

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 739 001**

51 Int. Cl.:

F23C 3/00 (2006.01)

F23C 6/02 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **19.01.2016 E 16151958 (2)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **01.05.2019 EP 3048367**

54 Título: **Módulo de combustión con temperatura sustancialmente uniforme**

30 Prioridad:

20.01.2015 FR 1550450

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

28.01.2020

73 Titular/es:

**COMMISSARIAT À L'ÉNERGIE ATOMIQUE ET
AUX ÉNERGIES ALTERNATIVES (100.0%)
25, rue Leblanc, Bâtiment "le Ponant D"
75015 Paris, FR**

72 Inventor/es:

OLLIER, EMMANUEL

74 Agente/Representante:

VALLEJO LÓPEZ, Juan Pedro

ES 2 739 001 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

Módulo de combustión con temperatura sustancialmente uniforme

5 Campo técnico y estado de la técnica

La presente invención se refiere a un módulo de combustión que presenta una temperatura sustancialmente uniforme, especialmente en una dirección transversal a la dirección de las cámaras de combustión, y a un sistema solar híbrido que comprende al menos un módulo de combustión de este tipo.

10 Existen dispositivos de producción de electricidad que comprenden un módulo de combustión y un módulo termoelectrico, estando en contacto la cara caliente del módulo termoelectrico con una de las caras del módulo de combustión. Al quemar uno o más gases en el módulo de combustión, la cara del módulo termoelectrico en contacto con el módulo de combustión se calienta, aparece un gradiente de temperatura en el módulo termoelectrico y luego se produce electricidad.

Un ejemplo de un dispositivo de este tipo se describe en el documento US 7 862 331.

20 El módulo de combustión comprende una cámara alimentada con gas por al menos un tubo de alimentación y los gases de combustión se evacúan a través de al menos un conducto de evacuación.

El material del módulo presenta muy buena una conductividad térmica, ya que el calor producido en el módulo se utiliza fuera del mismo.

25 El documento WO2014/048992 describe un dispositivo solar híbrido de producción de electricidad que comprende un módulo con una primera cara sometida a radiación solar, una segunda cara en contacto con un generador termoelectrico y, por ejemplo, una cámara de combustión entre la primera cara y la segunda cara. Las cámaras de combustión tienen forma tubular y están dispuestas una junto a la otra y paralelas a la primera cara sometida a radiación solar y la segunda cara en contacto con el generador termoelectrico.

30 Sin embargo, se puede ver que, cuando las cámaras de combustión están encendidas, el módulo no presenta una temperatura uniforme, especialmente en una dirección transversal a las cámaras de combustión. Las zonas laterales son mucho más frías que la zona central del módulo. Como resultado, la cara en contacto con el generador termoelectrico no presenta una temperatura sustancialmente homogénea en toda su superficie, lo que puede ser perjudicial para el funcionamiento eficiente del generador termoelectrico. El mismo problema surge si el generador termoelectrico es reemplazado por una célula termofotovoltaica que convierte la radiación infrarroja emitida por el módulo, no siendo esta radiación uniforme en toda la superficie. En ambos casos, la falta de uniformidad en la temperatura también genera tensiones termomecánicas que pueden ser perjudiciales para la fiabilidad del componente.

40 Descripción de la invención

45 Por lo tanto, un objetivo de la presente invención es proporcionar un módulo de combustión que comprende un cuerpo provisto de varias cámaras de combustión, que suministran un calentamiento sustancialmente uniforme del cuerpo.

50 El objetivo anteriormente mencionado se consigue mediante un módulo de combustión que comprende un cuerpo en el que se forman una pluralidad de cámaras de combustión que se extienden paralelas unas respecto de las otras entre una primera cara de extremo y un segunda cara de extremo del cuerpo, seleccionándose la distancia entre las cámaras y/o las dimensiones de las cámaras de modo que se obtenga un calentamiento sustancialmente uniforme del cuerpo, especialmente en una dirección transversal a las cámaras de combustión.

55 En otras palabras, las cámaras de combustión se distribuyen en el cuerpo y/o sus dimensiones se adaptan de modo que la energía térmica suministrada por cada una de las cámaras de combustión permita obtener al menos una reducción en el gradiente de temperatura transversal.

60 De acuerdo con la invención, se puede producir un módulo en el que las cámaras de combustión que tienen la sección transversal más grande estén situadas cerca de los bordes laterales. Esto compensa las pérdidas térmicas en los bordes laterales. De acuerdo con la invención, las cámaras de combustión situadas en la zona central pueden estar separadas unas respecto de las otras a fin de limitar el calentamiento en la zona central del módulo en la que el calor está naturalmente confinado.

65 De manera muy ventajosa, se proporcionan uno o más conectores de aislamiento térmico en las caras de extremo a través de las cuales se alimentan las cámaras de combustión y se evacúan los gases de combustión.

Por lo tanto, la presente invención tiene por objeto un módulo de combustión que comprende un cuerpo en el que se

forman una pluralidad de cámaras de combustión que se extienden paralelas unas respecto de las otras a lo largo de una dirección longitudinal entre una primera cara de extremo y una segunda cara de extremo del cuerpo, seleccionándose la distancia entre las cámaras de combustión y/o las dimensiones de las cámaras de combustión de modo que se reduzca el gradiente de temperatura transversal a las cámaras de combustión.

5 En una realización a modo de ejemplo, el cuerpo comprende dos caras laterales y primeras cámaras de combustión situadas cerca de las caras laterales y segundas cámaras de combustión dispuestas entre las primeras cámaras de combustión, teniendo las primeras cámaras de combustión una sección transversal mayor que las segundas cámaras de combustión.

10 En otra realización a modo de ejemplo, el cuerpo comprende dos caras laterales y primeras cámaras de combustión situadas en la proximidad de las caras laterales y segundas cámaras de combustión dispuestas entre las primeras cámaras de combustión, siendo la distancia que separa dos segundas cámaras de combustión mayor que la distancia que separa una primera cámara de combustión y una segunda cámara de combustión.

