

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 405 746**

51 Int. Cl.:

H01M 8/04 (2006.01)

H01M 8/24 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **27.02.2008** **E 08709525 (3)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **02.01.2013** **EP 2115805**

54 Título: **Campana de flujo del apilamiento de celdas de combustible**

30 Prioridad:

27.02.2007 GB 0703762
27.02.2007 US 891773 P

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
03.06.2013

73 Titular/es:

**CERES INTELLECTUAL PROPERTY COMPANY
LIMITED (100.0%)
VIKING HOUSE, FOUNDRY LANE
HORSHAM SUSSEX RH13 5PX, GB**

72 Inventor/es:

**BARNARD, PAUL;
HARRINGTON, MATTHEW;
LEAH, ROBERT y
MORGAN, ROBERT**

74 Agente/Representante:

BALLESTER CAÑIZARES, Rosalía

ES 2 405 746 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).

CAMPANA DE FLUJO DEL APILAMIENTO DE CELDAS DE COMBUSTIBLE

Descripción

[0001] La presente invención está relacionada con ensamblajes del apilamiento de celdas de combustible mejorados y métodos de funcionamiento de un ensamblaje del apilamiento de celdas de combustible, especialmente con una gestión térmica y del flujo de gas mejorada.

[0002] El término “ensamblaje del apilamiento de celdas de combustible” como se usa aquí se refiere a al menos un apilamiento de celdas de combustible, comprendiendo cada al menos un apilamiento de celdas de combustible al menos una capa del apilamiento de celdas de combustible, comprendiendo cada al menos una capa del apilamiento de celdas de combustible al menos una celda de combustible, conexiones de entrada/salida de combustible y oxidante, y trayectorias de flujo para la corriente o corrientes de combustible y oxidante, y para la corriente o corrientes de combustible y oxidante usados, una placa base del apilamiento de celdas de combustible y una campana unida herméticamente a la placa base del apilamiento de celdas de combustible. Otros componentes opcionales de un ensamblaje del apilamiento de celdas de combustible incluyen un ensamblaje de cierre del lado del combustible, ensamblaje de cierre del lado del oxidante, placas de extremo y un sistema de compresión, aislamiento del apilamiento de celdas de combustible y conexiones eléctricas y de control/supervisión según convenga.

[0003] El término “ensamblaje del sistema de apilamiento de celdas de combustible” como se usa aquí se refiere a un ensamblaje del apilamiento de celdas de combustible junto con electrónica de sistema. Otros componentes opcionales incluyen un reformador (si el combustible de entrada ha de ser reformado), un sistema de recuperación de agua, una unidad generadora de vapor, un al menos un intercambiador de calor que implique opcionalmente el cambio de fase de una de las corrientes intercambiadoras de calor, medios de control del sistema y electrónica del sistema, aislamiento térmico, un quemador de arranque y una cámara de combustión de gas residual.

[0004] El término “electrónica del sistema” incluye la electrónica de control y/o cualquier electrónica de potencia, donde puede haber al menos una unidad y/o panel de electrónica situado de forma opcional junto con el ensamblaje del apilamiento de celdas de combustible, o separado, en el mismo o cerca del mismo.

[0005] El término “medios de control del sistema” incluye las válvulas y bombas de control de fluido y gas, la unidad del ventilador y el equipo de seguridad.

[0006] Los ensamblajes del apilamiento de celdas de combustible funcionan tomando combustible y oxidante de entrada para generar productos de oxidación (aquí denominados como corrientes de gas de escape, pero también denominados como efluentes gaseosos del ánodo y efluentes gaseosos del cátodo), calor y electricidad en forma de corriente CC. En general, los ensamblajes del sistema de apilamiento de celdas de combustible pueden también comprender elementos adicionales que incluyen medios de control del sistema y electrónica del sistema que incluye, p. ej., electrónica de potencia que transforma la salida CC de la celda de combustible de un primer voltaje a un segundo voltaje, y/o transforma la salida CC de la celda de combustible en forma de onda CA.

[0007] Resulta común manejar apilamientos de celdas de combustible con una relación de oxidante y combustible de entre 1:1 y 10:1, más comúnmente 2:1 y 5:1 y más comúnmente 2,5:1 y 4:1. Por lo tanto, en funcionamiento existe un mayor volumen de gas oxidante que fluye a través del apilamiento de celdas de combustible que de combustible que fluye a través del apilamiento de celdas de combustible. El exceso de flujo de gas oxidante se usa normalmente para permitir que el enfriamiento del apilamiento de celdas de combustible tenga lugar cerca del lugar de la reacción electroquímica de la celda de combustible.

[0008] Para los expertos en la técnica, se sabe que la eficacia del funcionamiento de una celda de combustible está relacionada con la temperatura local en el punto de la reacción electroquímica en la celda de combustible. En el funcionamiento del ensamblaje del apilamiento de celdas de combustible, se calienta una corriente de gas de entrada antes de su entrada en la celda de combustible; si entra en la celda de combustible con una temperatura demasiado baja, entonces la temperatura local en el punto de la reacción electroquímica puede ser demasiado baja y la eficacia de funcionamiento y la salida de potencia de la celda de combustible pueden verse afectados de forma negativa. La capacidad de gestionar la temperatura de un apilamiento de celdas de combustible tiene un efecto significativo en la eficacia del funcionamiento del apilamiento de celdas de combustible y su salida de potencia nominal. Se realiza un gran esfuerzo de ingeniería al diseñar apilamientos de celdas de combustible y un equilibrio de los componentes de la maquinaria y los procesos de control para asegurar que el apilamiento de celdas de combustible mantiene la temperatura correcta para la reacción electroquímica más eficaz en un margen de condiciones de funcionamiento. Las condiciones de funcionamiento típicas incluyen arranque del sistema, funcionamiento en estado continuo, cambio de carga dinámica y

apagado del sistema.

[0009] Por ejemplo, con un dispositivo de celda de combustible de óxido sólido de temperatura intermedia (IT-SOFC, por el inglés *intermediate-temperature solid oxid fuel cell*), la reacción electromecánica de la(s) celda(s) de combustible de un apilamiento de celdas de combustible en un ensamblaje del apilamiento de celdas de combustible puede operar de forma más eficaz con una temperatura local de la celda de combustible entre 450 - 650 °C. La temperatura de funcionamiento del apilamiento de celdas de combustible está normalmente entre 450 - 650 °C. Para un funcionamiento eficaz del apilamiento de celdas de combustible, se recomienda calentar las corrientes de entrada de oxidante y combustible a una temperatura cercana a (p. ej., dentro del 0-20 %, más preferiblemente dentro del 0-10 %, más preferiblemente aún 0-5 % de la temperatura de funcionamiento del apilamiento de celdas de combustible en °C) la temperatura de funcionamiento del apilamiento de celdas de combustible. Un ejemplo de dicho IT-SOFC sería un apilamiento de celdas de combustible que incorpora al menos una celda de combustible de electrolito basado en óxido de cerio dopado con gadolinio (CGO) con soporte de metal. Un ejemplo de tal sistema IT-SOFC puede tener al menos un sistema de intercambio de calor capaz de calentar la corriente de gas oxidante que entra en el apilamiento de celdas de combustible a una temperatura de alrededor de 480 °C. En diseños de sistemas de celdas de combustible típicos, la temperatura de la corriente de gas oxidante de salida del sistema intercambiador de calor está diseñada para ser prácticamente la misma que la temperatura de entrada de la corriente de gas oxidante del apilamiento de celdas de combustible requerida, de forma que no sea necesario un intercambio de calor adicional a la corriente de gas oxidante de entrada de la celda de combustible. En un sistema IT-SOFC típico, el gas calefactor para el sistema de intercambio de calor puede tener una temperatura de entrada del sistema intercambiador de calor de alrededor de 510 °C. Debido a la baja potencia térmica entre la corriente de gas oxidante que entra en el apilamiento de celdas de combustible a una temperatura de alrededor de 480 °C y la temperatura de entrada del gas calefactor del sistema de intercambio de calor de alrededor de 510 °C, el diseño del intercambiador de calor tendrá necesariamente un tamaño grande y una masa alta. Un ejemplo de un sistema de intercambio de calor como tal para un sistema de celdas de combustible con una salida de potencia eléctrica de aproximadamente 1 kW es una unidad de intercambio de calor con un diseño costoso y complejo pero eficaz con un peso de aproximadamente 3,5 kg.

[0010] El sistema de intercambio de calor para calentar la corriente de gas oxidante del apilamiento de celdas de combustible puede estar compuesto de al menos dos unidades intercambiadoras de calor. Las al menos dos unidades de intercambio de calor pueden utilizar al menos dos corrientes de gas del sistema de celdas de combustible (p. ej., una corriente de efluentes gaseosos del ánodo y una corriente de efluentes gaseosos del quemador de gas residual) como un fluido calefactor para la corriente de gas oxidante del apilamiento de celdas de combustible.

[0011] De la técnica anterior se conocen varias configuraciones de intercambio de calor que permiten el calentamiento de corrientes de entrada de gas del apilamiento de celdas de combustible, p. ej., US 5902692, US 6042956 y EP 0580918. Sin embargo, tales dispositivos son complejos y costosos y difíciles de fabricar, y en especial se enfrentan a problemas con la realización del sellado para impedir que la corriente de gas se mezcle y tienen un área de superficie de intercambio de calor limitada.

[0012] US 2005/0089731 describe un sistema que tiene las características básicas de un apilamiento de celdas de combustible de óxido sólido combinado con un prerreformador y un intercambiador de calor integrado, donde el intercambiador de calor integrado incorpora dos intercambiadores de calor y una cámara de combustión de efluentes gaseosos del apilamiento de SOFC, todo ello incluido en un recipiente adiabático.

[0013] La energía térmica liberada de la cámara de combustión de efluentes gaseosos se usa como fuente de calor en los intercambiadores de calor. La SOFC se describe como capaz de funcionar a 750 °C, aunque se indica un intervalo de funcionamiento de 650-850 °C. El combustible es prerreformado a una temperatura de 300 a 600 °C (párrafo [0063]). En la mayoría de modos de realización descritos, tanto el combustible como el aire se calientan a continuación en uno o más intercambiadores de calor utilizando el calor de la cámara de combustión catalítica en el intercambiador de calor integrado (párrafo [0079]) o utilizando el calor de la cámara de combustión y la energía calorífica del aire o combustible que escapa del apilamiento de celdas de combustible (párrafo [0080]).

[0014] Las figuras 21 y 22 muestran una situación en la que el gas combustible, en lugar de ser suministrado directamente al apilamiento, se suministra alrededor de la periferia del apilamiento para obtener un calor extra antes de entrar en el propio apilamiento de celdas de combustible. Sin embargo, los detalles de este método no son propicios. El combustible se suministra directamente desde el prerreformador a entre 300 y 600 °C (395 °C - párrafo [0125]) al espacio alrededor del apilamiento de

celdas de combustible antes de que el combustible entre en el apilamiento de celdas de combustible. El apilamiento de celdas de combustible necesita el combustible a una temperatura de 650-850 °C, más probablemente alrededor de 750 °C. No existe descripción de cómo el combustible alcanza suficiente energía calorífica entre que sale del prerreformador y entra en el apilamiento de celdas de combustible. Con el fin de que se produzca un aumento de la temperatura mayor de 100 °C, el combustible debería permanecer en el vacío del área del apilamiento durante el tiempo suficiente para obtener la energía térmica suficiente, y no se muestra ninguna sugerencia o instrucción de cómo esto se consigue. Además, no existe explicación de cómo se estructura el vacío alrededor del apilamiento y cómo el vacío se hace hermético al gas para impedir que los gases escapen del aislamiento térmico que presenta el recipiente adiabático. Este asunto no resulta trivial puesto que las altas temperaturas y la presencia de gases explosivos que contienen hidrógeno dan lugar a retos de ingeniería significativos para asegurar una completa hermeticidad del gas en un amplio margen de funcionamiento de temperaturas, algo que puede que ni siquiera sea posible con gases por encima de los 650 °C en el vacío entre la periferia del apilamiento y el aislamiento térmico del recipiente adiabático.

