



19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

11 Número de publicación: **2 361 087**

51 Int. Cl.:
H01M 8/02 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **08773300 .2**

96 Fecha de presentación : **18.07.2008**

97 Número de publicación de la solicitud: **2174373**

97 Fecha de publicación de la solicitud: **14.04.2010**

54

Título: **Placa bipolar para una celda de combustible que comprende una trayectoria de flujo de serpentina de derivación para gas oxidante; una placa de refrigeración para una celda de combustible que comprende una trayectoria de flujo de serpentina de derivación para fluido refrigerante; celda de combustible que comprende dichas placas y usos de las mismas.**

30

Prioridad: **18.07.2007 DK 2007 01063**

73

Titular/es: **SERENERGY A/S**
Majsmarken 1
9500 Hobro, DK

45

Fecha de publicación de la mención BOPI:
13.06.2011

72

Inventor/es: **Korsgaard, Anders, Risum y**
Bang, Mads

45

Fecha de la publicación del folleto de la patente:
13.06.2011

74

Agente: **Carpintero López, Mario**

ES 2 361 087 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

5 Placa bipolar para una celda de combustible que comprende una trayectoria de flujo de serpentina de derivación para gas oxidante; una placa de refrigeración para una celda de combustible que comprende una trayectoria de flujo de serpentina de derivación para fluido refrigerante; celda de combustible que comprende dichas placas y usos de las mismas.

Campo de la invención

10 La presente invención se refiere a una placa bipolar para una celda de combustible y a una placa de refrigeración para una celda de combustible. Además, la presente invención se refiere al uso de dichas placas para el suministro de oxígeno a un lado de cátodo y/o para refrigerar un lado de cátodo de una celda de combustible. La presente invención también se refiere a un procedimiento para la fabricación de esta placa bipolar o placa de refrigeración, así como una pila de celda de combustible que comprende dicha placa bipolar y/o placa de refrigeración. Finalmente, la presente invención se refiere a un procedimiento para producir energía eléctrica usando esta pila de celdas de combustible y usos de esta pila de celda de combustible como sistema de energía de seguridad o como un sistema de generación de energía continua.

Antecedentes de la invención

15 La presente invención se refiere a una placa bipolar para una celda de combustible y a una placa de refrigeración para una celda de combustible. La placa bipolar de la celda de combustible de acuerdo con la presente invención tiene un lado de cátodo y un lado de ánodo, en la que el lado de cátodo comprende uno o más canales de flujo en forma de ranuras de serpentina que comprende canales de derivación. En analogía aquí, la placa de refrigeración según la
20 presente invención comprende un lado de refrigeración, en la que el lado de refrigeración comprende uno o más canales de flujo en forma de ranuras de serpentina que comprenden canales de derivación. La placa bipolar y la placa de refrigeración de acuerdo con la presente invención son particularmente útiles en el tipo de pilas de celdas de combustible, en el que se utiliza gas oxidante como gas reactivo para el funcionamiento de las celdas de combustible. Estas celdas de combustible comprenden, entre otros, celdas de combustible PEM y celdas de combustible SOFC.

25 Las celdas de combustible son dispositivos que proporcionan una conversión limpia y relativamente eficiente de la materia en energía eléctrica y calor. Una gama de diferentes tecnologías se ha desarrollado en el último par de décadas, cada uno empleando su propio principio, tipo de reactivos, condiciones de funcionamiento óptimo, etc. Una tecnología que ha ganado particular interés en los últimos años es la celda de combustible denominada PEM (membrana de intercambio de protones). Otra tecnología que ha ganado particular interés en los últimos años es la
30 celda de combustible de alta temperatura llamada SOFC (celda de combustible de óxido sólido). Los antecedentes de la presente invención se explicarán ahora en relación a una celda de combustible PEM.

35 Una celda de combustible PEM (membrana de intercambio de protones) comprende un ánodo y un cátodo y una membrana de intercambio de protones interpuesta entre los mismos. La membrana de intercambio de protones comprende un catalizador en el lado encarado con el ánodo, así como en el lado encarado con el cátodo. El principio de una celda de combustible PEM es que el suministro de hidrógeno al lado de la membrana encarada con el ánodo en virtud del catalizador en el lado de la membrana encarada con el ánodo resulta en la reacción química:

(1) Reacción del ánodo: $H_2 \rightarrow 2H^+ + 2e^-$

40 El ánodo está hecho de un material eléctricamente conductor y, por lo tanto, transporta los electrones generados en el lado del ánodo de la membrana, mientras que los protones generados en el lado del ánodo de la membrana PEM se difunden a través de la membrana.

45 En el lado del cátodo de la membrana se suministra oxígeno (o aire). Si una carga eléctrica está conectada entre el cátodo y el ánodo de la celda para formar un circuito eléctrico, los electrones generados en el ánodo fluyen a través de esta carga al cátodo. El oxígeno suministrado al lado del cátodo de la membrana en virtud del catalizador en el lado de la membrana encarada con el cátodo reacciona con los protones que se han difundido a través de la membrana y los electrones que fluyen hacia el cátodo de acuerdo con la ecuación química siguiente:

(2) reacción del cátodo: $O_2 + 4 H^+ + 4 e^- \rightarrow 2H_2O + \text{calor}$

Por lo tanto, la reacción neta que tiene lugar en una celda de combustible PEM es la siguiente:

(3) $2H_2 + O_2 \rightarrow 2H_2O + \text{energía eléctrica} + \text{calor}$

50 Una sola celda es capaz de generar una tensión de típicamente 0,5-1V. Con el fin de lograr una mayor tensión para las celdas de combustible, una pluralidad de celdas individuales suelen estar conectadas en serie en una llamada pila de celdas de combustible. Una pila de celdas de combustible, a menudo por motivos de economía, está diseñada de una

manera que integra el cátodo de una celda de combustible con el ánodo de una celda de combustible adyacente de la pila correspondiente. Esto se logra mediante el empleo de las llamadas placas bipolares. Una placa bipolar es una placa que tiene dos lados, uno de los cuales funciona como un ánodo de una celda de combustible, y el otro funciona como un cátodo para la celda de combustible adyacente en la pila de celdas de combustible correspondiente.

- 5 Para que una placa bipolar sea eficiente, debe asegurarse que un suministro constante de gas oxidante se suministra al lado del cátodo de la membrana y, por lo tanto, también al lado del cátodo de la placa bipolar. Además, debe asegurarse que el gas oxidante suministrado al lado del cátodo de la placa bipolar se distribuye bien sobre la superficie del cátodo de la placa bipolar. Esto, a su vez, requiere que el gas oxidante se suministre a una alta presión relativa desde una fuente externa, tal como el aire ambiente y al colector de entrada que conecta el lado del cátodo de cada placa bipolar de la pila de celdas de combustible a la fuente de oxidante.

10 En base de las consideraciones anteriores, mucha investigación y desarrollo de pilas de combustible PEM se ha focalizado en los últimos años en el diseño físico específico de la celda de combustible y, en particular, en el diseño físico de las placas bipolares.

- 15 Debido al calor generado en el cátodo de una celda de combustible, se necesitan medios de refrigeración para refrigerar la parte del cátodo de la celda de combustible. En algunos diseños de celdas de combustible, el lado del cátodo de la placa bipolar proporciona el suministro de gas oxidante a la celda de combustible, así como la refrigeración del lado del cátodo de la celda de combustible, en virtud de suministrar más gas oxidante al lado del cátodo del que realmente se necesita en relación a la cantidad estequiométrica de hidrógeno que se suministra y se "consume" en el lado del ánodo de la placa bipolar de la celda de combustible. Otros diseños comprenden diferentes placas de refrigeración que no son parte integrante de la placa bipolar de la celda de combustible.

20 La solicitud de patente francesa FR 2891090 divulga una celda de combustible con placas bipolares que tiene trayectorias de serpentina de su lado. Con el fin de presionar fluido a través de estos canales, se utiliza un consumo de energía relativamente alto para presionar el gas a través de los canales, lo cual es desventajoso.

- 25 El documento de patente japonesa JP 2003 100319 de Kino Yoshitaki transferido a Toyota Motor Company describe una celda de combustible para funcionamiento a baja temperatura. El gas está enriquecido con humedad con el fin de evitar condiciones demasiado secas para la membrana. La necesidad de humedad implica una temperatura por debajo del punto de ebullición. Sin embargo, hay un cierto riesgo de que los canales de fluido de refrigeración se bloqueen con gotas de la humedad. Para esta región, se prevén canales de derivación con una resina que se hincha al aumentar el grado de humedad. Cuando aumenta el grado de humedad, los canales de derivación están bloqueados, y la velocidad de flujo aumenta en el canal restante, lo que reduce el riesgo de formación de gotas y el consiguiente bloqueo del canal. El inconveniente de este sistema es el consumo relativamente alto de energía utilizada para presionar el gas a través de los canales a alta velocidad. Estos canales de derivación llenos de resina no se utilizan para las celdas de combustible de alta temperatura, donde el gas es seco y donde la absorción de la humedad no es necesaria.

- 35 Canales de derivación para prevenir la condensación, o al menos minimizar el riesgo de reducción del flujo por condensación en celdas de combustible de baja temperatura también se divulgan en las solicitudes de patente japonesa JP 2001 126746 y JP 2006 351222, la solicitud de patente US nº 2004 0112740, y en solicitud de patente internacional WO 2007/088832.

- 40 En consecuencia, numerosos diseños diferentes de placas bipolares se han descrito en la técnica. Sin embargo, aunque una cantidad considerable de estos diseños cumplen con los requisitos técnicos de suministro de gas oxidante suficiente al lado del cátodo de dichas placas, todos tienen la desventaja de que, respecto a las placas bipolares, el diseño específico requiere mucha energía para suministrar el gas oxidante desde la fuente exterior a través del colector de entrada en el lado del cátodo de las placas bipolares de la celda de combustible; y en relación con las placas de refrigeración, el diseño específico requiere mucha energía para suministrar el fluido de refrigeración desde la fuente exterior a través del colector de entrada en el lado de refrigeración de las placas de refrigeración de la pila de celdas de combustible.

Objeto de la invención

- 45 Es un objeto de la presente invención proporcionar una placa bipolar para una celda de combustible de alta temperatura que supere la desventaja anterior. Especialmente, es un objeto de la invención proporcionar una placa de refrigeración, por ejemplo, en forma de una placa bipolar, que tiene un efecto de refrigeración eficiente con el consumo de energía minimizado para el transporte del fluido de refrigeración, por ejemplo, gas oxígeno o aire.

