



①9



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

①1 Número de publicación: **2 274 241**

⑤1 Int. Cl.:  
**H01M 4/94** (2006.01)  
**H01M 8/02** (2006.01)

①2

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

⑧6 Número de solicitud europea: **03733893 .6**  
⑧6 Fecha de presentación : **25.04.2003**  
⑧7 Número de publicación de la solicitud: **1506585**  
⑧7 Fecha de publicación de la solicitud: **16.02.2005**

⑤4 Título: **Placas bipolares de plástico reforzadas con fibra de carbono con trayectorias eléctricas continuas.**

③0 Prioridad: **23.05.2002 US 155469**

④5 Fecha de publicación de la mención BOPI:  
**16.05.2007**

④5 Fecha de la publicación del folleto de la patente:  
**16.05.2007**

⑦3 Titular/es: **Albany International Techniweave, Inc.**  
**112 Airport Drive**  
**Rochester, New Hampshire 03867, US**

⑦2 Inventor/es: **Lecostaouec, Jean-François**

⑦4 Agente: **Carvajal y Urquijo, Isabel**

**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

Placas bipolares de plástico reforzadas con fibra de carbono con trayectorias eléctricas continuas.

### Campo de la invención

La presente invención se dirige a un método para fabricar una placa bipolar termoplástica reforzada con fibra de carbono en una pila de combustible o batería.

### Antecedentes de la invención

El uso de material carbonoso junto con recolección de electrones es bien conocido. La función del carbono o el grafito ha sido principalmente la de un colector de corriente eléctrica (circulación). Típicamente, se han usado placas trabajadas a máquina a partir de bloques de grafito para tales aplicaciones. Este sistema es costoso y tiene limitaciones dimensionales. No pueden alcanzarse paredes delgadas con suficiente resistencia mecánica. El colector de corriente, también conocido como placa bipolar, se ha formado a partir de un número de materiales conductores en un número de tamaños y geometrías. La función secundaria de una placa bipolar es proporcionar una barrera impermeable para separar los gases presentes en cada cara de la placa. Típicamente están presentes hendiduras finas sobre una o ambas superficies de la placa bipolar para alimentar y extraer las dos especies gaseosas implicadas en el dispositivo.

A este respecto, las pilas de combustible y las baterías se construyen típicamente ensamblando placas bipolares o electrodos y capas de difusión de gas. La capa de difusión se construye comúnmente a partir de una disposición de fibras de carbonosas (papel o tela de carbono) impregnadas con un polímero de intercambio iónico, tal como polímeros basados en flúor, y catalizadores. Un dispositivo de este tipo puede observarse en lo indicado en la Patente de EE.UU. N° 4.830.938.

En esa patente, se usa material carbonoso para los materiales bipolares. Un número de materiales se ha usado para placas bipolares. Estos incluyen grafito sólido o flexible (véase la Patente de EE.UU. N° 5.532.083), materiales compuestos de carbono-carbono; materiales compuestos reforzados con carbono termoeestables que usan, por ejemplo, refuerzo de fibra de carbono en una resina epoxídica o fenólica; y grafito fluorocarbonado reforzado con fibra de carbono (véase la Patente de EE.UU. N° 4.339.322).

Otros (Patente de EE.UU. N° 6.248.467) han propuesto usar compuestos de moldeo conductores usando una mezcla de una resina de éster vinílico, diversas clases de polvo de grafito y fibras de carbono cortas.

Las trayectorias eléctricas en estos diversos sistemas de materiales están lejos de estar optimizadas. Los materiales, tales como compuestos de grafito-resina, necesitan una alta carga de polvo de grafito para exhibir conductividad eléctrica aceptable. La conductividad global del material está finalmente limitada por las zonas ricas en plástico presentes entre el agregado de grafito.

Los refuerzos con fibra de carbono corta se han usado para incrementar la conductividad eléctrica y mejorar las propiedades mecánicas de las placas bipolares. Estos materiales compuestos reforzados, aunque tienen una resistencia superior, tienen ciertos inconvenientes. Por ejemplo, típicamente, el refuerzo usado se introduce en forma de fibras de carbono cortas aleatorias o telas planas orientadas. Estos diseños

de material y sistemas de fabricación dan como resultado materiales compuestos con fibras dispuestas en paralelo a la dirección en el plano de la placa bipolar. En estos materiales, con poca fibra orientada en la dirección a través del grosor, la fibra de carbono solo contribuye ligeramente a la electroconductividad eficaz a través del grosor. Además, los materiales compuestos reforzados con fibras cortas y los materiales de grafito sólidos no reforzados exhiben propiedades mecánicas pobres o moderadas. Las técnicas de fabricación asociadas con algunos de estos materiales tampoco son fácilmente tendentes a la formación de una conformación de pequeños detalles tales como hendiduras que están presentes típicamente en la superficie de las placas bipolares. De acuerdo con esto, las placas bipolares actuales tienen limitaciones de propiedades eléctricas o térmicas y/o son costosas de fabricar. A este respecto, el producto final requiere habitualmente múltiples etapas en el procedimiento de fabricación. Un intento de minimizar el número de etapas en su procedimiento de fabricación se encuentra, por ejemplo, en la Patente de EE.UU. N° 5.798.188. Este sistema es eliminar el maquinado de los pasajes para el gas en una placa bipolar. La patente analiza el uso de moldeo por inyección de polímero de baja viscosidad sobre una placa de aluminio para moldear *in situ* el pasaje para el gas de una placa bipolar. Las superficies que requieren conductividad eléctrica se tratan subsiguientemente con un metal. En esa situación, la placa de aluminio proporciona el elemento estructural de la placa bipolar. La resina fundida se usa para alcanzar los detalles superficiales.

