

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 973 991**

51 Int. Cl.:

H01M 50/403 (2011.01)

H01M 50/417 (2011.01)

H01M 50/443 (2011.01)

H01M 50/457 (2011.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **28.05.2019** **E 19177118 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **14.02.2024** **EP 3588612**

54 Título: **Separador y dispositivo electroquímico**

30 Prioridad:

20.06.2018 CN 201810640157

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

25.06.2024

73 Titular/es:

NINGDE AMPEREX TECHNOLOGY LIMITED
(100.0%)

No.1 Xin Gang Road Zhang Wan Town JiaoCheng
District
Ningde City, Fujian Province, 352100, CN

72 Inventor/es:

GUO, KEBING;
GUO, DONGYANG;
KONG, GENGJIN y
TAO, XINGHUA

74 Agente/Representante:

DURAN-CORRETJER, S.L.P

ES 2 973 991 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

Separador y dispositivo electroquímico

5 ANTECEDENTES DE LA INVENCION

La presente solicitud reivindica prioridad de la solicitud de patente de China n. ° 201810640157.9, presentada el 20 de junio de 2018.

10 1. SECTOR TÉCNICO

La presente solicitud se refiere a un separador y un dispositivo electroquímico, y más particularmente a un separador y a un dispositivo electroquímico que utiliza el separador.

15 2. DESCRIPCIÓN DEL ESTADO DE LA TÉCNICA RELACIONADO

En la actualidad, los dispositivos electroquímicos (por ejemplo, las baterías) son cada vez más utilizados y están muy relacionados con la vida diaria de las personas. Sin embargo, la tecnología relativa a la seguridad de las baterías está actualmente poco desarrollada. Ocasionalmente, ha habido problemas de seguridad en los que la explosión de las baterías es causada por fuerzas externas que perforan la batería cuando la utilizan los usuarios. Por lo tanto, con la popularización de las baterías, los usuarios, vendedores y fabricantes de baterías han presentado nuevos requisitos para la seguridad de las baterías.

En vista de esto, existe la necesidad de dar a conocer un dispositivo electroquímico mejorado con un mejor desempeño de seguridad, por ejemplo, una batería de iones de litio.

CARACTERÍSTICAS DE LA INVENCION

Las realizaciones de la presente solicitud dan a conocer un separador y un dispositivo electroquímico que utiliza el separador para resolver en cierta medida al menos uno de los problemas existentes en la técnica relevante. El separador tiene las características de una alta tasa de deformación plástica, de modo que cuando es perforado por un objeto duro como un clavo de acero, el separador alrededor del clavo de acero se extenderá junto con el clavo de acero y eventualmente creará un efecto envolvente alrededor del clavo de acero, reduciendo así la probabilidad de un cortocircuito interno y previniendo eficazmente un incendio causado por un cortocircuito de gran área dentro de un dispositivo electroquímico (por ejemplo, una batería de iones de litio).

En una realización, la presente solicitud da a conocer un separador que incluye: un sustrato poroso y una capa porosa, en el que la capa porosa está dispuesta sobre una superficie del sustrato poroso, la capa porosa comprende partículas inorgánicas y un aglutinante, y el sustrato poroso tiene una tasa de deformación plástica absoluta en una primera dirección que oscila desde aproximadamente el 40 % hasta aproximadamente el 1800 %. En algunas realizaciones, el sustrato poroso tiene una tasa de deformación plástica absoluta en la primera dirección que oscila entre aproximadamente el 40 % y aproximadamente el 1600 %. En algunas otras realizaciones, el sustrato poroso tiene una tasa de deformación plástica absoluta en la primera dirección que oscila entre aproximadamente el 40 % y aproximadamente el 800 %.

Según las realizaciones de la presente solicitud, el sustrato poroso tiene una tasa de deformación plástica absoluta en una segunda dirección que oscila entre aproximadamente el 60 % y aproximadamente el 1800 %. En algunas realizaciones, el sustrato poroso tiene una tasa de deformación plástica absoluta en la segunda dirección que oscila entre aproximadamente el 70 % y aproximadamente el 1600 %. En algunas otras realizaciones, el sustrato poroso tiene una tasa de deformación plástica absoluta en la segunda dirección que oscila entre aproximadamente el 70 % y aproximadamente el 800 %.