Descripción de la invención

Este objetivo se logra con una placa de refrigeración con un equipo de refrigeración y para su uso en una celda de combustible, en la que

- dicho lado de refrigeración tiene canales de flujo para fluido refrigerante; dichos canales de flujo de fluido refrigerante comprenden una o más ranuras, cada una representando una trayectoria de serpentina; en la que

- cada una de dicha trayectoria de serpentina independientemente comprende N patas consecutivas L_1, L_2, \dots, L_N , conectadas entre sí mediante N-1 secciones en curva consecutivas T_1, T_2, \dots, T_{N-1} , en la que

5 - cada pata L_1, L_2, \dots, L_{N-1} está separada a lo largo de su pata consecutiva L_2, L_3, \dots, L_N mediante una sección de pared, W_1, W_2, \dots, W_{N-1} , en la que

- cada sección en curva representa un cambio, por ejemplo, un cambio de 180° , de la dirección del flujo del fluido refrigerante, en la que

- N es un entero impar de 3 o más;

10 en la que una o más de las secciones de pared W_1, W_2, \dots, W_{N-1} comprenden independientemente uno o más canales de derivación para permitir que el fluido refrigerante fluya a través de un acceso directo desde una pata L_x a su pata consecutiva L_{x+1} ; $1 \leq x \leq N-1$; desviándose así de una parte de la pata L_x y una parte de la pata L_{x+1} .

Una placa de refrigeración de acuerdo con la invención se puede proporcionar en forma de una placa bipolar. Por lo tanto, en otro aspecto, la presente invención se refiere a una placa bipolar para su uso en una celda de combustible. La placa bipolar comprende un lado de ánodo y lado de cátodo, en la que

15

- dicho lado del cátodo tiene canales de flujo para gas oxidante; dichos canales de flujo para gas oxidante comprenden una o más ranuras, cada una representando una trayectoria de serpentina, en la que

- cada trayectoria de serpentina comprende independientemente N patas consecutivas L_1, L_2, \dots, L_N , conectadas entre sí mediante N-1 secciones en curva consecutivas T_1, T_2, \dots, T_{N-1} , en la que

20 - cada pata L_1, L_2, \dots, L_{N-1} está separada a lo largo de su pata consecutiva L_2, L_3, \dots, L_N mediante una sección de pared, W_1, W_2, \dots, W_{N-1} , en la que

- cada sección en curva representa un cambio, por ejemplo, un cambio de 180° , de la dirección del flujo de gas oxidante, en la que

- N es un entero impar, de 3 o más.

25 Además, una o más de las secciones de pared W_1, W_2, \dots, W_{N-1} comprenden independientemente uno o más canales de derivación para permitir el flujo de gas oxidante a través de un acceso directo de una pata L_x a su pata consecutiva L_{x+1} ; $1 \leq x \leq N-1$, desviándose así de una parte de la pata L_x y de una parte de la pata L_{x+1} .

Como N es un número entero impar de 3 o más, el fluido de refrigeración sale de la placa en un borde que es opuesto al borde donde el fluido de refrigeración entra en la placa. Por este hecho, se consigue un efecto de refrigeración optimizado, que se explica a continuación. El fluido de refrigeración con una baja temperatura y con una alta velocidad entra en la primera pata L_1 del canal de serpentina en el borde anterior de la placa. De este modo, el fluido de refrigeración todavía tiene una baja temperatura al llegar a la primera curva T_1 del canal de serpentina. Los canales de derivación que están libres de obstrucciones en todo momento reducen la velocidad del flujo del fluido de refrigeración, de manera que el fluido de refrigeración permanece durante un período de tiempo relativamente largo cerca de la primera curva T_1 para absorber suficiente calor con un buen efecto de refrigeración en esta región en la primera curva T_1 . Después de la primera curva T_1 , el fluido de refrigeración a alta temperatura fluye a la segunda curva T_2 , por ejemplo en el borde anterior, donde se produce otro intercambio de calor, porque la región en la segunda curva T_2 , cerca del borde anterior tiene una temperatura más baja que el fluido de refrigeración caliente. La temperatura reducida del fluido de refrigeración se utiliza después de otra curva T_2 para enfriar la región cercana al borde corriente abajo por segunda vez antes de abandonar la placa en el borde corriente abajo. En vez de tres patas con dos curvas, el canal de serpentina puede estar provisto de un mayor número de patas, sin embargo, el número es un número impar, para asegurar una salida del fluido de refrigeración en el borde corriente abajo opuesto al borde anterior, lo que implica un efecto de refrigeración óptimo en contraste con el caso, donde sale el fluido de refrigeración sale en el borde anterior después de un número par de patas.

30

35

40

45 Un ejemplo no limitativo de un escenario se describe a continuación por motivos de ilustración. Por ejemplo, en una celda de combustible de alta temperatura, el fluido de refrigeración entra en el canal de serpentina en el borde anterior con una temperatura de 20°C y se calienta a 180°C en la primera curva T_1 en la región del borde corriente abajo. Al regresar de nuevo a la región en el borde anterior, el flujo se reduce en la segunda curva T_2 con la velocidad de reducción de libre flujo mediante los canales de derivación, de tal manera que el calor se suministra a la región del borde anterior, con lo cual la temperatura del fluido de refrigeración se reduce a 160°C . Al llegar a la región en el borde corriente abajo, la temperatura del fluido de refrigeración se eleva otra vez a 180°C .

50

El cambio de dirección en una curva es de más de 90°, preferiblemente más de 120°, y más preferiblemente más de 150°, por ejemplo 180°.

5 En una realización especial, para la refrigeración aún más eficiente de la región del borde corriente abajo, se prevén uno o más canales adicionales en la región corriente abajo a través de la cual fluye el fluido de refrigeración relativamente frío para la absorción de calor. Estos uno o más canales adicionales se extienden desde un curva corriente abajo T_i , siendo i un entero impar, y al borde corriente abajo de la placa, donde el fluido de refrigeración sale de la placa. Estos canales adicionales son especialmente eficaces para la refrigeración, si estos canales adicionales se proporcionan en la primera curva T_1 , donde la temperatura del fluido de refrigeración es aún relativamente baja.

10 En una realización preferida, la placa de refrigeración, por ejemplo, en forma de una placa bipolar, tiene uno o más canales de derivación de sección de pared, W_x , situados en la parte media corriente abajo de la pata asociada L_x desviándose de una parte de la sección corriente abajo de la pata L_x y una parte de la sección anterior solamente de la pata L_{x+1} . Por lo tanto, sólo hay canales de derivación entre el lado corriente abajo de L_x y la sección anterior L_{x+1} , pero no hay canales de derivación entre la sección anterior de L_x y la sección corriente abajo de L_{x+1} . En otras palabras, la sección de pared $W1$ solamente tiene canales de derivación entre la sección corriente abajo de L_1 y la sección anterior de L_2 . En esta realización, no hay canales de derivación entre la sección anterior de L_1 y la sección corriente abajo de L_2 . Sin embargo, la sección de pared $W2$ tiene canales de derivación entre la sección corriente abajo de L_2 y la sección anterior de L_3 .

En otro aspecto, la presente invención se refiere al uso de una placa bipolar de acuerdo con la presente invención para el suministro de gas oxidante al lado del cátodo de una celda de combustible durante su funcionamiento.

20 En otro aspecto, la presente invención se refiere a la refrigeración combinada y al suministro de gas oxidante al lado del cátodo de una celda de combustible durante su funcionamiento.

En otro aspecto, la presente invención se refiere al uso de una placa de refrigeración según la presente invención para la refrigeración del lado del cátodo de una celda de combustible durante su funcionamiento.

25 En otro aspecto, la presente invención se refiere a un procedimiento para la fabricación de una placa bipolar y/o la placa de refrigeración según la invención.

En otro aspecto, la presente invención se refiere a una pila de celdas de combustible que comprende más de una placa bipolar de acuerdo con la presente invención y/o que comprende una o más placas de refrigeración de acuerdo con la presente invención.

30 En otro aspecto, la presente invención se refiere a un procedimiento para la producción de energía eléctrica y/o calor usando una pila de celdas de combustible de acuerdo con la presente invención.

En otro aspecto, la presente invención se refiere al uso de una pila de celdas de combustible de acuerdo con la presente invención como el sistema de energía de seguridad.

En otro aspecto, la presente invención se refiere al uso de la pila de celdas de combustible de acuerdo con la presente invención como sistema de generación de energía continua.

35 Otra invención se proporciona mediante placas de refrigeración o placas bipolares tal como se describe anteriormente, en las que los canales adicionales se mantienen, pero los canales de derivación se evitan. Dicha placa se describe como una placa de refrigeración para una celda de combustible con un equipo de refrigeración para proporcionar un flujo de un fluido refrigerante, y en la que

40 - dicho lado de refrigeración tiene canales de flujo para fluido refrigerante; dichos canales de flujo para fluido refrigerante comprenden una o más ranuras, representando, cada una, una trayectoria de serpentina, en la que

- cada trayectoria de serpentina comprende independientemente N patas consecutivas L_1, L_2, \dots, L_N , conectadas entre sí mediante $N-1$ secciones en curva consecutivas T_1, T_2, \dots, T_{N-1} , en la que

- N es un entero impar de 3 o más;

45 - cada pata L_1, L_2, \dots, L_{N-1} está separada a lo largo de su pata consecutiva L_2, L_3, \dots, L_N mediante una sección de pared W_1, W_2, \dots, W_{N-1} , en la que

- cada sección en curva representa un cambio de dirección de flujo del fluido refrigerante, en la que

- la primera sección en curva T_1 está conectada con el borde de la placa mediante uno o más canales adicionales para la liberación de parte del fluido de refrigeración a través de estos uno o más canales adicionales.

Descripción del Dibujo

5 La figura 1 es una vista en planta del diseño de las trayectorias de serpentina del lado del cátodo de una placa bipolar de acuerdo con la invención o el lado de refrigeración de una placa de refrigeración de acuerdo con la presente invención. La figura 1 muestra tres trayectorias de serpentina, que comprende cada una tres patas, dos secciones en curva y dos secciones de pared.

La figura 2 es una vista en planta de parte del lado del cátodo de una placa bipolar de acuerdo con la invención o el lado de refrigeración de una placa de refrigeración de acuerdo con la presente invención que muestra una sección en curva en forma de una ranura de tipo arco de 180° genuina.

10 La figura 3 es una vista en planta de parte del lado del cátodo de una placa bipolar de acuerdo con la invención o el lado de refrigeración de una placa de refrigeración de acuerdo con la presente invención que muestra una sección en curva en forma de una ranura que comprende dos curvas de 90° separadas por una corta pata de sección en curva, T_L .

15 La figura 4 es una vista en planta de parte del lado del cátodo de una placa bipolar de acuerdo con la invención o de parte del lado de refrigeración de una placa de refrigeración de acuerdo a la invención que muestra una serpentina que tiene tres patas en las que la última pata L_3 se divide en tres ramas.

La figura 5 muestra un diagrama de la pérdida de presión en un canal de serpentina único que comprende tres patas en relación a la velocidad del fluido en la sección de entrada de la primera pata en relación con una serpentina que no comprende canales de derivación en comparación con una serpentina que comprende canales de derivación de acuerdo con el ejemplo 1.

20 La figura 6 muestra un diseño alternativo de una placa de refrigeración o placa bipolar, donde los canales se proporcionan desde la curva corriente abajo y el borde corriente abajo para el refrigeración de la región corriente abajo cerca del borde corriente abajo.