Otros sistemas para crear una placa bipolar que están destinados a mejorar durante su funcionamiento y fabricación incluyen el indicado en la Patente de EE.UU. N° 5.532.083 mencionada anteriormente. Esta patente describe un componente carbonoso flexible en el que a través del uso de una fibra de carbono de bajo módulo (módulo de Young), el estado final de la fibra en la placa flexible retiene su propiedad de módulo bajo. Este diseño particular con una disposición plana de fibras continuas tiene una buena electroconductividad en el plano de la placa bipolar pero tiene la misma electroconductividad a través del grosor insuficiente o baja que los sistemas previos.

De acuerdo con esto, aunque ha habido una mejora en la estructura y la fabricación de placas bipolares, son deseables mejoras adicionales a este respecto.

### Sumario de la invención

Por lo tanto, un objetivo principal de la invención es proporcionar un método para fabricar una placa bipolar en la que fibras de carbono están orientadas preferentemente en la dirección a través del grosor para proporcionar trayectorias conductivas eléctricas ininterrumpidas y maximizar la electroconductividad a través de un apilamiento de placas.

Un objetivo adicional de la invención es proporcionar un método para fabricar una placa bipolar, que tiene resistencia y durabilidad superiores, y sin embargo puede ser relativamente delgada permitiendo la introducción de un número mayor de placas en un dispositivo.

Un objetivo adicional más de la invención es proporcionar un método para fabricar una placa bipolar que tiene una conductividad térmica mejorada para disipar el calor.

Un objetivo adicional más de la invención es proporcionar un método para fabricar una placa bipolar

para la que los criterios de diseño pueden cambiarse fácilmente para cumplir una necesidad particular.

Otro objetivo más de la invención es que sea tendente a un bajo coste de fabricación.

Estos y otros objetivos y ventajas son proporcionados por la presente invención. A este respecto, la presente invención prevé una placa bipolar termoplástica reforzada con fibra de carbono en la que la fibra continua está preferentemente orientada para pilas de combustible o baterías. El refuerzo fibroso de partida puede tomar una variedad de formas, pero esencialmente implica una estera de fibra de carbono que está tejida, no tejida, tricotada, cosida o una combinación de fibras tejidas, tricotadas, cosidas y cortadas. Subsiguientemente, la estera se punzona con agujas para orientar una gran porción de las fibras de carbono en la dirección a través del grosor, permitiendo que alcance una conductividad eléctrica máxima en la dirección en la que esto es lo más importante. Para la placa bipolar, la trayectoria preferida es paralela al grosor de la placa. Tal estera carbonosa puede incluir fibras termoplásticas que a continuación se moldean térmicamente en la conformación deseada para crear hendiduras u otros rasgos superficiales hasta ahora alcanzados típicamente mediante trabajado a máquina. Alternativamente, las esteras pueden impregnarse con una resina termoplástica (forma de polvo o solución) y moldearse hasta la conformación usando temperatura y presión adecuadas. Puede fabricarse una amplia variedad de refuerzos y conformaciones dependiendo de la aplicación particular. Por otra parte, la necesidad de trabajar a máquina la superficie de las placas se evita y así se elimina una tarea complicada y difícil en su producción. Por otra parte, en vista de la resistencia superior, que resulta de tal construcción, el grosor de la placa puede reducirse a fin de proporcionar un número incrementado de elementos en un apilamiento de una altura dada.

#### Breve descripción de los dibujos

Así, mediante la presente invención, se consiguen sus objetivos y ventajas, cuya descripción debe tomarse junto con los dibujos, en los que:

Las Figuras 1A-1D muestran un apilamiento de pilas de combustible y ejemplos de configuraciones de placas bipolares.

La Figura 2 es una vista en sección lateral de una batería de la técnica anterior, que ilustra generalmente una construcción de la misma.

La Figura 3 es una vista general en sección lateral de una estera de refuerzo no tejida que contiene fibras de carbono antes del agujeteado, que incorpora las enseñanzas de la presente invención.

La Figura 4 es una vista en sección lateral de la estera de la Figura 2 después de agujetear, que incorpora las enseñanzas de la presente invención.

La Figura 5 es una vista en sección lateral de una estera tejida que incorpora fibras de carbono tejidas y fibras cortadas, antes de agujetear, que incorpora las enseñanzas de la presente invención.