15 Preferiblemente, las cámaras de combustión son cámaras de combustión catalíticas.

De manera ventajosa, las superficies interiores de las cámaras de combustión están recubiertas al menos en parte con al menos un material catalizador, por ejemplo, platino, capaz de provocar la combustión de uno o más gases.

20 El módulo de combustión puede comprender al menos un primer conector en contacto con la primera cara de extremo del cuerpo y destinado a proporcionar la conexión entre las cámaras de combustión y al menos una fuente de al menos un gas y/o o una zona de evacuación de gases de combustión, presentando dicho conector una conductividad térmica sustancialmente más baja que la del cuerpo.

25 El módulo puede comprender un segundo conector en contacto con la segunda cara de extremo del cuerpo y destinado a proporcionar la conexión entre las cámaras de combustión y al menos una fuente de al menos un gas y/o una zona de evacuación de gases de combustión, presentando dicho conector una conductividad térmica sustancialmente más baja que la del cuerpo.

30 El primer conector puede estar destinado a conectar las cámaras de combustión y al menos una fuente de al menos un gas, comprendiendo dicho primer conector un puerto de alimentación destinado a conectarse a la fuente de gas a través de un conducto, tantos canales como cámaras de conexión, conectando dichos canales el puerto de alimentación y las cámaras de combustión.

35 De manera ventajosa cada canal presenta una sección similar o idéntica a la de la cámara de combustión a la que está conectado.

40 Preferiblemente, el primer conector comprende una cámara de distribución aguas abajo del puerto de alimentación y aguas arriba de los canales.

45 En una realización a modo de ejemplo, el primer conector comprende al menos dos puertos de entrada y tantos puertos de salida como cámaras de combustión, una red de distribución de gas entre los puertos de entrada y los puertos de salida y una zona de mezcla situada aguas abajo de dos puertos de entrada y aguas arriba de la red de distribución.

De manera ventajosa, el primer conector puede comprender una estructura capaz de favorecer la mezcla de gases, por ejemplo, una estructura porosa.

50 Por ejemplo, el cuerpo está hecho de SiC y el conector de alimentación y el conector de evacuación están hechos de zirconia.

55 La presente invención también tiene por objeto un dispositivo de combustión que comprende al menos un módulo de combustión de acuerdo con la invención, al menos una fuente y un conducto conectado al puerto de entrada del conector de alimentación y a la fuente de gas.

60 La presente invención también tiene por objeto un sistema solar híbrido que comprende medios de concentración de radiación solar, al menos un módulo de combustión de acuerdo con la invención o un dispositivo de combustión de acuerdo con la invención, estando el módulo o el dispositivo dispuesto de modo que la radiación concentrada ilumine una cara del cuerpo y medios para convertir la energía térmica en electricidad en una cara opuesta a la iluminada por la radiación solar concentrada, y medios para controlar la combustión en el módulo de combustión en función de la radiación solar concentrada. Los medios de concentración de radiación solar comprenden, por ejemplo, al menos un espejo o una lente de Fresnel.

65 **Breve descripción de los dibujos**

La presente invención se entenderá mejor con la ayuda de la siguiente descripción y los dibujos adjuntos, en los que:

- 5 - La Figura 1 es una vista en perspectiva en transparencia de una realización a modo de ejemplo de un módulo de combustión de acuerdo con la invención.
- La Figura 2A es una vista en sección transversal del módulo de la Figura 1 en el que las temperaturas de funcionamiento se simbolizan por niveles de gris.
- La Figura 2B es una vista en sección transversal del módulo del estado de la técnica en la que las temperaturas de funcionamiento se simbolizan por niveles de gris.
- 10 - Las Figuras 3A y 3B son vistas desde arriba y en sección longitudinal, respectivamente, de una realización a modo de ejemplo de un módulo de combustión de acuerdo con la invención que comprende un conector de aislamiento térmico.
- La Figura 3C es una vista en sección de otra realización a modo de ejemplo de un módulo de combustión de acuerdo con la invención que comprende un conector de aislamiento térmico,
- 15 - La Figura 4 es una vista en sección parcial de otra realización a modo de ejemplo de un módulo de combustión de acuerdo con la invención que comprende un conector de aislamiento térmico.
- La Figura 5 es una vista desde arriba de otra realización a modo de ejemplo de un módulo de combustión de acuerdo con la invención que comprende un conector de aislamiento térmico.
- La Figura 6 es una vista desde arriba de otra realización a modo de ejemplo de un módulo de combustión de acuerdo con la invención que comprende dos conectores de aislamiento térmico.
- 20 - La Figura 7 es una representación esquemática de un sistema solar híbrido que comprende un módulo de combustión de acuerdo con la invención.

25 Descripción detallada de realizaciones particulares

En la Figura 1, se puede ver un ejemplo de un módulo de combustión M1 que comprende un cuerpo 2 que contiene una pluralidad de cámaras de combustión C1, C2, C3, C4.

30 El cuerpo 2 se extiende a lo largo de una dirección longitudinal X y tiene una primera cara longitudinal 2.1 o una primera cara de extremo 2.1 y una segunda cara longitudinal 2.2 o una segunda cara de extremo 2.2. En el ejemplo mostrado, el cuerpo tiene forma de paralelepípedo rectangular. Además, comprende una cara superior 2.3 y una cara inferior (no visible) que presentan superficies más grandes y dos caras laterales 2.4.

35 Las cámaras de combustión C1, C2, C3, C4 se extienden paralelas a una dirección X.

En el ejemplo mostrado, cada cámara C1, C2, C3, C4 tiene la forma de un canal tubular, cuyo primer extremo se abre hacia la primera cara 2.1 y un segundo extremo se abre hacia la segunda cara 2.2.