25 La figura 7 a) muestra un primer principio de pila de celdas de combustible, cuando se utiliza una placa bipolar entre membranas electrolíticas; b) ilustra un segundo principio de pila de celdas de combustible, donde la placa del ánodo y la placa del cátodo se orientan una contra la otra con una sección de refrigeración entre la placa del ánodo y la placa del cátodo; c) ilustra un tercer principio de pila de celdas de combustible, cuando una placa de refrigeración se intercala entre una placa del cátodo y una placa del ánodo, y la refrigeración se proporciona en el volumen entre la placa de refrigeración y la placa del ánodo y en el volumen entre la placa de refrigeración y la placa del cátodo.

30 Las figuras anteriores 1 a 4 se han de interpretar de tal manera que el interior de cada canal de derivación 16 está en conexión fluida con el interior de las dos patas de la serpentina entre las que están colocado el canal de derivación.

Descripción detallada de la invención**La placa bipolar de acuerdo con la presente invención**

35 La figura 1 muestra una placa de refrigeración, por ejemplo, una placa bipolar, de acuerdo con la invención. Tal como se ha mencionado, es un aspecto de la invención proporcionar una placa bipolar para su uso en una pila de celdas de combustible. La placa bipolar de acuerdo con la presente invención, debido a su diseño específico del lado del cátodo, proporciona un suministro eficiente de gas oxidante desde una fuente externa en el lado del cátodo de cada placa bipolar a través de un colector de entrada con una considerable reducción del consumo de energía de la bomba necesaria para realizar esta tarea.

40 La placa bipolar de acuerdo con el primer aspecto de la presente invención comprende un lado del ánodo y un lado del cátodo, en la que

- dicho lado del cátodo tiene canales de flujo para gas oxidante; dichos canales de flujo para gas oxidante comprenden una o más ranuras 12, cada una representando una trayectoria de serpentina 14, en la que

- cada trayectoria de serpentina comprende de forma independiente N patas consecutivas L_1, L_2, \dots, L_N conectadas entre sí mediante N-1 secciones en curva consecutivas, T_1, T_2, \dots, T_{N-1} , en la que

45 - cada pata L_1, L_2, \dots, L_{N-1} está separada a lo largo de su pata consecutiva L_2, L_3, \dots, L_N mediante una sección de pared, W_1, W_2, \dots, W_{N-1} , en la que

- cada sección en curva representa un cambio de 180° de la dirección de flujo de gas oxidante, en la que

- N es un entero impar, de 3 o más;

en la que una o más de las secciones de pared W_1, W_2, \dots, W_{N-1} comprende independientemente uno o más canales de derivación 16 para permitir que el gas oxidante fluya a través de un acceso directo desde una pata L_x a su pata consecutiva L_{x+1} , $1 \leq x \leq N-1$, desviándose así de una parte de la pata L_x y una parte de la pata L_{x+1} .

5 Debido al diseño específico de los canales de flujo de gas oxidante en el lado del cátodo de la placa bipolar en forma de ranuras en forma de serpentina que comprende canales de derivación, un suministro adecuado de gas oxidante en todo el lado del cátodo de la placa bipolar está garantizado con un consumo de energía considerablemente menor que la bomba necesaria para bombear el gas oxidante desde una fuente exterior al lado del cátodo de la placa bipolar a través de un colector de entrada de la pila de celdas de combustible. La razón para el menor consumo de energía de la bomba es que los canales de derivación de las ranuras en forma de serpentina proporcionan una caída de presión menor a través del lado del cátodo de la placa bipolar, en comparación con una placa bipolar que no tiene un diseño como el de acuerdo con la presente invención.

10 Además, se ha encontrado que la presencia de los canales de derivación en la placa bipolar de acuerdo con la presente invención proporciona un efecto de refrigeración del lado del cátodo de la placa bipolar cuya magnitud es más sorprendente y que no se puede contabilizar en la única explicación de una caída de presión reducida en los canales de flujo. La naturaleza de este efecto de refrigeración no se entiende claramente, pero se cree que los canales de derivación crean zonas de turbulencia que aumentan la transferencia de calor cerca de cada extremo (o curva de 180°). Así, la energía térmica se transfiere de manera eficiente desde un extremo de la placa al otro extremo usando la capacidad calorífica del fluido. Esto permite una significativa mejor distribución de la temperatura sobre la placa, y en consecuencia, un mejor efecto de refrigeración. Debido a los efectos combinados de refrigeración y reducción de la caída de presión de la placa bipolar de acuerdo con la presente invención, el diseño específico de la placa que tiene flujos de serpentina que comprende canales de derivación es también aplicable a placas de refrigeración para pilas de celda de combustible.

20 En la presente descripción y en las reivindicaciones adjuntas una forma de serpentina se define como una figura geométrica compuesta por tres o más patas consecutivas orientadas esencialmente en la misma dirección, en donde cada pata está conectada a la pata consecutiva con una curva de 180° .

25 En la presente descripción y en las reivindicaciones adjuntas se entiende que cuando se refiere a la pata de serpentina L_1 y L_N , L_1 es siempre la pata anterior, es decir, la pata de la serpentina en la que entra el gas oxidante en la célula de combustible, mientras que L_N es siempre la pata corriente abajo, es decir, la pata de la serpentina de la que sale el gas a la celda de combustible oxidante.

30 En una realización preferida según la presente invención, el lado del cátodo de la placa bipolar de acuerdo con la presente invención comprende 5-20 trayectorias de serpentina 14, tal como 6-18 trayectorias de serpentina, por ejemplo, 8-16 trayectorias de serpentina, tal como 9-15 trayectorias de serpentina, por ejemplo 10-14 trayectorias de serpentina, como por ejemplo, 11, 12 ó 13 trayectorias de serpentina.

35 En una realización preferida de la placa bipolar de acuerdo con la presente invención, una o más de las secciones de pared W_1, W_2, \dots, W_{N-1} cada una independientemente comprende de 1 a 15 canales de derivación, por ejemplo, 2 a 14 canales de derivación, tal como 3 a 13 canales de derivación, por ejemplo, 4 a 12 canales de derivación, tal como de 5 a 11 canales de derivación, por ejemplo 6 a 10 canales de derivación, por ejemplo, 7, 8 ó 9 canales de derivación. Esta pluralidad de canales de derivación proporcionan una reducción efectiva en la caída de presión y así permiten un suministro de energía más eficiente de gas oxidante al lado del cátodo de la celda de combustible.

40 Además, se cree que esa pluralidad de canales de derivación proporcionan una turbulencia eficiente del flujo de gas oxidante que fluye en la serpentina que ayuda en la refrigeración de la parte del cátodo de la celda de combustible.

45 En otra realización preferida de la placa bipolar de acuerdo con la presente invención, uno o más canales de derivación de la sección de pared, W_x , están situados en la parte media corriente abajo de la pata asociada L_x desviándose así de una parte de la sección corriente abajo de la pata L_x y una parte de la sección anterior de la pata L_{x+1} . Este diseño de la serpentina y de los canales asociados ha demostrado ser el más eficiente. Por ejemplo, uno o más canales de derivación de la sección de pared, W_x , están situados en el tercio corriente abajo de la pata asociada L_x , desviándose así de una parte de la sección corriente abajo de la pata L_x y una parte de la sección anterior de la pata L_{x+1} . Por lo tanto, sólo hay canales de derivación entre el lado corriente abajo de L_x y la sección anterior de L_{x+1} , pero no hay canales de derivación entre la sección anterior de L_x y la sección corriente abajo de L_{x+1} . En otras palabras, por una serpentina con tres patas, L_1, L_2, L_3 , la sección de pared W_1 sólo tiene canales de derivación entre la sección corriente abajo de L_1 y la sección anterior de L_2 y no hay canales de derivación entre la sección anterior de L_1 y la sección corriente abajo de L_2 . Sin embargo, la sección de pared W_2 tiene canales de derivación entre la sección corriente abajo de L_2 y la sección anterior de L_3 . Este principio es fácilmente extensible a serpentinatas con más de tres patas.

55 En una realización de la placa bipolar de acuerdo con la presente invención, una o más de las secciones en curva representan un cambio de 180° genuino de la dirección del flujo en forma de una ranura de tipo de arco de 180° , tal

como una ranura que tiene una forma de medio círculo. Esta realización se muestra en la parte en la figura 2. La figura 2 muestra dos patas de serpentina conectadas a través de un cambio de dirección del flujo genuino de 180° en forma de una ranura de tipo arco de 180° 18 que tiene una forma de medio círculo.

5 En otra realización de la placa bipolar de acuerdo con la presente invención, una o más secciones en curva representan dos cambios esencialmente de 90° 20 en la dirección de flujo, cada uno separado por una pata de sección esencialmente recta TL, para representar colectivamente un cambio de 180° de la dirección de flujo. Esta realización se muestra en la parte en la figura 3. La figura 3 muestra dos patas de serpentina conectadas a través de un cambio de 180° de la dirección del flujo en forma de dos cambios esencialmente de 90° 20a, 20b en la dirección de flujo.

10 En una realización preferida, la pata de la sección en curva TL tiene una longitud de no más del 20% de la longitud de cualquiera de las patas L_1, L_2, \dots, L_{N-1} de la serpentina.

15 En una realización preferida de la placa bipolar de acuerdo con la presente invención, cada trayectoria de serpentina tiene 3 patas L_1, L_2 y L_3 , 2 secciones de pared, W_1, W_2 y dos secciones en curva, T_1 y T_2 . Además, en este diseño de la trayectoria de serpentina de la placa bipolar de la presente invención, se prefiere que la primera sección de pared W_1 comprenda canales de derivación situados en la parte media corriente abajo de L_1 y en la que la segunda sección de pared W_2 comprenda canales de derivación situados en la parte media corriente abajo de L_2 , y en la que la segunda sección de pared W_2 comprenda canales de derivación situados en la parte media corriente abajo de L_2 . En una realización aún más preferida de este diseño de la serpentina de la placa bipolar de la presente invención, la primera sección de pared W_1 comprende 10 canales de derivación situados en la parte media corriente abajo de L_1 , la segunda sección de pared W_2 comprende 3 canales de derivación situados en la parte media anterior de L_2 , y la segunda sección de pared W_2 tiene 5 canales de derivación situados en la parte media corriente abajo de L_2 .

20 En una realización alternativa preferida de la placa bipolar de acuerdo con la presente invención, cada trayectoria de serpentina tiene 5 patas L_1, L_2, L_3, L_4 y L_5 , 4 secciones de pared, W_1, W_2, W_3 y W_4 y cuatro secciones en curva, T_1, T_2, T_3 y T_4 .

25 Se ha encontrado que el número de canales de derivación influye en la pérdida de carga, en la distribución de la temperatura y en la distribución del oxidante. En general, la caída de presión se reduce cuando el número de canales de derivación es mayor. Sin embargo, la variación de la temperatura y del oxidante a través del campo de flujo se incrementa, poniendo un límite para el número y el tamaño de los canales de derivación.

Cada pata de cada trayectoria de serpentina puede ser de forma independiente más o menos curvada o puede ser esencialmente recta o incluso puede ser en línea recta.

