

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 632 273**

51 Int. Cl.:

C03B 5/235 (2006.01)
C03B 5/237 (2006.01)
F23L 15/04 (2006.01)
F23R 3/00 (2006.01)
F25J 3/04 (2006.01)
F27D 17/00 (2006.01)
F02C 1/05 (2006.01)
F23L 7/00 (2006.01)
F23L 15/02 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **05.12.2013 PCT/FR2013/052958**
- 87 Fecha y número de publicación internacional: **26.06.2014 WO14096613**
- 96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **05.12.2013 E 13815060 (2)**
- 97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **10.05.2017 EP 2935133**

54 Título: **Recuperación energética de los humos de un horno de fusión por medio de una turbina de gas e intercambiadores de calor**

30 Prioridad:

20.12.2012 FR 1262376

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
12.09.2017

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:

**DAVIDIAN, BENOIT;
JOU MANI, YOUSSEF;
LE DIRACH, JOCELYN y
TRANIER, JEAN-PIERRE**

74 Agente/Representante:

ELZABURU, S.L.P

ES 2 632 273 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

Recuperación energética de los humos de un horno de fusión por medio de una turbina de gas e intercambiadores de calor

5 En un horno de fusión, las materias primas son transformadas en materia fundida gracias a una aportación de energía térmica que generalmente es facilitada al menos en parte por combustión.

La mayor parte de la energía térmica generada por las llamas es transferida a la carga (materias primas sólidas y materia fundida). Si embargo, la energía residual es evacuada del horno con los humos de combustión.

10 En el caso de un horno de fusión en aerocombustión, o combustión con aire, es así conocido utilizar intercambiadores en contracorriente alternada compuestos de cerámicas (regeneradores) o intercambiadores de acero (recuperadores) para precalentar el aire de combustión aguas arriba del horno, de manera que se aumente no solamente el rendimiento de la combustión en el interior del horno sino también el de la instalación en su totalidad en la media en que una parte de la energía térmica contenida en los humos evacuados es recuperada y utilizada como energía de precalentamiento para el aire de combustión.

15 En un horno de vidrio con recuperadores, el aire de combustión es precalentado a 700 °C mientras que los regeneradores permiten alcanzar temperaturas de aire de combustión de 1200 °C o de 1250 °C al comienzo de la vida de servicio de la instalación.

Los operarios de los hornos de fusión, y especialmente los vidrieros, adoptan cada vez más la oxicomustión, tecnología a la vez más eficaz (porque elimina el balasto térmico del nitrógeno), y menos contaminante (reducción de los NOx y del CO₂, siendo este mismo nitrógeno origen de los NOx formados).

20 Sin embargo, los sistemas de recuperación de energía de los humos desarrollados para la aerocombustión (regeneradores y recuperadores) no están generalmente adaptados para la recuperación de energía térmica de los humos generados por la oxicomustión.

25 El documento EP-A-1338848 describe un sistema de recuperación de energía de los humos de un horno de vidrio, y en particular de un horno de vidrio en oxicomustión. El citado sistema comprende al menos un intercambiador de calor para el precalentamiento de un gas rico en oxígeno y/o de un combustible gaseoso por intercambio térmico con los humos evacuados del horno, una caldera situada aguas abajo de al menos un intercambiador de calor y apta para generar vapor sobrecalentado por intercambio térmico con los humos y una turbina de vapor para la expansión del vapor sobrecalentado con producción de energía mecánica.

30 De acuerdo con el documento EP-A-1338848, la energía mecánica generada por la turbina puede ser utilizada para facilitar al menos una parte de las necesidades energéticas de una instalación de separación de los gases del aire que facilita oxígeno de combustión para el horno de vidrio.

Para la producción de vapor sobrecalentado en la caldera con una eficacia industrialmente aceptable, los humos a la entrada de la caldera, y por tanto también a la salida del intercambiador de calor, deben presentar una temperatura de al menos 1000 °C, o de 1200 °C a 1500 °C.

35 A pesar de las buenas resistencias a tales temperaturas de los materiales identificados en el documento EP-A-1338848, los vidrieros prefieren utilizar sistemas de recuperación de energía a más baja temperatura estimados más duraderos.

Un sistema alternativo de este tipo particularmente fiable para la recuperación de energía de los humos de un horno de vidrio de oxicomustión está descrito en el documento EP-A-0872690.

40 De acuerdo con el documento EP-A-0872690, los humos que salen del horno de oxicomustión son utilizados para el precalentamiento indirecto del oxígeno y/o del combustible aguas arriba del horno. En un primer intercambiador de calor, los humos que salen del horno calientan un fluido intermedio, tal como por ejemplo aire, por intercambio térmico entre los dos fluidos. El fluido intermedio calentado que sale del primer intercambiador es utilizado en un segundo intercambiador térmico para calentar oxígeno de combustión y/o el combustible.