[0015] En el párrafo [0105] se afirma que en lugar de calentar el combustible en la periferia del apilamiento de celdas de combustible, puede calentarse el aire en la periferia del apilamiento de celdas de combustible. Se muestra que el aire se suministra desde el ventilador directamente a la periferia del apilamiento de celdas de combustible. De nuevo, esto no resulta propicio. En primer lugar, el aire entraría en el vacío alrededor de la periferia a una temperatura cercana a la temperatura ambiente y necesitaría que la temperatura aumentara al menos 600 °C. No existe sugerencia o revelación de cómo eso se consigue y si no se consigue, entonces el apilamiento de celdas de combustible simplemente dejará de funcionar. El choque térmico introducido en la superficie del apilamiento de celdas de combustible al introducir aire con una diferencia de temperatura como tal provocaría fuertes tensiones locales que llevarían al fallo del apilamiento y/o la pérdida de rendimiento del apilamiento bien mediante el rápido enfriamiento local de los componentes activos de la celda de combustible en ese área y/o pérdida de la integridad del sellado al gas o la integridad del material cerámico.

[0016] Por lo tanto, US 2005/0089731 resulta relevante pero es fundamentalmente deficiente en cuanto a su revelación.

[0017] Otras técnicas precedentes se incluyen en US 6670069, US 6866954, US

2003/0235751, US 2004/0043267, US 2005/0014046, US 2005/0074659, US 2006/0204796 y US 2006/0257696.

[0018] La presente invención busca superar las desventajas de la técnica precedente.

5 **[0019]** Según la presente invención, se presenta un ensamblaje del apilamiento de celdas de combustible de óxido sólido de temperatura intermedia como se define en la reivindicación independiente 1 y un método de funcionamiento como se define en la reivindicación independiente 11. Otras características preferidas se definen en las reivindicaciones dependientes adjuntas.

10 **[0020]** La presente invención busca conseguir un número de ventajas significativas al proporcionar el oxidante al volumen de campana en el margen de temperatura especificado y conseguir el calentamiento en el volumen de campana. En primer lugar, busca permitir una reducción significativa en el tamaño y la masa del componente precalentador usado para calentar el oxidante antes de que entre en el apilamiento de celdas de combustible, reduciendo a su vez el tamaño y el coste del producto final. Si
15 se proporciona el oxidante en el volumen de campana distante del extremo de colector abierto del al menos un apilamiento de celdas de combustible y se permite que el oxidante enfríe la superficie del al menos un apilamiento de celdas de combustible y a su vez se caliente el oxidante, la presente invención busca provocar una reducción significativa en el gradiente de temperatura a través del apilamiento de celdas de
20 combustible, aumentando a su vez la eficacia del apilamiento de celdas de combustible y reduciendo la tensión mecánica sobre el apilamiento de celdas de combustible y aumentando la vida útil. Esto no se ha sugerido o revelado en la técnica precedente.

25 **[0021]** A diferencia del ejemplo dado arriba para un sistema intercambiador de calor necesario para un sistema de celdas de combustible con una salida de potencia eléctrica de aproximadamente 1 kW, si la temperatura necesaria de la corriente de gas oxidante del apilamiento de celdas de combustible que sale del sistema intercambiador de calor se reduce desde aproximadamente 480 °C a aproximadamente 455 °C, el aumento en el potencial térmico entre los fluidos de intercambio de calor significa que
30 la eficacia necesaria del sistema intercambiador de calor puede reducirse considerablemente, y en consecuencia se reducen la complejidad, el coste y la masa. En el ejemplo mencionado arriba del sistema de celdas de combustible con una salida de potencia de 1 kW, la masa puede reducirse a aproximadamente 2,5 kg, una reducción de casi el 30 %. Del mismo modo, las dimensiones físicas de un sistema
35 intercambiador de calor como tal pueden reducirse considerablemente, otra

característica altamente recomendable en cualquier ensamblaje del sistema de apilamiento de celdas de combustible donde el espacio y el peso escasean.

[0022] En uso, un apilamiento de celdas de combustible que comprende al menos una celda de combustible genera calor, electricidad y agua por la actividad electroquímica que se da en la(s) celda(s) de combustible. Debido a la resistencia eléctrica interna de los componentes del apilamiento de celdas de combustible, existe calor adicional generado al tiempo que la corriente eléctrica fluye a través de los componentes del apilamiento de celdas de combustible. Esto significa que la temperatura de la celda de combustible y de los componentes de la celda de combustible que le rodean aumenta a lo largo de la trayectoria del flujo de gas desde la(s) entrada(s) a la(s) salida(s). Por lo tanto, a menudo se observa que la temperatura en el extremo de entrada de la trayectoria de flujo de gas (fluido) del apilamiento de celdas de combustible está más fría que en el extremo de salida del gas (fluido). Esta diferencia de temperatura genera un gradiente térmico a lo largo de la trayectoria del flujo de gas y hace que el apilamiento de celdas de combustible y sus componentes tengan temperaturas diferentes entre los extremos de entrada y salida del flujo de gas. Así, la superficie externa del apilamiento de celdas de combustible puede tener diferentes temperaturas en su extremo de entrada de la trayectoria del flujo de gas (p. ej., un extremo de entrada de colector abierto) y su extremo de salida (p. ej., un extremo de salida de colector interno).

[0023] Se recomienda minimizar los gradientes térmicos en un apilamiento de celdas de combustible con el fin de permitir y optimizar un funcionamiento eficaz del apilamiento de celdas de combustible. Al reducir los gradientes térmicos en el apilamiento de celdas de combustible, y por tanto, en la al menos una capa del apilamiento de celdas de combustible, se reducen las tensiones mecánicas inducidas de manera térmica en los componentes del apilamiento de celdas de combustible. Así, minimizar el gradiente de temperatura a través del área activa electroquímica de la celda de combustible no es solo beneficioso para la eficacia y eficiencia del funcionamiento de las celdas de combustible, sino que también puede reducir la complejidad del sistema, reducir en general el coste del sistema y puede tener como resultado un sistema más fiable.

[0024] El precalentador se sitúa externo al volumen de campana.

[0025] En particular, se prefiere que la campana y/o placa base no comprenda una superficie de intercambio de calor de un intercambiador de calor que tenga, en uso, un lado frío en el interior del volumen de campana y un lado caliente externo al volumen

de campana y en comunicación térmica con una salida de fluido del ensamblaje del apilamiento de celdas de combustible, concretamente una salida lateral del oxidante del apilamiento de celdas de combustible. Más preferiblemente, un precalentador de gas de entrada como tal situado dentro de dicho volumen de campana no es un precalentador de oxidante.

[0026] Preferiblemente, el precalentador se configura de manera que, en uso, el oxidante de dicha fuente de oxidante se calienta y se suministra a dicho volumen de campana a través de dicha al menos una entrada de gas a una temperatura no superior a 80 °C, más preferiblemente 70 °C, más preferiblemente 60 °C, más preferiblemente 50 °C por debajo de la temperatura de funcionamiento en uso en el extremo de entrada de la celda de combustible más cercana a la al menos una entrada de gas de colector abierto.

[0027] Como se apreciará, con el ensamblaje del apilamiento de celdas de combustible funcionando en distintos modos (p. ej., arranque, operación en estado continuo, etc.), es posible que el precalentador suministre oxidante al volumen de campana a una temperatura mayor que la temperatura de funcionamiento en uso en el extremo de entrada de la celda de combustible más cercana a la al menos una entrada de gas de colector abierto (no es parte de la invención).

[0028] Preferiblemente, dicho al menos un apilamiento de celdas de combustible comprende además al menos una entrada de combustible de colector interno.

[0029] Preferiblemente, dicho apilamiento de celdas de combustible comprende además al menos una salida de combustible de escape de colector interno.

[0030] En determinados modos de realización, la al menos una salida de gas de colector interno comprende al menos una salida de oxidante y combustible de escape mezclado de colector interno.

[0031] Con “transferencia de calor directa” se hace referencia a que el oxidante entra en contacto directamente con una superficie externa del al menos un apilamiento de celdas de combustible. En concreto, esta superficie externa puede incluir los lados de la al menos una capa del apilamiento de celdas de combustible. La superficie externa también puede incluir los lados de los componentes adicionales del apilamiento de celdas de combustible como placas de interconexión y/o juntas de las capas del apilamiento o espaciadores no conductores.

[0032] De este modo, la transferencia de calor directa se lleva a cabo desde el exterior del al menos un apilamiento de celdas de combustible al oxidante que pasa sobre él y esto puede llevar a cabo el calentamiento final necesario del oxidante antes de su

entrada en el al menos un apilamiento de celdas de combustible.

[0033] La entrada de gas en el volumen de campana se sitúa lejos del extremo de colector abierto del al menos un apilamiento de celdas de combustible. La entrada de gas en el volumen de campana se sitúa en un extremo del al menos un apilamiento de celdas de combustible opuesto al extremo de colector abierto. En los casos en los que existe más de un colector abierto en el al menos un apilamiento de celdas de combustible, la entrada de gas en el volumen de campana puede situarse distante y generalmente equidistante de los colectores abiertos.

[0034] En determinados modos de realización, la al menos una entrada de gas comprende una única entrada de gas. En modos de realización alternativos, la al menos una entrada de gas comprende una pluralidad de entradas de gas.

[0035] En determinados modos de realización, la al menos una entrada de gas se sitúa en la placa base. En modos de realización alternativos, la al menos una entrada de gas se sitúa en la campana. En modos de realización alternativos, las entradas de gas se sitúan tanto en la campana como en la placa base. En los diversos modos de realización, las ubicaciones y números de entradas de gas, el ensamblaje del apilamiento de celdas de combustible preferiblemente comprende además al menos un deflector, característica o componente situado en comunicación de fluido con la al menos una entrada de gas, con el fin de fomentar una distribución de fluido deseada del gas que entra en el volumen de campana desde la entrada de gas. En concreto, en modos de realización en los que la al menos una entrada de gas se sitúa en la placa base, puede presentarse un componente o un colector con el fin de ayudar, durante su uso, a la distribución del flujo de gas de entrada sobre toda la superficie caliente del ensamblaje del apilamiento de celdas de combustible, ayudando así a evitar cualquier región de flujo de fluido estancado en el volumen de campana y ayuda también a evitar la excesiva canalización no deseada del flujo de gas. La distribución del flujo de gas de entrada puede diseñarse de tal forma que justifique las temperaturas de superficie desiguales del apilamiento de celdas de combustible.

[0036] La campana se sitúa de forma que encierra el al menos un apilamiento de celda de combustible con espacio libre entre el al menos un apilamiento de celdas de combustible y la superficie interna de la campana. El espacio entre el al menos un apilamiento de celdas de combustible, la placa base del apilamiento de celdas de combustible y la superficie interna de la campana crea un volumen de campana.

[0037] A continuación se muestran los modos de realización preferidos y el hecho de tener una entrada de gas en el volumen de campana situado distante del extremo de

colector abierto del al menos un apilamiento de celdas de combustible hace que, en uso, el gas de entrada fluya alrededor de la superficie externa del al menos un apilamiento de celdas de combustible antes de alcanzar el extremo de colector abierto en el que puede entrar en la al menos una entrada de gas de colector abierto y pasar a
5 la al menos una celda de combustible.

[0038] Esta disposición permite el intercambio de calor entre el al menos un apilamiento de celdas de combustible y el gas de entrada sobre un área de superficie ampliada en comparación con dispositivos de la técnica anterior y permite así que aumente la temperatura final deseada por medio de un diseño de ensamblaje del
10 apilamiento de celdas de combustible práctico y simple.