30 Se prefiere que ninguna de las trayectorias de serpentina del lado del cátodo de la placa bipolar de acuerdo con la presente invención quede "enredada" en cualquier otra trayectoria de serpentina del lado del cátodo de la placa bipolar. Mediante el término "no enredada" tal como se utiliza en la presente descripción y en las reivindicaciones adjuntas se entiende que la trayectoria de serpentina de cada uno de los lados del cátodo de la placa bipolar de acuerdo con la presente invención ocupa un área de la superficie del cátodo de dicha placa que se complementaria con el área de la superficie del cátodo de la placa bipolar ocupada por cualquiera de las otras trayectorias de serpentina.

35 En una realización de la placa bipolar de acuerdo con la presente invención, la última pata LN de una o más de los trayectorias de serpentina en una posición que corresponde a la parte corriente abajo de dicha pata se divide en dos o más ramas 22, cada una de las cuales se extiende hasta el borde de dicha placa bipolar. Este diseño proporciona una reducción aún mayor de la pérdida de presión a través de las trayectorias de serpentina, y por lo tanto, proporciona una mejor energía economía de en términos de energía necesaria para proporcionar el gas oxidante a la parte del cátodo de la placa bipolar. Esta realización se muestra respecto a una sola trayectoria de serpentina en la figura 4. La figura 4 muestra una trayectoria de serpentina de una placa 10, dicha trayectoria de serpentina comprende tres patas, L_1, L_2 y L_3 , en la que L_3 se divide en tres ramas en su extremo inmediatamente antes de la intersección con el borde de la placa.

45 Las dimensiones de cada pata L_1, L_2, \dots, L_N de cada trayectoria de serpentina pueden elegirse arbitrariamente. Sin embargo, en una realización de la placa bipolar de acuerdo con la presente invención, el área de la sección transversal de cada pata L_1, L_2, \dots, L_N de una o más de las trayectorias de serpentina son esenciales iguales.

En otra realización de la placa bipolar de acuerdo con la presente invención, la anchura de cada pata L_1, L_2, \dots, L_N de una o más de las trayectorias de serpentina son esencialmente iguales.

50 En otra realización de la placa bipolar de acuerdo con la presente invención, la relación entre el área de la sección transversal de cualquiera de los canales de derivación 16 en el área de la sección transversal de cualquiera de las patas L_1, L_2, \dots, L_N , de forma independiente es de 0,1 a 1, tal como 0,2 a 0,9, tal como 0,3 a 0,8, por ejemplo, 0,4 a 0,7, tal como 0,5 ó 0,6.

Los canales de derivación presentes en una o más de las secciones de pared W_1, W_2, \dots, W_{N-1} pueden estar representadas en cualquier patrón adecuado. Es preferible agrupar dos o más canales de derivación en uno o más grupos distintos de canales de derivación. En esta realización se prefiere que la separación entre los distintos canales de derivación en cada grupo sea de 1 a 8, tal como de 2 a 7, por ejemplo, de 3 a 6, tal como 4 ó 5 veces la anchura de las patas L_1, L_2, \dots, L_N .

En una realización muy especial y preferida de la placa bipolar de acuerdo con la presente invención, el lado del cátodo de la placa bipolar comprende 9 trayectorias de serpentina, en donde cada trayectoria de serpentina tiene 3 patas L_1, L_2 y L_3 , 2 secciones de pared, W_1, W_2 y dos secciones en curva, T_1 y T_2 , en donde la primera sección de pared W_1 comprende 10 canales de derivación situados en la parte media corriente abajo de L_1 y en donde la segunda sección de pared W_2 comprende 3 canales de derivación situados en la parte media anterior de L_2 , y en donde la segunda sección de pared W_2 tiene 5 canales de derivación situados en la parte media corriente abajo de L_2 . En esta realización, se prefiere que la última pata L_N de una o más de las trayectorias de serpentina en una posición que corresponde a la parte corriente abajo de dicha pata se divida en dos o más ramas 22, cada una de las cuales se extiende hasta el borde de dicha placa bipolar.

La placa bipolar de acuerdo con la presente invención se adapta para ser adecuada para su uso en una celda de combustible de alta temperatura.

La placa de refrigeración de acuerdo con la presente invención

En un segundo aspecto, la presente invención proporciona una placa de refrigeración para su uso en una celda de combustible. La placa de refrigeración de acuerdo con la presente invención, debido al diseño específico de su lado de refrigeración, proporciona un suministro eficiente de fluido refrigerante desde una fuente exterior en su lado de refrigeración a través de un colector de entrada con una reducción considerable del consumo de energía de la bomba necesaria para realizar esta tarea.

Tal como se ilustra en la figura 1, la placa de refrigeración de acuerdo con el primer aspecto de la presente invención comprende un lado de refrigeración, en la que

- dicho lado de refrigeración tiene canales de flujo para fluido refrigerante; dichos canales de flujo de fluido refrigerante comprenden una o más ranuras 12, cada una representando un trayectoria de serpentina 14, en la que

- cada trayectoria de serpentina de forma independiente comprende N patas consecutivas L_1, L_2, \dots, L_N , conectadas entre sí mediante N-1 secciones en curva consecutivas, T_1, T_2, \dots, T_{N-1} , en la que

- cada pata L_1, L_2, \dots, L_{N-1} está separada a lo largo de su pata consecutiva L_2, L_3, \dots, L_N por una sección de pared, W_1, W_2, \dots, W_{N-1} , en la que

- cada sección en curva representa un cambio, por ejemplo un cambio de 180° , de la dirección del flujo del fluido refrigerante, en la que

- N es un entero impar, de 3 o más;

en la que una o más de las secciones de pared W_1, W_2, \dots, W_{N-1} comprende de forma independiente uno o más canales de derivación 16 para permitir que el fluido refrigerante fluya a través de un acceso directo desde una pata L_x su pata consecutiva L_{x+1} , $1 \leq x \leq N-1$, desviándose así de parte de la pata L_x y de parte de la pata L_{x+1} .

Debido al diseño específico de los canales de flujo para el fluido refrigerante en el lado de refrigeración de la placa de refrigeración en forma de ranuras en forma de serpentina que comprende canales de derivación, un suministro adecuado de fluido refrigerante en todo el lado de refrigeración de la placa de refrigeración está asegurado con un consumo de energía considerablemente menor de la bomba necesaria para bombear el fluido refrigerante desde una fuente externa al lado de refrigeración de la placa de refrigeración a través de un colector de entrada de la celda de combustible. La razón para el menor consumo de energía de la bomba es que los canales de derivación de las ranuras en forma de serpentina proporcionan una caída de presión menor a través del lado de refrigeración de la placa de refrigeración, en comparación con una placa de refrigeración que no tiene un diseño como el de acuerdo con la presente invención.

Tal como se describe más arriba en relación con los canales de derivación de las trayectorias de serpentina de la placa bipolar, los canales de derivación proporcionan un efecto de refrigeración sorprendentemente grande. El mismo efecto se aplica en relación con la trayectoria de serpentina de una placa de refrigeración de acuerdo con la presente invención.

En la presente descripción y en las reivindicaciones adjuntas debe entenderse que cuando se refiere a la pata de serpentina L_1 y L_N , L_1 es siempre la pata anterior, es decir, la pata de la serpentina en la que el fluido refrigerante entra

en la celda de combustible, mientras que L_N es siempre la pata corriente abajo, es decir, la pata de serpentina de la cual sale el fluido refrigerante de la celda de combustible.

En una realización preferida según la presente invención, el lado de refrigeración de la placa de refrigeración según la presente invención comprende de 5 a 20 trayectorias de serpentina 14, tal como de 6 a 18 trayectorias de serpentina, por ejemplo, de 8 a 16 trayectorias de serpentina, tal como de 9 a 15 trayectorias de serpentina, por ejemplo de 10 a 14 trayectorias de serpentina, tal como por ejemplo, 11, 12 ó 13 trayectorias de serpentina.

En una realización preferida de la placa de refrigeración de acuerdo con la presente invención, una o más de las secciones de pared W_1, W_2, \dots, W_{N-1} comprende cada una independientemente de 1 a 15 canales de derivación, por ejemplo, de 2 a 14 canales de derivación, tal como de 3 a 13 canales de derivación, por ejemplo, de 4 a 12 canales de derivación, tal como, de 5 a 11 canales de derivación, por ejemplo de 6 a 10 canales de derivación, por ejemplo, 7, 8 ó 9 canales de derivación. Estos números de canales de derivación proporcionan una reducción efectiva en la caída de presión, y por lo tanto permiten un suministro de energía más eficiente de fluido refrigerante en el lado de refrigeración de la placa de refrigeración de la celda de combustible. Además, estos números de canales de derivación prevén turbulencias eficientes del flujo de fluido refrigerante que fluye en la serpentina que también ayuda a una refrigeración eficiente.

En otra realización preferida de la placa de refrigeración de acuerdo con la presente invención, uno o más de los canales de derivación de la sección de pared, W_x , están situados en la parte media corriente abajo de la pata asociada L_x desviándose así de una parte de la sección corriente abajo de la pata L_x y de una parte de la sección anterior de la pata L_{x+1} . Este diseño de la serpentina y de los canales de derivación asociados ha demostrado ser el más eficiente. Es más preferible que uno o más de los canales de derivación de la sección de pared, W_x , esté colocado a un tercio después de la pata asociada L_x , desviándose así de una parte de la sección corriente abajo de la pata L_x y de una parte de la sección anterior de la pata L_{x+1} .

En una realización de la placa de refrigeración de acuerdo con la presente invención, una o varias de las secciones en curva representan un cambio de 180° genuino de la dirección del flujo en forma de una ranura de tipo de arco de 180° , tal como una ranura que tiene una forma de medio círculo. Esta realización se muestra en parte en la figura 2. La figura 2 muestra dos patas de serpentina conectadas a través de un genuino cambio de 180° de la dirección del flujo en forma de una ranura de tipo de arco de 180° 18 que tiene forma de medio círculo.

En otra realización de la placa de refrigeración de acuerdo con la presente invención, una o varias secciones en curva representan dos cambios esencialmente en 90° 20 en la dirección de flujo, cada una separada por una pata de sección esencialmente recta TL, con el fin de representar colectivamente cambio de dirección del flujo de 180° . Esta realización se muestra en parte en la figura 3. La figura 3 muestra dos patas de serpentina conectadas a través de un cambio de 180° de la dirección del flujo en forma de dos cambios esencialmente de 90° 20a, 20b en la dirección de flujo.

En una realización preferida, la pata de sección en curva TL tiene una longitud no mayor del 20% de la longitud de cualquiera de las patas L_1, L_2, \dots, L_{N-1} de la serpentina.

