

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 641 545**

51 Int. Cl.:

F23R 7/00 (2006.01)

F23C 99/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **23.12.2014 PCT/DE2014/100463**

87 Fecha y número de publicación internacional: **02.07.2015 WO15096833**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **23.12.2014 E 14838914 (1)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **05.07.2017 EP 3087324**

54 Título: **Disposición y procedimiento para realizar una combustión intensificada**

30 Prioridad:

23.12.2013 DE 102013114852

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

10.11.2017

73 Titular/es:

**FRAUNHOFER-GESELLSCHAFT ZUR
FÖRDERUNG DER ANGEWANDTEN
FORSCHUNG E.V. (100.0%)
Hansastraße 27c
80686 München, DE**

72 Inventor/es:

**KRIEDEL, RALF;
KIRCHHEISEN, ROBERT;
LAMPINEN, MARKKU y
RISTIMÄKI, VILLE**

74 Agente/Representante:

VALLEJO LÓPEZ, Juan Pedro

ES 2 641 545 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

Disposición y procedimiento para realizar una combustión intensificada

- 5 La invención se refiere a un motor de combustión interna y a un procedimiento para la producción de energía mediante trabajo de expansión en motores de combustión interna.

La utilización energética del proceso de combustión autocompactante (en adelante denominado proceso SCC, de *Self-acting Compacting Combustion*) fue descrita por primera vez por Lampinen en el documento WO 2012/153003
 10 A1. Es resultado del hecho de que tiene lugar una compresión automática de gases de combustión, cuando una membrana conductora de iones especial se ocupa de la entrada de oxígeno y nitrógeno en la cámara de combustión por la pared del reactor caliente. La fuerza motriz para el transporte del oxígeno (O₂) es resultado principalmente de la baja presión parcial de O₂ en la cámara de combustión. Por ello ya no es necesaria la compresión habitual del aire de combustión, la parte de trabajo de expansión utilizable aumenta. Por consiguiente, el rendimiento de un motor de
 15 combustión interna que se puede alcanzar teóricamente aumenta significativamente.

Como para motores de combustión interna altamente eficientes se persiguen altas presiones y temperaturas, un proceso SCC correspondiente está caracterizado por altas exigencias en cuanto a la estabilidad de los componentes de membrana empleados. Las membranas cerámicas son normalmente frágiles y para la realización de flujos altos
 20 deberían tener las paredes lo más finas posible. Esto entra en contradicción con la alta estabilidad mecánica necesaria para el proceso SCC, especialmente cuando se persiguen el alto rendimiento y las altas presiones de combustión y temperaturas de combustión necesarias para este. Por consiguiente, un proceso SCC con utilización de membranas cerámicas debería estar limitado a presiones por debajo de 100 bares o menos. Además, el acoplamiento de un motor de combustión interna da como resultado modificaciones periódicas del proceso de
 25 combustión, especialmente fluctuaciones de la temperatura y de la presión. Las vibraciones resultantes pueden poner en peligro la integridad mecánica de las membranas.

Los materiales establecidos para su empleo como OTM (*Oxygen Transport Membrane*, membrana de transporte de oxígeno), como BSCF (Ba_{0,5}Sr_{0,5}Co_{0,8}Fe_{0,2}O_{3-δ}), son conocidos por su alto flujo de oxígeno, que se basa en su conductividad mixta (MIEC - *Mixed Ionic-Electronic Conductivity*, conductividad iónica-electrónica mixta). BSCF es también conocido, no obstante, por la descomposición de la fase cristalina subyacente por debajo de 830 °C (Shao, Z., et al: Investigation of the permeation behavior and stability of a Ba_{0.5}Sr_{0.5}Co_{0.8}Fe_{0.2}O_{3-δ} oxygen membrane. Journal of Membrane Science 172 (2000), p. 177 - 188). Temperaturas más altas dan como resultado, además, tasas de deformación del material claramente más altas, de forma que para 900 °C y una diferencia de presión de 20
 30 bares ya se predijo un fallo mecánico (Pecanac, G., et al: Mechanical properties and lifetime predictions for Ba_{0.5}Sr_{0.5}Co_{0.8}Fe_{0.2}O_{3-δ} membrane material. Journal of Membrane Science 385-386 (2011), p. 263- 268). Además, tales materiales MIEC basados en el tipo de estructura perovskita incluyen altas cantidades de alcalinotérreos, cuya reacción con el CO₂ da como resultado una fuerte disminución del flujo de oxígeno con un contenido de CO₂ en aumento (Schulz, M., et al: Assessment of CO₂ stability and oxygen flux of oxygen permeable
 35 membranes. Journal of Membrane Science 378 (2011), p. 10- 17).