[0039] Además, puesto que la al menos una entrada de gas en el volumen de campana se sitúa distante del al menos un extremo de colector abierto del al menos un apilamiento de celdas de combustible, se situará normalmente adyacente al al menos un extremo de salida de gas del al menos un apilamiento de celdas de
15 combustible, que, en funcionamiento, es normalmente la región con la temperatura más alta del al menos un apilamiento de celdas de combustible. El potencial térmico entre el oxidante que entra a través de la entrada de oxidante en el volumen de campana y la parte adyacente del al menos un apilamiento de celdas de combustible será, por tanto, alto y la velocidad de intercambio de calor será alta, lo que significa
20 que el intercambio de calor tendrá lugar a una velocidad relativamente alta. A medida que el gas se calienta en el volumen de campana y fluye hacia el extremo de colector abierto más frío del al menos un apilamiento de celdas de combustible, el potencial térmico entre el oxidante y la parte adyacente del al menos un apilamiento de celdas de combustible será más bajo y así la velocidad de intercambio de calor será más baja
25 y tendrá lugar menos intercambio de calor. En general, esto significa que se dará menos intercambio de calor en el extremo de colector abierto más frío del al menos un apilamiento de celdas de combustible y que se dará más en el extremo distante más caliente, lo que significa que el gradiente de temperatura a través del apilamiento de celdas de combustible puede reducirse.

[0040] Preferiblemente, el al menos un apilamiento de celdas de combustible y la campana están dispuestos de tal forma que, en uso, el flujo de oxidante desde la entrada de gas al volumen de campana al extremo de colector abierto del al menos un
30 apilamiento de celdas de combustible se produce principalmente alrededor de los lados del al menos un apilamiento de celdas de combustible y no por encima de la parte superior del al menos un apilamiento de celdas de combustible.
35

[0041] Por ejemplo, el al menos un apilamiento de celdas de combustible y la campana pueden dimensionarse de forma que se defina un hueco estrecho entre la parte superior del al menos un apilamiento de celdas de combustible y la campana de forma que, en uso, limite el flujo de oxidante a través de la parte superior del al menos un apilamiento de celdas de combustible. De forma alternativa, puede proporcionarse una pared alrededor del perímetro de la parte superior del al menos un apilamiento de celdas de combustible con el fin de sellar entre el mismo y la campana y bloquear el flujo de oxidante. Preferiblemente, dicha pared se aísla térmicamente para reducir o minimizar la transferencia de calor desde el al menos un apilamiento de celdas de combustible a la campana. De forma alternativa, se puede proporcionar un bloque aislante térmicamente en la parte superior del al menos un apilamiento de celdas de combustible entre el mismo y la campana con el fin de reducir o impedir el flujo de oxidante a través de la parte superior del al menos un apilamiento de celdas de combustible. Preferiblemente, dicho bloque aislante térmicamente entra en contacto con la campana con el fin de llevar a cabo un sellado entre el al menos un apilamiento de celdas de combustible y la campana e impedir el flujo de oxidante por encima de la parte superior del apilamiento de celdas de combustible. De forma alternativa, la campana puede entrar en contacto con la parte superior del apilamiento de celdas de combustible de forma que lleve a cabo un sellado entre el al menos un apilamiento de celdas de combustible y la campana e impedir el flujo de oxidante por encima de la parte superior del apilamiento de celdas de combustible.

[0042] El al menos un apilamiento de celdas de combustible comprende preferiblemente una placa de extremo situada en su parte superior y dicha placa de extremo puede dimensionarse y configurarse para controlar el flujo de oxidante sobre la parte superior del al menos un apilamiento de celdas de combustible, por ejemplo, mediante la provisión de brazos, lengüetas, paredes o cuerpos que afectan al flujo del fluido durante su uso.

[0043] Esto puede resultar especialmente beneficioso al reducir el gradiente térmico entre el centro y los extremos del apilamiento de celdas de combustible. Un apilamiento de celdas de combustible que consta de un número de capas del apilamiento de celdas de combustible, y por tanto, un número de celdas de combustible funcionará con una eficacia aumentada si el gradiente de temperatura entre las celdas a lo largo de la dirección de apilamiento se minimiza. Con este fin, se ha demostrado que la reducción de la pérdida de calor de las placas de extremo del apilamiento de celdas de combustible en la parte superior e inferior del apilamiento de

celdas de combustible es una ventaja significativa. Por tanto, la minimización del flujo de oxidante en el volumen de campana sobre las placas de extremo del apilamiento de celdas de combustible ayudará a lograr este objetivo si se reduce la cantidad de calor expulsado desde la placa de extremo al oxidante del volumen de campana. El flujo sobre la parte superior de la placa de extremo puede minimizarse si se usa una barrera física entre la placa de extremo y la campana que puede estar hecha de material de aislamiento térmico.

[0044] En uso, el apilamiento de celdas de combustible genera una cantidad importante de calor que debe eliminarse para permitir un funcionamiento electroquímico eficaz de la celda de combustible. El gas de entrada que entra en al menos un apilamiento de celdas de combustible realiza el importante papel de llevar a cabo el enfriamiento dentro del apilamiento. Esto se consigue normalmente si se pasa un volumen de exceso de oxidante (por ejemplo, si tiene un volumen molar de oxígeno de al menos, p. ej., 2, 3 o 4 veces el necesario para la oxidación del combustible) a través del apilamiento de celdas de combustible. Sin embargo, esto requiere a su vez el gasto de energía en, p. ej., ventiladores para pasar el oxidante a través del ensamblaje del sistema de apilamiento de celdas de combustible, y por tanto, cualquier mejora en el intercambio de calor total desde el al menos un apilamiento de celdas de combustible al gas de entrada, especialmente oxidante, puede reducir el volumen de gas necesario para llevar a cabo el intercambio de calor exigido y, a su vez, puede reducir el consumo de energía del ensamblaje del sistema de apilamiento de celdas de combustible. La provisión de la superficie externa del al menos un apilamiento de celdas de combustible como una superficie de intercambio de calor puede ser beneficioso también para proporcionar una cantidad aumentada de intercambio de calor a cada volumen de unidad de gas de entrada y así reducir la cantidad de gas de entrada necesaria.

[0045] La conexión hermética de la base de la campana a la placa base se consigue preferiblemente soldando, soldando con latón o pegando. Preferiblemente, el ensamblaje del apilamiento de celdas de combustible comprende además un material de aislamiento térmico situado entre la placa base y la campana. Preferiblemente, este adopta la forma de una junta, y así una junta puede colocarse entre la campana y la placa base y aplicarse medios de compresión de la junta para producir el sellado necesario. Preferiblemente, dicha junta es una junta que aísla térmicamente y hermética al gas como una junta de vermiculita o una junta de viton. De este modo, la campana puede aislarse de la transferencia de calor del al menos un apilamiento de

celdas de combustible a través de la placa base.

[0046] Preferiblemente, la campana se presenta con material aislante situado en al menos una de sus superficies internas y externas. Esto actúa para aislar en mayor medida la campana de la transferencia de calor del al menos un apilamiento de celdas de combustible y también actúa para reducir la transferencia de calor desde la

5

[0047] Con el fin de mejorar aún más el flujo de gas dentro del volumen de campana, la entrada de gas en el volumen de campana se presenta preferiblemente con al menos un deflector.

10

[0048] Preferiblemente, la campana se presenta con al menos un deflector que se extiende en el volumen de campana, al menos un deflector que se configura y dimensiona para controlar el flujo de fluido dentro del volumen de campana. En concreto, un al menos un deflector puede impedir que el flujo de fluido tenga lugar sobre la parte superior del al menos un apilamiento de celdas de combustible.

15

[0049] De forma alternativa, se puede presentar la campana con al menos una característica de superficie adicional como una pestaña o lengüeta para controlar la dirección del flujo de fluido y/o fomentar el flujo de fluido alrededor del al menos un apilamiento de celdas de combustible en lugar de sobre la parte superior del al menos un apilamiento de celdas de combustible.

20

[0050] Como se ha explicado anteriormente, el al menos un apilamiento de celdas de combustible y la campana se dimensionan preferiblemente para controlar el flujo de fluido dentro del volumen de campana, preferiblemente para fomentar que tenga lugar el flujo de fluido alrededor del al menos un apilamiento de celdas de combustible y no sobre su parte superior.

25

[0051] En los casos en los que la campana se fabrica como un artículo prensado, el ángulo creado puede usarse para definir características de superficie adecuadas en la campana con el fin de llevar a cabo, durante su uso, el control de flujo de fluido.

[0052] El al menos un deflector se diseña preferiblemente de forma que dirija el flujo de gas cerca de la al menos una superficie del apilamiento de celdas de combustible.

30

[0053] El ensamblaje del apilamiento de celdas de combustible comprende preferiblemente al menos una entrada de gas adicional al volumen de campana situada entre el extremo de colector abierto del al menos un apilamiento de celdas de combustible y la al menos una entrada de gas en el volumen de campana situado distante del mismo. Dicha al menos una entrada de gas adicional puede colocarse,

35

dimensionarse y configurarse, al igual que controlarse, durante su uso, el flujo de

control, con el fin de promover el flujo de gas hacia el extremo de colector abierto del al menos un apilamiento de celdas de combustible. De forma adicional, el flujo de gas adicional puede usarse para controlar y cambiar la velocidad del flujo de gas en el volumen de campana y cambiar la temperatura del gas que entra en el al menos un extremo de colector abierto del al menos un apilamiento de celdas de combustible. Por ejemplo, durante el apagado del sistema de celdas de combustible, el gas que entra en el al menos un punto de entrada de gas adicional puede estar considerablemente más frío que el que entra por el al menos un punto de entrada de gas y, por tanto, esto acelerará en gran medida la reducción en la temperatura del apilamiento de celdas de combustible dando lugar a un tiempo de apagado del sistema reducido.

[0054] Con el fin de facilitar además la transferencia de calor desde la superficie externa de la al menos una capa del apilamiento de celdas de combustible, se pueden presentar características adicionales, que incluyen, por ejemplo, salientes como aletas, lengüetas o brazos que se extienden desde la al menos una capa del apilamiento de celdas de combustible (incluyendo preferiblemente la al menos una celda de combustible), que proporcionan un área de superficie adicional a través de la cual puede tener lugar el intercambio de calor y/o promover la turbulencia en el flujo de gas cercano a la superficie del apilamiento con el fin de mejorar la transferencia de calor.

[0055] El espacio libre entre la campana y la al menos una capa del apilamiento de celdas de combustible o cualquier saliente de la misma o característica de superficie en el mismo se dispone preferiblemente de forma que mejore el flujo de gas y, por consiguiente, la transferencia de calor a través de la característica.

[0056] Preferiblemente, se proporciona al menos una forma constituida en el borde de la al menos una capa del apilamiento de celdas de combustible para fomentar la turbulencia en el flujo de gas.

[0057] Con el fin de ayudar en el arranque del sistema durante el cual la eficacia de funcionamiento del sistema está por debajo de la eficacia óptima debido a la baja temperatura de funcionamiento, puede presentarse la campana con un calentador, preferiblemente un calentador eléctrico, dispuesto de forma que, en uso, el fluido (especialmente el gas) en el volumen de campana se caliente con el calentador, por ejemplo, antes de su entrada en el extremo de colector abierto del al menos un apilamiento de celdas de combustible, más especialmente antes de su liberación en el volumen de campana. Preferiblemente, el calentador se monta en la superficie interna de la campana o en la superficie externa de la campana. El calentador puede estar hecho a partir de material similar al usado para los elementos de la tetera. De forma

alternativa, la campana puede realizarse a partir de material dieléctrico que se caliente al aplicarle la corriente.

[0058] En determinados modos de realización, dicho calentador eléctrico adopta la forma de un elemento calentador envuelto, colocado o situado alrededor de un componente de distribución de gas (p. ej., una entrada de oxidante en el volumen de campana o un dispositivo de distribución del flujo) o contenido en el mismo, de forma que, en uso, el oxidante (p. ej., aire) que entra en el volumen de campana pase sobre el elemento calentador. En determinados modos de realización, el calentador es un componente parte del precalentador.