En una realización preferida de la placa de refrigeración de acuerdo con la presente invención, cada trayectoria de serpentina tiene 3 patas L_1, L_2 y L_3 , 2 secciones de pared, W_1, W_2 y dos secciones en curva, T_1 y T_2 . Además, en este diseño de la trayectoria de serpentina de la placa de refrigeración de la presente invención, se prefiere que la primera sección de pared W_1 comprenda canales de derivación situados en la parte media corriente abajo de L_1 y en donde la segunda sección de pared W_2 comprende canales de derivación situados en la parte media anterior de L_2 , y en donde la segunda sección de pared W_2 comprende canales de derivación situados en la parte media corriente abajo de L_2 . En una realización aún más preferida de este diseño de la serpentina de la placa de refrigeración de la presente invención, la primera sección de pared W_1 comprende 10 canales de derivación situados en la parte media corriente abajo de L_1 , la segunda sección de pared W_2 comprende 3 canales de derivación situados en la parte media anterior de L_2 , y la segunda sección de pared W_2 tiene 5 canales de derivación situados en la parte media corriente abajo de L_2 .

En una realización alternativa preferida de la placa de refrigeración de acuerdo con la presente invención, cada trayectoria de serpentina tiene 5 patas L_1, L_2, L_3, L_4 y L_5 , 4 secciones de pared, W_1, W_2, W_3 y W_4 y cuatro secciones en curva, T_1, T_2, T_3 y T_4 .

Se ha encontrado que el número de canales de derivación influye en la pérdida de carga, en la distribución de la temperatura y en la distribución del fluido refrigerante. En general, la caída de presión se reduce cuando el número de canales de derivación es mayor. Sin embargo, la variación y la temperatura del refrigerante a través del campo de flujo se incrementa, poniendo un límite para el número y el tamaño de los canales de derivación.

Cada pata de cada trayectoria de serpentina de forma independiente puede ser más o menos curvada o puede ser esencialmente recta o incluso puede ser en línea recta.

Se prefiere que ninguna de los trayectorias de serpentina del lado de refrigeración de la placa de refrigeración de

5 acuerdo con la presente invención esté “enredada” en cualquier otra trayectoria de serpentina del lado de refrigeración de la placa de refrigeración. Mediante el término “no enredado” tal como se utiliza en la presente descripción y en las reivindicaciones adjuntas se entiende que la trayectoria de serpentina de cada placa de refrigeración de acuerdo con la presente invención ocupa un área de superficie de refrigeración de dicha placa que es complementaria con el área de la superficie de refrigeración de dicha placa de refrigeración ocupada por cualquiera de las otras trayectorias de serpentina.

10 En una realización de la placa de refrigeración de acuerdo con la presente invención, la última pata L_N de una o más de los trayectorias de serpentina en una posición que corresponde a la parte corriente abajo de dicha pata se divide en dos o más ramas 22, cada una de las cuales se extiende hasta el borde de dicha placa de refrigeración. Este diseño proporciona una reducción incluso mayor de la pérdida de presión a través de las trayectorias de serpentina y, por lo tanto, proporciona una mayor economía de energía en términos de la energía necesaria para el suministro del fluido refrigerante al lado de refrigeración de la placa de refrigeración. Esta realización se muestra respecto a una sola trayectoria de serpentina en la figura 4. La figura 4 muestra una trayectoria de serpentina de una placa 10, dicha trayectoria de serpentina comprende tres patas, L_1 , L_2 y L_3 , donde L_3 se divide en tres ramas en su extremo inmediatamente antes de la intersección con el borde de la placa.

15 Las dimensiones de cada pata L_1 , L_2 , ... L_N de cada trayectoria de serpentina puede elegirse arbitrariamente. Sin embargo, en una realización de la placa de refrigeración según la presente invención, el área de la sección transversal de cada pata L_1 , L_2 , ... L_N de una o más de las trayectorias de serpentina son esencialmente iguales.

20 En otra realización de la placa de refrigeración según la presente invención, la anchura de cada pata L_1 , L_2 , ... L_N de una o más de las trayectorias de serpentina son esencialmente iguales.

En otra realización de la placa de refrigeración según la presente invención, la relación entre el área de la sección transversal de cualquiera de los canales de derivación 16 en el área de la sección transversal de una cualquiera de las patas L_1 , L_2 , ... L_N de forma independiente es de 0,1 a 1, tal como de 0,2 a 0,9, tal como de 0,3 a 0,8, por ejemplo, de 0,4 a 0,7, tal como de 0,5 ó 0,6.

25 Los canales de derivación presentes en una o más de las secciones de pared W_1 , W_2 , ... W_{N-1} pueden estar representados en cualquier patrón adecuado. Es preferible agrupar dos o más canales de derivación en uno o más grupos distintos de canales de derivación. En esta realización se prefiere que la separación entre los distintos canales de derivación en cada grupo sea de 1 a 8, tal como de 2 a 7, por ejemplo, de 3 a 6, tal como 4 ó 5 veces la anchura de las patas L_1 , L_2 , ... L_N .

30 En una realización muy especial y preferida de la placa de refrigeración de acuerdo con la presente invención, el lado de refrigeración de la placa de refrigeración comprende 9 trayectorias de serpentina, en donde cada trayectoria de serpentina tiene 3 patas L_1 , L_2 y L_3 , 2 secciones de pared, W_1 , W_2 y dos secciones en curva, T_1 y T_2 , en donde la primera sección de pared W_1 comprende 10 canales de derivación situados en la parte media corriente abajo de L_1 y en donde la segunda sección de pared W_2 comprende 3 canales de derivación situados en la parte media anterior de L_2 , y en donde la segunda sección de pared W_2 tiene 5 canales de derivación situados en la parte media corriente abajo de L_2 . En esta realización, se prefiere que el último tramo L_N de una o más de las trayectorias de serpentina en una posición que corresponde a la parte corriente abajo de dicha pata esté dividida en dos o más ramas 22, cada una de los cuales se extiende hasta el borde de la placa de refrigeración.

40 La placa de refrigeración de acuerdo con la presente invención está adaptada para ser adecuada para su uso en una celda de combustible de alta temperatura.

Usos de una placa bipolar o una placa de refrigeración de acuerdo con la presente invención

En un tercer aspecto, la presente invención se refiere al uso de una placa bipolar de acuerdo con la presente invención para el suministro de gas oxidante en el lado del cátodo de una celda de combustible durante su funcionamiento.

45 En un cuarto aspecto, la presente invención se refiere a la refrigeración combinada y al suministro de gas oxidante al lado del cátodo de una celda de combustible durante su funcionamiento. Este efecto combinado de refrigeración y suministro de gas oxidante al lado del cátodo de la celda de combustible se consigue mediante la incorporación en la celda de combustible de una placa bipolar de acuerdo con la presente invención y suministrando al lado del cátodo de la placa bipolar a través de las trayectorias de serpentina más gas oxidante del que es necesario de acuerdo con la cantidad estequiométrica de gas hidrógeno asociado con la reacción en el lado del ánodo de la placa bipolar.

50 En un quinto aspecto, la presente invención se refiere al uso de una placa de refrigeración según la presente invención para la refrigeración del lado del cátodo de una celda de combustible durante su funcionamiento. En este aspecto de la presente invención se prefiere utilizar un fluido de refrigeración en forma de un líquido, tal como agua, alcoholes o aceites o en forma de un gas o una mezcla de gases, tal como aire atmosférico, oxígeno, nitrógeno, metano, gas reformado u otros gases, preferentemente gases inertes.

El procedimiento de fabricación de la placa bipolar o la placa de refrigeración de acuerdo con la presente invención

5 La placa bipolar y la placa de refrigeración según la presente invención pueden ser de cualquier material adecuado. Es una característica esencial que el material de la placa bipolar y de la placa de refrigeración sea conductor eléctrico y que sea resistente a la corrosión. Un material adecuado se puede seleccionar del grupo que comprende: grafito, polvo de grafito que comprende un ligando, un metal, un metal que comprende un recubrimiento resistente a la corrosión, una aleación, una aleación que comprende un recubrimiento resistente a la corrosión, una mezcla de elastómero eléctricamente conductor, un material cerámico eléctricamente conductor.

10 En un sexto aspecto, la invención se refiere a un procedimiento para la fabricación de una placa bipolar y/o la placa de refrigeración según la invención.

15 La placa bipolar y la placa de refrigeración de acuerdo con la presente invención pueden fabricarse mediante técnicas conocidas que son convencionales en la técnica. En una realización preferida de acuerdo con el procedimiento para la preparación de una placa bipolar o la placa de refrigeración de acuerdo con la presente invención, la placa bipolar/placa de refrigeración se produce mediante las siguientes etapas:

i) proporcionar un material que tiene dimensiones que al menos corresponden al diseño deseado de la placa bipolar/placa de refrigeración;

ii) proporcionar los detalles del diseño deseado mediante el molido del material excesivo, por ejemplo, en una fresadora CNC;

20 iii) opcionalmente recubrir la placa con una capa resistente a la corrosión.

En otra realización preferida de acuerdo con el procedimiento para la preparación de una placa bipolar o una placa de refrigeración de acuerdo con la presente invención, la placa bipolar o la placa de refrigeración se produce mediante las siguientes etapas:

i) suministrar un material adecuado para el moldeo y/o la fundición;

25 ii) fundir el material en el diseño deseado de la placa bipolar/placa de refrigeración;

iii) opcionalmente recubrir la placa con una capa resistente a la corrosión.

La celda de combustible de acuerdo con la presente invención

30 En un séptimo aspecto, la presente invención se refiere a una pila de celdas de combustible que comprende más de una placa bipolar de acuerdo con la presente invención y/o comprende una o más placas de refrigeración de acuerdo con la presente invención. Una persona experta en la materia sabrá cómo montar y hacer funcionar una pila de celdas de combustible.

La pila de celdas de combustible es una pila de celdas de combustible de alta temperatura.

Un procedimiento para la producción de energía eléctrica y/o calor mediante una celda de combustible de acuerdo con la presente invención

35 En un octavo aspecto, la presente invención se refiere a un procedimiento para la producción de energía eléctrica y/o calor mediante una celda de combustible de acuerdo con la presente invención.

Usos una celda de combustible de acuerdo con la presente invención

En un noveno aspecto, la invención se refiere al uso de una pila de celdas de combustible de acuerdo con la presente invención como sistema de energía de seguridad.

40 En un décimo aspecto, la invención se refiere al uso de la pila de celdas de combustible de acuerdo con la presente invención como un sistema de generación de energía continua.

Ejemplo 1

45 Este ejemplo ilustra la diferencia entre una placa que tiene una trayectoria de serpentina que comprende canales de derivación y una placa similar sin canales de derivación en relación al consumo de energía para suministrar un flujo de oxidante a través de la serpentina. La placa tenía en cada caso una trayectoria de serpentina que comprende tres patas, L_1 , L_2 y L_3 y dos secciones de pared W_1 y W_2 . Las dimensiones del canal de L_1 , L_2 y L_3 eran de 1,5 mm de

anchura y 1,8 mm de altura. Respecto a la trayectoria de serpentina que comprende canales de derivación, la primera sección de pared W_1 comprende 10 canales de derivación situados en la parte media corriente abajo de L_1 , la segunda sección de pared W_2 comprende tres canales de derivación situados en la tercera parte anterior de L_2 , y la segunda sección de pared W_2 también comprende cinco canales de derivación situados después de la tercera parte de L_2 .