Además, la combustión adiabática de combustible da como resultado normalmente temperaturas de gas ampliamente por encima de los 2000 °C. Aunque la temperatura de la membrana será más baja, deberían emplearse por ello materiales de alta temperatura con base de ZrO₂ o CeO₂. El flujo de oxígeno de tales materiales
 45 es, sin embargo, claramente más bajo que aquel de perovskita (Sunarso, J., et al: Mixed ionic-electronic conducting (MIEC) ceramic-based membranes for oxygen separation. Journal of Membrane Science 320 (2008), 13-41). Bien es verdad que un enfriamiento de los gases de combustión o de la pared membranosa posiblemente parece demasiado complicado en principio, pero es la realización técnica y disminuye el rendimiento.

Una realización de muy altas presiones en el proceso SCC con la utilización de membranas OTM cerámicas solo parece posible si las presiones en ambos lados de la membrana son iguales. En este caso todo el material membranoso estaría bajo tensión compresiva, no habría ninguna zona que estuviera bajo tensión de tracción, de forma que se puede esperar una alta vida útil de la membrana. Tal situación de carga no es, sin embargo, razonable para el proceso SCC, pues una compresión correspondiente del aire consumiría el trabajo de expansión que se
 50 puede utilizar adicionalmente. En conjunto se debe observar que para las altas temperaturas y presiones del proceso SCC perseguidas no están disponibles materiales de membrana con permeabilidad al oxígeno y estabilidad suficientemente altas.

Materiales para OTM frecuentemente son capaces de acumular oxígeno de forma reversible, de funcionar así como material de acumulación de oxígeno (denominados en adelante como OSM de *Oxygen Storage Materials*). El oxígeno se incorpora, a este respecto, a la red cristalina del material fijo. Se han probado o descrito diferentes OSM y diferentes procedimientos hasta ahora, como procedimientos como, por ejemplo, la llamada *Chemical Looping Combustion* (combustión con bucle químico) (CLC: US 5 447 024 A; Hossain, M. M., de Lasa, H. I.: Chemical looping combustion (CLC) for inherent CO₂ separations - a review. Chemical Engineering Science 63 (2008), 4433-4451) y la *Ceramic Autothermal Recovery* (recuperación autotérmica cerámica) (CAR: EP 0 913 184 B1; Ullmann, H., et al: Oxidkeramiken mit hohem Sauerstofftransport. Keramische Zeitschrift 57 (2005) 2, 72 - 78). Además, se probaron
 60 65

como OSM diferentes composiciones de material basadas en perovskitas y fluoritas (documentos JP 05004044 A, EP 1 547 972 A3, US 6 059 858 A, DE 10 2005 034 071 A1), combinadas frecuentemente con procedimientos determinados como la purificación de gas (documentos JP 05004044 A, JP 04164803 A) o junto con una conducción de procedimiento determinada con la utilización de gases especiales (documentos US 6 464 955 B2, EP 0 995 715 A1).

A causa de las reacciones químicas correspondientes del OSM con el oxígeno, la carga de una oxidación se corresponde con la descarga de una reducción del OSM. El primer proceso es siempre exotérmico, el último siempre exotérmico. Por ello una carga y descarga cíclicas de OSM está siempre acompañada de una liberación de calor y un consumo de calor (Kaps, C., Kriegel, R.: Perovskite ceramics as smart materials for efficient energy technologies. in: Proceedings of the 2. International Congress on Ceramics. Verona, Italy. 29.06. 04.07.2008).