La Figura 6 es una vista en sección lateral de la estera de la Figura 4 después de agujetear, que incorpora las enseñanzas de la presente invención.

La Figura 7 es una vista en sección lateral de una placa bipolar reforzada con carbono después de moldearse como un material compuesto usando fibras o resinas termoplásticas para crear la conformación deseada, que incorpora las enseñanzas de la presente

invención.

#### Descripción detallada de la modalidad preferida

Volviendo ahora más particularmente a los dibujos, las Figuras 1A-1D y 2 muestran dibujos representativos de una pila de combustible y una batería encontradas en la técnica anterior. Las Figuras 1A-1D describen un apilamiento 10 de pilas de combustible típico en el que una membrana 12, dos capas 14 de difusión de gas catalizadas y dos placas 16 bipolares, un ánodo 18 y un cátodo 19 constituyen una unidad de pila elemental. A medida que se alimenta hidrógeno a través de las hendiduras de la placa bipolar anódica y se difunde en la porosidad de la GDL (capa de difusión de gas), el hidrógeno gaseoso se separa en protones (iones hidrógeno) y electrones. La membrana 12 electrolítica del centro permite que solo los protones pasen a través de la membrana 12 hacia la cara del cátodo 19 de la pila de combustible. A medida que el oxígeno fluye dentro de las hendiduras de la placa bipolar catódica, el revestimiento de platino de la GDL ayuda a los protones, al oxígeno y a los electrones a combinarse y producir agua y calor. Los electrones liberados sobre la cara del ánodo 18 no pueden trasladarse a través de la membrana 12, fluyen a través de la pared de la placa bipolar del ánodo hacia la siguiente pila. La uniformidad del flujo de gas en la GDL se alcanza a través de diferentes diseños de hendiduras en la superficie de las placas bipolares.

La Figura 2 ilustra una batería descrita en la Patente de EE.UU. Nº 4.830.938. A este respecto y con el propósito de ilustrar generalmente una breve descripción de lo que se muestra allí, está lo que sigue.

Se proporciona típicamente una carcasa o alojamiento que es impermeable al paso de gas a su través, incluyendo, particularmente, vapor de agua. La carcasa tiene dos separadores de pilas internos que definen una serie de tres pilas. Los interiores de las pilas son pares de electrodos hechos de un material carbonoso, que puede ser del tipo analizado posteriormente aquí. Los electrodos son de una dimensión tal que pueden introducirse en una pila adyacente en aquella porción de la pila adyacente que tiene una polaridad opuesta. Los electrodos se muestran como una sola pieza curvada para que sea insertable en pilas adyacentes. También puede haber dos electrodos conectados de una manera que conduzca a una corriente de la misma manera que lo haría una sola pieza. Separando los dos electrodos en una pila del contacto eléctrico entre sí hay un miembro foraminoso, que al menos hará pasar iones. Pueden emplearse diversas formas de material similar a membrana, por ejemplo estera de fibra de vidrio, gasa o película de polipropileno, membranas de exclusión iónica y similares.

El electrolito preferido para tal pila secundaria es típicamente una mezcla de una sal ionizable disuelta en un líquido o una pasta acuosa no conductores. Alternativamente, el electrolito puede ser ionizable en alguna extensión así como cualquier sólido no conductor a través del cual se transportarán los iones bajo la influencia de la carga y la descarga eléctrica.

La presente invención se refiere al uso de preformas carbonadas fibrosas especialmente diseñadas que, cuando se combinan con un polímero termoplástico, pueden usarse para fabricar una placa bipolar plástica reforzada con fibra de bajo coste en un procedimiento en una etapa. Se prefieren polímeros termoplásticos, ya que ofrecen una formación rápida de

plásticos reforzados y no emiten compuestos tóxicos en la fase de resina como algunos materiales termoestables. Estas placas pueden usarse en pilas de combustible y baterías del tipo, por ejemplo, mostrados en las Figuras 1A-1D y 2. Este sistema de orientar las

5 fibras conductoras en la dirección más adecuada da placas bipolares que exhiben comportamiento eléctrico superior que el de las placas actuales.

La orientación de las fibras de carbono conductoras en la dirección paralela al grosor de la placa promueve una conductividad eléctrica y térmica mejorada a través de la placa bipolar y "según se moldea" en detalles superficiales finos elimina etapas de maquinado posteriores a la formación y proporciona dos características importantes para optimizar el comportamiento y el coste de una pila de combustible. Esto se alcanza termoconformando una malla agujeteada de fibra de carbono tridimensional que contiene elementos termoplásticos como una placa compuesta. La fibra de carbono, presente a través del grosor de la placa, también proporciona un refuerzo mecánico en la construcción de la placa bipolar, debido a su alto módulo, y permite que puedan usarse placas bipolares más delgadas en el montaje de pilas de combustible más compactas.