5 El gas oxidante se suministró a cada una de las dos placas. La velocidad del gas oxidante se calculó a 20°C. La energía térmica de entrada de la celda fue controlada de modo que la temperatura de salida era de 180°C con una carga que se extienden hasta 0,7 A/cm² dando una tensión de celda de 0,45 V. El área activa que cubre el canal es de aproximadamente 5 cm².

10 La figura 5 muestra un diagrama de la pérdida de presión en un solo canal de serpentina que comprende tres patas respecto a la velocidad del fluido en la sección de entrada de la primera pata en relación con una serpentina que no comprende ningún canal de derivación comparada con una serpentina que comprende los canales de derivación.

15 Como la pérdida de presión a través del canal de derivación se ha reducido en un factor de 4, tal como se muestra en el gráfico, así es el consumo teórico de energía. Para sistemas prácticos, esto significa que la pérdida de potencia parásita con canales de derivación se puede reducir al menos al 2% de la salida de la pila de celdas de combustible a plena carga.

20 La figura 6 ilustra una realización alternativa para una placa bipolar o placa de refrigeración de acuerdo con la invención. Por motivos de ilustración, se muestran tres patrones de canal de serpentina diferentes que se extienden desde un borde anterior 44 de la placa, donde entra el fluido de refrigeración, a un borde corriente abajo opuesto 42 de la placa 10, donde sale el fluido de refrigeración. Típicamente, sólo uno de los patrones será utilizado de forma repetida sobre un lado o los dos lados de la placa. El primer patrón del canal 14a y el segundo patrón del canal 14b tiene una curva T_1 cuadrada con dos curvas de 90 grados, mientras que la tercera curva T_1' es un medio círculo.

25 El segundo patrón de canal 14b está provisto de canales de salida adicionales 40 que se extienden desde una o más secciones en curva T_i hasta el borde corriente abajo 42 con el fin de refrigerar la región 48 en el borde corriente abajo 42. Sólo una parte determinada del fluido de refrigeración sale del canal 14b a través de los canales de salida adicionales, que depende de las dimensiones de los canales de salida adicionales en relación al canal de serpentina 14b y a los canales de derivación 16.

30 El flujo del fluido de refrigeración, típicamente gas, se explica a continuación. La refrigeración con un fluido de baja temperatura entra en la primera pata L_1 del canal de serpentina 14b en el borde anterior 44 con una alta velocidad. De este modo, el fluido de refrigeración todavía tiene una baja temperatura cuando alcanza la primera curva T_1 del canal de serpentina 14b. Los canales de derivación 16 reducen la velocidad del flujo del fluido de refrigeración de manera que el fluido de refrigeración se mantiene relativamente mucho tiempo cerca del borde corriente abajo 42 para absorber calor substancial con un buen efecto de refrigeración en la región 48 en el borde corriente abajo 42.

35 Un ejemplo no limitativo de un escenario se describe a continuación por motivos de ilustración. Por ejemplo, el fluido de refrigeración entra en el canal de serpentina 14b en el borde anterior 44 a una temperatura de 20°C y se calienta a 180°C en la primera curva T_1 en la región 48 en el borde corriente abajo 42. Al regresar de nuevo a la región 46 en el borde anterior 44, el flujo se reduce en la segunda curva T_2 con los canales de derivación de reducción de la velocidad 16, de manera que se suministra calor a la región 46 del borde anterior 44, mediante lo cual la temperatura del fluido de refrigeración se reduce a 160°C. Al llegar a la región 48 en el borde corriente abajo 42, la temperatura del fluido de refrigeración es más elevada que 180°C. Con el fin de refrigerar la región 48 en el borde corriente abajo 42, se prevén canales adicionales 40 en la región corriente abajo 48 a través de los cuales fluye el fluido de refrigeración relativamente frío para la absorción de calor. Estos canales 40 son especialmente eficaces para la refrigeración, si estos canales adicionales 40 se proporcionan en la primera curva T_1 , donde la temperatura del fluido de refrigeración es aún relativamente baja.

45 La figura 7a muestra una primera configuración de parte de una pila de celdas de combustible. La configuración comprende una placa bipolar 10 con un lado del ánodo 28 en el que se proporciona el flujo de hidrógeno para donar protones a la membrana electrolítica 30 y con un lado del cátodo 26 en el cual el oxígeno o aire u otros fluidos fluyen para aceptar protones desde la membrana 30. El fluido del cátodo, por ejemplo oxígeno o aire, se utiliza como medio de refrigeración para la refrigeración de la placa bipolar. El lado del cátodo de la placa bipolar está provisto de un patrón de canales de serpentina tal como se describe anteriormente.

50 La figura 7b muestra una realización alternativa, en donde una placa de cátodo 34 con un lado del cátodo 26 se combina con una placa de ánodo 36 con un lado del ánodo 28 y con el fluido de refrigeración 32, por ejemplo, gas o líquido en un espacio 32 entre las dos placas. En el espacio 32, la placa del cátodo 34 o la placa del ánodo 36 están provistas de un patrón de canales de serpentina tal como se describe anteriormente para la refrigeración eficiente del fluido de refrigeración.

La figura 7c es otra alternativa, donde una placa de cátodo 34 y una placa de ánodo 36 rodean una placa de refrigeración 38 de manera que se proporcionan dos espacios de refrigeración 32, un volumen de refrigeración entre la placa de refrigeración 38 y la placa del cátodo 34 y otro volumen de refrigeración entre la placa de refrigeración 38 y la placa del ánodo 36. La placa de refrigeración 38 está provista de un patrón de canales de serpentina tal como se describe anteriormente en sus dos lados.

5

REIVINDICACIONES

1. Celda de combustible con una placa de refrigeración (10) que tiene un lado de refrigeración para proporcionar un flujo de un fluido refrigerante;
- 5 - dicho lado de refrigeración tiene canales de flujo para fluido refrigerante; dichos canales de flujo para fluido refrigerante comprenden una o más ranuras (12), cada una representando una trayectoria de serpentina (14), en la que
- cada trayectoria de serpentina de forma independiente comprende N patas consecutivas L_1, L_2, \dots, L_N , conectadas entre sí mediante N-1 secciones en curva consecutivas, T_1, T_2, \dots, T_{N-1} , en la que
- cada pata L_1, L_2, \dots, L_{N-1} está separada a lo largo de su pata consecutiva L_2, L_3, \dots, L_N mediante una sección de pared, W_1, W_2, \dots, W_{N-1} , en la que
- 10 - cada sección en curva representa un cambio de dirección del flujo del fluido refrigerante;
- una o varias secciones de pared W_1, W_2, \dots, W_{N-1} de forma independiente comprenden uno o más canales de derivación para permitir que el fluido refrigerante fluya a través de un acceso directo de una pata L_x a su pata consecutiva L_{x+1} , $1 \leq x \leq N-1$, desviándose así de una parte de la pata L_x y de una parte de la pata L_{x+1} ,
- los canales de derivación están libres de obstrucciones y N es un número entero impar de tres o más,
- 15 **caracterizada porque** la celda de combustible es una celda de combustible de alta temperatura.
2. Celda de combustible según la reivindicación 1, en la que el cambio de dirección de flujo es una curva de 180° .
3. Celda de combustible según la reivindicación 1 ó 2, en la que el lado de refrigeración comprende de 5 a 20 trayectorias de serpentina (14), tal como 6 a 18 trayectorias de serpentina, por ejemplo, 8 a 16 trayectorias de serpentina, tal como 9 a 15 trayectorias de serpentina, por ejemplo 10 a 14 trayectorias de serpentina, por ejemplo, 11, 12 ó 13 trayectorias serpentina.
- 20 4. Celda de combustible según cualquier reivindicación anterior, en la que una o varias de las secciones de pared W_1, W_2, \dots, W_{N-1} cada una independientemente comprende 1 a 15 canales de derivación, tal como 2 a 14 por canales de derivación, tal como 3 a 13 canales de derivación, por ejemplo, 4 a 12 canales de derivación, tal como 5 a 11 canales de derivación, por ejemplo, 6 a 10 canales de derivación, por ejemplo, 7, 8 ó 9 canales de derivación.
- 25 5. Celda de combustible según cualquier reivindicación anterior, en la que uno o más de los canales de derivación de la sección de pared, W_x , está situado en la parte media corriente abajo de la pata asociada L_x desviándose de una parte de la sección corriente abajo de la pata L_x y una parte de la sección anterior solamente de la pata L_{x+1} , en la que no se prevén canales de derivación entre la parte media anterior de la pata L_x y la parte media corriente abajo de la sección de L_{x+1} .
- 30 6. Celda de combustible según cualquier reivindicación anterior, en la que una o más de las secciones en curva representa un cambio de 180° en la dirección del flujo en forma de una ranura de tipo arco de 180° , tal como una ranura que tiene una forma de medio círculo.
- 35 7. Celda de combustible según cualquier reivindicación anterior, en la que una o más de las secciones en curva representa dos cambios esencialmente de 90° (20) en la dirección del flujo, cada uno separado por una sección en curva de pata esencialmente recta TL, para representar colectivamente un cambio de dirección del flujo de 180° .
8. Celda de combustible según la reivindicación 7, en la que a su vez la sección en curva de la pata TL tiene una longitud de no mayor del 20% de la longitud de cualquiera de las patas L_1, L_2, \dots, L_{N-1} .
9. Celda de combustible según cualquier reivindicación anterior, en la que cada trayectoria de serpentina tiene 3 patas L_1, L_2 y L_3 , 2 secciones de pared, W_1, W_2 y dos secciones en curva, T_1 y T_2 .
- 40 10. Celda de combustible según la reivindicación 9, en la que la primera sección de pared W_1 comprende canales de derivación situados en la parte media corriente abajo de L_1 y en la que la segunda sección de pared W_2 comprende canales de derivación situados en la parte media anterior de L_2 , y en la que la sección de pared W_2 comprende canales de derivación situados en la parte media corriente abajo de L_2 .
- 45 11. Celda de combustible según la reivindicación 9, en la que la primera sección de pared W_1 comprende 10 canales de derivación situados en la parte media corriente abajo de L_1 y en la que la segunda sección de pared W_2 comprende tres canales de derivación colocados en la parte media anterior de L_2 , y en la que la segunda sección de pared W_2 tiene 5 canales de derivación situados en la parte media corriente abajo de L_2 .