40 Un extremo de cada cámara C1, C2, C3, C4 está destinado al suministro de uno o más gases (combustible y oxidante), en lo sucesivo denominados "gas de alimentación", para fines de combustión y otro extremo de cada cámara C1, C2, C3, C4 está destinado a la evacuación de los gases de combustión y de cualquier posible gas no quemado.

45 El módulo comprende conductos 12 de alimentación de gas a las cámaras de combustión, cada uno conectado a un extremo de las cámaras de combustión y conductos 14 de evacuación de gas de combustión, cada uno conectado a un extremo de las cámaras de la cámara de combustión. En el ejemplo que se muestra en la Figura 1, todas las cámaras se alimentan por su extremo situado en la cara de extremo 2.1 y se evacúan por su extremo situado en la cara de extremo 2.2.

50 En el ejemplo mostrado, las cámaras C1 y C4 situadas más al exterior del cuerpo, es decir, las más cercanas a las caras laterales 2.4 del cuerpo, presentan secciones transversales más grandes que las de las cámaras C2 y C3. En el ejemplo mostrado, al estar las cámaras en sección transversal circular, el diámetro D1 de las cámaras C1 y C4 es mayor que el diámetro D2 de las cámaras C2 y C3.

55 La sección transversal de los conductos 12 y 14 se adapta a la sección transversal de las cámaras a las que están conectados.

60 De manera ventajosa, las cámaras de combustión son de tipo catalítico. En las cámaras de combustión se suministra un material catalizador para provocar la combustión. Este material catalizador cubre preferiblemente la superficie interior de las cámaras de combustión. Como resultado, cuanto mayor sea la superficie interior de la cámara de combustión, mayor será la cantidad de catalizador y, por lo tanto, mayor será la cantidad de calor producido por la combustión.

65 Se usa platino o paladio, por ejemplo, como catalizador para la combustión de hidrógeno. Los catalizadores pueden ser puros o combinados con óxidos tales como óxido de cerio o alúmina.

Por lo tanto, la cantidad de calor producido en las cámaras C1 y C4 es mayor que la producida en las cámaras C2 y C3.

5 La combustión también podría ser causada por la adición de energía exterior como un arco eléctrico, o en el caso de un sistema solar híbrido, por la adición de calor por concentración solar. En el caso de la combustión catalítica, un diámetro de cámara mayor permite aumentar, de manera ventajosa, el calor producido por una superficie de reacción mayor. De manera ventajosa, también se puede proporcionar un texturizado de la superficie de reacción. En el caso de una reacción en fase gaseosa, un diámetro mayor de la cámara permite, de manera ventajosa, aumentar el calor producido por un mayor volumen de reacción.

10 Además, en el ejemplo mostrado, y de manera ventajosa, las cámaras no están distribuidas de manera uniforme por todo el cuerpo, es decir, las distancias transversales, a lo largo de la dirección Y, que separan las cámaras son diferentes. En el ejemplo mostrado, la distancia d1 que separa las dos cámaras adyacentes C2 y C3 situadas en una zona central del cuerpo 2 es mayor que la distancia d2 que separa las cámaras C1 y C2 y la distancia d3 que separa las cámaras C3 y C4.

15 Las caras laterales 2.4 son naturalmente zonas de pérdidas térmicas debido a la radiación, convección y conducción con el exterior. Además, la zona central del cuerpo es menos propensa a las pérdidas térmicas, por lo que el aumento de la temperatura es más rápido y más fácil en la zona central que en las zonas laterales del cuerpo. Al utilizar cámaras de combustión que generan más calor en las zonas laterales en comparación con las cámaras de combustión de la zona central, se compensa al menos parte de las pérdidas térmicas con respecto a la zona central. Además, al alejar las cámaras de combustión C2 y C3 entre sí, se reduce la cantidad de calor suministrada en la zona central con respecto a la suministrada en las zonas laterales. Entonces, se tiende a reducir el gradiente térmico entre la temperatura en la zona central del cuerpo y la temperatura en los bordes laterales.

25 En las Figuras 2A y 2B, se pueden ver secciones transversales del cuerpo de combustión de acuerdo con la Figura 1 y según el estado de la técnica, respectivamente, en las que se muestran esquemáticamente los mapas de temperatura, con niveles de gris que representan diferentes valores de temperatura.

30 En la Figura 2B, hay una gran diferencia de temperatura entre la zona central que está aproximadamente a 1333 °C y los bordes laterales que están aproximadamente a 1220 °C. El gradiente de temperatura es entonces del orden de 113 °C.

35 En la Figura 2A, la temperatura en el cuerpo es de aproximadamente 1300 °C y la temperatura en las caras laterales es de aproximadamente 1250 °C, el gradiente de temperatura es entonces del orden de 50 °C. Gracias a la selección de las dimensiones de las cámaras y su distribución, se obtiene una reducción significativa del gradiente de temperatura transversal en el cuerpo.

Los módulos considerados para las Figuras 2A y 2B tienen las siguientes características:

- 40
- el cuerpo tiene una dimensión en la dirección X igual a 25 mm, una dimensión en la dirección Y igual a 25 mm y una dimensión en una dirección perpendicular a las direcciones X e Y igual a 5 mm;
 - las cámaras de combustión C1 y C4 tienen un diámetro de combustión D1 igual a 2,5 mm;
 - las cámaras de combustión C2 y C3 tienen un diámetro de combustión D2 igual a 1,5 mm,
- 45
- $d2 = d3 = 2,5$ mm;
 - $d1 = 7,5$ mm, y
 - se inyecta una potencia total de 400 W en las paredes interiores debido a la combustión catalítica en las paredes.

50 En el ejemplo mostrado, el módulo tiene una estructura simétrica con respecto a un plano de simetría que contiene el eje X, lo que permite, de manera muy ventajosa, reducir los gradientes térmicos transversales en el cuerpo.