[0059] Preferiblemente, se presenta la superficie interna de la campana con un material que absorbe o adsorbe azufre para, en uso, eliminar azufre del oxidante antes de su entrada en la al menos una entrada de gas colector abierto. Por ejemplo, con el fin de atrapar el azufre residual para una aplicación de potencia auxiliar automotriz, el material que absorbe o adsorbe azufre puede atrapar el azufre a niveles asociados con hacer funcionar un sistema de celdas de combustible en aire de ciudad contaminado. Preferiblemente, se presenta la superficie interna de la campana con un material que absorbe o adsorbe Cr, por ejemplo en forma de un recubrimiento, con el fin de, en uso, eliminar cualquier especie de cromo del suministro de oxidante, reduciendo así la posibilidad del envenenamiento de Cr del cátodo de las celdas de combustible.

[0060] Preferiblemente, el volumen de campana está al menos parcialmente llenado con una malla de conducción térmica, red de fibras o material de relleno que, en uso, mejora la transferencia de calor entre el al menos un apilamiento de celdas de combustible y el gas. Más preferiblemente, dicho material no es conductor eléctricamente. Más preferiblemente aún, está revestido con al menos un material que absorbe azufre y un material que adsorbe azufre.

[0061] Preferiblemente, el ensamblaje del apilamiento de celdas de combustible se presenta además con al menos un sistema de intercambio de calor de gas externo al volumen de campana. Más preferiblemente, el al menos un sistema de intercambio de calor de gas comprende un dispositivo de intercambio de calor que está en comunicación de fluido con la al menos una salida de gas de colector interno y, en uso, utiliza el flujo de gas de salida como fluido de calentamiento, usándose el gas que ha de ser de entrada al volumen de campana como fluido de refrigeración. Esto puede permitir un acoplamiento térmico especial cerrado del al menos un sistema de intercambio de calor de gas con el gas de entrada y la salida de gas de colector

interno.

[0062] Preferiblemente, para mejorar en mayor medida el rendimiento del apilamiento de celdas de combustible, el combustible de entrada también se calienta antes de su entrada en el apilamiento de celdas de combustible. Esto se consigue preferiblemente al pasar el flujo de combustible de escape a lo largo de la salida de combustible de colector interno hasta un intercambiador de calor de gas a gas y un al menos un intercambiador de calor condensador para eliminar el vapor de agua y recuperar el calor. El flujo de combustible de escape ahora más seco contiene, por tanto, gas combustible sin reaccionar y la energía calorífica retenida en la energía química no utilizada se recupera pasándolo a un quemador donde se mezcla con el flujo oxidante de escape que ha pasado a lo largo de la salida de oxidante de colector interno y se quema. Esto crea efluentes gaseosos del quemador a alta temperatura que preferiblemente se usan después para proporcionar una fuente de calor para calentar el combustible de entrada. En determinados modos de realización, la energía calorífica se usa para soportar un reformado con vapor endotérmico del combustible de entrada. A continuación, los efluentes gaseosos del quemador se pasan a una unidad generadora de vapor con el fin de generar el vapor necesario para el reformado con vapor endotérmico antes de que entre en una unidad quemadora de arranque opcional y después entre en el sistema de intercambio de calor de gas de entrada.

[0063] En los casos en los que se presentan dichos múltiples pasos de intercambio de calor, es especialmente ventajoso y recomendable acoplar térmicamente tantos como sea posible. Por ejemplo, el hecho de presentar las unidades de intercambio de calor y de reacción química anteriores como al menos una unidad combinada proporciona una reducción en el tamaño del ensamblaje del sistema de apilamiento de celdas de combustible. Por ejemplo, un generador de vapor combinado, reformador de combustible y refrigerador reformado pueden presentarse en una unidad. Preferiblemente, dicho dispositivo o dispositivos se conectan directamente a la parte inferior de la placa base opuesta al lado del apilamiento de celdas de combustible. De este modo, las longitudes de la trayectoria del gas se reducen considerablemente y las conexiones de las tuberías de gas se minimizan, reduciendo el total de piezas y el riesgo de fuga en las conexiones y simplificando el ensamblaje del sistema.

[0064] Preferiblemente, el al menos un apilamiento de celdas de combustible es un apilamiento de celdas de combustible de óxido sólido de temperatura intermedia (IT-SOFC) soportado en metal, más preferiblemente como se muestra en US 6794075.

[0065] Preferiblemente, la campana se fabrica a partir de al menos una capa de

plástico, cerámica o metal o una mezcla de al menos dos de estos materiales, por ejemplo una campana de metal revestida con plástico. Más preferiblemente, se fabrica de acero inoxidable, por ejemplo, formada por embutición profunda, curvatura y soldadura, soldadura con latón o colada. Para aplicaciones de celdas de combustible de baja temperatura, la campana se moldea preferiblemente por inyección a partir de un material plástico adecuado.

[0066] Preferiblemente, la campana está aislada térmicamente en al menos uno de su interior y exterior, más preferiblemente en el exterior. Las capas de aislamiento adecuadas incluyen, sin carácter limitativo, aquellas que se enrollan o se forman para encajar, o pueden hacerse a partir de más de una capa y más de un material aislante. Preferiblemente, para un sistema de celdas de combustible de temperatura alta o intermedia, se presenta un aislamiento con múltiples capas que comprende una primera capa interna relativamente voluminosa capaz de soportar la temperatura de funcionamiento (por ejemplo un aislamiento proporcionado por Microtherm Inc. (TN, EEUU)) y una segunda capa externa más fina que comprende Aspen Aerogel (®) (Aspen Aerogels, Inc., MA, EEUU) capaz de soportar condiciones de funcionamiento externas a la(s) primera(s) capa(s) de aislamiento o interna(s). En general, esto puede proporcionar una ventaja concreta de reducir el aislamiento general mientras se proporciona un aislamiento capaz de soportar temperaturas fuera del margen de temperaturas de funcionamiento del aislamiento de la capa externa.

[0067] La presente invención es aplicable igualmente a ensamblajes del apilamiento de celdas de combustible que usan una variedad de disposiciones de flujo de gas, incluyendo coflujo, contraflujo y flujo cruzado.

[0068] También se presenta de acuerdo con la presente invención un ensamblaje del sistema de apilamiento de celdas de combustible que comprende un ensamblaje del apilamiento de celdas de combustible de acuerdo con la presente invención.

[0069] Preferiblemente, el método comprende además el paso de llevar a cabo una reacción electroquímica con oxidante y combustible sobre dicha al menos una celda de combustible con el fin de generar calor y electricidad.

[0070] La invención resultará más clara a partir de la siguiente descripción con referencia a las diferentes figuras de los dibujos adjuntos que muestran solo a modo de ejemplo formas de los ensamblajes del apilamiento de celdas de combustible. De las figuras:

Figura 1 muestra una vista lateral en corte parcial de un ensamblaje del apilamiento de celdas de combustible de la presente invención.

Figura 2 muestra el flujo de fluido de oxidante en el ensamblaje del apilamiento de celdas de combustible de la figura 1;

Figura 3 es una sección a través de las líneas A-A' que muestra el flujo de fluido de oxidante en el ensamblaje del apilamiento de celdas de combustible de la figura 1;

Figura 4 es una sección a través de las líneas B-B' que muestra una única capa del apilamiento de celdas de combustible;

Figura 5 es una vista lateral en corte parcial de un ensamblaje del apilamiento de celdas de combustible adicional, que incorpora además un sistema de intercambio de calor del oxidante;

Figura 6 muestra un ensamblaje del apilamiento de celdas de combustible alternativo con entradas de oxidante situadas en la campana;

Figura 7 muestra un ensamblaje del apilamiento de celdas de combustible alternativo con entradas de oxidante situadas en la campana y en la placa base; y

Figura 8 muestra un ensamblaje del apilamiento de celdas de combustible alternativo con entradas de oxidante situadas en la placa base y que comprende además un dispositivo de distribución de flujo.

[0071] Las instrucciones de la celda de combustible y de los ensamblajes del apilamiento de celdas de combustible son bien conocidos por las personas con una habilidad ordinaria en la técnica y en particular incluyen US 6794075, WO 02/35628, WO 03/075382, WO 2004/089848, WO 2005/078843, WO 2006/079800 y WO 2006/106334, que se incorporan aquí para referencia en su totalidad.

[0072] En un primer modo de realización de un ensamblaje del apilamiento de celdas de combustible 1, se ensambla un apilamiento de celdas de combustible de óxido sólido 10 a partir de un número de capas del apilamiento de celdas de combustible 20, donde cada capa del apilamiento de celdas de combustible 20 contiene una celda de combustible 30 (en otros modos de realización, no mostrados, cada capa del apilamiento de celdas de combustible 20 contiene una pluralidad de celdas de combustible 30). Cada celda de combustible comprende un ánodo 31, un electrolito 32 y un cátodo 33 montados en un sustrato de metal de celdas de combustible 34 y que cubre una región porosa de sustrato de celda de combustible 36 que está rodeada por una región no porosa de sustrato de celda de combustible 35. La placa de interconexión conductora de electricidad 37 presenta un colector para el flujo de combustible. Se evita que el sustrato de metal 34 de una primera capa del apilamiento

de celdas de combustible 20 entre en contacto eléctrico directo con la placa de interconexión 37 de una segunda capa del apilamiento de celdas de combustible adyacente mediante una junta aislante de la electricidad 38.

[0073] El apilamiento de celdas de combustible 10 se monta sobre la placa base 40 y se sitúa una campana 50 sobre el apilamiento de celdas de combustible 10 y se une herméticamente a la placa base 40 para definir el volumen de campana 60 entre la placa base 40 y la campana 50 y que contiene dentro de él al apilamiento de celdas de combustible 10.

[0074] El apilamiento de celdas de combustible 10 se presenta con una entrada de oxidante de colector abierto 70, que define un extremo de colector abierto 80 del apilamiento de celdas de combustible 10. Cada capa del apilamiento de celdas de combustible 20 también tiene una salida de oxidante de colector interno 90 (para una capa del apilamiento de celdas de combustible que tiene una única celda de combustible, correspondiente al extremo de la salida de oxidante de escape de la celda de combustible), junto con una entrada de combustible de colector interno 100 y una salida de combustible de colector interno 110, cada una de las cuales pasa a través de los canales (no mostrado) en la placa base 40.

[0075] La placa base 40 presenta además una entrada de oxidante 120 en el volumen de campana 60 situada en el extremo del apilamiento de celdas de combustible 10 opuesto al extremo de colector abierto 80.

[0076] En uso, el combustible 130 se suministra al lado del electrodo del ánodo de la celda de combustible 30 a través de la entrada de combustible de colector interno 100 que pasa a través de la placa base 40.

[0077] El oxidante (aire) 140 entra en el volumen de campana 60 a través de la entrada de oxidante 120 en el extremo del apilamiento de celdas de combustible 10 opuesto al extremo de colector abierto 80. Se presenta un dispositivo de restricción de flujo aislante térmicamente 150 en la parte superior de la placa de extremo 160 del apilamiento de celdas de combustible 10 y se dimensiona de forma que entre en contacto con la campana 50 e impida el flujo de aire entre la placa de extremo 160 y la campana 50. En uso, por lo tanto, el flujo de aire tiene lugar en el volumen de campana 60 desde la entrada de oxidante 120 a lo largo de los lados del apilamiento de celdas de combustible 10 hasta el extremo de colector abierto 80 y en el apilamiento de celdas de combustible 10. Las flechas 210 indican el flujo de oxidante 140.

[0078] La placa de extremo del apilamiento de celdas de combustible 160 es una

placa de extremo de la parte superior y la placa base 40 actúa como una placa de extremo de la parte inferior. Se presentan medios de compresión, según convenga, con el fin de comprimir el al menos un apilamiento de celdas de combustible, asegurando el cierre estanco al gas y las conexiones eléctricas necesarias. Los ejemplos de sistemas de compresión adecuados incluyen aquellos mostrados y a los que se ha hecho referencia en WO 2007/085863.