La entalpía para la reducción u oxidación de los OSM depende considerablemente de su composición química, especialmente del tipo de metal, que domina el comportamiento de carga y descarga mediante su cambio de valencia. Un ligero cambio de valencia va normalmente acompañada de una baja entalpía de oxidación de aproximadamente -50 kJ por mol de O₂, por ejemplo, en óxidos de conducción mixta de tipo perovskita con base de acero o cobalto. Los OSM con base de Mn y Cr muestran, por el contrario, entalpías de oxidación hasta aproximadamente -350 kJ por mol de O₂. Por ello, por ejemplo, el procedimiento CAR (documento US 6 059 858 A) orientado a una producción de oxígeno eficiente desde el punto de vista energético utiliza sobre todo óxidos mixtos con base de Co y Fe, para producir cantidades de O₂ lo más grandes posible con las menores modificaciones posibles de las presiones parciales de O₂. Por consiguiente, a este respecto, la modificación de temperatura de los OSM correspondientes que contienen Co y Fe permanece baja.

Un proceso de combustión cíclico con la utilización de OSM produce grandes cantidades de calor que se registran parcialmente también en el OSM. Por ello parece difícil mantener baja la temperatura de un reactor llenado con OSM, especialmente si el tiempo de ciclo es muy corto. Esto se puede esperar especialmente para gases que están a presión en motores de combustión interna.

La invención se basa en el objetivo de determinar una posibilidad para el suministro de oxígeno eficiente desde el punto de vista energético a la cámara de combustión de un motor de combustión interna autocompactante.

De acuerdo con la invención el objetivo se consigue con una disposición para realizar una combustión intensificada, para el aumento de presión automático de los gases de combustión y su utilización en un motor de combustión interna para la ejecución de trabajo mecánico, dado que en la cámara de combustión está presente un material de acumulación de oxígeno, de forma que mediante el almacenamiento del oxígeno en el material de acumulación de oxígeno en la cámara de combustión sea posible un proceso de combustión autocompactante.

Una configuración ventajosa de un motor de combustión interna con una cámara de trabajo se traduce en que la cámara de trabajo consta de al menos dos cámaras de reacción, incluyendo cada cámara de reacción un material de acumulación de oxígeno y al menos entradas para un combustible y aire fresco, presentando una primera salida para la emisión del aire empobrecido en oxígeno y una segunda salida para la emisión de los gases de combustión provista de una válvula. Además, todas las segundas salidas unidas con una cámara de trabajo secundaria por una entrada, estando abierta respectivamente solo una válvula para la introducción de los gases de combustión en la cámara de trabajo. Por cámara de trabajo debe estar entendido cualquier tipo de cámara en el que los gases de combustión que están a alta presión y a altas temperaturas puedan ejecutar trabajo mecánico, especialmente, así, de motores de combustión interna o turbinas.

Además, el objetivo se consigue con un procedimiento para realizar una combustión intensificada, para el aumento de presión automático de los gases de combustión y su utilización en un motor de combustión interna para la ejecución de trabajo mecánico, ya que

- en la cámara de combustión se almacena un material de acumulación de oxígeno,
- se suministra aire fresco, extrayendo el material de acumulación de oxígeno el oxígeno del aire fresco,
- a continuación, se suministra combustible, el cual se quema completamente con el oxígeno que sale del material de acumulación de oxígeno,
- finalmente, los gases de combustión que están a alta presión y alta temperatura se utilizan para la ejecución de trabajo mecánico.

Una configuración ventajosa del procedimiento de acuerdo con la invención para la producción de energía mediante trabajo de expansión en motores de combustión interna con al menos dos cámaras de reacción está caracterizada por los siguientes pasos de procedimiento:

a) se introduce aire fresco en una primera cámara de reacción, de forma que el material de acumulación de oxígeno existente en la cámara de reacción extraiga el oxígeno del aire fresco;

b) después de la saturación de oxígeno del material de acumulación de oxígeno se interrumpe el suministro de

aire fresco y se introduce un combustible en la cámara de reacción, el cual prende y se quema completamente mediante el oxígeno que sale del material de acumulación de oxígeno;

c) los gases de combustión que están a presión se suministran a una turbomáquina;

d) los pasos a) hasta c) se implementan uno después de otro para otras cámaras de reacción, estando determinado el número de las demás al menos dado que la primera cámara de reacción ha interrumpido su suministro de aire fresco por saturación de oxígeno.

La presente invención supera las desventajas expuestas del estado de la técnica mientras se utilizan materiales de acumulación de oxígeno con una entalpía de reducción sobre 150 kJ/mol de O₂, la recarga se prolonga temporalmente después del proceso de combustión y se emplea un exceso de aire para la refrigeración, así como se añade agua en forma líquida o gaseosa para la refrigeración interna.

