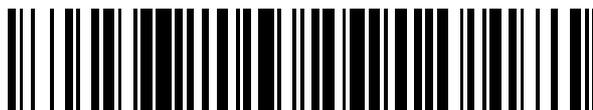


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 598 131**

51 Int. Cl.:

H01M 8/02 (2006.01)

H01M 8/04 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **28.06.2005 PCT/EP2005/006951**

87 Fecha y número de publicación internacional: **12.01.2006 WO06002871**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **28.06.2005 E 05755523 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **10.08.2016 EP 1766711**

54 Título: **Dispositivo de refrigeración para células de combustible de membrana**

30 Prioridad:

30.06.2004 IT MI20041314

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

25.01.2017

73 Titular/es:

NUVERA FUEL CELLS EUROPE S.R.L. (100.0%)

Via XXV Aprile 2

20097 S. Donato Milanese, IT

72 Inventor/es:

TORO, ANTONINO

74 Agente/Representante:

VALLEJO LÓPEZ, Juan Pedro

ES 2 598 131 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

Dispositivo de refrigeración para células de combustible de membrana

5 **Campo de la invención**

La invención se refiere a un dispositivo de refrigeración para pilas de células de combustible de membrana.

10 **Antecedentes de la invención**

10 Las células de combustible son dispositivos conocidos desde hace mucho tiempo para la conversión directa de la energía química de la combinación de un combustible tal como hidrógeno y un oxidante tal como aire, en energía eléctrica. Las células de combustible no están sujetas, por tanto, a la limitación conocida del ciclo de Carnot y por lo tanto se caracterizan por tener una eficiencia particularmente alta comparadas con los dispositivos convencionales para producir energía eléctrica, en los que está presente un paso térmico intermedio.

15 Entre los diversos tipos conocidos, la célula de combustible de membrana de intercambio iónico se ha ganado una atención especial por su capacidad para responder a las rápidas demandas de energía y por la simplicidad de los medios auxiliares requeridos, particularmente en aplicaciones de automoción y para la generación de pequeña energía estacionaria para uso doméstico o para pequeñas comunidades.

20 La célula de combustible de membrana (de aquí en adelante definida en pocas palabras con el acrónimo PEMFC, por sus siglas en inglés Proton Exchange Membrane Fuel Cell) consiste en una unidad electroquímica que comprende una membrana ionomérica, ya sea de tipo perfluorado como se conoce en la técnica y como se comercializa por ejemplo por DuPont, EE.UU., bajo la marca Nafion[®] o de tipo hidrocarburo basado en monómeros que se derivan de estructuras poliméricas tales como poliestireno, polieteretercetonas y similares, en cuyas caras se aplican dos electrodos, ánodo y cátodo, en forma de películas porosas que contienen catalizadores adecuados (la unidad electroquímica electrodo-membrana se define de aquí en adelante con el acrónimo CCM, por sus siglas en inglés Catalyst-Coated Membrane). Las superficies exteriores del electrodo están en contacto a su vez con capas conductoras porosas, conocidas como capas de difusión, adecuadas para establecer una distribución homogénea de los reactivos, por ejemplo hidrógeno y aire. El conjunto general resultante de la CCM asociada a las capas de difusión (de aquí en adelante definidas con el acrónimo MEA, por sus siglas en inglés Membrane-Electrode Assembly) se inserta entre dos estructuras conductoras planas provistas de una porosidad mayor que la de las capas de difusión, destinadas a garantizar tanto la distribución uniforme de la corriente eléctrica como el suministro de reactivo a las capas de difusión: en la técnica, este tipo de estructuras se conocen como colectores. El MEA y los colectores pertinentes, junto con juntas de estanqueidad adecuadas, se meten por último entre un par de placas bipolares, que consisten en dos hojas conformadas adecuadamente, impermeables a los reactivos y conductoras de la electricidad. El combustible y el oxidante se suministran a través de aberturas obtenidas en las placas bipolares y se distribuyen, respectivamente al ánodo y el cátodo a través de los colectores y de las capas de difusión relativas.

30 El combustible, por ejemplo hidrógeno, se oxida, generando protones y electrones. Los protones migran a través de la membrana ionomérica participando en la reducción del oxígeno contenido en el aire con la formación de agua. Los electrones requeridos para la reacción de reducción del oxígeno vienen desde el ánodo a través del circuito de carga eléctrica externo. La eficiencia de conversión de la energía química de la reacción en energía eléctrica, aunque es sustancialmente mayor que la de los generadores convencionales, está en gran parte por debajo del 100 %: la parte de energía química no convertida en energía eléctrica se disipa en forma de energía térmica que debe extraerse mediante un dispositivo de refrigeración adecuado para mantener la temperatura interna de la PEMFC normalmente aproximadamente entre 60-100 °C. El dispositivo de refrigeración preferentemente es de tipo de aire forzado para sistemas eléctricos pequeños y de tipo de circulación de agua desmineralizada o de fluido diatérmico (de aquí en adelante denominado como refrigerante) para sistemas eléctricos mayores, que requieren la mayor compacidad posible. En este último caso, la refrigeración normalmente se efectúa haciendo que el refrigerante fluya a lo largo de al menos una de las placas bipolares. Puesto que la tensión eléctrica de una única PEMFC bajo carga es modesta, del orden de 0,7-0,8 voltios, los altos voltajes normalmente requeridos por los sistemas de carga se obtienen montando en bloques una multiplicidad de PEMFC individuales intercaladas con los dispositivos de refrigeración (de aquí en adelante pilas, como se conocen comúnmente en la técnica).