45 El sistema de recuperación de energía de los humos de acuerdo con el documento EP-A-0872690 no permite sin embargo una recuperación suplementaria de energía de los humos en forma de vapor sobrecalentado, como es el caso en el documento EP-A-1338848, debido a que en la práctica los humos a la salida del primer intercambiador presentan una temperatura netamente inferior a 1000 °C.

50 El documento US 2012/135362A1 representa el estado de la técnica más próxima a las reivindicaciones 1 y 7 y describe las características de los preámbulos de estas reivindicaciones.

La presente invención tiene por objetivo incrementar la eficacia de recuperación de calor en los humos de un horno de fusión que utiliza un combustible gaseoso y/o el oxígeno como comburente y en el cual el oxígeno de combustión

y/o el combustible gaseoso son precalentados por intercambio de calor indirecto con los humos evacuados del horno.

5 La presente invención concierne de modo mas particular a un procedimiento de fusión en un horno que comprende una cámara de fusión. De acuerdo con este procedimiento, se precalienta oxígeno de combustión y/o combustible gaseoso en un intercambiador denominado intercambiador primario aguas arriba de la cámara de fusión por intercambio térmico con un gas caloportador.

Se utiliza el oxígeno de combustión y/o el combustible gaseoso precalentado para calentar la cámara de fusión por medio de combustión, generando así energía térmica y humos en la cámara de fusión.

10 Se evacuan los humos de la cámara de fusión y se les introduce en un intercambiador de calor, denominado secundario, para calentar aire comprimido por intercambio térmico con los humos evacuados de la cámara de fusión.

De acuerdo con la invención, se utiliza aire comprimido calentado que sale del intercambiador secundario como comburente en una turbina de gas. Esta turbina de gas genera así energía mecánica y/o eléctrica y un efluente gaseoso. El citado efluente gaseoso de la turbina de gas es utilizado como gas caloportador para el precalentamiento del oxígeno de combustión y/o del combustible gaseoso en el intercambiador primario.

15 Se precalienta ventajosamente al menos oxígeno de combustión y, preferentemente, igualmente combustible gaseoso, en el intercambiador primario. En efecto, debido a que, de acuerdo con la invención, se calienta el reactivo de combustión por intercambio de calor indirecto con los humos, es decir a través de un fluido caloportador, la presente invención es particularmente apta y fiable para el precalentamiento de oxígeno.

20 Se observa, de acuerdo con la invención, una sinergia significativa entre, por una parte, el sistema de recuperación de energía térmica de los humos que salen de la cámara de fusión y, por otra, la turbina de gas. En efecto, se constata un rendimiento energético netamente por encima del rendimiento energético que haya que prever para una simple combinación de una turbina de gas con precalentamiento de oxígeno de combustión y/o de combustible gaseoso por medio de los humos.

25 Hay que observar que la combustión no es necesariamente el único medio de calentamiento de la cámara de fusión, la cual puede comprender otros medios de calentamiento tales como electrodos.

El oxígeno de combustión precalentado puede ser el único comburente utilizado para la combustión en la cámara de fusión o en combinación con otro comburente, típicamente aire.

30 El horno puede así ser un horno de oxicomustión (donde el oxígeno es el único comburente), un horno de combustión enriquecido (con aire enriquecido en oxígeno como comburente), o también un horno de oxidante mixto (que utiliza una combinación por una parte de combustión con oxígeno y por otra de combustión con aire, eventualmente enriquecido en oxígeno).

En el presente contexto, el término « oxígeno » se refiere a un gas que tenga un contenido en O₂ de al menos el 75% en volumen, preferentemente entre el 80% en volumen y el 100% en volumen, e incluso preferentemente entre el 90% en volumen y el 100% en volumen.

35 De manera análoga, el combustible gaseoso precalentado puede ser el único combustible utilizado para la combustión en la cámara de fusión o el combustible gaseoso precalentado puede ser utilizado en combinación con otro combustible.

40 La energía mecánica y/o eléctrica generada por la turbina de gas puede ser facilitada al menos en parte a uno o varios compresores de aire. El o los compresores de aire son elegidos especialmente entre: un compresor de aire que alimenta al intercambiador de calor secundario, un compresor de aire que alimenta una unidad de separación de los gases del aire y otro compresor de aire. En efecto, no solamente la instalación de fusión está equipada con un compresor de aire, denominado generalmente soplante, para la provisión de aire comprimido al intercambiador secundario, sino que además la instalación puede comprender igualmente una unidad de separación de los gases del aire y/u otras unidades consumidoras de aire comprimido. La instalación puede comprender especialmente una
45 unidad de separación de los gases del aire que facilite el oxígeno de combustión, instalaciones de enfriamiento de aire comprimido, etc.