El calor de combustión para hidrocarburos asciende, para su componente principal, el grupo CH₂, a cerca de -650 kJ/mol. Se necesita un mol y medio de oxígeno para la combustión de un grupo CH₂ en agua y CO₂. Una normalización de la entalpía de combustión de hidrocarburos en la cantidad de oxígeno aplicada da como resultado, así, un valor de aproximadamente -430 kJ/mol de oxígeno aplicado. Por ello parece posible compensar una gran parte del calor de reacción liberado en el proceso de combustión mediante la reducción del material de acumulación de oxígeno si su entalpía de oxidación es comparable. Adicionalmente se puede emplear agua líquida o vapor para mantener baja la temperatura del material de acumulación de oxígeno durante la combustión.

La presente invención prueba una variante de solución técnica del proceso SCC con la utilización de un material de acumulación de oxígeno que se emplea como cuerpo poroso o como lecho compacto en al menos dos cámaras de reacción acopladas. La combustión del combustible se implementa en al menos una cámara de reacción que contiene un material de acumulación de oxígeno cargado de oxígeno. El material de acumulación de oxígeno libera el oxígeno sin una modificación del volumen importante durante el proceso de combustión. El oxígeno liberado reacciona con el combustible y calienta, con ello, el material de acumulación de oxígeno y la cámara de reacción. Por consiguiente, la presión de gas y la temperatura suben en la cámara de reacción hasta que el combustible está completamente oxidado o la capacidad de acumulación del material de acumulación de oxígeno está agotada. Después se utiliza otro material de acumulación de oxígeno para la combustión del combustible. El material de acumulación de oxígeno descargado se regenera con un exceso de aire fresco.

A continuación, se debe explicar la invención más en detalle mediante ejemplos de realización. Para ello muestra:

La figura 1, un esquema de un proceso SCC.

De acuerdo con la figura 1, como componentes esenciales de un motor de combustión interna se deben distinguir tres cámaras de reacción 1.1, 1.2 y 1.3 con material de acumulación de oxígeno 2 almacenado respectivamente, una cámara de trabajo 4 para la ejecución del trabajo mecánico. La cámara de trabajo 4 puede, a este respecto, formar parte de una turbina de gas que a su vez acciona un generador (no mostrado en la figura 1) para la producción de energía eléctrica. Un ventilador está unido por tuberías con cada cámara de reacción 1.1, 1.2 y 1.3 individual para el suministro de aire fresco, presentando cada cámara de reacción 1.1, 1.2 y 1.3 una primera salida 12.1, 12.2, 12.3 para la evacuación del aire empobrecido con oxígeno, una segunda salida 3.1, 3.2, 3.3 para la evacuación de los gases de combustión y otras dos entradas. Una entrada 11.1, 11.2, 11.3 para la admisión para el combustible y la otra entrada 13.1, 13.2, 13.3 para la admisión de agua o vapor de agua.

Ejemplo de realización 1:

Para la combustión autocompactante de gas natural se utilizan, de acuerdo con la figura 1, tres cámaras de reacción 1.1, 1.2 y 1.3. Cada cámara de reacción 1.1, 1.2 y 1.3 ocupa un volumen interior de 1,8 litros que se llena con 1 kg de material de acumulación de oxígeno 2. Para el lecho compacto de material de acumulación de oxígeno se emplea un granulado de CSFM5555 (Ca_{0.5}Sr_{0.5}Mn_{0.5}Fe_{0.5}O_{3-δ}) con una porosidad abierta del 30 % en volumen y una densidad de 3,67 g/cm³. La materia prima se fabrica por tecnología de óxido mixto y, a continuación, se mezcla con almidón de patata como porógeno. La masa se moldea por extrusión o extrusión de materiales plásticos hasta llegar a cadenas con aproximadamente 4 mm de diámetro con longitudes de 10 a 15 mm. La sinterización se efectúa a 1430 °C en 3 horas. La entalpía de oxidación del material de acumulación de oxígeno fabricado así asciende a aproximadamente -280 kJ/mol de O₂.