55 La figura 1 representa una sección longitudinal de una posible realización de la pila de PEMFC de acuerdo con la técnica anterior divulgada en la solicitud de patente italiana M12003A001972, en la que (1) identifica los conjuntos de MEA que contienen cada una las capas de difusión (7) y las unidades de CCM que consisten en las membranas ionoméricas (2), los ánodos (3) y los cátodos (4) en forma de películas porosas delgadas que contienen los catalizadores en contacto con las caras de la membrana, los colectores (5), las placas bipolares (6), selladas periféricamente mediante juntas (8), los dispositivos de refrigeración (9) cada uno suministrado con refrigerante y delimitado por dos placas bipolares adyacentes (6), selladas periféricamente mediante juntas (10) y que contienen un elemento conductor poroso elástico plano (11) que mantiene la continuidad eléctrica longitudinal. La pila comprende, además, dos placas (12) de material conductor eléctrico para conectar la pila al circuito de carga eléctrica externo, cada una en contacto con las placas bipolares terminales a través de un elemento conductor (13) equivalente a los elementos (11) y selladas periféricamente mediante una junta (14), dos placas terminales (15) de

baja flexibilidad que mantienen la multiplicidad de las células de combustible y de los dispositivos de refrigeración, asegurando una resistencia de contacto eléctrico baja por medio de tirantes (16) provistos opcionalmente de muelles (no mostrados en la figura) para compensar las dilataciones térmicas/contracciones de los distintos componentes. Los tirantes (16) se distribuyen en un número adecuado a lo largo de los perímetros de las placas (15), de las placas bipolares (6), las placas (12) y las juntas (8), (10) y (14). La pila incluye por último una lámina (17) de material no conductor para el aislamiento eléctrico de las placas (15) de la pila, y de las conexiones (18), situado en una de las dos placas (15) para poner la pila en comunicación con los circuitos externos para alimentar el combustible gaseoso y el oxidante, por ejemplo hidrógeno y aire, para extraer los productos de escape y el agua producida, y para inyectar y extraer el refrigerante. El combustible y el oxidante se alimentan respectivamente a los ánodos y a los cátodos por medio de canales de distribución obtenidos, por ejemplo, en el espesor de las juntas (8) y conectados a colectores longitudinales formados en la pila mediante la laminación de aberturas adecuadas realizadas en los diferentes componentes. La inyección del refrigerante en los dispositivos (9) y la descarga del mismo, así como la extracción de la mezcla de los productos de escape y del agua producida se llevan a cabo del mismo modo. Un elemento crítico que caracteriza a esta y a otros tipos de realizaciones de pila y de dispositivo de refrigeración como se ha descrito en la técnica anterior es la pobre homogeneidad de la extracción de calor de la superficie activa de célula de combustible, particularmente en las condiciones de una mayor producción de energía eléctrica. De hecho, en caso de que la extracción de calor sea insuficiente incluso solo de la parte de la superficie activa, el consecuente aumento de temperatura, aunque localizado, causa una deshidratación progresiva de la membrana que conduce a la caída de la conductividad de protones con el consiguiente empeoramiento de los rendimientos.

Descripción de la invención

La presente invención está dirigida a resolver los problemas de la homogeneidad de refrigeración de las células de combustible de la técnica anterior citada anteriormente por medio de una modificación del elemento plano poroso incluido en el dispositivo de refrigeración.

En particular, en una primera realización de la invención, el elemento plano poroso está provisto de secciones lineales de material impermeable al paso de fluido dispuesto para guiar el refrigerante a lo largo de trayectorias predeterminadas.

En una segunda realización, las secciones lineales de material impermeable tienen forma de segmentos rectos.

En una tercera realización, las secciones lineales de guía del agua de refrigeración o del fluido diatérmico tienen el mismo espaciamiento entre sí y se distribuyen de forma homogénea sobre la superficie del elemento poroso plano.

En una cuarta realización las secciones lineales están espaciadas entre sí de manera diferente y se distribuyen de forma no homogénea sobre la superficie del elemento poroso plano.

En una quinta realización las secciones lineales de guía están dispuestas de manera que solo una parte de la superficie del elemento poroso plano esté afectada por el flujo del refrigerante.

En una sexta realización el material impermeable de las secciones lineales de guía es un material elástico.

En una séptima realización las secciones lineales de material impermeable y elástico se aplican al elemento poroso como líquido, que consiste en un monómero o en una mezcla de co-monómeros o de un oligómero, que se somete a una polimerización posterior bajo la acción de un iniciador químico o de oxígeno atmosférico o mediante irradiación con una fuente de radiación adecuada, como se conoce en la técnica.

En una última realización, el material impermeable de las secciones lineales de guía consiste en un material muy rígido introducido dentro del espesor del elemento poroso plano.

Breve descripción de los dibujos

La invención se describirá mejor con la ayuda de dibujos como se indica de aquí en adelante:

- La figura 1, es un croquis de una sección longitudinal de una posible realización de pila, que comprende una multiplicidad de células de combustible y de dispositivos de refrigeración intercalados entre las mismas.
- La figura 2, es una vista frontal simplificada de un elemento poroso plano de un dispositivo de refrigeración en una realización particularmente simple de la técnica anterior, provisto de una única entrada y una única salida de refrigerante situadas en los extremos de una diagonal. La distribución del flujo se indica mediante flechas, como en las figuras siguientes.
- La figura 3, es una vista frontal simplificada de un elemento plano poroso en una realización de la técnica anterior de diseño constructivo más complejo caracterizado por la presencia de dos entradas y dos salidas de refrigerante situadas en los extremos de las dos diagonales.
- La figura 4, es una vista frontal simplificada de un elemento plano poroso provisto de secciones lineales de guía de acuerdo con la invención y provisto de dos entradas y dos salidas de refrigerante situadas en los extremos de

las dos diagonales.