De acuerdo con una forma de realización del procedimiento, la turbina de gas facilita entre el 75% y el 100%, preferentemente el 100%, del consumo energético del compresor de aire que alimenta de aire comprimido al intercambiador de calor secundario.

50 Preferentemente, la turbina de gas facilita entre el 25% y el 100%, preferentemente entre el 50% y el 100%, y en particular el 100%, del consumo energético del compresor de aire que alimenta la unidad de separación de los gases del aire. Esta unidad de separación de los gases del aire genera preferentemente oxígeno de combustión para el procedimiento de fusión. La unidad de separación de los gases del aire puede comprender especialmente una columna de destilación criogénica de los gases del aire, pero igualmente son posibles otros tipos de unidades de

separación de los gases del aire. La unidad de separación de los gases del aire puede ser especialmente un sistema basado en la técnica denominada VSA (Vacuum Swing Absorption).

5 Es útil prever un depósito de oxígeno líquido como fuente de oxígeno de combustión durante una parada o una reducción de la producción de oxígeno de combustión por la unidad de separación de los gases del aire. Cuando la unidad de separación es alimentada de energía por la turbina de gas, dicha parada o dicha reducción de la unidad de separación pueden producirse especialmente durante una puesta fuera de operación para mantenimiento de la turbina de gas. Tal depósito de oxígeno presenta un volumen de almacenamiento que permite la alimentación de oxígeno de combustión a una capacidad de la cámara de fusión durante 6 a 8 horas durante una parada de la unidad de separación de los gases del aire. Es igualmente útil prever una fuente auxiliar de energía, tal como un grupo electrógeno, para facilitar energía mecánica y/o energía eléctrica que haya que utilizar durante una parada de la turbina de gas.

Los parámetros del procedimiento dependen del material que haya que fundir, tal como vidrio, metal, esmalte, etc, del tamaño y del tipo de la cámara de fusión, del caudal de materia fundida, etc.

15 Los parámetros de operación siguientes se han identificado como ventajosos, solos o de combustión, especialmente, pero no únicamente, cuando el procedimiento es un procedimiento de fusión de vidrio:

- la temperatura de los humos a la entrada del intercambiador secundario es de 1000 °C a 2000 °C,
- el aire comprimido está a una presión de 10 atm a 20 atm a la entrada del intercambiador secundario,
- la temperatura del aire comprimido calentado a la salida del intercambiador secundario es de 600 °C a 800 °C,
- 20 • la temperatura del efluente gaseoso a la salida de la turbina de gas es de 600 °C a 800 °C.

De manera útil, se utiliza, como carburante para la turbina de gas, una parte del combustible gaseoso precalentado que sale del intercambiador primario.

La presente invención concierne igualmente a una instalación de fusión adaptada para la puesta en práctica de una cualquiera de las formas de realización del procedimiento de acuerdo con la invención.

25 Así, la invención concierne a una instalación de fusión que comprende un horno que define una cámara de fusión calentada por combustión. La cámara de fusión comprende igualmente al menos una salida de humos para la evacuación de los humos generados por esta combustión.

30 La instalación comprende igualmente un intercambiador de calor primario para el precalentamiento, por intercambio térmico con un fluido caloportador, de oxígeno de combustión y/o de combustible gaseoso aguas arriba de la cámara de fusión. El citado intercambiador primario presenta (a) una entrada de fluido caloportador (caliente) y una salida de fluido caloportador (templado) y (b) una entrada de oxígeno de combustión (para el oxígeno de combustión que haya que precalentar) y una salida de oxígeno de combustión (para el oxígeno de combustión precalentado) y/o una entrada de combustible gaseoso (para combustible gaseoso que haya que precalentar) y una salida de combustible gaseoso (para el combustible gaseoso precalentado).

35 El intercambiador primario presenta de manera útil una entrada y una salida de oxígeno de combustión y preferentemente igualmente una entrada y una salida de combustible gaseoso.

40 La instalación de fusión comprende también un intercambiador de calor secundario para el calentamiento de aire comprimido por intercambio térmico con los humos que salen de la cámara de fusión. El citado intercambiador secundario presenta (a) una entrada de aire comprimido (para el aire comprimido que haya que calentar) y una salida de aire comprimido (para el aire comprimido calentado) y (b) una entrada de humos (calientes) y una salida de humos (templados).