Las tres cámaras de reacción 1.1, 1.2 y 1.3 están unidas respectivamente con una cámara de trabajo 4 por sus segundas salidas 3.1, 3.2 y 3.3 mediante tuberías lo más cortas posible con pequeño diámetro interior. Las tuberías entre ventilador 5 y cámaras de reacción 1.1, 1.2 y 1.3 presentan diámetros claramente más grandes para minimizar la pérdida de presión y hacer posible un caudal de aire grande con presión circundante. Todos los puntos de unión entre las tuberías están provistos de válvulas 6.1, 6.2, 6.3, 7.1, 7.2, 7.3 que pueden estar configuradas como válvulas electromagnéticas o válvulas antirretorno. En una entrada 8 de la cámara de trabajo 4 está dispuesta una válvula de reducción de presión 9. Las cubiertas exteriores de las cámaras de reacción 1.1, 1.2 y 1.3 están enfriadas

con agua y conectadas a un circuito de refrigeración. Adicionalmente todas las cámaras de reacción 1.1, 1.2 y 1.3 están provistas de las toberas pulverizadoras 10.1, 10.2 y 10.3 para la inyección de agua líquida o vapor.

5 El proceso SCC se inicia encendiendo las cámaras de reacción 1.1, 1.2 y 1.3 con un quemador de gas natural no representado. Mientras se calientan debería realizarse al menos un contenido de oxígeno del 5 % en volumen en el gas de escape para evitar una descarga del recubrimiento de material de acumulación de oxígeno durante el calentamiento. Después de alcanzar una temperatura de 650 °C en la primera cámara de reacción 1.1 se inyectan en esta 4,8 litros estándar de gas natural a una presión inicial de 15 bares por su entrada 11.1. La combustión del combustible consume oxígeno que es proporcionado por el material de acumulación de oxígeno 2. Con ello el contenido de oxígeno z en el recubrimiento de material de acumulación de oxígeno desciende de 2,84 a 2,70 (z en ABO₂). La combustión, que transcurre muy rápidamente se genera una temperatura de gas de más de 3500 °C y una presión de más de 110 bares. Se inyectan adicionalmente unos 15 g de agua por otra entrada 13.1 en el área de combustión, de forma que la temperatura de combustión desciende a aproximadamente 800 K y la presión asciende a 210 bares. Los gases de combustión que están a alta presión y el vapor se conducen a la cámara de trabajo 4, que es un componente de una turbomáquina que a su vez acciona un generador para la producción de corriente eléctrica. La turbomáquina está desarrollada sin elemento compresor y sin tubo de alimentación de aire de combustión o estos componentes no se utilizan. Si la presión cae a menos de 15 bares, se introduce gas natural en la segunda cámara de reacción 1.2 por su entrada 11.2 y se quema como se ha descrito anteriormente. La temperatura de los recubrimientos de material de acumulación de oxígeno se vigila y se regula permanentemente, mientras se introducen por las entradas 10.1, 10.2, 10.3 cantidades de agua que varían. A este respecto, se persigue una temperatura máxima del recubrimiento de material de acumulación de oxígeno de 1200 °C.

Después de cada proceso de combustión el recubrimiento de material de acumulación de oxígeno descargado se regenera con aire fresco. Normalmente el caudal de aire es dos a cuatro veces la cantidad que sería necesaria teóricamente para la reoxidación de todo el material de acumulación de oxígeno. El exceso de aire frío se emplea para mantener la temperatura de recubrimiento en un nivel constante.

Ejemplo de realización 2:

30 Para una combustión autocompactante de benceno se emplean tres cámaras de reacción 1.1, 1.2 y 1.3 con un volumen interior de 0,6 litros respectivamente. Las cámaras de reacción 1.1, 1.2 y 1.3 se llenan con 1 kg de CaMnO₃ en la forma de un recubrimiento de minipanales que presentan un volumen libre del 65 % en volumen y una densidad de recubrimiento de 2,5 g/cm³. La materia prima se fabrica mediante tecnología de óxidos mixtos cerámica convencional y se moldea mediante extrusión plástica rígida de una masa acuosa plastificada a minipanales de las medidas 8 x 8 mm, cortándose las cadenas automáticamente en trozos cortos de aproximadamente 8 mm de largo. La sinterización se efectúa a 1450 °C durante 3 horas. Después los minipanales de material de acumulación de oxígeno se revisten de una suspensión con base acuosa de 25 % en moles de Gd₂O₃ y 75 % en moles de NiO para minimizar la coquización de la superficie. El revestimiento se quema a 1000 °C en 2 horas. La entalpía de oxidación del material fabricado así asciende a aproximadamente -300 kJ/mol de O₂.