- La figura 5, es una vista frontal simplificada de una realización adicional de las secciones lineales de acuerdo con la invención en la que el elemento plano poroso está provisto de una única entrada y una única salida de refrigerante situadas en los extremos de una diagonal.
- 5 - La figura 6, es una vista frontal simplificada de una modificación del elemento plano poroso de la figura 5, en la que la única entrada y la única salida de refrigerante se sitúan en los extremos opuestos del mismo lado.
- La figura 7, es una vista frontal simplificada de una modificación adicional del elemento plano poroso de la figura 5, en la que parte de la porción inferior de la superficie no está afectada por el flujo del refrigerante.
- 10 - La figura 8, es una vista frontal simplificada de una realización adicional del elemento plano poroso de la figura 6 en la que las secciones lineales de guía lineales están espaciadas de manera diferente en las distintas porciones de la superficie.
- La figura 9, es una sección del elemento plano poroso de la figura 5 a lo largo de la línea A-A en el caso de que las secciones lineales de guía estén hechas de material elástico impermeable.
- 15 - La figura 10, es una sección del elemento plano poroso de la figura 5 a lo largo de la línea A-A en el caso de que las secciones lineales de guía estén hechas de material rígido impermeable.
- La figura 11, es una tendencia cualitativa de la temperatura interna de una célula de combustible provista de un dispositivo de refrigeración que comprende un elemento plano poroso como se conoce en la técnica (A, C) o un elemento plano poroso provisto de secciones lineales de guía de acuerdo con la invención (B).

20 Descripción detallada de los dibujos

La figura 2 representa una vista frontal simplificada del elemento conductor poroso elástico plano (11) de la técnica anterior insertado en cada dispositivo de refrigeración, que en una realización más simple está provisto de una única entrada (19) y una única salida (20') dispuestas aproximadamente en los extremos de una diagonal: las flechas (21) indican la distribución del flujo del agua de refrigeración o del fluido diatérmico como se puede determinar mediante modelos hidrodinámicos apropiados que hacen uso de los líquidos coloreados como trazadores. Las flechas muestran claramente que existen zonas (22) con flujo prácticamente estancado en las que la eficiencia de refrigeración se ve seriamente comprometida. Por lo tanto, en las zonas (22), la temperatura local de las células de combustible adyacentes puede aumentar hasta valores incompatibles con el correcto funcionamiento de las membranas, que están sujetas a la deshidratación progresiva y a la pérdida consecuente de la conductividad de protones requerida.

La figura 3 muestra otra realización más compleja de la distribución de refrigerante de la técnica anterior; en este caso el dispositivo de refrigeración está provisto de dos entradas (19, 19') y de dos salidas (20, 20') situadas en los extremos de las dos diagonales. Esta realización, que implica una cierta complicación constructiva, mejora ciertamente la extracción del calor generado por el funcionamiento de la célula de combustible, sin alcanzar sin embargo una completa homogeneidad: el estudio llevado a cabo en modelos hidrodinámicos indica de hecho que todavía existen zonas (22) de circulación modesta del refrigerante, aunque menos extensas que las de la realización de la figura 2, o incluso de estancamiento del refrigerante. También en esta figura la distribución del flujo se indica mediante las flechas (21).

La figura 4 muestra una primera realización de la invención dirigida a superar el problema de la falta de homogeneidad incontrolada de la extracción de calor en las células de combustible: en particular, el elemento poroso plano del dispositivo de refrigeración está provisto de secciones lineales (23) que permiten guiar el flujo de refrigerante de una manera predeterminada. Las flechas (21) resumen los resultados de los estudios sobre la distribución de fluido llevados a cabo en los modelos hidrodinámicos que permitieron excluir sustancialmente la presencia de zonas de estancamiento macroscópicas.

La figura 5 es un croquis de una realización adicional de la invención útil en el caso de dispositivos de refrigeración provistos de una única entrada (19') y de una única salida (20) situadas en los extremos de una diagonal: los números de referencia son los mismos de la figura 4 para los elementos correspondientes.

La figura 6 muestra una modificación del elemento plano de la figura 5 dirigido a permitir su instalación en dispositivos de refrigeración en los que la única entrada (19') y la única salida (29) están situadas en el mismo lado.

Las realizaciones anteriores muestran cómo la invención puede practicarse fácilmente con diferentes tipos de diseño del dispositivo de refrigeración. Tal capacidad de adaptación también permite realizar elementos planos porosos como el mostrado en la figura 7, en los que una parte predeterminada (24) de la superficie no es accesible al flujo de refrigerante. El objetivo de esta realización es establecer una región de mayor temperatura predeterminada en las células de combustible adyacentes, que pueden ser muy productivas si tal región está en la zona de la descarga de aire de escape muy húmedo: un aumento adecuado de la temperatura en esta región ayuda a prevenir la condensación de agua con los consiguientes problemas de inundación del electrodo y de obstrucción de la salida del colector. Por otro lado, el aumento de la temperatura se controla estrictamente dimensionando adecuadamente la región del elemento plano poroso no atravesado por el agua, por lo que, con seguridad, no se alcanza una condición de deshidratación de la membrana.