Según las realizaciones de la presente solicitud, el sustrato poroso tiene una tasa de deformación plástica relativa en la primera dirección que oscila entre aproximadamente el 50 % y aproximadamente el 100 %. En algunas realizaciones, el sustrato poroso tiene una tasa de deformación plástica relativa en la primera dirección que oscila entre aproximadamente el 65 % y aproximadamente el 90 %.

Según las realizaciones de la presente solicitud, el sustrato poroso tiene una tasa de deformación plástica relativa en la segunda dirección que oscila entre aproximadamente el 60 % y aproximadamente el 100 %. En algunas realizaciones, el sustrato poroso tiene una tasa de deformación plástica relativa en la segunda dirección que oscila entre aproximadamente el 75 % y aproximadamente el 90 %.

Según las realizaciones de la presente solicitud, el aglutinante comprende, sin constituir una limitación, al menos uno de un copolímero de fluoruro de vinilideno-hexafluoropropileno, un copolímero de fluoruro de vinilideno-tricloroetileno, polimetacrilato de metilo, ácido poliacrílico, poliácridato, poliácridonitrilo,

polivinilpirrolidona, acetato de polivinilo, un copolímero de etileno-acetato de vinilo, poliimida, óxido de polietileno, acetato de celulosa, butirato de acetato de celulosa, propionato de acetato de celulosa, cianoetil amilopectina, cianoetil polivinil alcohol, cianoetil celulosa, cianoetil sacarosa, amilopectina, carboximetil celulosa de sodio, carboximetil celulosa de litio, un copolímero de acrilonitrilo-estireno-butadieno, alcohol polivinílico, éter polivinílico, politetrafluoroetileno, polihexafluoropropileno, un copolímero de estireno-butadieno y fluoruro de polivinilideno.

Según las realizaciones de la presente solicitud, las partículas inorgánicas comprenden, sin constituir una limitación, al menos uno de alúmina, sílice, magnesita, óxido de titanio, dióxido de hafnio, óxido de estaño, dióxido de cerio, óxido de níquel, óxido de zinc, óxido de calcio, circonita, itria, carburo de silicio, boehmita, hidróxido de aluminio, hidróxido de magnesio, hidróxido de calcio y sulfato de bario.

Según las realizaciones de la presente solicitud, el sustrato poroso comprende una película polimérica, una película polimérica multicapa o una tela no tejida, en el que la película polimérica, la película polimérica multicapa o la tela no tejida está formada por uno o más de los siguientes polímeros: polietileno, polipropileno, tereftalato de polietileno, tereftalato de polibutileno, tereftamida de polifenileno, poliéster, poliacetal, poliamida, policarbonato, poliimida, polieteretercetona, poliariletercetona, polieterimida, poliamidaimida, polibencimidazol, polietersulfona, éter de polifenileno, un copolímero de olefina cíclica, sulfuro de polifenileno y naftaleno de polietileno.

Según las realizaciones de la presente solicitud, el sustrato poroso tiene un espesor que oscila entre aproximadamente 1 y aproximadamente 40 μm . En algunas realizaciones, el sustrato poroso tiene un espesor que oscila entre aproximadamente 3 y aproximadamente 20 μm . En algunas otras realizaciones, el sustrato poroso tiene un espesor de aproximadamente 7 μm .

Según las realizaciones de la presente solicitud, el sustrato poroso tiene una porosidad que oscila entre aproximadamente el 10 % y aproximadamente el 70 %. En algunas realizaciones, el sustrato poroso tiene una porosidad que oscila entre aproximadamente el 15 % y aproximadamente el 60 %. En algunas otras realizaciones, el sustrato poroso tiene una porosidad que oscila entre aproximadamente el 25 % y aproximadamente el 30 %.

En otra realización, la presente solicitud da a conocer un dispositivo electroquímico que comprende un cátodo, un ánodo y un separador según las realizaciones de la presente solicitud.

Según las realizaciones de la presente solicitud, el dispositivo electroquímico comprende baterías de iones de litio.