10 Junto con la orientación privilegiada de las fibras de carbono, la selección de una matriz termoplástica que tiene propiedades físicas similares al material de la membrana debe mejorar el comportamiento de la pila de combustible. Proporcionará mejor superficie de contacto debido a expansiones térmicas similares lo que conduce a una mejor conductividad eléctrica y buena compatibilidad química/física. Por ejemplo, la posible adopción de membranas basadas en poliéter-cetona (PEEK) porosas por la industria se adaptaría fácilmente mediante la fabricación de una placa bipolar de carbono/PEEK.

La invención utiliza una horma textil de carbono tridimensional, por ejemplo una malla punzonada con agujas, para alcanzar una orientación preferente de las fibras conductoras a lo largo de la dirección dando una conductividad electrónica máxima. En el caso de una placa bipolar, la trayectoria electrónica preferida es a través del grosor de la placa. El punzonado con agujas de fibras de longitud corta y/o fibras continuas permite la introducción de una cantidad substancial de fibras en la dirección paralela al grosor de las preformas. Además, el uso de fibra de carbono preoxidada tratada térmicamente, fibra embreada termoestable tratada térmicamente, fibra de PAN o fibra de carbono embreada a través del grosor de la placa bipolar optimizará la conductividad eléctrica térmica.

La combinación de fibra de carbono de una resina o fibras termoplásticas para fabricar en una etapa una placa conductora estructural permite la posibilidad de fabricar una placa bipolar de paredes delgadas para optimizar el tamaño de paquetes de pilas de combustible. Las fibras o la resina termoplásticas proporcionan los medios para alcanzar una pared impermeable entre los gases de alimentación. La combinación de fibras de carbono con una matriz polímera da un material compuesto que exhibe resistencia y tolerancia al daño excelentes. El polímero puede seleccionarse para la aplicación particular para soportar el ambiente de funcionamiento de la pila de combustible y, a este respecto, debe ser resistente térmicamente y químicamente.

Por ejemplo, el polímero asociado con el refuerzo de carbono puede ser uno cualquiera de los siguientes polímeros: polipropileno, poliamida, poliéster, fluoropolímeros, poli(sulfuro de fenileno) (PPS), polietirimida (PEI), poliéter-éter-cetona (PEEK), poliéter-cetona-cetona (PEKK) y cualesquiera otros polímeros termoplásticos adecuados para el propósito de que puedan extruirse en una forma fibrosa, puedan ser una resina puesta en forma de solución o puedan estar disponibles en una forma en polvo.

10 Las preformas de carbono fibrosas pueden ser una fibra de longitud corta, papel, cinta unidireccional, tela tejida y no tejida incluyendo tela multiaxial tricotada y cosida, ligamentos fibrosos bi- y tri-direccionales. Fibras de coste inferior, tales como fibra de vidrio u otras cargas (cargas carbonosas conductoras y no conductoras), pueden combinarse con las fibras de carbono en la estera agujeteada para reducir el coste. El procesamiento del producto final se efectúa mediante un número de procedimientos de termoconformación (aplicación de temperatura y presión): formación en diafragma, moldeo por compresión, formación por presión/vacío, moldeo por transferencia de resina, estratificación o estampamiento para consolidar la matriz termoplástica.

Para alcanzar la orientación deseada de las fibras, la estera de carbono se somete a punzonado con aguja. El punzonado con aguja de fibras de carbono se usa actualmente para formar pletinas gruesas para discos de frenos o equipo de propulsión de aviones. Las preformas carbonadas fibrosas se preparan habitualmente a partir de fibras precursoras de PAN preoxidadas y subsiguientemente se tratan térmicamente a alta temperatura para transformar la fibra de bajo contenido de carbono en una fibra de carbono. La temperatura de carbonización o grafitización determina el contenido de carbono de la fibra. Durante el procedimiento de agujeteado (o enmarañamiento mecánico de las fibras) un cierto porcentaje de las fibras se orienta en la dirección paralela al grosor de la preforma. La cantidad de fibra a través del grosor se relaciona con el tipo de aguja usada y la intensidad del agujeteado. Las preformas agujeteadas carbonosas también pueden fabricarse directamente a partir de fibras de PAN y fibras de brea carbonizadas.

La presente invención prevé la fabricación de esteras agujeteadas finas directamente a partir de fibras de PAN grafitizadas y/o fibras de brea carbonizadas. Un procedimiento alternativo es la fabricación a partir de fibras de PAN preoxidadas o fibras de brea termoestables. Las fibras de partida pueden ser de dos formas generales. Una es las fibras preoxidadas o fibras termoestables en las que las fibras se tratan térmicamente solo parcialmente. Estas se denominan a veces fibras crudas. Las fibras preoxidadas requerirán un tratamiento térmico completo (carbonización y grafitización) antes de la introducción del termoplástico. La segunda forma de fibras son aquellas que se tratan térmicamente completamente hasta altas temperaturas, lo que permite la introducción del termoplástico en una fase anterior. Dependiendo del estado de la fibra de carbono, el componente plástico de la placa bipolar se introduce en fases de fabricación específicas.