En cualquier caso, también puede obtenerse un resultado equivalente con la realización de la figura 8, en la que la situación de menor extracción de calor con el consiguiente aumento de la temperatura local en las células de combustible adyacentes se obtiene variando la distancia mutua entre las diferentes secciones lineales: en el caso ilustrado la mayor separación de las secciones lineales en la región próxima a la salida determina una velocidad lineal inferior con disminución en el coeficiente de intercambio térmico, a la que corresponde un aumento de temperatura en la misma región de las células de combustible adyacentes.

La figura 9 representa una vista lateral del elemento plano de la invención de la figura 5 de acuerdo con la línea A-A: los números de referencia (25) y (26) indican el cuerpo de las secciones lineales (23) y las partes salientes correspondientes de las dos superficies del elemento plano poroso (11), respectivamente. Esta realización de las secciones lineales requiere que el material de las secciones sea elástico además de ser impermeable: en tal caso, durante el montaje de la célula de combustible, la parte saliente (26) se comprime y experimenta una deformación dentro de la masa porosa del elemento plano que termina teniendo la mayor parte de la carga de compresión. En la práctica, las secciones lineales garantizan, por tanto, con su deformación, el sellado contra las paredes de los dispositivos de refrigeración, lo que permite guiar el flujo de refrigerante de una manera predefinida a lo largo de esas trayectorias predeterminadas, garantizando la extensión y la distribución de refrigeración esperadas.

La aplicación de las secciones lineales puede efectuarse de forma sencilla empleando un líquido que consiste en un monómero adecuado, o en una mezcla de co-monómeros, o en un oligómero aplicado a través de un inyector a la presión apropiada para lograr su completa penetración dentro de la masa porosa del elemento en forma de segmentos cuyos vértices salen de al menos una de las superficies del elemento plano. La aplicación, como puede deducirse fácilmente, se puede automatizar totalmente para conseguir una reproducibilidad dimensional suficiente de los segmentos a una velocidad adecuada para la producción en masa. Como se ha mencionado, los segmentos insertados en los elementos planos se polimerizan posteriormente con la formación del material impermeable y resistente deseado ya sea por medio de iniciadores químicos premezclados con el líquido aplicado por los inyectores, o bajo la acción del oxígeno atmosférico, o, por último, por irradiación con una fuente de radiación adecuada tal como se conoce en la técnica, el método preferido depende del tipo de líquido aplicado. Un ejemplo de líquido particularmente adecuado está representado por productos del tipo de silicona, que presentan la elasticidad requerida al completar la polimerización.

Las secciones lineales pueden formarse también con material impermeable y rígido: en este caso se utilizan secciones lineales preformadas, que se incrustan a continuación en los elementos planos mediante compresión. Es necesario que las secciones rígidas preformadas penetren completamente dentro del elemento plano de modo que el último puede deformarse durante el montaje bajo el efecto de la carga de compresión que se adapta adecuadamente a las paredes de los dispositivos de refrigeración: en otras palabras, es importante que la carga de compresión durante la fase de montaje no se ejerza sobre las secciones lineales. Esta estructura particular del elemento plano se muestra en la figura 10, en la que los números de referencia (25) y (27) identifican las secciones preformadas incrustadas en el elemento plano (11) y la porción de elemento plano disponible para la deformación necesaria durante el montaje de la pila, respectivamente.

La figura 11 reproduce cualitativamente los resultados de un estudio sobre la distribución de la temperatura en las células de combustible realizado basándose en un modelo matemático adecuado: los resultados se presentan en un diagrama con el flujo de agua de refrigeración, F, en el eje de ordenadas y la temperatura interna de la célula, T, en el eje de abscisas. Las curvas A y C representan la relación entre la temperatura interna de una célula de combustible equipada con el dispositivo de refrigeración de acuerdo con la técnica anterior de la figura 3 y el flujo de refrigerante en general que se ha asumido como variable dentro del intervalo rango delimitado por las líneas de trazos: en particular, la curva A se refiere a la región de mayor flujo de agua de refrigeración y la curva C a la de menor flujo o región estancada indicada como (22) en la figura 3. Como se puede percibir, la temperatura interna de la célula de combustible varía desde valores mínimos muy bajos (curva A), que pueden inducir a una condensación de agua no deseada del aire húmedo reactivo, a valores máximos muy altos (curva C) que corresponden a una posible deshidratación de la membrana. La curva B informa de la temperatura de la misma célula de combustible, excepto por estar equipada con el dispositivo de refrigeración de acuerdo con la invención como se muestra en la figura 4: la temperatura interna que varía ventajosamente entre los dos valores límite anteriores permite que la célula funcione en condiciones de alta fiabilidad asociada a la falta de condensación de humedad aprovechándose al mismo tiempo de una conservación sin problemas de hidratación de la membrana.

La descripción anterior no pretende limitar la invención, que puede practicarse de acuerdo a diferentes realizaciones sin apartarse de los alcances de la misma, y cuya extensión está unívocamente definida por las reivindicaciones adjuntas.

En la descripción y las reivindicaciones de la presente solicitud, la palabra "comprender" y sus variaciones tales como "que comprende" y "comprende" no tienen la intención de excluir la presencia de otros elementos o componentes adicionales.