40 Las tres cámaras de reacción 1.1, 1.2 y 1.3 están unidas entre sí y con una cámara de trabajo 4 mediante tuberías lo más cortas posible con pequeños diámetros interiores. Las tuberías entre ventilador 5 y cámaras de reacción 1.1, 1.2 y 1.3 presentan diámetros claramente más grandes para minimizar la pérdida de presión y hacer posibles grandes caudales de aire. Todos los puntos de unión entre las tuberías están provistos de válvulas 6.1, 6.2, 6.3, 7.1, 7.2, 7.3. Antes de la cámara de trabajo 4 está dispuesta una válvula de reducción de presión 9. Las cubiertas exteriores de las cámaras de reacción 1.1, 1.2 y 1.3 están enfriadas con agua y conectadas a un circuito de refrigeración. Adicionalmente todas las cámaras de reacción 1.1, 1.2 y 1.3 están provistas de toberas pulverizadoras en las entradas 10.1, 10.2 y 10.3 para la inyección de agua líquida o vapor.

50 Las cámaras de reacción 1.1, 1.2 y 1.3 se precalientan mediante la combustión del benceno con exceso de aire a 600 °C. A continuación, se cierra el suministro de aire y se inyectan 9 g de benceno en la primera cámara de reacción. El combustible pulverizado prende y se oxida completamente por el oxígeno que sale del recubrimiento de material de acumulación de oxígeno. Con ello el contenido de oxígeno z de los minipanales de material de acumulación de oxígeno desciende de 2,95 a 2,65 (z en ABO₂). Los gases de combustión se calientan a más de 4000 K, la presión sube a más de 800 bares. Inyectando aproximadamente 30 g de agua líquida se puede bajar la temperatura de gas en torno a aproximadamente 900 K, subiendo la presión a 1600 bares.

Como ya se ha descrito en el ejemplo de realización 1, el gas que está a alta presión se emplea para la producción de corriente en una turbomáquina.

60 Después de cada proceso de combustión los minipanales de material de acumulación de oxígeno descargados se regeneran con aire fresco. El caudal de aire es, a este respecto, normalmente de dos a cuatro veces el caudal necesario para la reoxidación completa del recubrimiento de material de acumulación de oxígeno. El exceso de aire fresco frío se emplea para enfriar el recubrimiento de material de acumulación de oxígeno y las cámaras de reacción y mantener la temperatura en un nivel constante.

El número de las cámaras de reacción 1.1, 1.2, 1.3 está fijado en tres en los ejemplos de realización 1 y 2. En principio el número se determina mediante la relación temporal entre fase de combustión y fase de reoxidación. Como la fase de combustión es considerablemente más corta que la fase de reoxidación se elige un número correspondiente de cámaras de reacción para poder realizar una corriente de gas en esencia continua en la entrada 8 de la cámara de trabajo 4.

Lista de referencias

	1.1	Cámara de reacción
10	1.2	Cámara de reacción
	1.3	Cámara de reacción
	2	Material de acumulación de oxígeno
	3.1	Segunda salida
	3.2	Segunda salida
15	3.3	Segunda salida
	4	Cámara de trabajo
	5	Ventilador
	6.1	Válvula
	6.2	Válvula
20	6.3	Válvula
	7.1	Válvula
	7.2	Válvula
	7.3	Válvula
	8	Entrada (de la cámara de trabajo 4)
25	9	Válvula de reducción de presión
	10.1	Toberas de pulverización
	10.2	Toberas de pulverización
	10.3	Toberas de pulverización
	11.1	Entrada (para combustible)
30	11.2	Entrada (para combustible)
	11.3	Entrada (para combustible)
	12.1	Primera salida
	12.2	Primera salida
	12.3	Primera salida
35	13.1	Entrada (para agua o vapor de agua)
	13.2	Entrada (para agua o vapor de agua)
	13.3	Entrada (para agua o vapor de agua)