A este respecto, el tipo, la longitud y la geometría de las fibras preoxidas o termoestables, los parámetros de agujeteado y el tipo de agujas se seleccionan para fabricar preformas agujeteadas que exhiben una

cantidad específica de fibra a través del grosor y volumen de fibra. Después del tratamiento térmico a temperaturas seleccionadas de la estera agujeteada carbonada precursora de fibras de PAN preoxidadas o fibras de brea, la estera agujeteada fibrosa puede impregnarse con un número de polímeros termoplásticos. Esto se alcanza usando procedimientos de revestimiento en solución y revestimiento con polvo. También pueden introducirse polvos inorgánicos de alta conductividad térmica dentro de la porosidad de la preforma carbonada durante esa etapa. La estera de producto preimpregnado está lista para termoconformarse hasta la geometría final de la placa bipolar usando un número de procedimientos de termoconformación: formación en diafragma, formación por compresión, formación por presión/vacío, moldeo por transferencia de resina o cualquier otro procedimiento de formación adecuado para el propósito. La estera agujeteada preimpregnada también puede formarse como una placa preconsolidada, llamada un estratificado, y subsiguientemente moldearse hasta la conformación final usando, por ejemplo, estampación.

En la situación en la que se usan fibras de PAN o fibras de brea carbonizadas para la estera que exhiben un alto módulo, estas son más difíciles de agujetear pueden manejarse usando técnicas y materias primas apropiadas. Pueden usarse dos sistemas para introducir el componente polímero en la preforma. Cuando las fibras no requieren tratamientos a altas temperaturas, las fibras de carbono pueden combinarse realmente con fibras termoplásticas antes de fabricar la preforma agujeteada. La fibra termoplástica puede ser cualquiera de los siguientes polímeros: polipropileno, poliamida, poliéster, poli(sulfuro de fenileno) (PPS), poli-éter-éter-cetona (PEEK), poli-éter-cetona-cetona (PEKK) o cualquier otra composición fibrosa adecuada para el propósito. La fibra puede precombinarse con la fibra de carbono (hilo comezclado, cinta unidireccional comezclada, tela comezclada, etc.) o mezclarse y alimentarse a la máquina de agujeteado con el hilo de carbono. La fibra termoplástica, cuando se funde y se somete a presión, encapsula las fibras de carbono y permite la formación de detalles superficiales muy finos durante el moldeo. Las fibras termoplásticas se convierten en la matriz de la placa bipolar compuesta.

Otro sistema es agujetear la fibra de PAN carbonada y subsiguientemente impregnar la porosidad de la preforma carbonada con un polímero termoplástico seleccionado del tipo que se apunta anteriormente con respecto a las esteras agujeteadas preoxidadas. Esto se alcanza usando revestimiento con solución y revestimiento con polvo. La estera preimpregnada puede termoconformarse hasta la geometría final de la placa bipolar usando un número de procedimientos de moldeo tales como formación en diafragma, formación por compresión, moldeo por transferencia de resina o formación por presión/vacío. Además, la estera preimpregnada puede formarse como una placa preconsolidada, tal como un estratificado formado hasta su conformación final mediante estampación.

La estera de PAN carbonada agujeteada también puede incluir alguna carga tal como fibra de vidrio para reducir el coste de la preforma.

Según se apunta anteriormente, la fabricación de placas bipolares puede tomar otras formas de preforma de fibra de carbono. Por ejemplo, fibra de carbono troceada mezclada con una resina termoplástica; cin-

tas unidireccionales, telas bidimensionales, tela de ligamento tridimensional montada directamente en un material textil híbrido organizado que incluye fibras termoplásticas o impregnada subsiguientemente con una resina termoplástica también pueden usarse para fabricar placas bipolares termoplásticas reforzadas con detalles finos.

Con fibras de carbono, que exhiben en su forma final un alto módulo (es decir, mayor que 33 MSI), es deseable empezar con una fibra de módulo bajo para alcanzar una preforma agujeteada con la cantidad más alta posible de fibra a través del grosor, ya que las grapaldinas de las agujas tienden a cortar fibras de módulo alto y la eficacia de transferencia es bastante pobre.

De acuerdo con esto, el puncionado con agujas de las fibras de carbono en una preforma se beneficiaría de un módulo bajo de las fibras. Las fibras de PAN preoxidadas, las fibras de brea termoestables o las fibras de brea de baja temperatura de carbonización son fibras de módulo bajo deseables con las que comenzar a optimizar la transferencia de fibras a través del grosor. Algunas fibras de PAN de módulo superior específicas también pueden usarse, sin embargo con una eficacia menor. Dependiendo de las fibras de partida, las preformas pueden someterse a tratamientos térmicos adicionales para elevar el contenido de carbono de la fibra.