[0079] Las superficies externas 170 del apilamiento de celdas de combustible 10 se presentan con salientes en forma de aletas (no mostrado) que se configuran y dimensionan con el fin de promover el flujo de aire sobre los lados del apilamiento de celdas de combustible 10 y con el fin de promover la transferencia de calor entre el exterior del apilamiento de celdas de combustible 10 y el oxidante 140.

[0080] El oxidante 140 entra en el volumen de campana 60 con una temperatura inicial de 455 °C y la temperatura de funcionamiento de salida del apilamiento de celdas de combustible 10 en la salida de oxidante de colector interno 90 es aproximadamente 600 °C. El extremo de entrada de la celda de combustible 30 más cercana a la entrada de oxidante de colector abierto 70 tiene una temperatura de funcionamiento en uso en estado continuo de aproximadamente 500 °C. Con el fin de alcanzar una eficacia de funcionamiento aceptable, el oxidante 140 se calienta a una temperatura de al menos 480 °C antes de entrar en la entrada de oxidante de colector abierto 70. El calentamiento del oxidante 140 se lleva a cabo por contacto e intercambio de calor con la superficie externa del apilamiento de celdas de combustible 10 y la superficie interior 190 de la campana 50.

[0081] En este modo de realización, la entrada de oxidante de colector interno 70 comprende una entrada de colector abierto separada para cada capa del apilamiento de celdas de combustible 20. En otros modos de realización (no mostrados), la entrada de oxidante de colector interno 70 comprende una pluralidad de entradas de colector abierto para cada capa del apilamiento de celdas de combustible. En otros modos de realización más (no mostrados), la entrada de oxidante de colector interno 70 comprende una única entrada de colector abierto para una pluralidad de capas del apilamiento de celdas de combustible.

[0082] El oxidante 140 con una temperatura de al menos 480 °C entra en la entrada de oxidante de colector abierto 70 y se introduce en el lado del electrodo de cátodo de la celda de combustible 30 y tiene lugar una reacción electroquímica en la que el oxidante 140 reacciona con el cátodo y el combustible 130 reacciona con el ánodo, generando energía eléctrica, calor y agua. La energía eléctrica pasa a través de una

carga en un circuito eléctrico (no mostrado).

[0083] A continuación, el combustible reaccionado 130 sale de la celda de combustible 30 y la capa del apilamiento de celdas de combustible 20 a través de una salida de combustible de colector interno 110 en el lado del apilamiento de celdas de combustible 10 distante del extremo de colector abierto 80, pasando a través de la placa base 40. El oxidante reaccionado 140 sale entonces de la celda de combustible 30 y la capa del apilamiento de celdas de combustible 20 a través de la salida de oxidante de colector interno 90 en el lado del apilamiento de celdas de combustible 10 distante del extremo de colector abierto 80, pasando a través de la placa base 40.

[0084] Por lo tanto, el lado del apilamiento de celdas de combustible 10 donde los efluentes gaseosos (oxidante 120 y combustible 130) salen del apilamiento de celdas de combustible 10 a través de la salida de combustible de colector interno 110 y la salida de oxidante de colector interno 90 tendrá la temperatura más alta ya que se calentará por los gases de escape calientes y el extremo de colector abierto 80 será el más frío ya que pierde calor por la corriente del oxidante de entrada 140. De ese modo, existe el mayor potencial térmico (y se dará el mayor intercambio de calor) entre el lado externo del apilamiento de celdas de combustible 10 distante del extremo de colector abierto 80 y el oxidante 140 que entra en el volumen de campana 60 en ese punto a través de la entrada de oxidante 120.

[0085] Este intercambio de calor actúa en beneficio del apilamiento de celdas de combustible 10 ya que actúa para reducir el gradiente de temperatura a lo largo de la longitud del apilamiento de celdas de combustible 10. Este intercambio de calor también reduce las tensiones mecánicas en el ensamblaje del apilamiento de celdas de combustible 1 y permite que el tamaño y la masa del precalentador 200 se reduzca en relación a lo que sería necesario si el aire tuviera que entrar en la entrada de oxidante de colector abierto 70 a una mayor temperatura.

[0086] Como se muestra en la figura 5, el apilamiento de celdas de combustible 10, la placa base 40 y la campana 50 forman parte de un ensamblaje del sistema de apilamiento de celdas de combustible mayor que incluye un sistema de intercambio de calor de oxidante (precalentador) 200 que aumenta el oxidante 140 que fluye por la entrada de oxidante 120 hasta su temperatura de entrada inicial de aproximadamente 455 °C, con el combustible de escape 130 que fluye a lo largo de la salida de combustible de colector interno 110 que actúa como fluido de calentamiento. El sistema convencional de intercambio de calor de oxidante del ensamblaje del sistema de apilamiento de celdas de combustible de la técnica precedente tenía que aumentar

el oxidante a una temperatura de aproximadamente 480 °C antes de su entrada en el apilamiento de celdas de combustible 10 y esta reducción en la carga térmica sobre el precalentador del oxidante significa que el tamaño, la masa, el coste y la complejidad del sistema de intercambio de calor de oxidante 200 pueden reducirse de forma considerable.

[0087] Con el fin de mejorar en mayor medida el rendimiento del apilamiento de celdas de combustible 10, también se calienta el combustible de entrada 130 antes de que entre en el apilamiento de celdas de combustible 10. Esto se consigue si se pasa el flujo del combustible de escape 130a a lo largo de la salida de combustible de colector interno 110 hasta el intercambiador de calor de gas a gas (290) y un al menos un intercambiador de calor condensador 300 con el fin de eliminar el vapor de agua y recuperar el calor. El flujo de combustible de escape más seco 130b contiene, por tanto, gas combustible sin reaccionar 130 y la energía calorífica retenida en la energía química no usada se recupera pasándola a un quemador (310) con oxidante de escape 140a que ha fluido a lo largo de la salida de oxidante de colector interno 90. Los efluentes gaseosos del quemador a alta temperatura 320 se utilizan entonces para proporcionar una fuente de calor para calentar el combustible de entrada 130. En determinados modos de realización, esta energía calorífica se usa para soportar un reformado con vapor endotérmico en la unidad de reformador 330 del combustible de entrada 130. Los efluentes gaseosos del quemador pueden pasarse a una unidad generadora de vapor 340 para generar vapor 280 usando el suministro de agua 270, que se necesita para el reformado catalítico antes de entrar en la unidad quemadora de arranque opcional (no mostrado) y entrar, a continuación, en el sistema de intercambio de calor de oxidante 200.

[0088] En el presente modo de realización, una placa de extremo del apilamiento de celdas de combustible 160 ha montado entre ella y la parte inferior de la campana 50 un dispositivo de restricción de flujo aislante térmicamente 150 que bloquea el flujo de fluido a través de la parte superior de la placa de extremo 160 y que aísla térmicamente la campana 50 del apilamiento de celdas de combustible 10.

[0089] Además, una junta de vermiculita aislante térmicamente hermética al gas 230 se presenta entre la base de la campana 50 y la placa base 40 para aislar térmicamente además la campana 50 del apilamiento de celdas de combustible 40.

[0090] Se proporciona un aislamiento adicional para los componentes fuera de la campana 50 mediante una capa aislante interna relativamente gruesa 240 de un producto de Microtherm (®) Freemoulding y una capa aislante externa relativamente

fina 250 de Aspen Aerogel Pyrogel (®), que en general proporciona el aislamiento térmico deseado de la campana 50 mientras que se consigue dicho aislamiento con un volumen reducido de materiales aislantes en comparación con lo que sería necesario si se usara solo el material de la capa aislante interna 240.

5 **[0091]** La figura 4 muestra una sección a través de B-B' (figura 3) con (solo con fines ilustrativos) una capa del apilamiento de celdas de combustible ampliada 20 y capas del apilamiento de celdas de combustible adicionales 21. Como puede verse, el aire 140 entra en el ensamblaje del apilamiento de celdas de combustible por la entrada de oxidante 120, que se sitúa en el lado del apilamiento de celdas de combustible 10 opuesto a (es decir, distante de) la entrada de oxidante de colector abierto 70. A 10 continuación, el aire 140 pasa alrededor de los lados del apilamiento de celdas de combustible 10 (bloqueándose el flujo de fluido sobre la parte superior del apilamiento de celdas de combustible 10 mediante la junta de vermiculita aislante térmicamente hermética al gas 150 situada entre la parte superior de la superficie de la placa de extremo del apilamiento de celdas de combustible 160 y la campana 50 y entrando en 15 contacto con ellos) y se calienta y pasa a la entrada de oxidante de colector abierto 70 de la capa del apilamiento de celdas de combustible 20 y pasa sobre el cátodo 33 de la celda de combustible de óxido sólido de temperatura intermedia (IT-SOFC) 30, experimenta una reacción electroquímica para generar calor, óxidos y electricidad, y 20 gases de escape a través del colector 90. El combustible 130 entra en el apilamiento de celdas de combustible 10 a través de la entrada de combustible de colector interno 100, pasa bajo la región porosa del sustrato de la celda de combustible 36 a través de la cual pasa al ánodo de la celda de combustible 31 y experimenta una reacción electroquímica para generar calor, óxidos (principalmente óxidos de carbono y agua) y 25 electricidad. Después, el combustible de escape 130 sale del apilamiento de celdas de combustible 10 a través de la salida de combustible de colector interno 110.

[0092] Cada capa del apilamiento de celdas de combustible 20 comprende una placa de interconexión conductora eléctricamente 37 que presenta un colector y un contacto eléctrico con los componentes del apilamiento de celdas de combustible 10 30 adyacentes. El sustrato de metal de las celdas de combustible 34 se monta en la parte superior de la placa de interconexión 37 y comprende una región porosa del sustrato de la celda de combustible 36 rodeada por una región no porosa del sustrato de la celda de combustible 35. De ese modo, el flujo de fluido puede tener lugar a través de la región porosa 36. En la parte superior de la región porosa 36 se monta la celda de combustible 30. El ánodo de la celda de combustible cubre la región porosa 36 y 35

después el electrolito de la celda de combustible 32 se extiende por el ánodo 31 y la región porosa 36 con el fin de impedir el flujo de fluido desde el lado del combustible de la celda de combustible 30 al lado del oxidante de la celda de combustible 30 a través de la región porosa 36. El cátodo de la celda de combustible 33 se monta en la parte superior del electrolito de la celda de combustible 32.

[0093] Un conductor de la corriente conductor eléctricamente (no mostrado) se extiende desde el cátodo de la celda de combustible 33 y entra en contacto eléctrico con la placa de interconexión conductora eléctricamente 37 de manera que forma un circuito eléctrico y se coloca una carga en el circuito. Se sitúan capas del apilamiento de celdas de combustible adicionales 21 en la parte superior de la capa del apilamiento de celdas de combustible 20 y se impide un cortocircuito eléctrico desde el sustrato de metal de la celda de combustible 34 a la placa de interconexión conductora eléctricamente 37 de una capa del apilamiento de celdas de combustible 21 adyacente mediante una junta aislante eléctricamente 38 que proporciona además apoyo mecánico para capas del apilamiento de celdas de combustible adicionales 21.

[0094] En otro modo de realización (figura 6), se presenta una pluralidad de entradas de oxidante 120 en la campana 50 en lugar de en la placa base 40. Esta disposición ayuda al flujo de gas y a la distribución, ayudando especialmente a evitar áreas estancadas de flujo de gas.

[0095] En otro modo de realización (figura 7), se presenta una pluralidad de entradas de oxidante 120 en la campana 50 así como en la placa base 40, y de nuevo esto se realiza para ayudar al flujo de gas y a la distribución, ayudando especialmente a evitar áreas estancadas de flujo de gas.