La instalación de fusión está equipada con un primer compresor de aire unido a la entrada de aire comprimido del intercambiador secundario de manera que por el primer compresor permite la provisión de aire comprimido al intercambiador secundario.

45 Como regla general, en el presente contexto, el término « unido » es utilizado en el sentido de « fluidicamente unido », por ejemplo por medio de una canalización.

50 La entrada de humos del intercambiador primario está unida al menos a una salida de humos de la cámara de fusión. La salida de oxígeno de combustión del intercambiador primario está unida al menos a un inyector de comburente de la cámara de fusión y/o la salida de combustible gaseoso del intercambiador primario está unida al menos a un inyector de combustible de la cámara de fusión.

- De acuerdo con la invención, la instalación comprende igualmente una turbina de gas con una tobera de admisión de aire y un escape. La salida de aire comprimido del intercambiador secundario está unida a la tobera de admisión de aire de la turbina de gas. El escape de la turbina de gas está unido a la entrada de fluido caloportador del intercambiador primario de manera que permite la provisión del gas de escape de la turbina de gas como fluido caloportador al intercambiador primario.
- De acuerdo con una forma de realización preferida de la instalación, la turbina de gas facilita energía mecánica y/o eléctrica al menos a un compresor de aire. La turbina de gas puede especialmente facilitar energía mecánica y/o eléctrica al menos a un compresor de aire elegido entre: el primer compresor de aire, un compresor de aire que alimenta una unidad de separación de los gases del aire y otro compresor de aire, tal como un compresor de aire, denominado « segundo compresor », que facilita aire comprimido al menos a otra unidad de la instalación consumidora de aire comprimido.
- Cuando la turbina de gas facilita energía mecánica al menos a un compresor de aire, esto ventajosamente es realizado por medio de un árbol de transmisión que une la turbina de gas al citado compresor de aire.
- Cuando la instalación de acuerdo con la invención comprende una unidad de separación de los gases del aire, la misma presenta preferentemente una salida de oxígeno unida a la cámara de fusión para la provisión de oxígeno de combustión a la citada cámara por la unidad de separación de los gases. Para esta provisión de oxígeno de combustión, la salida de oxígeno de la unidad de separación de los gases del aire está, preferentemente, unida a la entrada de oxígeno de combustión del intercambiador primario. La salida de oxígeno de la unidad de separación de los gases del aire está entonces unida a la cámara de fusión por medio del intercambiador primario cuya salida de oxígeno de combustión está unida a la citada cámara de fusión.
- Así, esta salida de oxígeno de la unidad de separación puede estar unida directamente a uno o varios inyectores de comburente de los que está equipada la cámara de fusión o, preferentemente, a través del intercambiador primario.
- Como se ha indicado anteriormente, la unidad de separación de los gases del aire comprende preferentemente una columna de destilación criogénica de los gases del aire, pero igualmente puede ser una instalación de tipo VSA.
- La instalación comprende ventajosamente igualmente un depósito de oxígeno como fuente de oxígeno de combustión durante una parada o una productividad reducida de la unidad de separación de los gases del aire. La instalación puede igualmente, de manera útil, comprender una fuente auxiliar de energía mecánica y/o de energía eléctrica, tal como un grupo electrógeno, para la provisión de energía mecánica y/o eléctrica durante una parada de la turbina de gas.
- Como se indicó anteriormente, la combustión puede ser el único medio de calentamiento de la cámara de fusión o puede estar combinada con otros sistemas de calentamiento tales como electrodos.
- El oxígeno de combustión (caliente) puede ser el único comburente o puede estar combinado con otros comburentes, tales como en particular aire. El combustible gaseoso puede ser el único combustible o puede estar combinado con otros combustibles.
- Un inyector de comburente unido a la salida de oxígeno de combustión del intercambiador primario puede formar parte de un quemador de la cámara de fusión. Tal inyector de oxígeno puede igualmente formar parte de una lanza de comburente de la cámara de fusión y en particular de una lanza de oxígeno.
- De manera análoga, un inyector de combustible gaseoso unido a la salida de combustible gaseoso del intercambiador primario puede formar parte de un quemador de la cámara de fusión o puede estar integrado en una lanza de combustible de la citada cámara.
- De acuerdo con una forma de realización preferida, el horno de fusión es un horno de vidrio, y en particular un horno de vidrio de tipo horno flotante (es decir que comprende un baño de flotación, denominado igualmente baño de metal), pero la invención es igualmente útil para otros hornos de fusión incluidos los hornos de fusión de metales tales como por ejemplo, los metales férreos.
- La utilización de una instalación de fusión de acuerdo con una cualquiera de las formas de realización anteriormente descritas en un procedimiento de acuerdo con la invención queda cubierta igualmente.
- La presente invención y sus ventajas se describen más en detalle en lo que sigue refiriéndose a las figuras 1 y 2.
- Las figuras 1 y 2 son representaciones esquemáticas de dos ejemplos de una instalación y de un procedimiento de acuerdo con la invención.
- El horno de fusión 10 es un horno de oxicomustión, calentado por un número de oxiquemadores (no representados). Los citados quemadores son alimentados de combustible, tal como por ejemplo el gas natural, por el conducto 12 y de oxígeno de combustión por el conducto 11.