Preferiblemente, la relación D1/D2 está entre 1 y 5. De manera ventajosa, la relación D1/D2 está entre 1 y 5 y, preferiblemente, cerca de 2.

55 De manera ventajosa, se pretende tener un gradiente de temperatura inferior a 100 °C, preferiblemente inferior a 50 °C.

60 Se entenderá que un módulo en el que las cámaras de combustión están distribuidas uniformemente, pero en el que las dimensiones de las cámaras varían para reducir el gradiente transversal y un módulo en el que todas las cámaras de combustión tienen las mismas dimensiones, pero cuya distribución hace posible reducir el gradiente de temperatura transversal no están fuera del alcance de la presente invención.

En el ejemplo mostrado, las cámaras de combustión tienen una sección circular, pero las cámaras que presentan otra sección, por ejemplo, elipsoidal o rectangular, no están fuera del alcance de la presente invención.

65 De manera alternativa, se puede prever que los conductos de alimentación y evacuación conectados a diferentes

cámaras estén conectados en la misma cara de extremo del cuerpo, lo que tiene la ventaja de hacer aún más uniforme la temperatura del cuerpo, pero en los extremos longitudinales del cuerpo.

5 Por ejemplo, las cámaras de combustión pueden ser alimentadas por una mezcla de H_2 /aire. De manera alternativa, se pueden alimentar con una mezcla de H_2/O_2 .

En otra variante, las cámaras de combustión pueden ser alimentadas por una mezcla de H_2/CH_4 /aire, siendo la cantidad de CH_4 pequeña en comparación con la de H_2 .

10 Como otra variante, las cámaras de combustión pueden ser alimentadas por una mezcla de CH_3OH /aire. Entonces es preferible precalentar la mezcla de entrada, por ejemplo, a al menos 200 °C. Este precalentamiento puede obtenerse, de manera ventajosa, mediante energía solar en el caso de un sistema de combustión implementado en un sistema solar híbrido.

15 En las Figuras 3A y 3B, se puede ver una realización a modo de ejemplo de un módulo de combustión que comprende un conector 8 montado en la cara de extremo 2.1 del cuerpo 2. El conector 8 comprende canales 10.1, 10.2 conectados a cada una de las cámaras de combustión. La sección transversal de los canales es idéntica o similar a las de las cámaras de combustión a las que están conectados. En el ejemplo mostrado, los canales 10.1 tienen una sección igual a la de las cámaras C1 y C4 y los canales 10.2 tienen una sección igual a la de las cámaras C2 y C3. Cabe señalar que, para que los canales 10.1, 10.2 se extiendan en un ángulo con respecto a la dirección de las cámaras de combustión, es necesario considerar la sección de los canales en el plano de la cara de extremo 8.2.

25 El conector 8 está fabricado de un material aislante térmico, es decir, que presenta una conductividad térmica reducida con respecto al material del cuerpo. El material del conector 8 tiene, de manera ventajosa, una conductividad térmica inferior a 50 W/m·K, preferiblemente inferior a 10 W/m·K. De manera ventajosa, el material del conector de evacuación también tiene una conductividad térmica inferior a 50 W/m·K, preferiblemente inferior a 10 W/m·K. La conductividad térmica del material conector 8 es preferiblemente al menos 5 inferior a la del cuerpo.

30 El conector 8 está destinado a conectar las cámaras de combustión a una fuente de gas de alimentación.

El conector comprende una cara de extremo longitudinal 8.1 y una cara de extremo longitudinal 8.2 en contacto con la cara de extremo 2.1.

35 La cara de extremo 8.1 tiene un solo puerto de alimentación 16 conectado a un conducto 12 acoplado a una fuente de combustible y canales 10.1, 10.2 que se extienden entre el puerto de alimentación 16 y la cara 8.2 en la que se abren.

40 Por ejemplo, como se muestra en la Figura 3C, la cara de extremo 8.2 puede comprender proyecciones anulares 8.3 que rodean los extremos de los canales 10 que se abren hacia la cara 6.2, encajando las proyecciones anulares 6.3 en la primera cara de extremo del cuerpo.

45 En esta realización a modo de ejemplo, una mezcla de gases, por ejemplo, H_2 y O_2 se premezcla antes de circular en el conector 6 y alimentar las cámaras de combustión.

50 De manera ventajosa, y como se muestra, una cámara 20 se forma aguas abajo del puerto de alimentación 16 y aguas arriba de la entrada de los canales, formando una cámara de distribución. Preferiblemente, la cámara de distribución 20 contiene una estructura que favorece las mezclas, tal como una estructura porosa o una estructura discontinua.

El conector 8 de material aislante térmico reduce las pérdidas térmicas hacia el exterior.

Además, al utilizar solo un conducto de alimentación, las pérdidas térmicas se reducen aún más.

55 Además, el conector 8 impone un gradiente térmico entre el cuerpo 2 y el conducto o conductos de alimentación, siendo suficiente este gradiente para que la temperatura en el conducto o conductos de alimentación sea inferior a 600 °C, temperatura que generalmente causa auto-ignición bajo condiciones estequiométricas. El uso de un conector de aislamiento térmico 6 también permite el uso de tubos de acero.

60 En la Figura 4, se puede ver una realización alternativa del módulo de las Figuras 3A y 3B en la que el conector tiene dos puertos de alimentación y dos grupos de canales conectados cada uno a un puerto de alimentación. Además, los puertos de alimentación 16' son perpendiculares al plano que contiene las cámaras de combustión, que no están sustancialmente en el mismo plano. En este ejemplo, el módulo tiene seis cámaras de combustión C1 a C6. En este ejemplo, las cámaras C1 y C6 tienen la sección más grande, las cámaras C3 y C4 tienen la sección más pequeña y las cámaras C2 y C5 tienen secciones intermedias.