[0096] En el modo de realización de la figura 8, se presenta una pluralidad de entradas de oxidante 120 en la placa base 40 y se presenta un dispositivo de distribución de flujo 260 que comprende un tubo de metal perforado, diseñado para ayudar en la distribución del flujo de gas desde las entradas 120 a lo largo del volumen de campana 60. En modos de realización alternativos (no mostrados), el dispositivo de distribución de la campana 260 comprende un material cerámico altamente poroso y una sección formada de la campana 50.

[0097] Se entenderá que no se pretende limitar la presente invención solo a los modos de realización anteriores, siendo evidentes fácilmente muchos otros modos de realización para una persona de habilidad ordinaria en la técnica sin alejarse del ámbito de las reivindicaciones adjuntas.

Números de referencia:

[0098]

- 1 - ensamblaje del apilamiento de celdas de combustible
- 10 - apilamiento de celdas de combustible de óxido sólido
- 5 20 - capa del apilamiento de celdas de combustible
- 21 - capas del apilamiento de celdas de combustible adicionales
- 30 - celda de combustible
- 31 - ánodo de la celda de combustible
- 32 - electrolito de la celda de combustible
- 10 33 - cátodo de la celda de combustible
- 34 - sustrato de metal de la celda de combustible
- 35 - región no porosa del sustrato de la celda de combustible
- 36 - región porosa del sustrato de la celda de combustible
- 37- placa de interconexión conductora eléctricamente
- 15 38 - junta aislante eléctricamente
- 40 - placa base
- 50 - campana
- 60 - volumen de campana
- 70 - entrada de oxidante de colector abierto
- 20 80 - extremo de colector abierto
- 90 - salida de oxidante de colector interno
- 100 - entrada de combustible de colector interno
- 110 - salida de combustible de colector interno
- 120 - entrada de oxidante
- 25 130 - combustible
- 130a - combustible de escape
- 130b - combustible de escape más seco
- 140 - oxidante (aire)
- 140a - oxidante de escape
- 30 150 - bloque aislante térmico
- 160 - placa de extremo del apilamiento de celdas de combustible

ES 2 405 746 T3

- 170 - superficie externa del apilamiento de celdas de combustible
- 190 - superficie interna de la campana
- 200 - sistema de intercambio de calor de oxidante
- 230 - junta de vermiculita aislante térmicamente hermética al gas
- 5 240 - capa aislante interna
- 250 - capa aislante externa
- 260 - dispositivo de distribución de flujo
- 270 - agua
- 280 - vapor
- 10 290 - intercambiador de calor de gas a gas
- 300 - intercambiador de calor condensador
- 310 - quemador de gas residual
- 320 - efluentes gaseosos del quemador
- 330 - reformador de vapor
- 15 340 - generador de vapor
- 350 - refrigerante de entrada
- 360 - refrigerante de salida

Reivindicaciones

1. Un ensamblaje del apilamiento de celdas de combustible de óxido sólido de temperatura intermedia (1) que comprende:

(i) una placa base (40);

5 (ii) al menos un apilamiento de celdas de combustible de óxido sólido de temperatura intermedia (10) montado sobre dicha placa base y encerrado por dicha campana;

10 (iii) dicha campana (50) unida de forma hermética a dicha placa base y que define un volumen de campana (60) entre dicho al menos un apilamiento de celdas de combustible, dicha placa base y la superficie interna de dicha campana y que define así un espacio libre entre dicho al menos un apilamiento de celdas de combustible y dicha superficie interna de dicha campana;

(iv) al menos una entrada de oxidante (120) en dicho volumen de campana; y

15 (v) un precalentador (200) en comunicación de fluido con una fuente de oxidante y dicha al menos una entrada de oxidante y adaptado para suministrar oxidante desde dicha fuente de oxidante a dicho volumen de campana por medio de dicha entrada de oxidante,

20 comprendiendo cada apilamiento de celdas de combustible al menos una capa del apilamiento de celdas de combustible (20, 21), comprendiendo cada capa del apilamiento de celdas de combustible al menos una celda de combustible de óxido sólido de temperatura intermedia (30), definiendo cada celda de combustible un extremo de entrada de oxidante y un extremo de salida de oxidante de escape, teniendo dicho al menos un apilamiento de celdas de combustible:

25 (a) al menos una entrada de oxidante de colector abierto (70) que define un extremo de colector abierto (80) de dicho al menos un apilamiento de celdas de combustible; y

(b) al menos una salida de gas de colector interno (90,100),

30 dicha al menos una entrada de oxidante (120) en dicho volumen de campana que se sitúa lejos de dicho extremo de colector abierto de dicho al menos un apilamiento de celdas de combustible de manera que, en uso, el oxidante entra en dicho volumen de campana a través de dicha al menos una entrada de oxidante (120) y pasa alrededor del exterior de dicho al menos un apilamiento de celdas de combustible a dicha al menos una entrada de oxidante de colector abierto, y
35 adaptado para que tenga lugar una transferencia de calor directa entre dicho

oxidante y la superficie externa (170) de dicha al menos una capa del apilamiento de celdas de combustible al tiempo que pasa dicho oxidante y contacta directamente dicha superficie externa de dicha al menos una capa del apilamiento de celdas de combustible antes de la entrada de dicho oxidante en dicha entrada de oxidante de colector abierto (70), efectuándose la transferencia de calor directa desde el exterior del al menos un apilamiento de celdas de combustible al oxidante que pasa por él, estando configurado dicho precalentador para que caliente dicho oxidante de dicha fuente de oxidante y lo suministre a dicho volumen de campana a través de dicha al menos una entrada de oxidante (120) a una temperatura por debajo de 100 °C o superior a 100 °C por debajo de la temperatura de funcionamiento en uso en el extremo de entrada de la celda de combustible más cercana a la al menos una entrada de oxidante de colector abierto (70), estando situada dicha al menos una entrada de oxidante (120) en dicho volumen de campana en un extremo de dicho al menos un apilamiento de celdas de combustible opuesto a dicho extremo de colector abierto.

2. Ensamblaje del apilamiento de celdas de combustible de acuerdo con la reivindicación 1, en el que dicho al menos un apilamiento de celdas de combustible de óxido sólido de temperatura intermedia es un apilamiento de celdas de combustible de óxido sólido de temperatura intermedia con soporte en metal.

3. Ensamblaje del apilamiento de celdas de combustible de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones precedentes, comprendiendo además dicho al menos un apilamiento de celdas de combustible al menos una entrada de combustible de colector interno (100).

4. Ensamblaje del apilamiento de celdas de combustible de acuerdo con la reivindicación 3, siendo dicha al menos una salida de gas de colector interno una salida de combustible de escape de colector interno (110), comprendiendo además dicho apilamiento de celdas de combustible al menos una salida de oxidante de escape de colector interno (90).

5. Ensamblaje del apilamiento de celdas de combustible de acuerdo con la reivindicación 3, comprendiendo dicha al menos una salida de gas de colector interno al menos una salida de oxidante y combustible de escape mixta de colector interno.

6. Ensamblaje del apilamiento de celdas de combustible de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones precedentes, comprendiendo además dicha superficie externa de dicha al menos una capa del apilamiento de celdas de combustible al

menos un saliente adaptado para llevar a cabo, en uso, la transferencia de calor entre este y el gas.

7. Ensamblaje del apilamiento de celdas de combustible de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones precedentes, comprendiendo además al menos una de la superficie interna de la campana y dicha superficie externa de dicha al menos una capa de apilamiento de celdas de combustible al menos un saliente adaptado para provocar, en uso, el flujo de fluido turbulento.
8. Ensamblaje del apilamiento de celdas de combustible de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en el que dicho apilamiento de celdas de combustible tiene una temperatura de funcionamiento en uso de 450-850 °C.
9. Ensamblaje del apilamiento de celdas de combustible de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en el que dicho al menos apilamiento de celdas de combustible de óxido sólido de temperatura intermedia tiene soporte en metal.
10. Ensamblaje del sistema de apilamiento de celdas de combustible que comprende un ensamblaje del apilamiento de celdas de combustible de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones precedentes.
11. Un método de funcionamiento de un ensamblaje del apilamiento de celdas de combustible de óxido sólido de temperatura intermedia (1) que comprende:
 - (i) una placa base (40);
 - (ii) al menos un apilamiento de celdas de combustible de óxido sólido de temperatura intermedia (10) montado sobre dicha placa base y encerrado por una campana;
 - (iii) dicha campana (50) unida de forma hermética a dicha placa base y que define un volumen de campana (60) entre dicho al menos un apilamiento de celdas de combustible, dicha placa base y la superficie interna de dicha campana y que define así un espacio libre entre dicho al menos un apilamiento de celdas de combustible y dicha superficie interna de dicha campana;
 - (iv) al menos una entrada de oxidante (120) en dicho volumen de campana; y
 - (v) un precalentador (200) en comunicación de fluido con una fuente de oxidante y dicha al menos una entrada de oxidante y adaptado para suministrar oxidante desde dicha fuente de oxidante a dicho volumen de campana por medio de dicha entrada de oxidante,
 comprendiendo cada apilamiento de celdas de combustible al menos una capa del

apilamiento de celdas de combustible (20,21), comprendiendo cada capa del apilamiento de celdas de combustible al menos una celda de combustible de óxido sólido de temperatura intermedia (30), definiendo cada celda de combustible un extremo de entrada de oxidante y un extremo de salida de oxidante de escape, 5 teniendo dicho al menos un apilamiento de celdas de combustible:

(a) al menos una entrada de oxidante de colector abierto (70) que define un extremo de colector abierto (80) de dicho al menos un apilamiento de celdas de combustible; y

(b) al menos una salida de gas de colector interno (90,110),

10 estando dicha al menos una entrada de oxidante (120) en dicho volumen de campana distante de dicho extremo de colector abierto de dicho al menos un apilamiento de celdas de combustible,

comprendiendo los pasos de pasar oxidante al dicho volumen de campana a través de dicha al menos una entrada de oxidante (120) pasándolo alrededor del

15 exterior de dicho al menos un apilamiento de celdas de combustible hasta dicha al menos una entrada de oxidante de colector abierto, teniendo lugar una transferencia de calor directa entre dicho oxidante y la superficie externa (170) de

dicha al menos una capa del apilamiento de celdas de combustible al tiempo que pasa dicho oxidante sobre dicha superficie externa de dicha al menos una capa del

20 apilamiento de celdas de combustible y entra en contacto directamente con ella antes de la entrada de dicho oxidante en dicha entrada de oxidante de colector abierto (70), efectuándose la transferencia de calor directa desde el exterior del al

menos un apilamiento de celdas de combustible al oxidante que pasa por él, estando configurado dicho precalentador de manera que, en uso, el oxidante de

25 dicha fuente de oxidante se caliente y se suministre a dicho volumen de campana a través de dicha al menos una entrada de oxidante (120) a una temperatura por debajo de 100 °C o superior a 100 °C por debajo de la temperatura de