12. Celda de combustible según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 8, en la que cada ruta de serpentina tiene 5 patas L_1, L_2, L_3, L_4 y L_5 , 4 secciones de pared, W_1, W_2, W_3 y W_4 y cuatro secciones en curva, T_1, T_2, T_3 y T_4 .
13. Celda de combustible según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en la que una o más de dichas patas L_1, L_2, \dots, L_N son esencialmente patas rectas.
- 5 14. Celda de combustible según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en la que una o más de dichas patas L_1, L_2, \dots, L_N son curvadas.
15. Celda de combustible según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en la que las trayectorias de serpentina están separadas entre sí de tal manera que ninguna trayectoria de serpentina está enredada en otra trayectoria de serpentina.
- 10 16. Celda de combustible según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en la que la última pata L_N de uno o más de las trayectorias de serpentina en una posición que corresponde a la parte corriente abajo de dicha pata se divide en dos o más ramas (22), cada una de las cuales se extiende hasta el borde de dicha placa de refrigeración.
17. Celda de combustible según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en la que el área de la sección transversal de cada pata L_1, L_2, \dots, L_N de una o más de las trayectorias de serpentina son esencialmente iguales.
- 15 18. Celda de combustible según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en la que la anchura de cada pata L_1, L_2, \dots, L_N de una o más de las trayectorias de serpentina son esencialmente iguales.
19. Celda de combustible según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en la que la relación entre el área de la sección transversal de cualquiera de los canales de derivación (16) y el área de la sección transversal de alguna de las patas L_1, L_2, \dots, L_N , de forma independiente es de 0,1 a 1, tal como de 0,2 a 0,9, tal como de 0,3 a 0,8, por ejemplo, de 0,4 a 0,7, tal como de 0,5 ó 0,6.
- 20 20. Celda de combustible según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que comprende uno o más grupos distintos de canales de derivación, en la que la separación entre cada uno de los canales de derivación en cada grupo es de 1 a 8, tal como de 2 a 7, por ejemplo, de 3 a 6, tal como 4 ó 5 veces la anchura de las patas L_1, L_2, \dots, L_N .
- 25 21. Celda de combustible según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en la que la placa de refrigeración es para una celda de combustible PEM o una celda de combustible SOFC.
22. Celda de combustible según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en la que la placa está fabricada de un material seleccionado del grupo que comprende: grafito, grafito en polvo que comprende un aglutinante, un metal, un metal que comprende un revestimiento resistente a la corrosión, una aleación, un aleación que comprende un revestimiento resistente a la corrosión, una mezcla de elastómero eléctricamente conductor, y un material cerámico eléctricamente conductor.
- 30 23. Celda de combustible según cualquier reivindicación anterior, en la que la placa de refrigeración es una placa bipolar con un lado del ánodo para combustible de hidrógeno y un lado del cátodo con canales para gas oxidante, en la que el lado del cátodo es el lado de refrigeración y el fluido de refrigeración es el gas oxidante.