REIVINDICACIONES

- 5 1. Dispositivo de refrigeración (9) para célula de combustible de membrana provisto de combustible y de alimentación y descarga de aire, estando limitado dicho dispositivo de refrigeración (9) por dos placas bipolares (6) y comprendiendo un elemento conductor poroso plano (11) interpuesto entre las placas bipolares (6), en al menos una entrada de refrigerante (19, 19') y en al menos una salida de refrigerante (20, 20'), **caracterizado por que** el elemento plano (11) incluye medios para el guiado predeterminado del flujo de refrigerante, dichos medios de guiado comprenden secciones lineales (23) de material impermeable.
- 10 2. El dispositivo de la reivindicación 1 **caracterizado por que** dichas secciones lineales de material impermeable son secciones rectas paralelas.
- 15 3. El dispositivo de refrigeración de las reivindicaciones 1 o 2 **caracterizado por que** dichas secciones lineales de material impermeable se distribuyen a lo largo de parte de la superficie del elemento plano.
- 20 4. El dispositivo de refrigeración de las reivindicaciones 1 o 2 **caracterizado por que** dichas secciones lineales se distribuyen a lo largo de toda la superficie del elemento plano.
- 25 5. El dispositivo de refrigeración de la reivindicación 4 **caracterizado por que** la separación entre dichas secciones lineales de material impermeable es variable a lo largo de dicha superficie del elemento plano.
- 30 6. El dispositivo de refrigeración de la reivindicación 5 **caracterizado por que** dicha separación es mayor en la zona de la descarga de aire de la célula de combustible.
- 35 7. El dispositivo de refrigeración de las reivindicaciones 1 o 2 **caracterizado por que** una porción de la superficie del elemento plano está libre de dichas secciones lineales de material impermeable.
- 40 8. El dispositivo de refrigeración de la reivindicación 7 **caracterizado por que** dicha porción no es accesible al refrigerante.
- 45 9. El dispositivo de refrigeración de las reivindicaciones 7 u 8 **caracterizado por que** dicha porción está situada en la zona de la descarga de aire de la célula de combustible.
- 50 10. El dispositivo de refrigeración de la reivindicación 1 **caracterizado por que** dicho material impermeable es elástico.
- 55 11. El dispositivo de la reivindicación 10 **caracterizado por que** dichas secciones lineales de material impermeable tiene partes salientes con respecto a al menos una de las superficies principales del elemento plano.
12. El dispositivo de la reivindicación 1 **caracterizado por que** dicho material impermeable es rígido.
13. El dispositivo de la reivindicación 12 **caracterizado por que** dichas secciones lineales de material impermeable tienen un espesor menor que el elemento plano y están completamente incrustadas en el mismo.
14. Método para producir el dispositivo de refrigeración de las reivindicaciones 10 u 11 **caracterizado por** aplicar un líquido precursor a presión a través de un inyector, infiltrándolo dentro del espesor del elemento plano formando segmentos con una parte saliente desde al menos una de las superficies principales del elemento plano y polimerizando dichos segmentos bien por medio de un iniciador químico, o de oxígeno atmosférico o de la irradiación con una fuente de radiación adecuada, formando dicho material impermeable y elástico.
15. El método de la reivindicación 14 **caracterizado por que** dicho líquido precursor comprende un monómero o una mezcla de co-monómeros o un oligómero.
16. Método para producir el dispositivo de refrigeración de las reivindicaciones 12 o 13 **caracterizado por** preformar dichas secciones lineales de material impermeable rígido y por aplicar dichas secciones preformadas al elemento plano mediante compresión con penetración completa en su espesor.