ES 2 739 001 T3

En la Figura 5, se puede ver otro ejemplo de un módulo en el que el conector de alimentación 8 tiene dos puertos de entrada 22 y cuatro puertos de salida 24 conectados a las cámaras de combustión y una red de canales y subcanales para conectar los dos puertos de entrada 22 a los cuatro puertos de salida 24.

- 5 La red comprende dos primeros canales 26, cada uno conectado a un puerto de entrada 22, una cámara de mezcla 28 en la que se abren los dos canales 26, dos segundos canales 30 que salen de la cámara de mezcla 28 y que se dividen en un par de subcanales 32 que se abren cada uno en dos puertos de salida 24.

- 10 De manera ventajosa, cada puerto de entrada está conectado a una fuente de gas diferente, por ejemplo, uno está conectado a una fuente de oxígeno o aire y el otro a una fuente de H₂. Los dos gases se mezclan en la cámara de mezcla 28 antes de ser distribuidos a las cuatro cámaras de combustión. Este conector evita tener que mezclar previamente los gases antes de la inyección en el conector.

- 15 De manera muy ventajosa, la cámara de mezclado puede comprender medios para favorecer la mezcla, por ejemplo, puede llenarse total o parcialmente por una estructura porosa, por ejemplo, una pila de bolas o un material poroso. La estructura puede ser macroporosa o microporosa.

- 20 El módulo de combustión también puede comprender un conector de evacuación con aislamiento térmico 9 como se muestra en la Figura 6, que tiene el efecto de reducir las pérdidas térmicas. De manera ventajosa, el material del conector de evacuación 9 también tiene una conductividad térmica inferior a 50 W/m·K, preferiblemente inferior a 10 W/m·K.

El conector de evacuación puede tener una estructura simétrica a la del conector de alimentación.

- 25 En el caso del conector de alimentación de la Figura 5, la implementación de dos puertos de salida y una cámara de mezcla no proporciona ninguna ventaja en el lado de la evacuación. Preferiblemente, el conector de evacuación puede tener una estructura similar o idéntica a la del conector de las Figuras 3A y 3B.

- 30 De manera alternativa, se puede prever que el conector o los conectores proporcionen tanto la alimentación de algunas cámaras como la evacuación de algunas de ellas.

El ejemplo de montaje entre el conector y el cuerpo que se muestra en la Figura 3C se aplica a todos los ejemplos de conectores.

- 35 En el caso de un módulo cuyo cuerpo tiene una dimensión a lo largo de X igual a 25 mm, una dimensión a lo largo de Y igual a 25 mm y una dimensión a lo largo de Z igual a 5 mm, el conector de alimentación y posiblemente el conector de evacuación tiene una dimensión a lo largo de X de 10 mm, por ejemplo.

- 40 El conector o conectores pueden ser de zirconia, alúmina o cualquier otro material aislante térmico, como la mullita. El cuerpo del módulo puede estar hecho de SiC, acero, aluminio, cordierita, etc. Los conductos de alimentación y/o evacuación pueden estar hechos de acero de alta temperatura, de aleación de níquel-cobalto.

- 45 El módulo, en particular, el cuerpo, se fabrica preferentemente por mecanizado, así como las cámaras de combustión.

En el caso de que los canales en el conector o conectores tengan una forma compleja, el conector o los conectores pueden fabricarse mediante una tecnología de moldeo por inyección de polvo cerámico, por ejemplo, para moldear zirconia, mullita, óxido de aluminio, nitruro de silicio.

- 50 En una etapa siguiente, el catalizador de combustión puede depositarse sobre la superficie interior de las cámaras de combustión por impregnación con líquido o por deposición química de vapor.

En una etapa siguiente, el cuerpo y los conectores se aseguran, por ejemplo, mediante soldadura o soldadura fuerte.

- 55 En una etapa siguiente, los tubos de alimentación y evacuación se aseguran a los conectores, por ejemplo, mediante soldadura o soldadura fuerte.

Se puede considerar asegurar los tubos a los conectores, antes de asegurar los conectores al cuerpo.

- 60 Este módulo de combustión se puede usar, de manera ventajosa, para producir un sistema solar híbrido en el que la cara superior está sometida a radiación solar y la cara inferior está en contacto con módulos termoelectrónicos, permitiendo el calor producido por la cámara de combustión compensar las variaciones en la luz solar y tener un funcionamiento sustancialmente continuo y constante de los módulos termoelectrónicos. De manera alternativa, la conversión térmica/eléctrica puede proporcionarse por una célula termofotovoltaica que convierte la radiación infrarroja emitida en electricidad.