La conductividad eléctrica en la fibra de carbono se relaciona tanto con la naturaleza de la fuente de carbono como con el nivel de grafitización al que está sometido la fibra. Las fibras basadas en brea, son por ejemplo, mejores conductores que las fibras basadas en PAN y el tratamiento térmico de la preforma tendrá un doble beneficio: incrementar la conductividad eléctrica y también elevar el módulo. En una aplicación a pilas de combustible, fibras de módulo definitivamente superior son deseables al final para elevar la rigidez de las placas bipolares.

Teniendo en cuenta lo precedente, las Figuras 3 a 7 ilustran la estera 20 carbonada de la presente invención. La Figura 3 muestra una estera no tejida hecha de fibras 22 carbonadas. Las fibras 22 carbonadas están orientadas aleatoriamente. Incluida en la estera como se apunta anteriormente podría estar la fibra termoplástica o fibras de carga. A fin de orientar apropiadamente las fibras, particularmente las fibras 22 carbonadas, la estera 20 se punciona con agujas por medio de un dispositivo 24 de agujeteado que se ilustra generalmente y es bien conocido en la técnica. En la Figura 4, se muestra generalmente la orientación de las fibras después de puncionar con agujas una porción de la estera 20. A este respecto, las fibras, particularmente las fibras 22 carbonadas, se orientan paralelas al grosor T de la estera 20. El número de fibras así orientadas dependerá del grado hasta el que se realice el puncionado con agujas. Obviamente, el número más alto de fibras carbonadas así orientadas es el más deseable y toda la estera 22 se somete a puncionado con agujas. Si la estera 20 comprende fibras que necesitan carbonización adicional, entonces puede tratarse de acuerdo con esto para efectuar la misma. Una vez que esto se completa, la estera 20, si contiene fibras termoplásticas, se sometería a conformación mediante termoformación u otros medios adecuados para el propósito como un material compuesto.

Si no se usan fibras termoplásticas para crear la matriz del material compuesto, alternativamente la es-

tera 20 puede impregnarse con un polímero termoplástico apropiado, que a continuación se procesa de una manera como la apuntada anteriormente en un material compuesto. El material compuesto forma la placa 26 bipolar ilustrada generalmente en la Figura 7. A este respecto, la placa 20 puede proporcionarse como parte del procedimiento de moldeo (por ejemplo, termoformación) con una configuración 28 superficial de una naturaleza deseable. El producto resultante es una placa 26 bipolar, que tiene fibras de carbono orientadas en una matriz que tiene la configuración superficial deseada. La placa 22 es mecánicamente rígida, impermeable, altamente conductora y de la conformación deseada con la necesidad de maquinado totalmente eliminada.

Volviendo ahora a las Figuras 5 y 6, se dirigen a una estera 30 que está tejida, tricotada, o es de otra construcción usando hilos de material adecuado (por ejemplo, carbono, etc.). El patrón de ligadura puede ser uno cualquiera adecuado para el propósito. La estera 30 incluye fibra cortada hecha de carbono 32 y/u otro material como los mencionados anteriormente. La estera 30 se punciona con agujas por medio del dispositivo 24 de agujeteado que sirve para orientar

las fibras en la dirección deseada (es decir, paralelas al grosor T de la estera). La estera 30 resultante se muestra en la Figura 6. La estera 30 puede procesarse de una manera como la apuntada anteriormente con respecto a la estera 20.

Así, puede observarse que puede fabricarse una placa bipolar que tiene una estructura y características superiores mientras que se evita la necesidad de maquinar la superficie. Además, debido a la resistencia mecánica de tal estructura compuesta reforzada, puede ser relativamente delgada a fin de permitir el apilamiento compacto y reducir de otro modo el tamaño de la pila de combustible. Además, puesto que la placa bipolar se moldea, además de poder moldearse en configuraciones superficiales, la propia placa puede moldearse en diferentes conformaciones para cumplir diferentes aplicaciones que se añaden a la versatilidad del diseño.

Así, mediante la presente invención, sus objetivos y ventajas se han conseguido, y aunque se han divulgado y descrito aquí modalidades preferidas, su alcance no debe limitarse por las mismas; en cambio, su alcance debe estar determinado por el de las reivindicaciones adjuntas.

## REIVINDICACIONES

1. El método para fabricar un artículo conductor eléctrico para el uso como un electrodo en una pila de combustible o una batería, que comprende las etapas de: crear una estructura que tiene fibras de refuerzo carbonizadas o grafitizadas eléctricamente conductoras; orientar mecánicamente dichas fibras mediante agujeteado en una primera dirección correspondiente a las trayectorias eléctricas preferidas incrementando de ese modo la conductividad de dicho artículo en dicha primera dirección; en donde las fibras de refuerzo carbonizadas o grafitizadas comprenden una estructura porosa impregnada con un polímero termoplástico, creando de ese modo una matriz que tiene un grosor, siendo dicha primera dirección paralela a dicho grosor.

2. El método de acuerdo con la reivindicación 1, en el que la estructura también comprende fibras de carga.

3. El método de acuerdo con la reivindicación 1 ó 2, en el que dichas fibras carbonizadas o grafitizadas se toman del grupo que consiste en fibras de PAN grafitizadas y fibras de brea carbonizadas.