El oxígeno de combustión es generado por una unidad de separación de los gases del aire 50 que separa aire comprimido 51 en un flujo de oxígeno 52, que tiene un contenido de O₂ de al menos un 90% en volumen, y un flujo (no representado) consistente principalmente de N₂.

5 Los humos generados por la oxicomustión en el horno 10 son evacuados de la cámara de fusión por la salida 13, teniendo los citados humos una temperatura entre 1000 °C y 2000 °C, por ejemplo entre 1250 °C y 1750 °C.

10 Los citados humos son llevados hacia un intercambiador térmico, denominado « intercambiador de calor secundario » 30. Los humos calientes entran en el intercambiador secundario por una entrada de humos 31 y salen por la salida de humos 32. En el interior del intercambiador secundario 30, los humos calientan aire comprimido por intercambio térmico, siendo obtenido el aire comprimido por compresión de aire ambiente 33 a una presión entre 10 atm y 20 atm, por ejemplo aproximadamente 15 atm, en el compresor 34. El compresor 34 puede igualmente facilitar aire comprimido a la unidad de separación de los gases del aire 50. La unidad 50 puede tener también un compresor de aire (no representado) dedicado específicamente a la provisión de aire a la unidad 50.

El aire comprimido es introducido en el intercambiador secundario 30 por una entrada de aire 35. El aire calentado sale del intercambiador secundario 30 por la salida de aire 36 a una temperatura entre 600 °C y 800 °C.

15 De acuerdo con la invención, el aire calentado que sale del intercambiador secundario 30 es utilizado para generar energía mecánica y/o eléctrica de acuerdo con el principio de funcionamiento de una turbina de gas.

20 Así, el aire calentado es introduzco en una cámara de fusión 41 por la tobera de admisión de aire. En la cámara de fusión 41, el aire calentado es utilizado para quemar combustible (gaseoso) introducido por la admisión de combustible 47. Los gases de combustión así obtenidos tienen una temperatura de 1000 °C a 1600 °C, por ejemplo entre 1200 °C y 1400 °C, y son enviados hacia la entrada 43 de una turbina de expansión 42.

En los casos ilustrados, la energía obtenida por esta expansión de los gases de combustión es transmitida:

- por una parte, al compresor de aire 34 en forma de energía mecánica por el árbol de transmisión 45, y
- por otra, a la unidad de separación 50 en forma de energía eléctrica por la conexión 40.

25 A la salida o escape de la turbina de expansión 42, los gases de combustión 44 tienen una temperatura de 550 °C a 750 °C. Estos gases de combustión 44 son introducidos en un segundo intercambiador térmico, denominado « intercambiador primario » 20 por la entrada de fluido caloportador 21 y salen del intercambiador primario 20 por la salida de fluido caloportador 22.

30 En las figuras está mostrado un solo intercambiador primario 20. Sin embargo, el citado intercambiador primario 20 puede descomponerse en una serie de varios subintercambiadores primarios, es decir una serie de intercambiadores fluido caloportador / oxígeno de combustión y/o de intercambiadores fluido caloportador / combustible gaseoso.

35 El flujo de oxígeno 52 que sale de la unidad de separación 50 es introducido en el intercambiador primario 20 por la entrada de oxígeno 23 y sale del intercambiador primario como oxígeno precalentado por la salida de oxígeno 24. Un flujo de gas natural 60 es introducido en el intercambiador primario 20 por la entrada de combustible 25 y sale del intercambiador primario como gas natural precalentado por la salida de combustible 26. En el interior del intercambiador primario 20, el flujo de oxígeno 52 es precalentado a una temperatura entre 350 °C y 650 °C, por ejemplo a 550 °C, por intercambio térmico con los gases de combustión y el flujo de gas natural 60 es precalentado a una temperatura entre 250 °C y 550 °C, por ejemplo 450 °C, igualmente por intercambio térmico con los gases de combustión.

40 El oxígeno así precalentado es transportado como oxígeno de combustión hacia el horno 10 por el conducto 11 y el gas natural así precalentado es transportado como combustible hacia el horno 10 por el conducto 12.