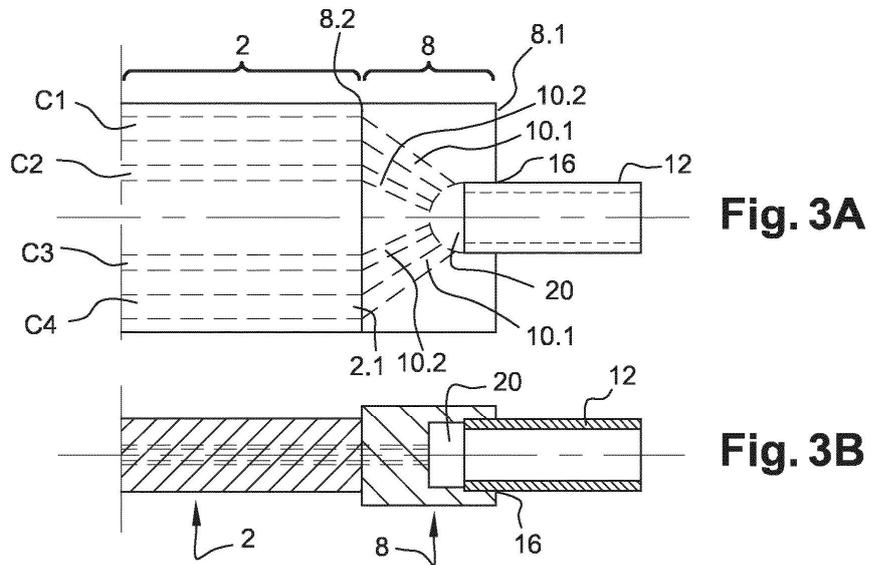
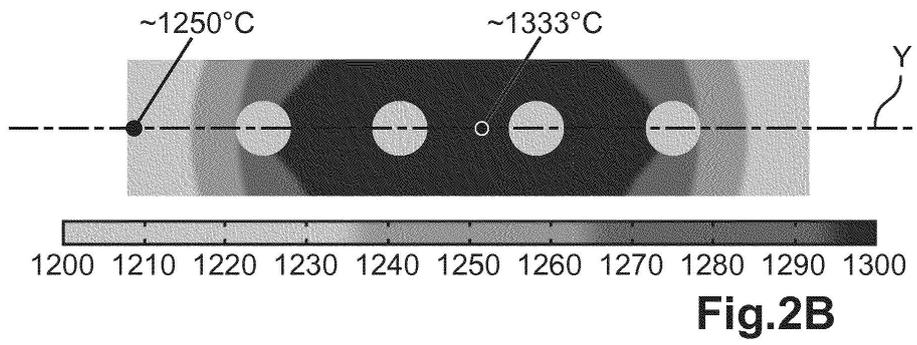
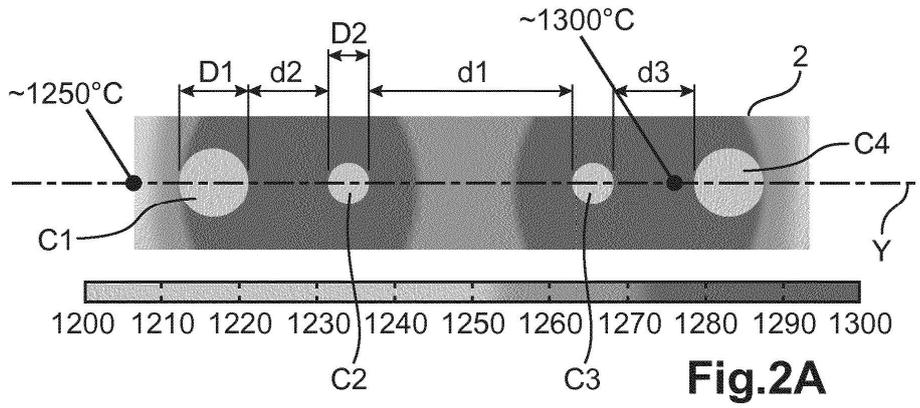
- 65

En la Figura 7, se puede ver una representación esquemática de un ejemplo de un sistema solar que comprende un módulo de combustión de acuerdo con la invención. La radiación solar está representada por las flechas R.

- 5 El sistema solar comprende medios de concentración de radiación solar 18, un módulo de combustión M1 dispuesto opuesto a los medios de concentración 32 con respecto al sol, de modo que la cara superior del cuerpo está iluminada por la radiación solar concentrada y módulos termoeléctricos MTH cuya cara caliente está en contacto térmico con la parte inferior del cuerpo del módulo. Los módulos termoeléctricos pueden reemplazarse por células termofotovoltaicas dispuestas frente a la superficie caliente y que transforman la emisión infrarroja en electricidad.
- 10 El sistema comprende medios de control UC de la combustión de la cámara en funcionamiento de la radiación solar concentrada a fin de mantener una temperatura sustancialmente constante en la cara inferior del cuerpo del módulo de combustión.
- 15 Preferiblemente, la superficie superior del módulo destinada a recibir el flujo solar concentrado, y en particular la superficie superior del cuerpo, está funcionalizada con un absorbedor solar de alta temperatura para permitir el calentamiento por absorción de la radiación solar. Por ejemplo, puede ser un absorbente de interferencia depositado en la superficie superior, tal como TiAlN/AlN/SiO₂ o un material refractario nanoestructurado tal como molibdeno, tantalio o tungsteno.
- 20 Preferiblemente, la superficie inferior del módulo, en particular la superficie inferior del cuerpo, está funcionalizada con un emisor selectivo tal como una pila de W/Al₂O₃ o Si/SiO₂ o tal como un material refractario nanoestructurado tal como molibdeno, tantalio o tungsteno.
- 25 De manera ventajosa, las superficies laterales del módulo, en particular las del cuerpo, pueden funcionalizarse por medio de un material de baja emisividad tal como un material refractario.
- Los medios de concentración de radiación son, por ejemplo, un espejo o una lente de Fresnel.
- 30 Los módulos termoeléctricos se pueden reemplazar, por ejemplo, por cualquier dispositivo capaz de convertir calor en electricidad u otra forma de energía. Como se mencionó anteriormente, los módulos termoeléctricos pueden reemplazarse por celdas termofotovoltaicas situadas frente a la superficie caliente y que convierten la emisión infrarroja en electricidad, por ejemplo, celdas basadas en GaSb.
- 35 A continuación, se describirá el funcionamiento del sistema solar.
- Cuando la radiación solar es suficiente, calienta el cuerpo del módulo de combustión golpeando su cara superior después de concentrarse.
- 40 El calor se transmite por conducción a través del cuerpo hacia la cara inferior gracias al material del cuerpo entre las cámaras de combustión, entonces aparece un gradiente térmico en los módulos termoeléctricos y se produce electricidad. En el caso de que las células fotovoltaicas reemplacen el módulo termoeléctrico, la radiación infrarroja emitida por la superficie caliente se absorbe y se convierte en electricidad en la célula termofotovoltaica.
- 45 Si la radiación es insuficiente, por ejemplo, en el caso de un paso nublado o durante la noche, los gases se queman en las cámaras de combustión, se produce un calor, que completa el calor producido por la radiación solar o compensa su ausencia. Entonces aparece un gradiente térmico en los módulos termoeléctricos y se produce electricidad. En el caso de que las células fotovoltaicas reemplacen el módulo termoeléctrico, la radiación infrarroja emitida por la superficie caliente se absorbe y se convierte en electricidad en la célula termofotovoltaica.
- 50 El módulo de combustión de acuerdo con la invención es particularmente adecuado para la conversión de energía térmica en energía eléctrica por medio de módulos termoeléctricos, ya que tiene en particular una temperatura más uniforme de la superficie inferior en contacto con los módulos. Esto también se aplica en el caso de que la conversión se realice mediante células termofotovoltaicas.
- 55 Además, al implementar uno o más conectores de aislamiento térmico, se reducen las pérdidas térmicas hacia el exterior y se incrementa la cantidad de calor transmitida a la cara inferior del módulo.