4. El método de acuerdo con una de las reivindicaciones

previas, en el que el polímero se toma del grupo que consiste en polipropileno, poliamida, poliéster, poli(sulfuro de fenileno) (PPS), polieterimida (PEI), poli(éter-éter-cetona) (PEEK), poli(éter-cetona-cetona) (PEKK) y otros polímeros termoplásticos.

5. El método de acuerdo con una de las reivindicaciones previas, en el que dichas fibras carbonizadas o grafitizadas están en forma de una estera en la que las fibras están orientadas mecánicamente de modo que sean paralelas al grosor, teniendo la estera una construcción de fibras tomada del grupo que consiste en estructuras tejidas, tejidas con fibras cortadas, no tejidas, tricotadas, cosidas, de cinta unidireccional, de papel y otras estructuras tridimensionales (3D).

6. El método de acuerdo con una de las reivindicaciones previas, en el que la matriz se forma mediante un procedimiento tomado del grupo que consiste en termoformación, formación en diafragma, moldeo por compresión, moldeo por transferencia de resina, formación por presión y vacío, estratificación o estampación.

7. El método de acuerdo con la reivindicación 6, en el que la matriz tiene una superficie que tiene una configuración sobre la misma formada usando uno o más de dichos procedimientos.

FIG.1A

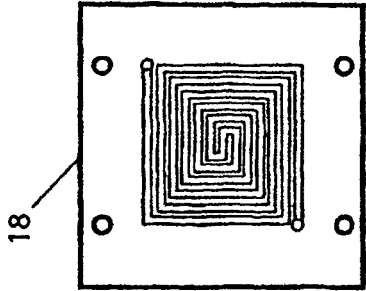
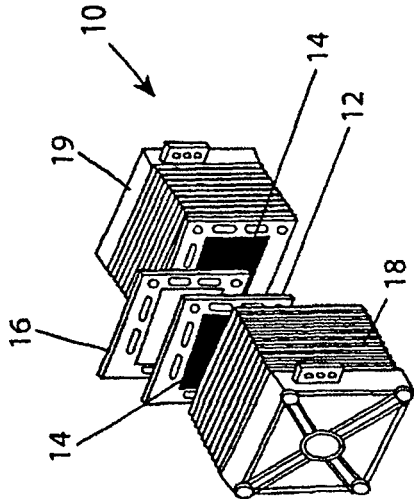