La forma de realización ilustrada en la figura 2 se distingue de aquélla de la figura 1 en que, en la figura 2, se utiliza una parte del gas natural precalentado como combustible en la cámara de fusión 41.

Ejemplo

45 La presente invención y sus ventajas están ilustradas en el ejemplo comparativo que sigue.

El ejemplo de acuerdo con la invención corresponde al esquema de la figura 1.

La referencia corresponde al mismo esquema, excepto que la misma no comprende cámara de fusión 41 ni turbina de expansión 42 tales como las descritas anteriormente, es decir que la misma no comprende turbina de gas.

50 El horno es un horno de fusión de vidrio calentado por oxicomustión únicamente con un consumo de oxígeno de 7000 Nm³/h y una producción de aproximadamente 620 t/día de vidrio.

El consumo eléctrico de la unidad de separación de los gases del aire es estimado en 3 MWe.

En el intercambiador primario, el oxígeno es precalentado a 550 °C y el gas natural es precalentado a 450 °C.

En el intercambiador primario, el aire comprimido a 15 atm es calentado a 350 °C.

5 En el ejemplo de acuerdo con la invención, los gases de combustión salen de la cámara de fusión 41 a la temperatura de 1300 °C.

El balance eléctrico se define teniendo en cuenta dos puestos de consumo:

- Las etapas de compresión de la unidad de separación 50, y
- Las etapas de compresión del aire caloportador.

Como puesto de generación de energía se considera:

- 10
- La expansión de los gases de combustión en la turbina de expansión 42.

Los balances de materia y energía calculados muestran que la invención es capaz de generar toda la energía necesaria para la producción del flujo de oxígeno por la unidad de separación, incluso de liberar un excedente de energía, no obstante mediante un consumo de gas natural.

La tabla resume los resultados de los consumos energéticos.

	referencia	invención
Balance eléctrico (kWe)	-2991	1384
Consumo suplementario de gas natural (Nm ³ /h)	00,00	686,80

15 Tabla 1: balances energéticos y consumos de gas natural asociados

Pueden considerarse dos escenarios:

- un escenario en el que el precio de la electricidad es comparable con el del gas (€/MWh),
- un escenario en el que el precio de la electricidad es al menos tres veces el del gas (€/MWh)

Los costes operativos incluyen el consumo de electricidad y de gas natural.

20 El ratio de inversión es calculado sobre la base de una amortización en 4 años con una disponibilidad del equipo de 8600 horas/año.

La Tabla 2 facilita datos económicos resultantes de estos balances de materia y energía, sobre la base de los precios de gas natural y de electricidad siguientes: gas natural a 40 €/MWh y electricidad a 70 €/MWh.

	Referencia	invención
Balance eléctrico (kWe)	-2991	1384
OPEX (EUR/h)	209,37	159,82
Inversión adicional (EUR/kWh)		390

Tabla 2: calculo del coste de inversión (escenario 1)

25 Para el escenario 2 en el que el gas natural está a 40€/MWh y la electricidad a 140 €/MWh, se presentan los datos económicos en la tabla 3

	Referencia	invención
Balance eléctrico (kWe)	-2991	1384
OPEX (EUR/h)	418,74	62,92
Inversión adicional (EUR/kWh)		2798

Tabla 3: cálculo del coste de inversión (escenario 2)