REIVINDICACIONES

1. Sistema solar híbrido que comprende medios de concentración (C) de radiación solar, al menos un módulo solar híbrido (MC) que comprende un cuerpo (2) en el que se forman una pluralidad de cámaras de combustión (C1, C2, C3, C4) que se extienden paralelas unas respecto de las otras a lo largo de una dirección longitudinal (X) entre una primera cara de extremo (2.1) y una segunda cara de extremo (2.2) del cuerpo (2), estando dispuesto el módulo de modo que la radiación concentrada ilumine una cara del cuerpo, dicho sistema comprende también medios de conversión (MTH) de energía térmica en electricidad en una cara opuesta a la iluminada por la radiación solar concentrada, y medios de control (UC) de la combustión en el módulo de combustión en función de la radiación solar concentrada,
- 5 **caracterizado por que** el cuerpo (2) comprende dos caras laterales y primeras cámaras de combustión (C1, C4) situadas en la proximidad de las caras laterales y segundas cámaras de combustión (C2, C3) dispuestas entre las primeras cámaras de combustión (C1, C4), presentando las primeras cámaras de combustión (C1, C4) una sección transversal mayor que las segundas cámaras de combustión (C2, C3) y/o **por que** el cuerpo (2) comprende dos caras laterales y primeras cámaras de combustión (C1, C4) situadas en la proximidad de las caras laterales y segundas cámaras de combustión (C2, C3) dispuestas entre las primeras cámaras de combustión (C1, C4), y en el que la distancia que separa dos segundas cámaras de combustión (C2, C3) es mayor que la distancia que separa una primera cámara de combustión (C1, C4) y una segunda cámara de combustión (C2, C3).
- 10
2. Sistema solar híbrido de acuerdo con la reivindicación 1, en el que las cámaras de combustión (C1, C2, C3, C4) son cámaras de combustión catalíticas, estando las superficies interiores de las cámaras de combustión (C1, C2, C3, C4), de manera ventajosa, recubiertas al menos en parte con al menos un material catalizador, por ejemplo, platino, capaz de provocar la combustión de uno o más gases.
- 15
3. Sistema solar híbrido de acuerdo con las reivindicaciones 1 o 2, que comprende al menos un primer conector (8) en contacto con la primera cara de extremo (2.1) del cuerpo (2) y destinado a proporcionar la conexión entre las cámaras de combustión (C1, C2, C3, C4) y al menos una fuente de al menos un gas y/o una zona de evacuación de gases de combustión, presentando dicho conector (8) una conductividad térmica sustancialmente más baja que la del cuerpo (2).
- 20
4. Sistema solar híbrido de acuerdo con la reivindicación 3, que comprende un segundo conector en contacto con la segunda cara de extremo (2.2) del cuerpo (2) y destinado a proporcionar la conexión entre las cámaras de combustión (C1, C2, C3, C4) y al menos una fuente de al menos un gas y/o una zona de evacuación de gases de combustión, presentando dicho conector una conductividad térmica sustancialmente más baja que la del cuerpo (2).
- 25
5. Sistema solar híbrido de acuerdo con las reivindicaciones 3 o 4, en el que el primer conector (8) está destinado a conectar las cámaras de combustión (C1, C2, C3, C4) y al menos una fuente de al menos un gas, comprendiendo dicho primer conector (8) un puerto de alimentación destinado a conectarse a la fuente de gas por medio de un conducto, tantos canales (10) como cámaras de conexión, conectando dichos canales el puerto de alimentación y las cámaras de combustión (C1, C2, C3, C4).
- 30
6. Sistema solar híbrido de acuerdo con la reivindicación 5, en el que cada canal (10) presenta una sección similar o idéntica a la de la cámara de combustión (C1, C2, C3, C4) a la que está conectado.
- 35
7. Sistema solar híbrido de acuerdo con las reivindicaciones 5 o 6, en el que el primer conector (8) comprende una cámara de distribución aguas abajo del puerto de alimentación y aguas arriba de los canales (10).
- 40
8. Sistema solar híbrido de acuerdo con una de las reivindicaciones 3 a 6, en el que el primer conector (8) comprende al menos dos puertos de entrada y tantos puertos de salida como cámaras de combustión (C1, C2, C3, C4), una red de distribución de gas entre los puertos de entrada y los puertos de salida y una zona de mezcla situada aguas abajo de dos puertos de entrada y aguas arriba de la red de distribución.
- 45
9. Sistema solar híbrido de acuerdo con las reivindicaciones 7 u 8, en el que el primer conector (8) comprende una estructura capaz de favorecer la mezcla de gases, por ejemplo, una estructura porosa.
- 50
10. Sistema solar híbrido de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 9, en el que el cuerpo (2) está hecho de SiC y el conector de alimentación (6) y el conector de evacuación (8) están hechos de zirconia.
- 55
11. Sistema solar híbrido de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 10, que comprende al menos una fuente y un conducto (12) conectado al puerto de entrada del conector de alimentación (8) y a la fuente de gas.
- 60
12. Sistema solar híbrido de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 11, en el que los medios de concentración de la radiación solar comprenden al menos un espejo o lente de Fresnel.