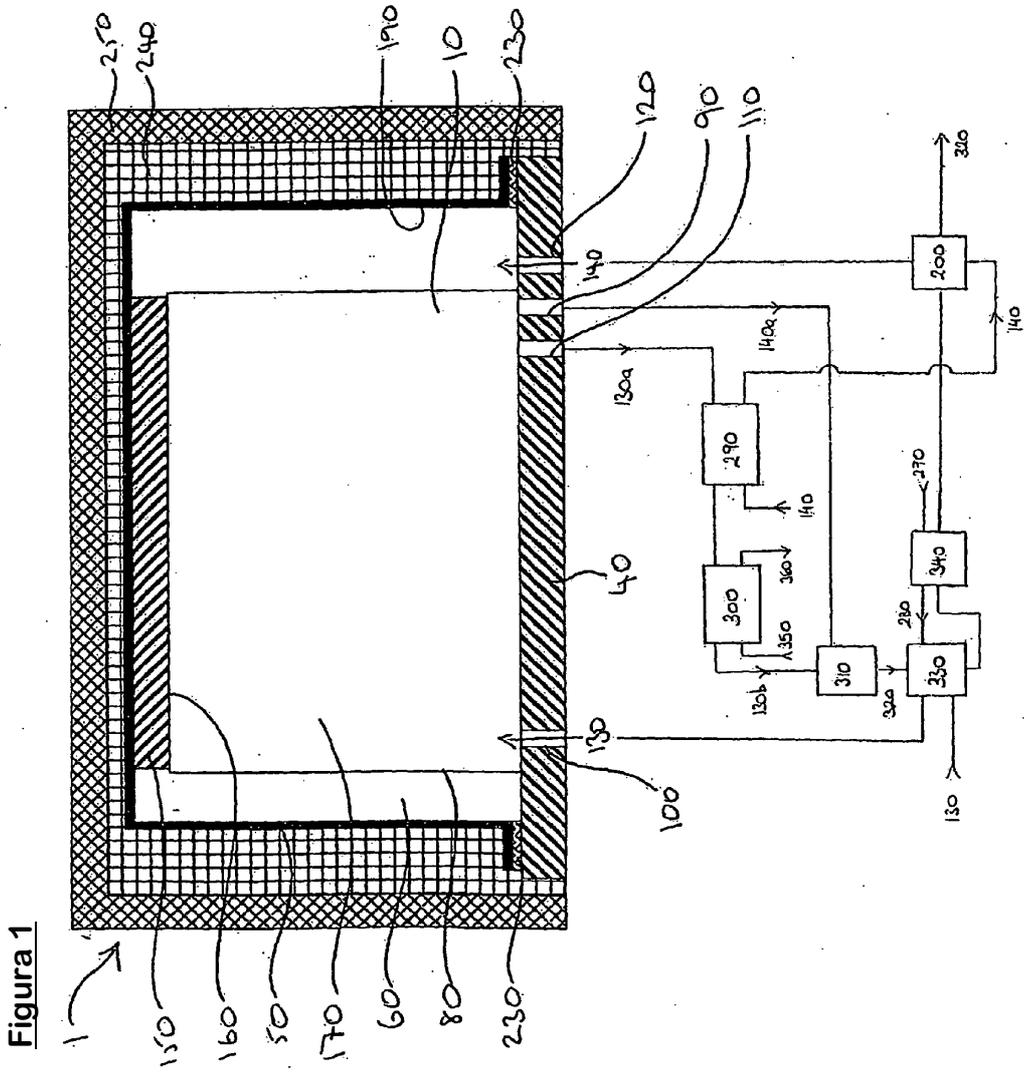
funcionamiento en uso en el extremo de entrada de la celda de combustible más cercana a la entrada de oxidante de colector abierto (70), estando situada dicha al

30 menos una entrada de oxidante (120) en dicho volumen de campana en un extremo de dicho al menos un apilamiento de celdas de combustible opuesto a dicho extremo de colector abierto.

12. Método de acuerdo con la reivindicación 11, que comprende además el paso de llevar a cabo una reacción electroquímica con oxidante y combustible en dicha al menos una

35 celda de combustible de óxido sólido de temperatura intermedia con el fin de generar

calor y electricidad.