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento de fusión en un horno (10) que comprende una cámara de fusión (41), procedimiento en el cual:
- 5 - se precalienta al menos un reactivo de combustión elegido entre oxígeno (52) y combustible gaseoso (60) aguas arriba de la cámara de fusión (41) por intercambio térmico con un gas caloportador (44) en un intercambiador de calor primario (20), con obtención de al menos un reactivo de combustión precalentado y gas caloportador templado,
 - se clienta la cámara de fusión (41) por medio de combustión utilizando al menos un reactivo de combustión (52, 60) precalentado, generando así energía térmica y humos en la cámara de fusión (41),
 - 10 - se evacuan los humos de la cámara de fusión (41) y se les introduce en un intercambiador de calor secundario (30) para calentar aire comprimido por intercambio térmico con los humos evacuados de la cámara de fusión (41),
- caracterizado por que:
- se genera energía mecánica y/o eléctrica y un efluente gaseoso por medio de una turbina de gas (41, 42) utilizando el aire comprimido calentado (46) que sale del intercambiador secundario (30) como comburente para la turbina de gas (41, 42), y
 - 15 - se utiliza el efluente gaseoso de la turbina de gas (41, 42) como gas caloportador (44) para el precalentamiento del oxígeno de combustión (52) y/o del combustible gaseoso (60) en el intercambiador primario (20).
2. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación precedente, en el cual la energía mecánica y/o eléctrica generada por la turbina de gas (41, 42) es facilitada al menos en parte a uno o varios compresores de aire (34).
3. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 2, en el cual al menos una parte de la energía mecánica y/o eléctrica generada por la turbina de gas (41, 42) es facilitada al menos a un compresor de aire elegido entre: un compresor de aire (34) que alimenta el intercambiador de calor secundario (30), un compresor de aire que alimenta una unidad de separación de los gases del aire (50) y otro compresor de aire.
4. Procedimiento de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en el cual el horno de fusión (10) es un horno de vidrio, preferentemente un horno de vidrio de tipo flotante.
- 25 5. Procedimiento de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en el cual se utiliza como carburante para la turbina de gas (41, 42) una parte del combustible gaseoso (60) precalentado que sale del intercambiador primario (20).
6. Instalación de fusión que comprende:
- 30 - un horno (10) que define una cámara de fusión (41) calentada por combustión, comprendiendo la citada cámara de fusión (41) al menos una salida de humos (13) generados por la combustión,
 - un intercambiador de calor primario (20) para el precalentamiento, por intercambio térmico con un fluido caloportador (44), de oxígeno de combustión (52) y/o de combustible gaseoso (60) aguas arriba de la cámara de fusión (41), presentando el citado intercambiador primario (20) (a) una entrada (21) y una salida (22) de fluido caloportador (44) y (b) una entrada (23) y una salida (24) de oxígeno de combustión (52) y/o una entrada (25) y una salida (26) de combustible gaseoso (60),
 - 35 - un intercambiador de calor secundario (30) para el calentamiento de aire comprimido por intercambio térmico con los humos que salen de la cámara de fusión (41), presentando el citado intercambiador secundario (30) (a) una entrada (35) y una salida (36) de aire comprimido y (b) una entrada (31) y una salida (32) de humos,
 - un primer compresor de aire (34), estando el citado compresor de aire (34) unido a la entrada de aire comprimido (35) del intercambiador secundario (30),
 - 40
- instalación en la cual:
- la entrada de humos (31) del intercambiador secundario (30) está unida a una salida de humos (13) de la cámara de fusión (41),
 - la salida de oxígeno de combustión (24) del intercambiador primario (20) está unida al menos a un inyector de comburente de la cámara de fusión (41) y/o la salida de combustible gaseoso (26) del intercambiador primario (20) está unida al menos a un inyector de combustible gaseoso de la cámara de fusión (41),
 - 45
- y caracterizada por que:

- 5 - la instalación comprende igualmente una turbina de gas (41, 42) que comprende una tobera de admisión de aire y un escape, estando unida la salida de aire comprimido (36) del intercambiador secundario (30) a la tobera de admisión de aire de la turbina de gas (41, 42), estando el escape de la turbina de gas (41, 42) unido a la entrada de fluido caloportador (21) del intercambiador primario (20), de manera que facilita gas de escape (44) de la turbina de gas (41, 42) como fluido caloportador (44) al intercambiador primario (20).
7. Instalación de acuerdo con la reivindicación 6, en la cual la turbina de gas (41, 42) facilita energía mecánica y/o eléctrica al menos a un compresor de aire (34).
8. Instalación de acuerdo con la reivindicación 7, en la cual la turbina de gas (41, 42) facilita energía mecánica al menos a un compresor de aire (34) por medio de un árbol de transmisión (45).
- 10 9. Instalación de acuerdo con las reivindicaciones 7 u 8, en la cual la turbina de gas (41, 42) facilita energía mecánica y/o eléctrica al menos a un compresor de aire elegido entre: el primer compresor de aire (34), un segundo compresor de aire que alimenta a una unidad de separación de los gases del aire (50) y otro compresor de aire.
- 15 10. Instalación de acuerdo con la reivindicación 9, en la cual la turbina de gas (41, 42) facilita energía mecánica o eléctrica a una unidad de separación de los gases del aire (50) que presenta una salida de oxígeno (52) unida al menos a un inyector de comburente de la cámara de fusión (41).
11. Instalación de acuerdo con la reivindicación 10, en la cual la salida de oxígeno (52) de la unidad de separación de los gases del aire (50) está unida a la entrada de oxígeno de combustión (23) del intercambiador primario (20).
- 20 12. Instalación de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 6 a 11, en la cual la salida de oxígeno de combustión (24) del intercambiador primario (20) está unida al menos a un inyector de comburente integrado en un quemador de la cámara de fusión (41) y/o la salida de combustible gaseoso (26) del intercambiador primario (20) está unida al menos a un inyector de combustible integrado en un quemador de la cámara de fusión (41).
- 25 13. Instalación de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 6 a 12, en la cual la salida de oxígeno de combustión (24) del intercambiador primario (20) está unida al menos a un inyector de comburente integrado en una lanza de comburente de la cámara de fusión (41) y/o la salida de combustible gaseoso (26) del intercambiador primario (20) está unida al menos a un inyector de combustible integrado en una lanza de combustible de la cámara de fusión (41).
14. Instalación de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 6 a 13, en la cual el horno de fusión (10) es un horno de vidrio, preferentemente un horno de vidrio de tipo flotante.
- 30 15. Utilización de una instalación de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 6 a 14 en un procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1.