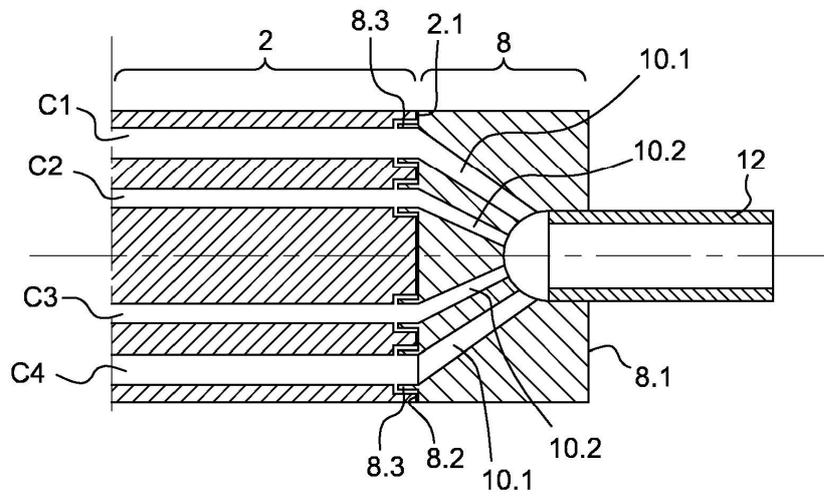


Fig. 3C

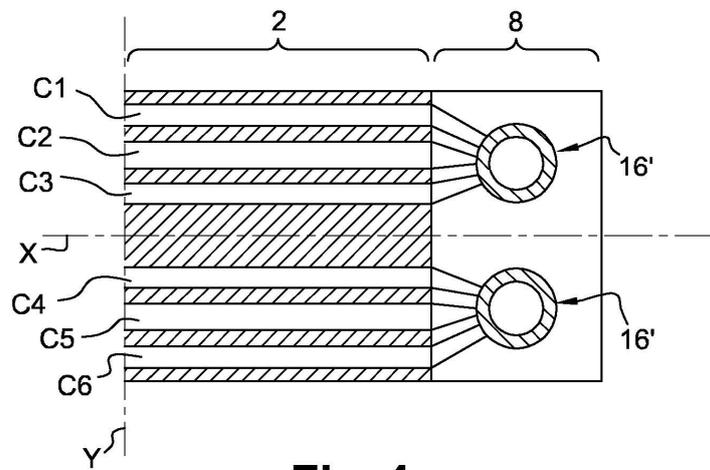


Fig. 4

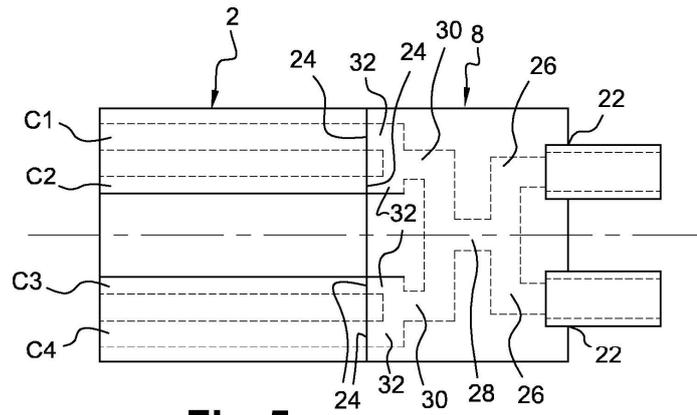


Fig. 5

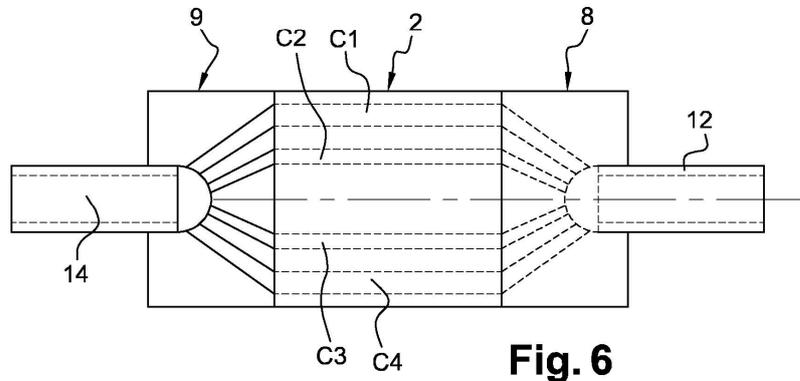


Fig. 6

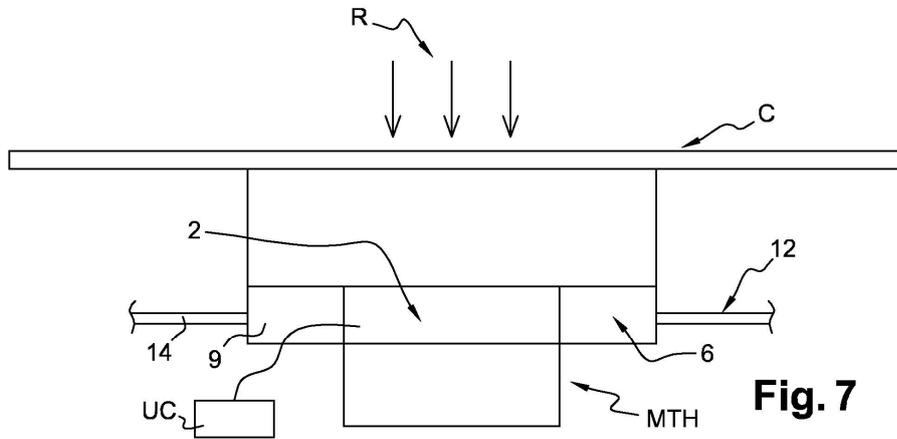


Fig. 7