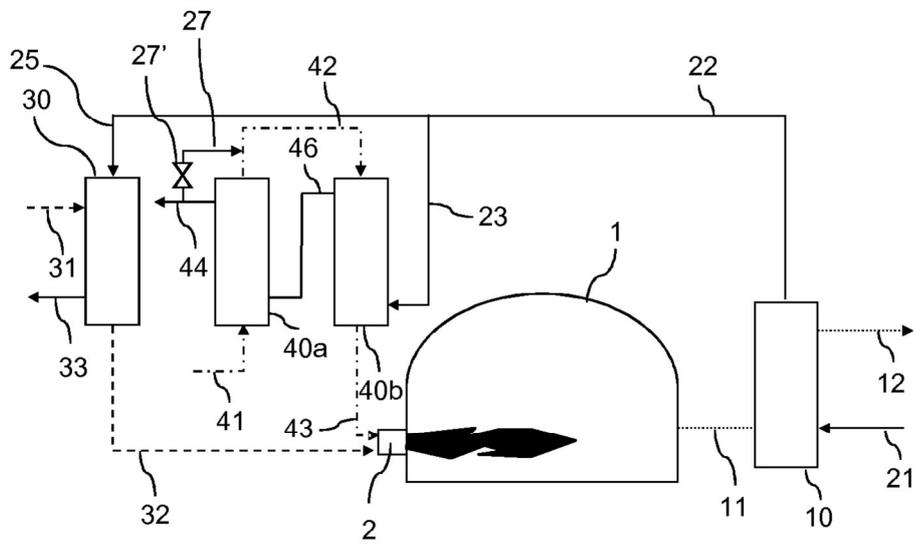


Figura 2

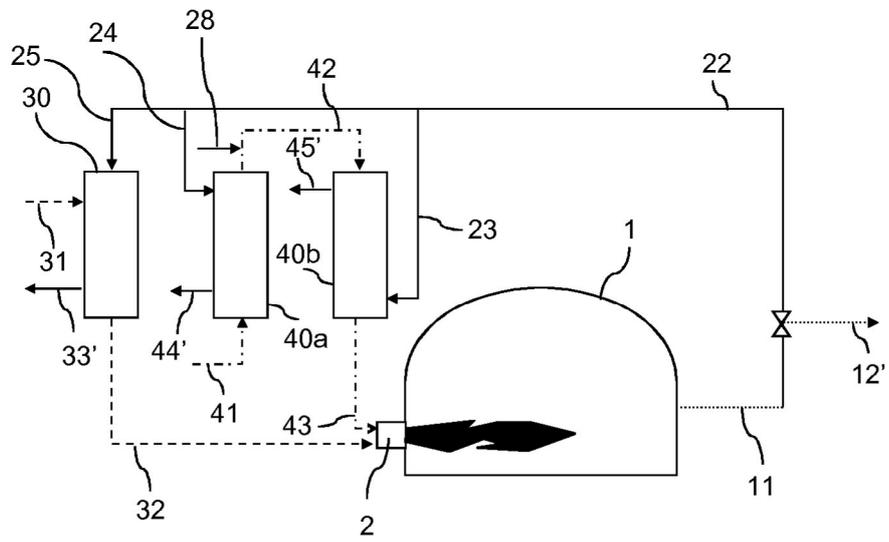


Figura 3

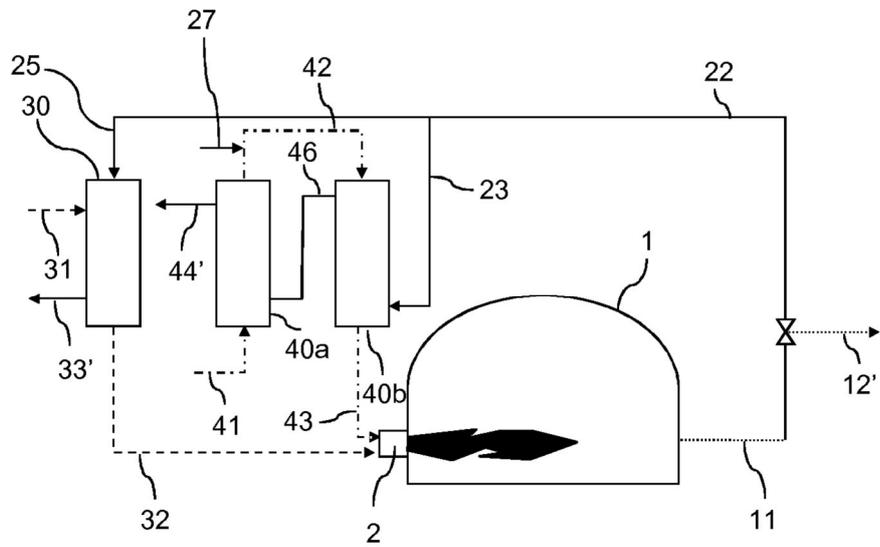


Figura 4