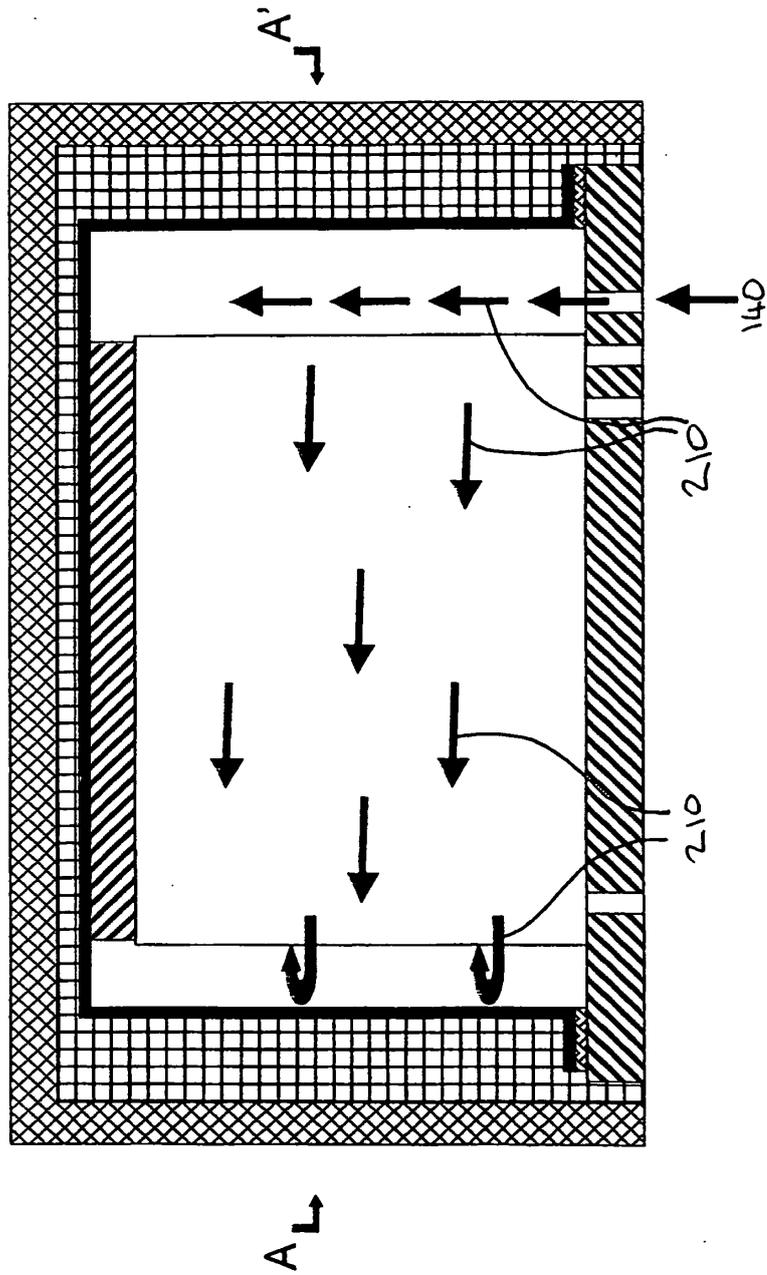


Figura 2

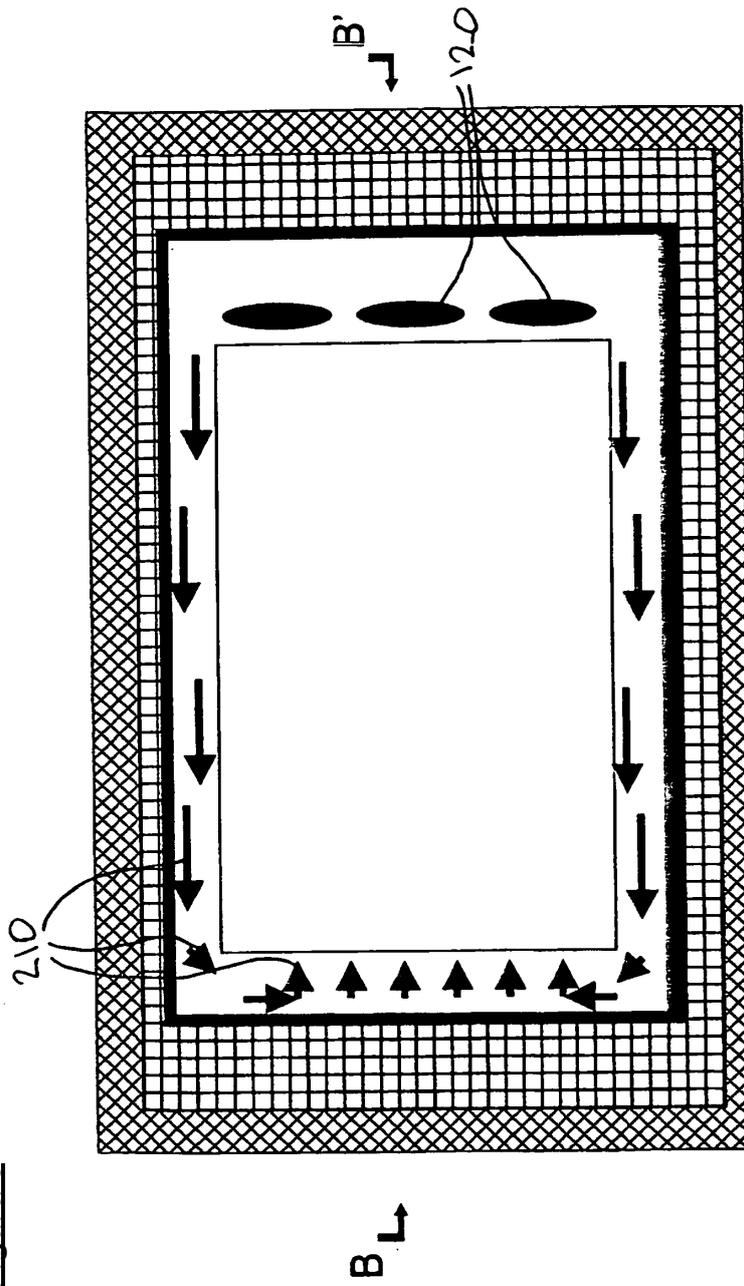


Figura 3

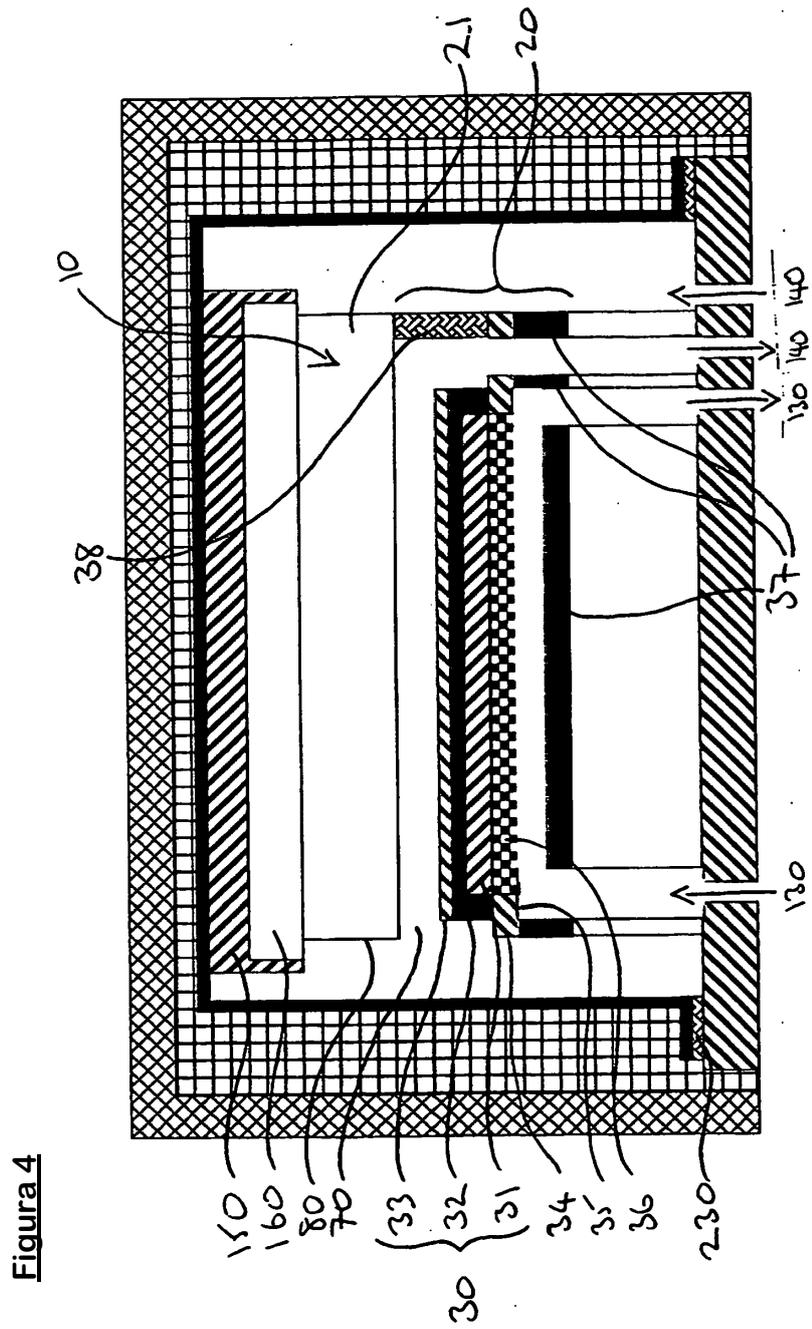


Figura 4

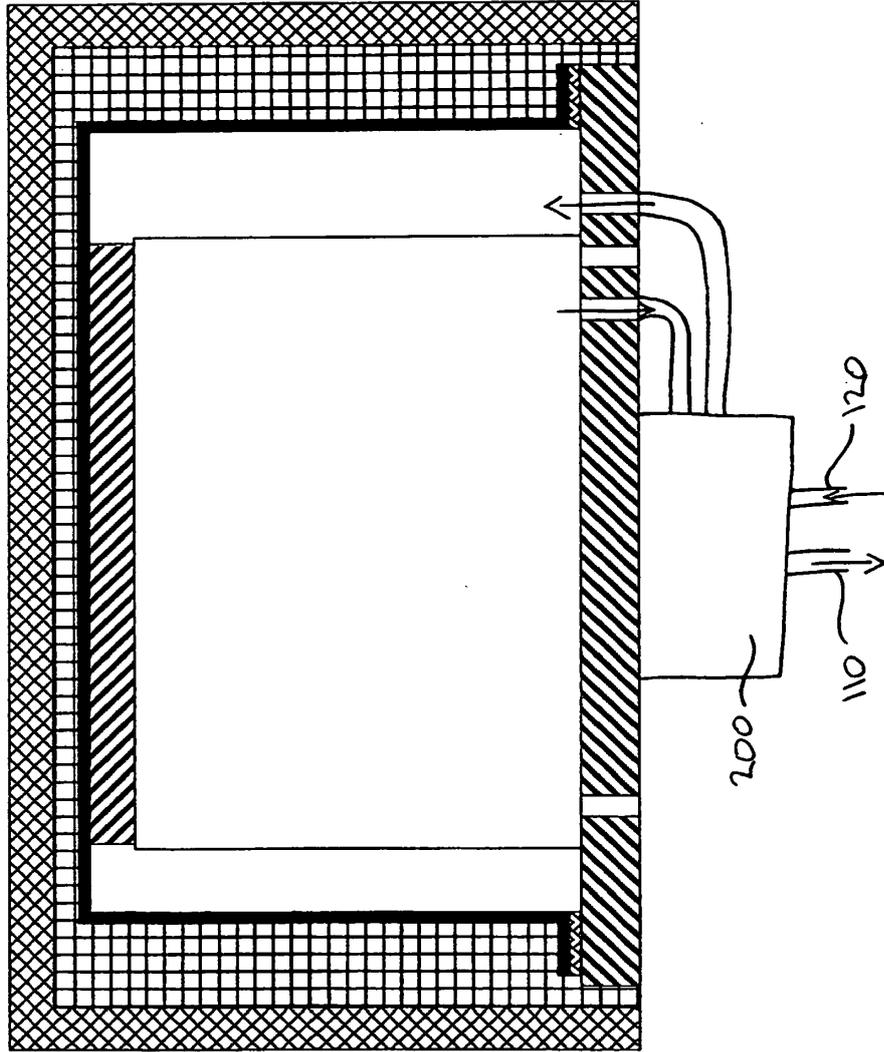


Figura 5

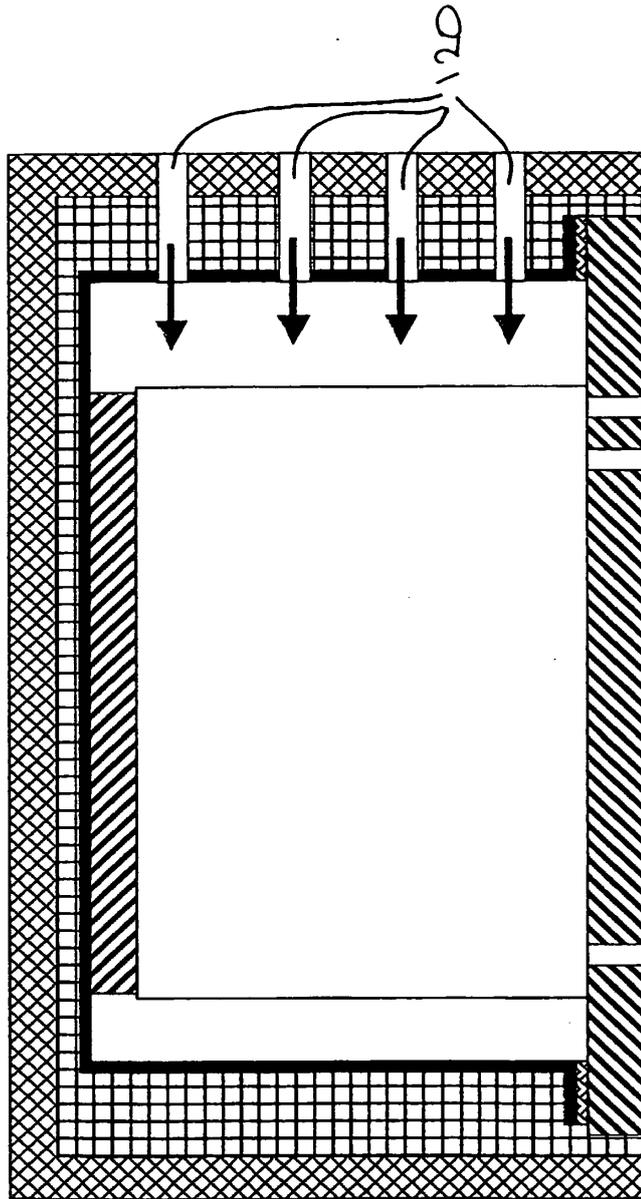


Figura 6



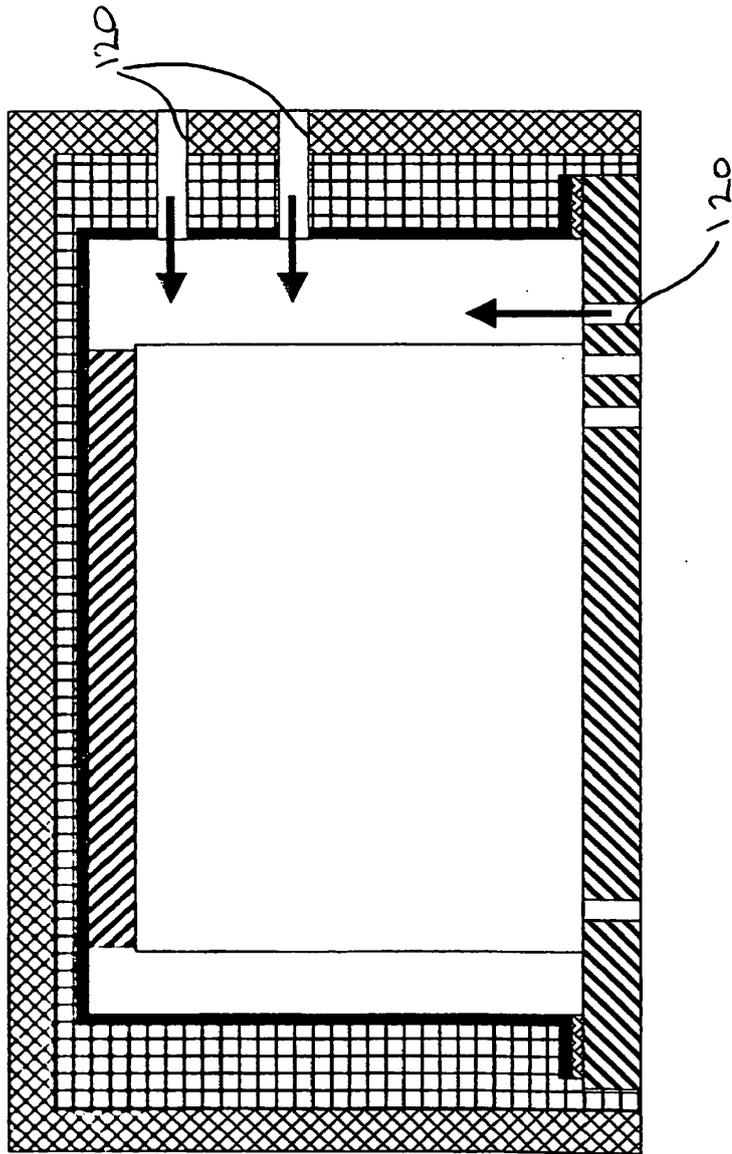


Figure 7



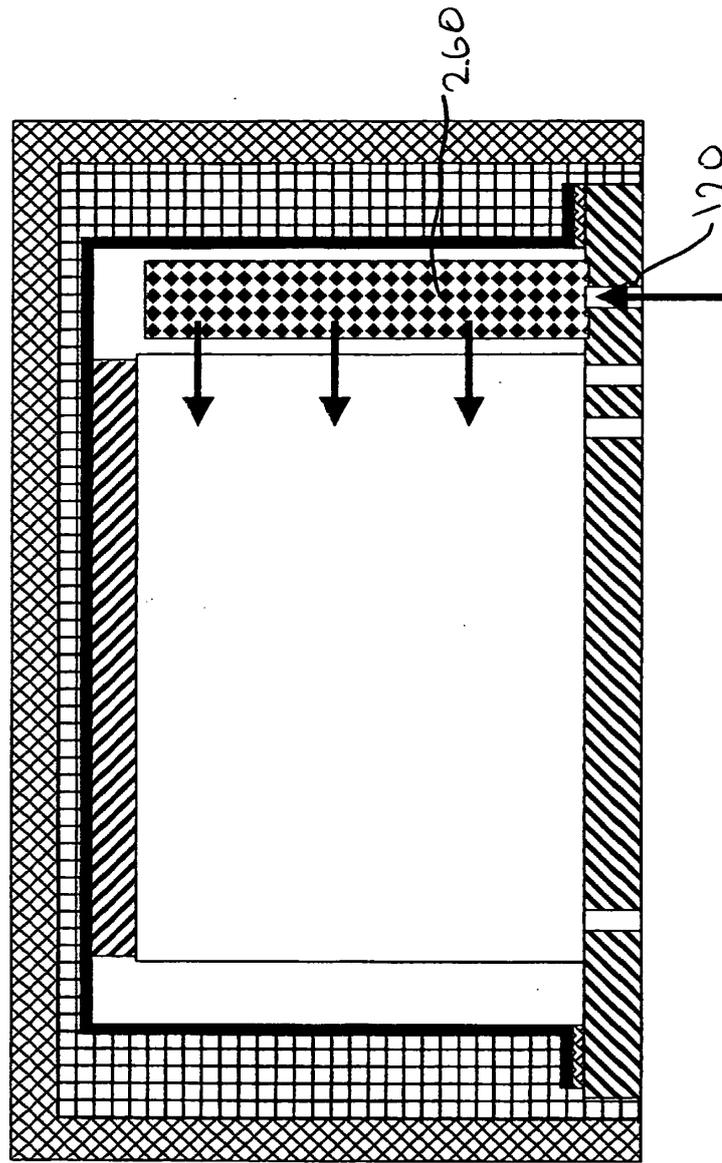


Figure 8