FIG.1B

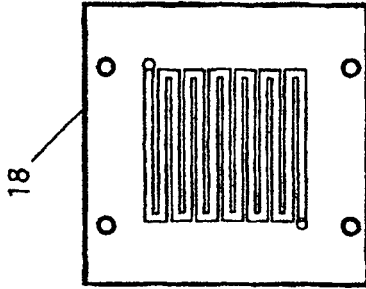


FIG.1C

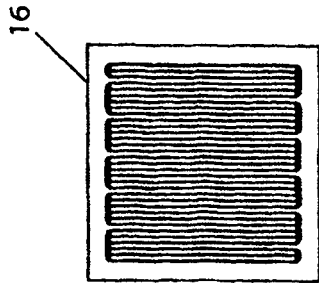


FIG.1D



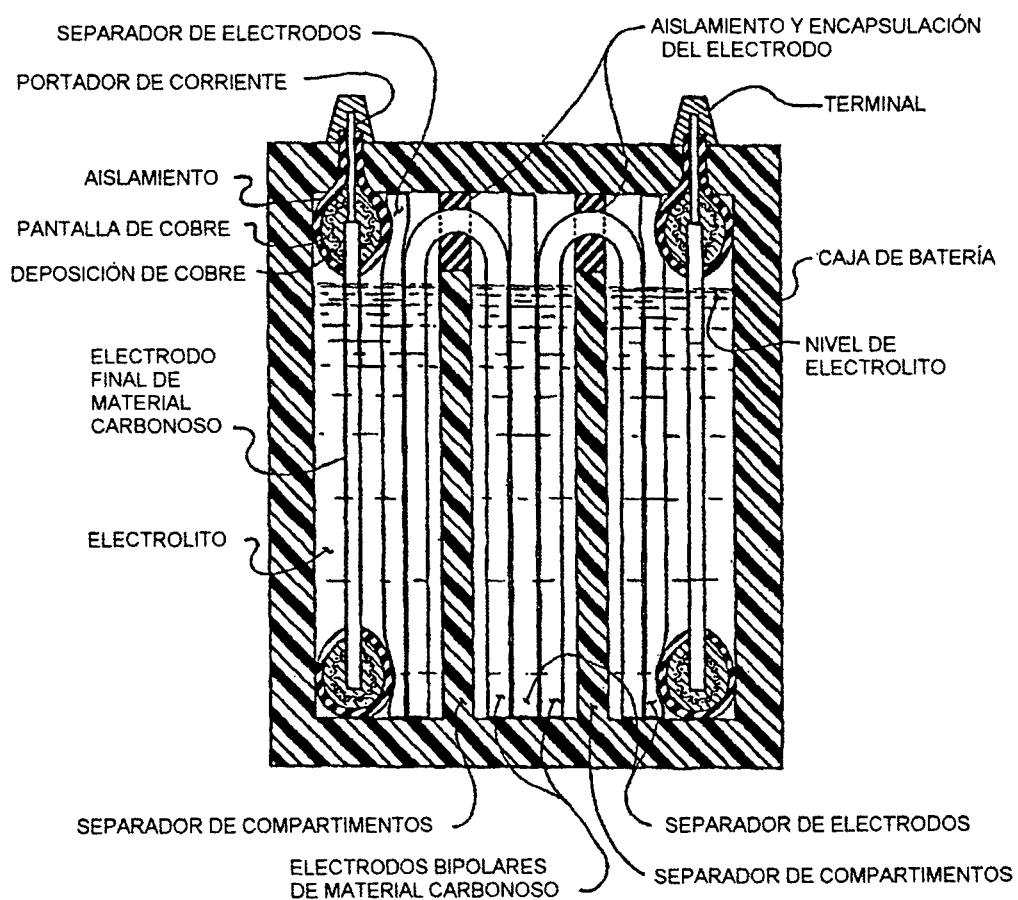


FIG. 2

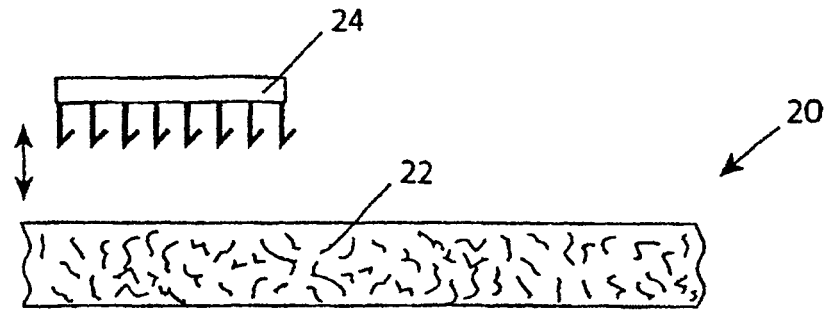


FIG. 3

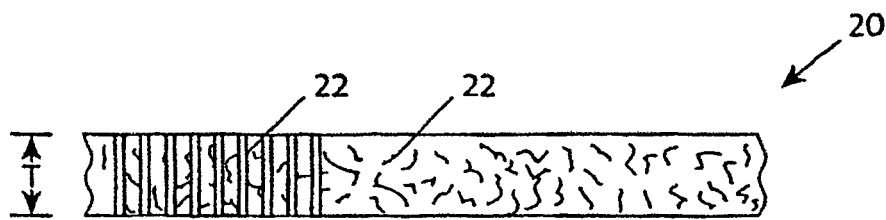


FIG. 4

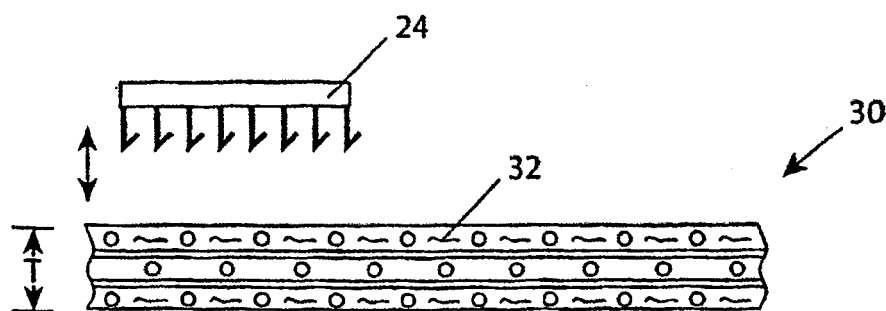


FIG. 5

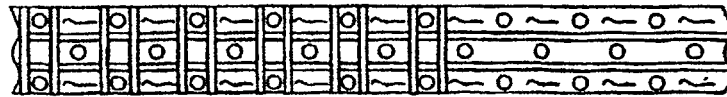


FIG. 6

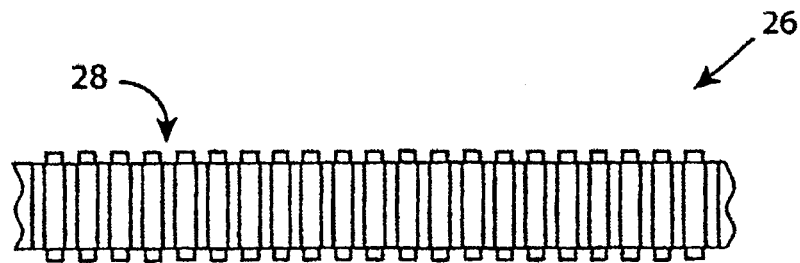


FIG. 7