REIVINDICACIONES

1. Disposición para realizar una combustión intensificada, para el aumento de presión automático de los gases de combustión y su utilización en un motor de combustión interna para la ejecución de trabajo mecánico, **caracterizada por que** en la cámara de combustión está presente un material de acumulación de oxígeno (2).
2. Disposición de acuerdo con la reivindicación 1, **caracterizada por que**
- la cámara de combustión consta de al menos dos cámaras de reacción (1.1, 1.2, 1.3), cada cámara de reacción (1.1, 1.2, 1.3)
 - incluyendo el material de acumulación de oxígeno (2),
 - presentando al menos una entrada (11.1, 11.2, 11.3) para un combustible y una entrada para aire fresco,
 - presentando una primera salida (12.1, 12.2, 12.3) para la emisión del aire empobrecido en oxígeno,
 - presentando una segunda salida (3.1, 3.2, 3.3) provista de una válvula (6.1, 6.2, 6.3) para la emisión de los gases de combustión.
 - cada segunda salida (3.1, 3.2, 3.3) está unida a una cámara de trabajo (4) secundaria mediante una entrada (8), estando abierta en cada caso solo una válvula (6.1, 6.2, 6.3) para la introducción de los gases de combustión en la cámara de trabajo (4).
3. Disposición de acuerdo con las reivindicaciones 1 o 2, **caracterizada por que** el material de acumulación de oxígeno (2) presenta una entalpía de reducción para la extracción de oxígeno de entre 150 kJ/mol O₂ y 350 kJ/mol O₂.
4. Disposición de acuerdo con la reivindicación 1, **caracterizada por que** como material de acumulación de oxígeno (2) se utiliza un granulado de Ca_{0.5}Sr_{0.5}Mn_{0.5}Fe_{0.5}O_{3-δ} con una porosidad abierta del 30 % en volumen y una densidad de 3,67 g/cm³.
5. Disposición de acuerdo con las reivindicaciones 1 a 4, **caracterizada por que** el material de acumulación de oxígeno (2) está dispuesto en la cámara de reacción (1.1, 1.2, 1.3) como lecho compacto en la forma de un granulado.
6. Disposición de acuerdo con las reivindicaciones 1 a 5, **caracterizada por que** cada cámara de reacción (1.1, 1.2, 1.3) presenta una entrada adicional (13.1, 13.2, 13.3) para el suministro de agua líquida o en forma de gas para conseguir una refrigeración interna del material de acumulación de oxígeno (2) y del interior de la cámara de reacción (1.1, 1.2, 1.3) y para aumentar la presión de los gases de combustión.
7. Disposición de acuerdo con las reivindicaciones 1 a 6, **caracterizada por que** el material de acumulación de oxígeno (2) está combinado con un catalizador para aumentar la velocidad de reacción o disminuir la concentración de agentes contaminantes.
8. Procedimiento para realizar una combustión intensificada, para el aumento de presión automático de los gases de combustión y su utilización en un motor de combustión interna para la ejecución de trabajo mecánico, **caracterizado por que**
- en la cámara de combustión se almacena un material de acumulación de oxígeno (2),
 - se suministra aire fresco, extrayendo el material de acumulación de oxígeno (2) el oxígeno del aire fresco,
 - a continuación, se suministra combustible, el cual se quema completamente con el oxígeno que sale del material de acumulación de oxígeno (2),
 - a continuación, los gases de combustión que están a alta presión y alta temperatura se utilizan para la ejecución de trabajo mecánico.
9. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 8 con al menos dos cámaras de reacción, caracterizado por las siguientes fases de procedimiento.
- a) se introduce aire fresco en una primera cámara de reacción (1.1), de forma que el material de acumulación de oxígeno (2) existente en la cámara de reacción (1.1) extraiga el oxígeno del aire fresco;
 - b) después de la saturación de oxígeno del material de acumulación de oxígeno (2) se interrumpe el suministro de aire fresco y se introduce un combustible en la cámara de reacción (1.1), el cual se quema completamente con el oxígeno que sale del material de acumulación de oxígeno (2);
 - c) los gases que están a presión se suministran a una cámara de trabajo (4);
 - d) las fases a) a c) se llevan a cabo una después de otra para otras cámaras de reacción, estando determinado el número de las demás al menos dado que la primera cámara de reacción (1.1) ha interrumpido su suministro de aire fresco por saturación de oxígeno.

10. Procedimiento de acuerdo con las reivindicaciones 8 o 9, **caracterizado por que** la temperatura del material de acumulación de oxígeno (2) se vigila y se regula inyectándose cantidades de agua variables.