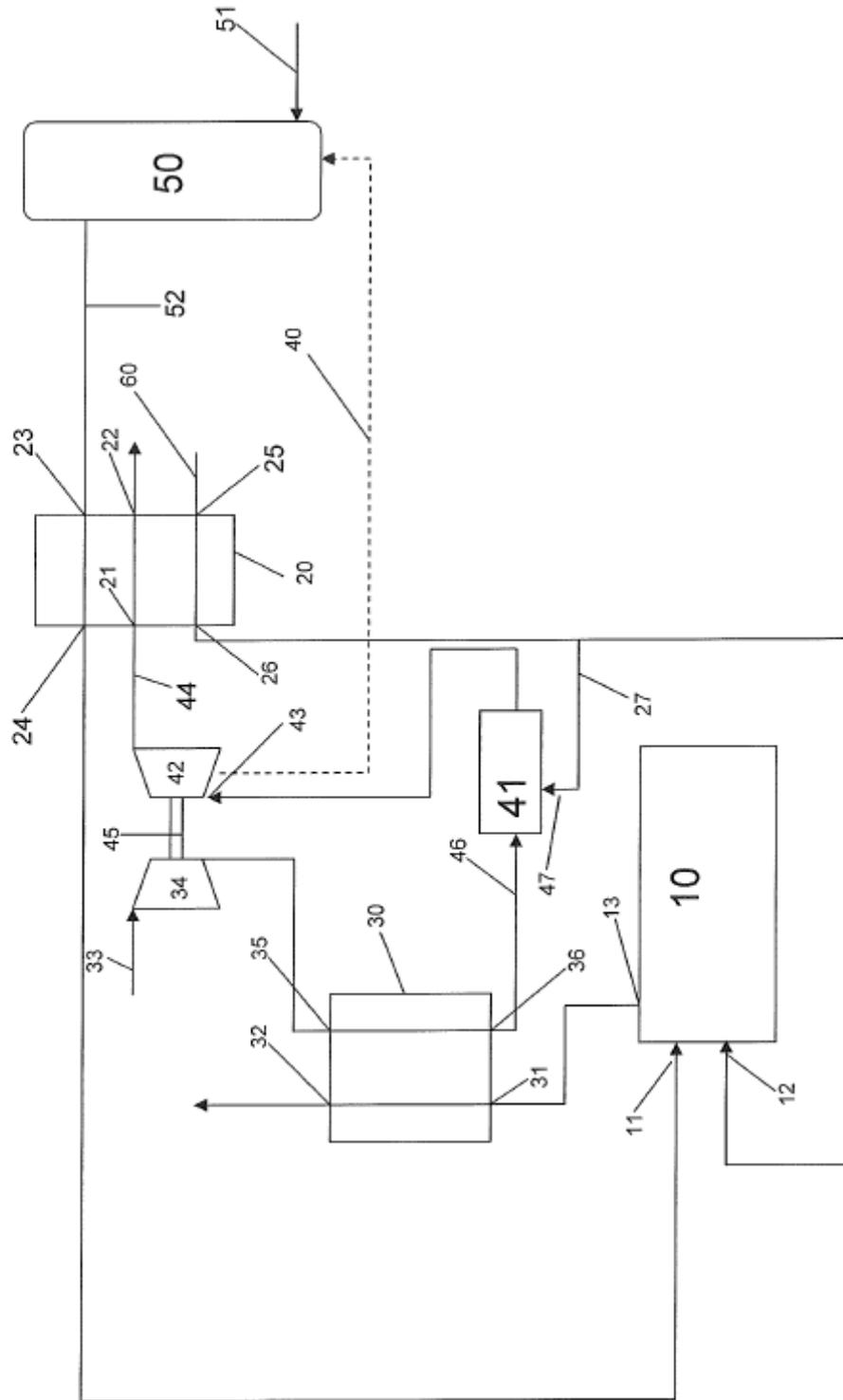


Fig 2