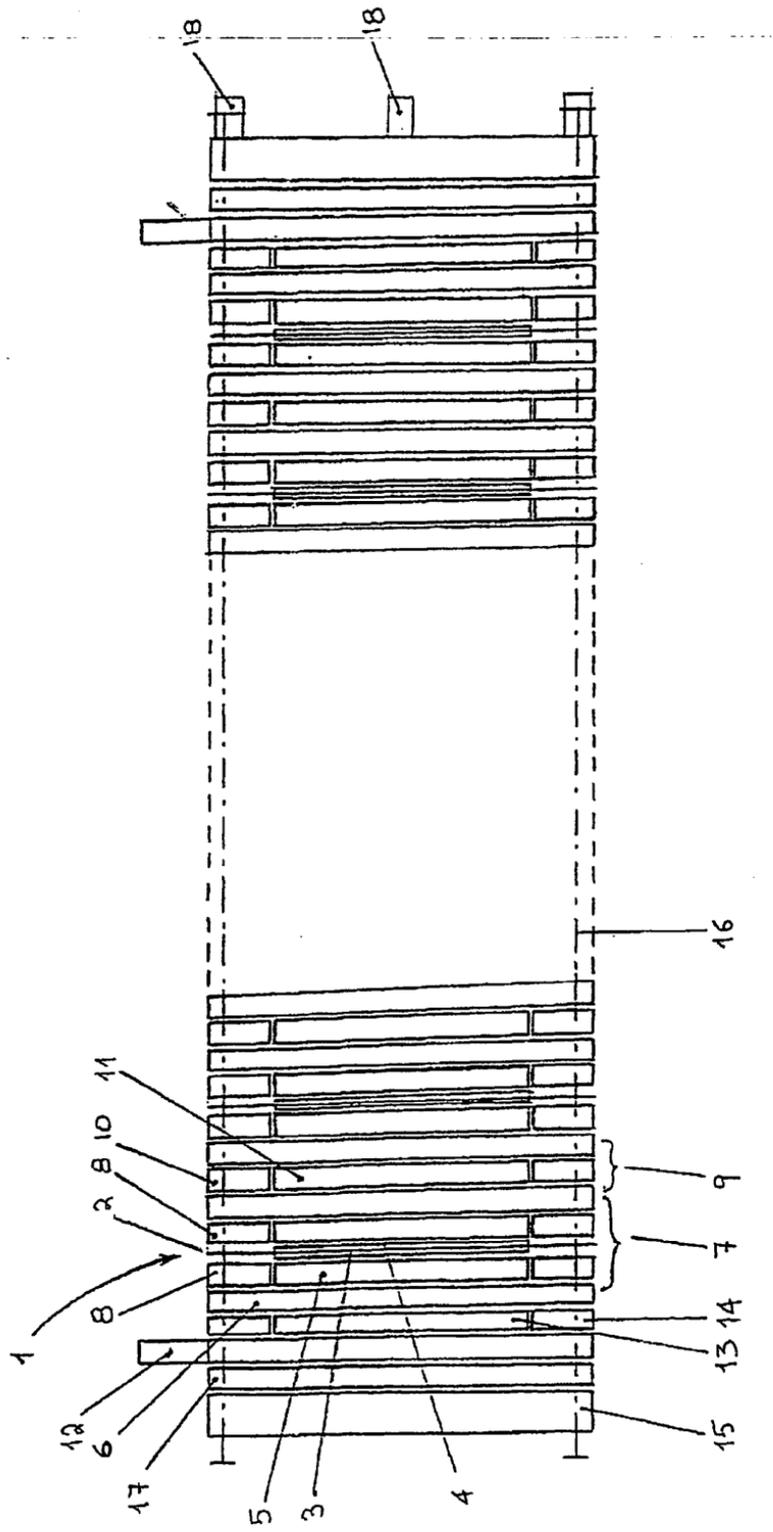


FIG.1

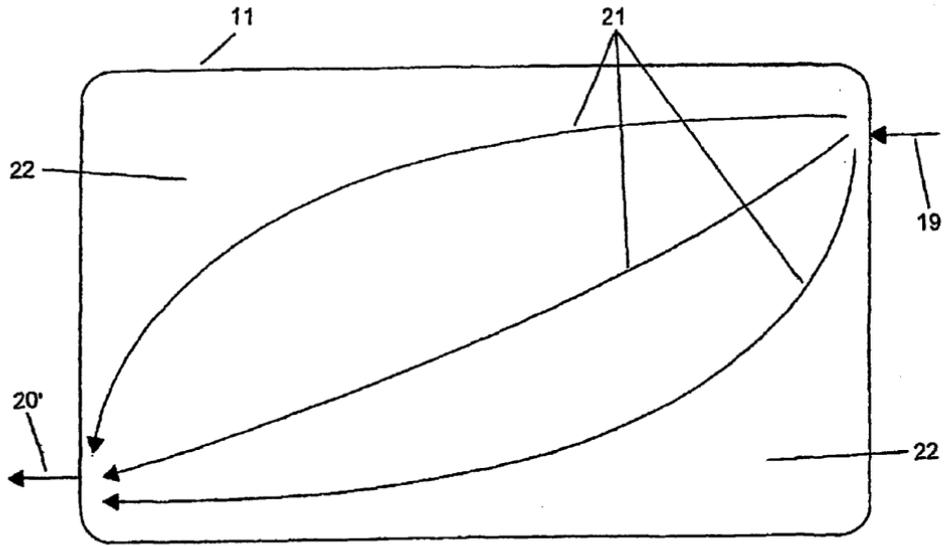


FIG. 2

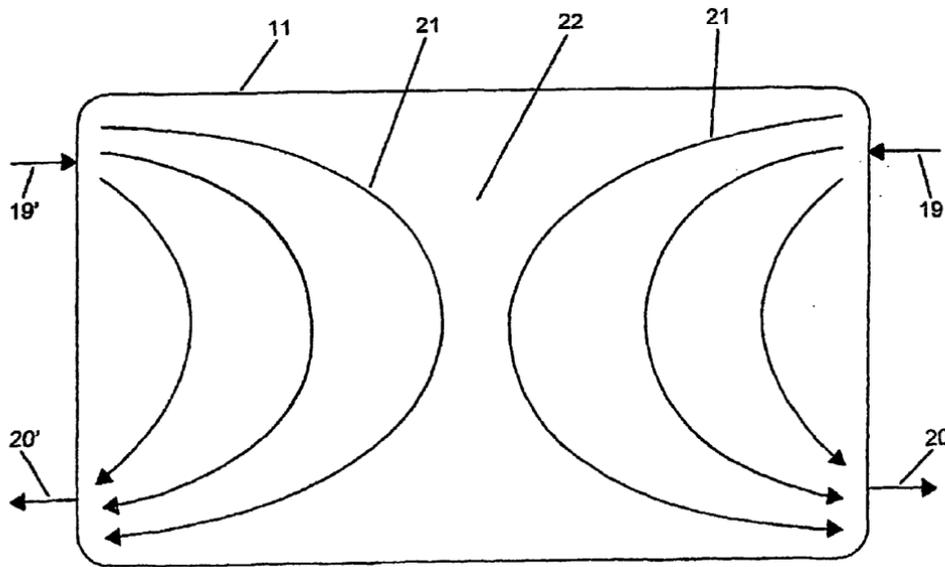


FIG. 3