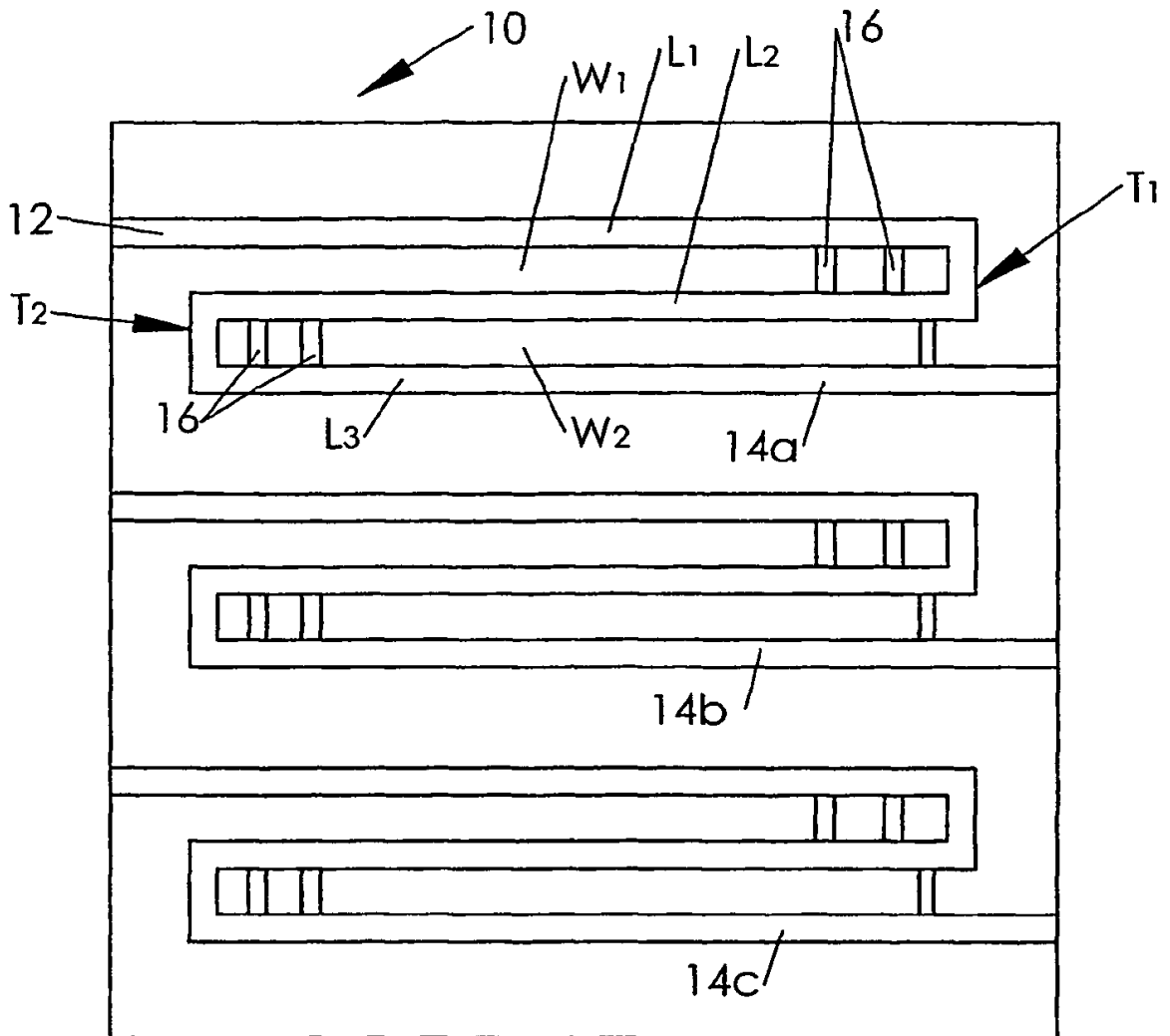


FIG 1

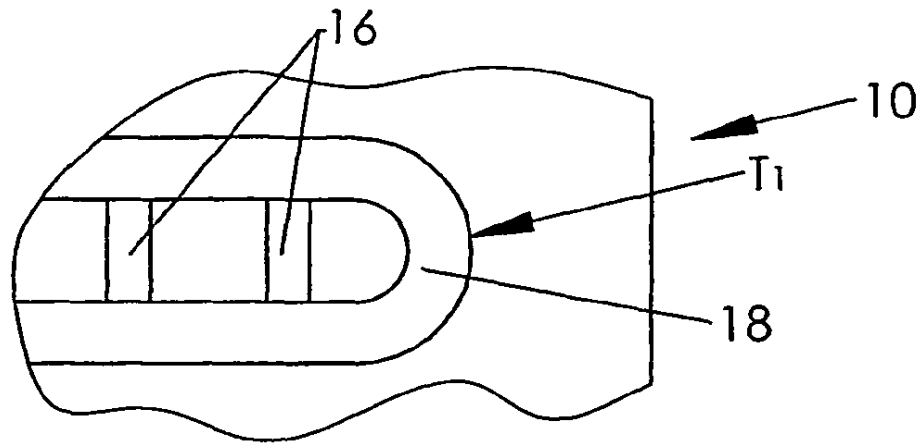


FIG 2

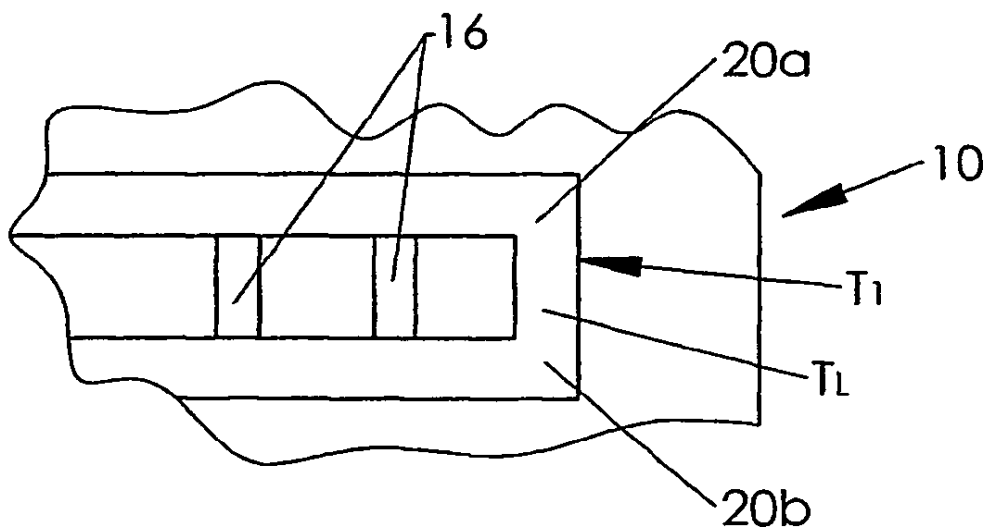


FIG 3

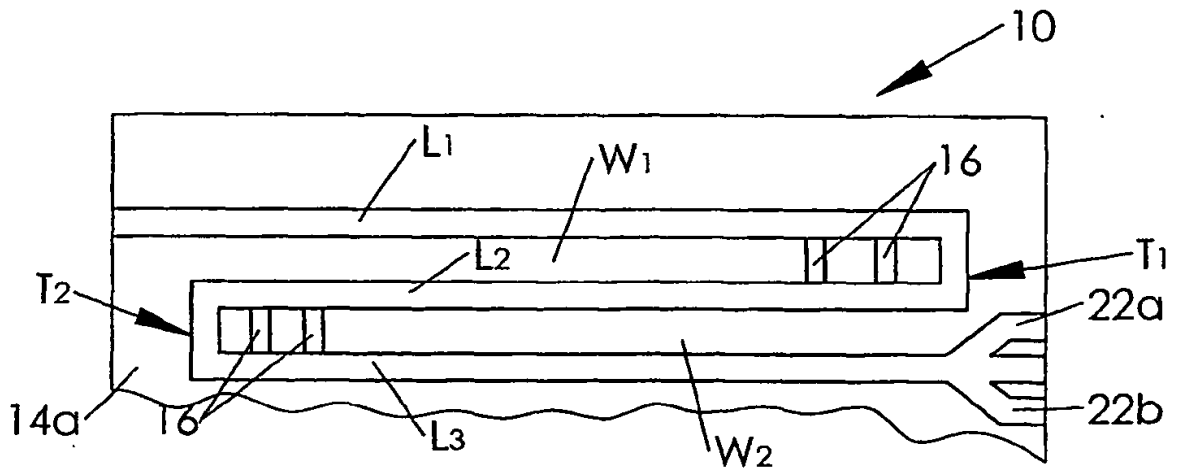


FIG 4

Pérdida de presión en el campo de flujo

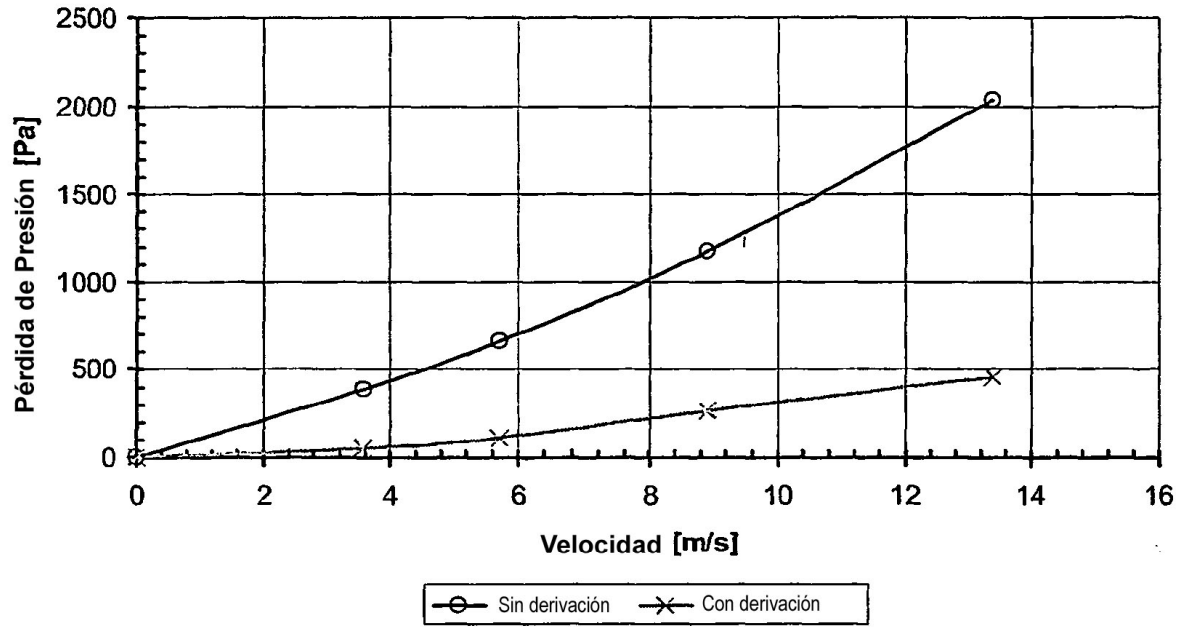
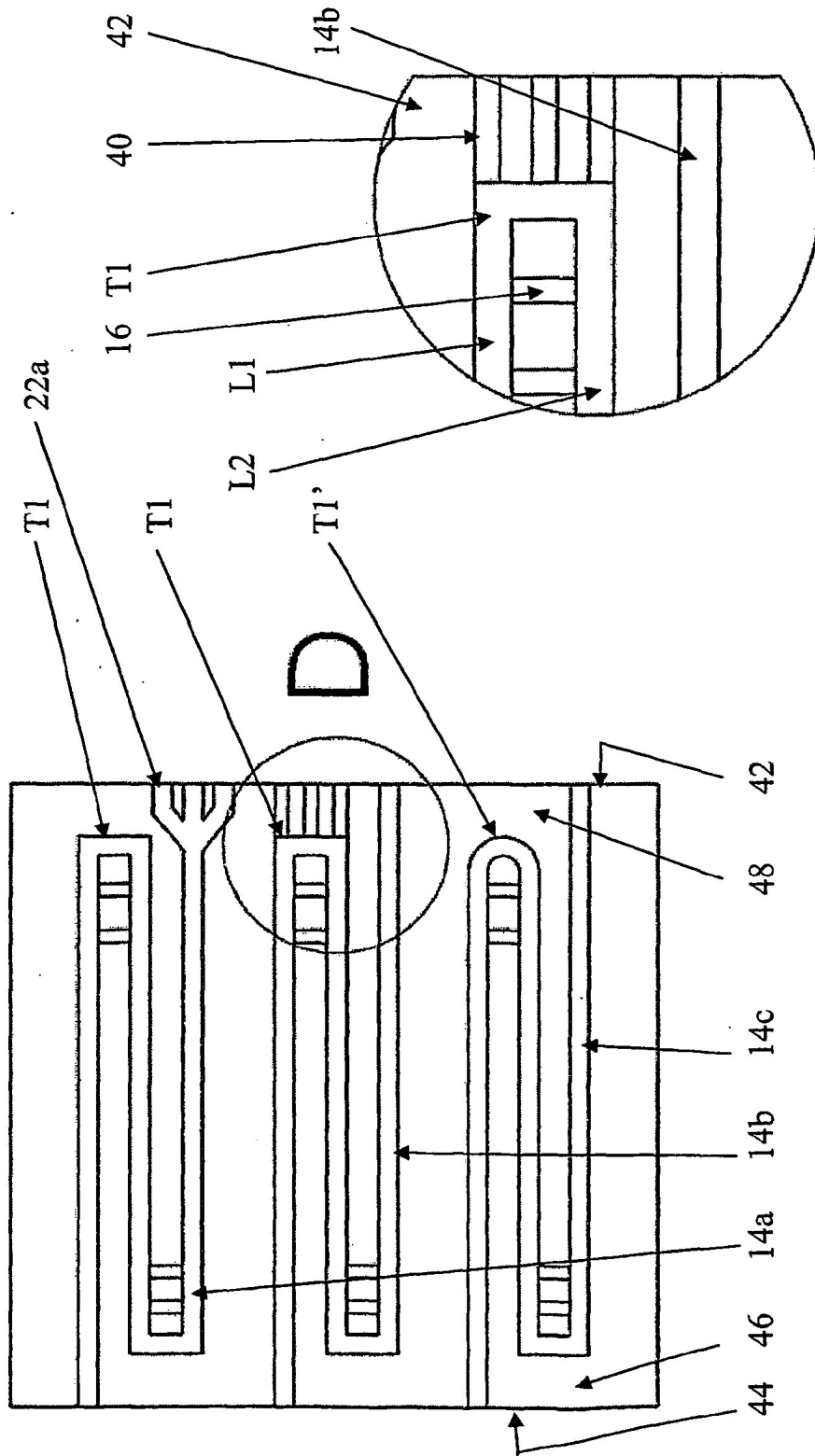


Fig. 5



DETAILED

FIG. 6

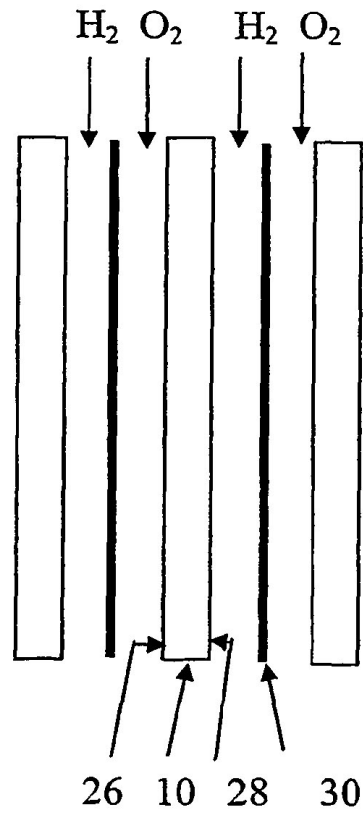


FIG. 7a

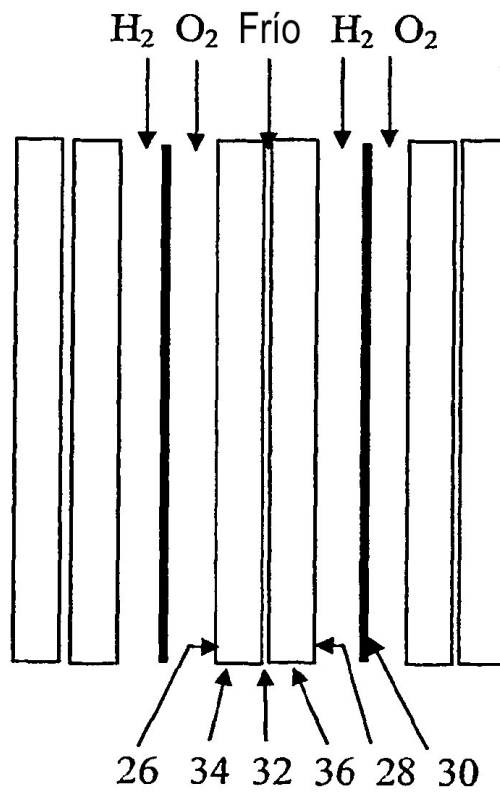


FIG. 7b

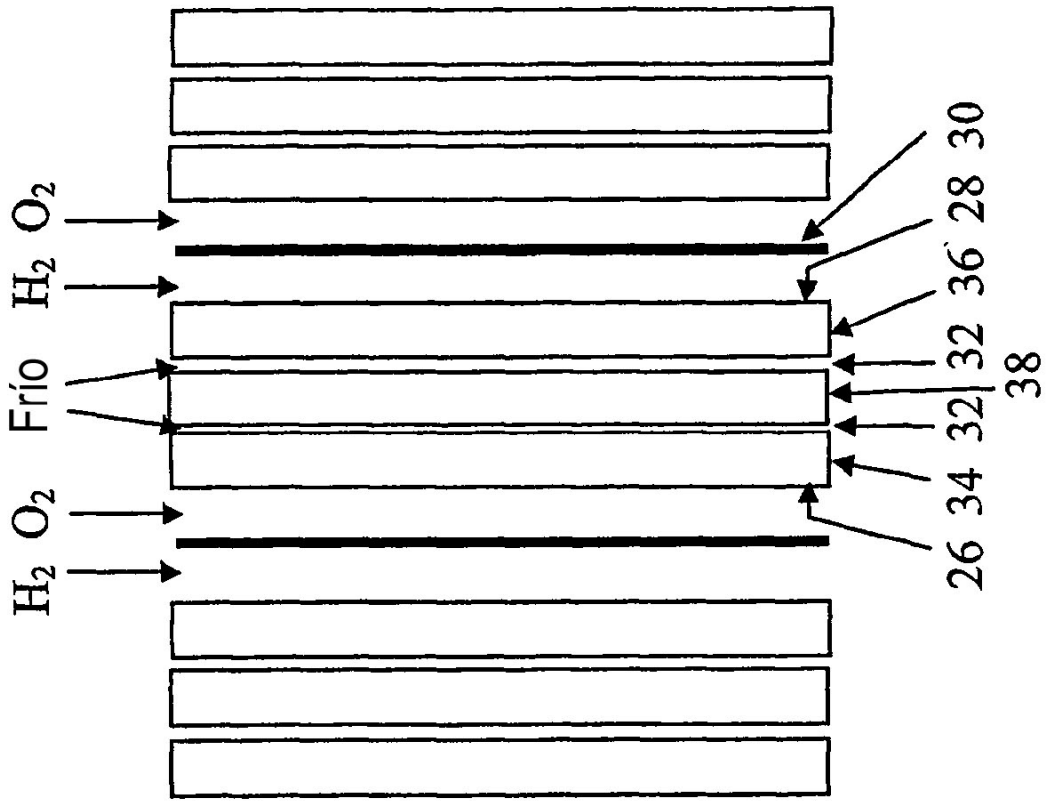


FIG. 7c