5 11. Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones 8 a 10, **caracterizado por que** el caudal de aire fresco en cada cámara de reacción (1.1, 1.2, 1.3) es de dos a cuatro veces la cantidad que sería necesaria teóricamente para la reoxidación de todo el material de acumulación de oxígeno (2).

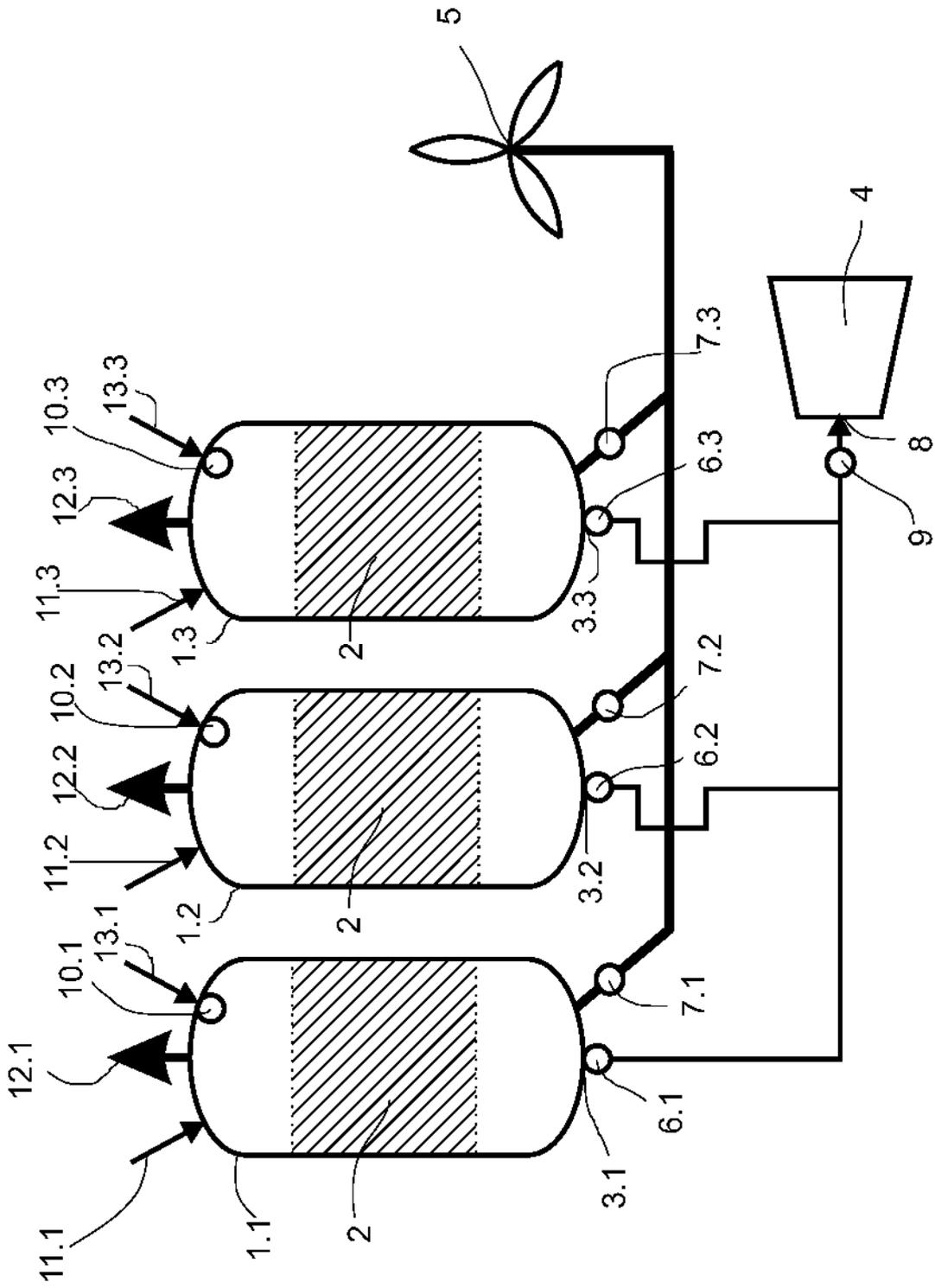


Fig. 1