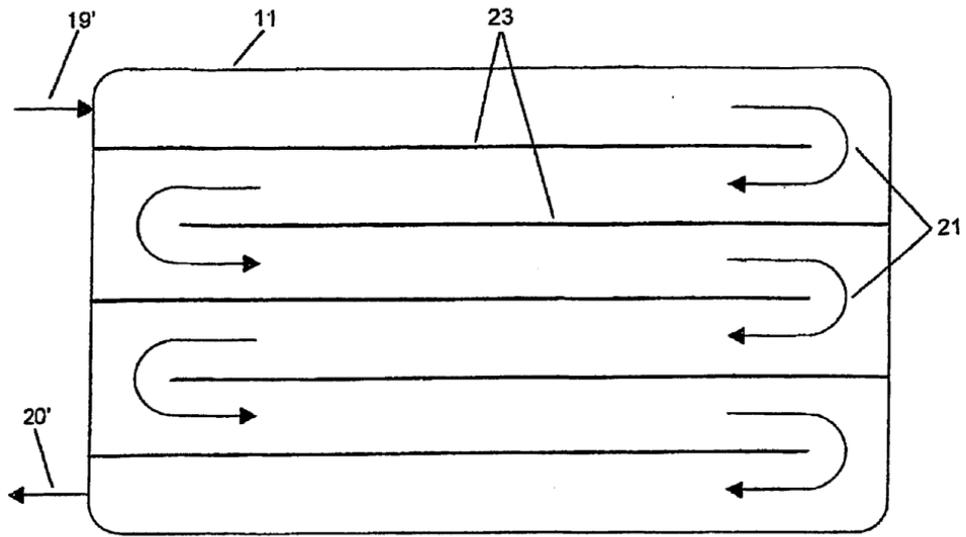


FIG. 6

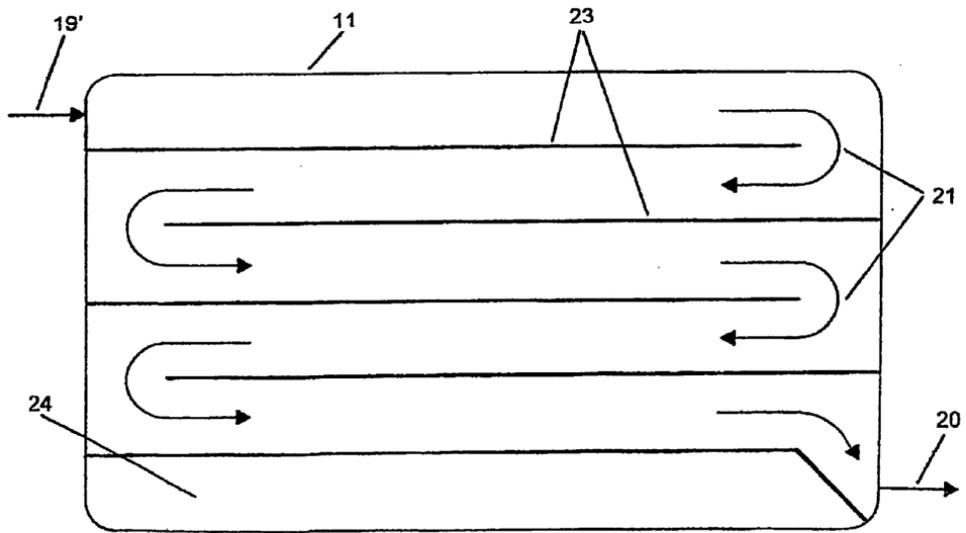


FIG. 7

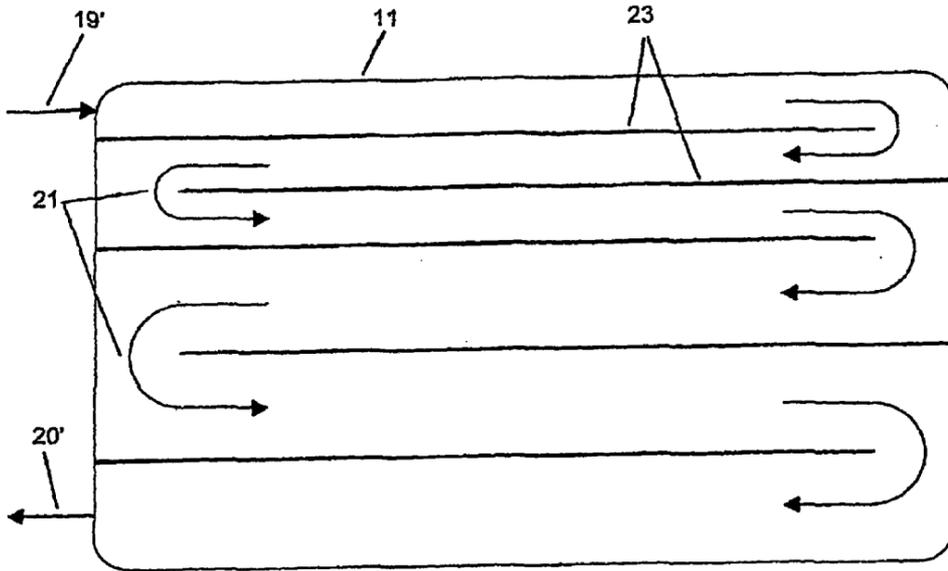


FIG. 8

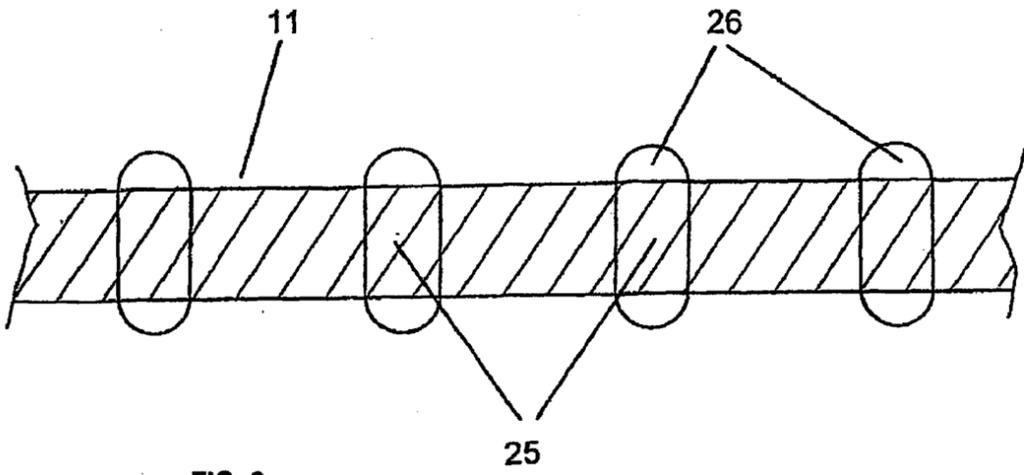


FIG. 9

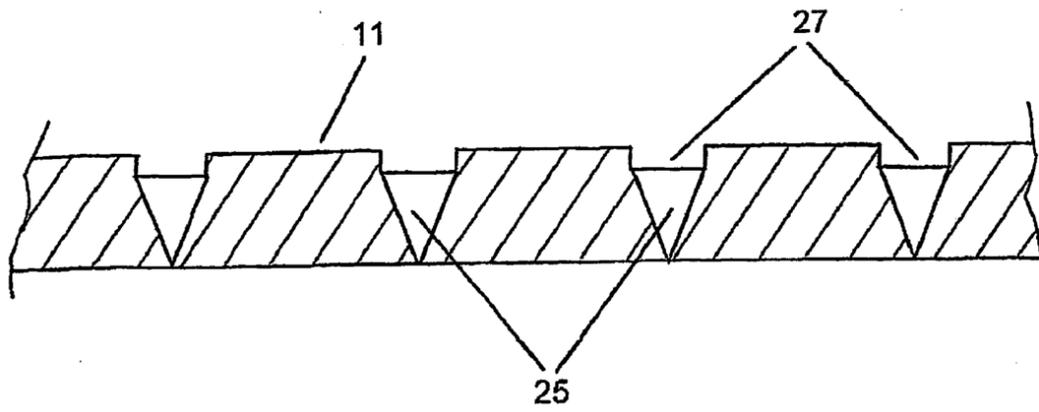


FIG. 10

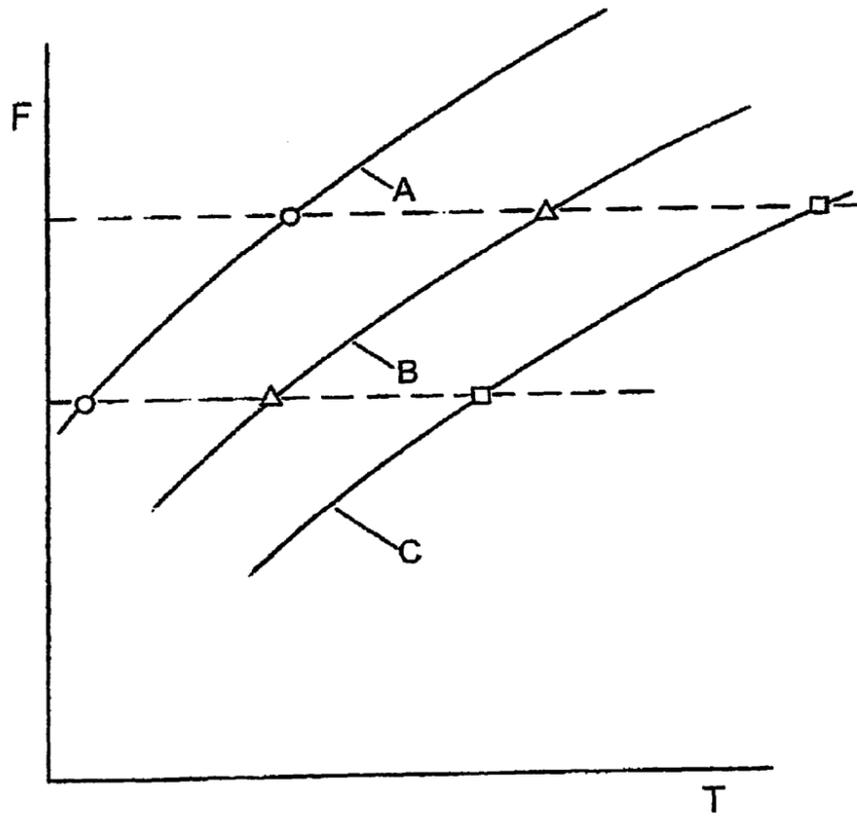


FIG. 11