Aspectos y ventajas adicionales de las realizaciones de la presente solicitud se describirán e ilustrarán parcialmente en la siguiente descripción o se explicarán mediante la implementación de las realizaciones de esta solicitud.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

Los dibujos necesarios para describir las realizaciones de la presente solicitud o de la técnica anterior se describirán brevemente a continuación para facilitar la descripción de las realizaciones de la presente solicitud. Obviamente, los dibujos de la siguiente descripción sólo muestran algunas realizaciones de la presente solicitud. Para los expertos en la materia, los dibujos de otras realizaciones se pueden obtener según las estructuras ilustradas en los dibujos sin esfuerzos creativos.

La figura 1 es un diagrama esquemático de un método de ensayo de la velocidad de deformación plástica de un sustrato poroso.

La figura 2 es un diagrama esquemático que muestra un proceso de penetración de clavos de una batería de iones de litio, según una realización de la presente solicitud.

REALIZACIÓN DE LA PRESENTE INVENCIÓN

Las realizaciones de la presente solicitud se describirán en detalle a continuación. En la descripción de la presente solicitud, los componentes iguales o similares y los componentes que tienen funciones iguales o similares se indican con números de referencia similares. Las realizaciones descritas en el presente documento con respecto a las figuras son explicativas e ilustrativas, y se proporcionan para facilitar la comprensión básica de la solicitud. Las realizaciones de la presente solicitud no deben interpretarse como limitaciones de la presente solicitud.

Tal como se utiliza en la presente solicitud, el término "aproximadamente" se utiliza para describir y representar variaciones menores. Cuando se usa en relación con un evento o circunstancia, el término puede

referirse a un ejemplo en el que el evento o circunstancia ocurre con precisión y un ejemplo en el que el evento o circunstancia ocurre aproximadamente. Por ejemplo, cuando se usa en relación con un valor, el término puede referirse a un rango de variación menor o igual a $\pm 10\%$ del valor numérico, tal como menor o igual a $\pm 5\%$, menor o igual a $\pm 4\%$, menor o igual a $\pm 3\%$, menor o igual a $\pm 2\%$, menor o igual a $\pm 1\%$, menor o igual a $\pm 0,5\%$, menor o igual a $\pm 0,1\%$, o menos mayor o igual a $\pm 0,05\%$. Además, en la presente solicitud, a veces se presentan cantidades, proporciones y otros valores en un formato de rango. Debe entenderse que dicho formato de rango se proporciona por conveniencia y simplicidad, y debe entenderse de manera flexible que comprende no sólo los valores numéricos que se definen explícitamente en el rango, sino también todos los valores o subrangos individuales que están comprendidos en el rango, como si cada valor y subrango estuvieran especificados explícitamente.

Durante el uso de baterías de iones de litio, existe el riesgo de que sufran perforaciones causadas por objetos duros (como clavos de acero) debido a un uso inadecuado. Por lo tanto, en la evaluación de la seguridad de las baterías de iones de litio, se emplea un ensayo de penetración de clavos para caracterizar la seguridad de la batería de iones de litio en condiciones severas de funcionamiento. El ensayo de penetración de clavos es un medio importante para caracterizar la seguridad de las baterías de iones de litio en condiciones de funcionamiento extremas.

Un separador actúa de aislante del cátodo y el ánodo en una batería de iones de litio para evitar un cortocircuito interno, y al mismo tiempo proporciona un canal de intercambio de iones de litio dentro de la batería de iones de litio. Cuando una batería de iones de litio se perfora con un clavo, se perforará el separador. En este momento, se forma un área de cortocircuito alrededor del orificio hecho por el clavo y es más fácil provocar un incendio dentro de la batería de iones de litio con el aumento del área de cortocircuito. Cuando se perfora un separador tradicional, se forma un gran agujero alrededor del clavo, lo que provoca un cortocircuito de gran superficie en la batería de iones de litio y provoca un incendio. Por tanto, mejorar la fiabilidad del separador al ser perforado por un clavo es una forma eficaz de mejorar la seguridad de las baterías de iones de litio.

Para los fines de la presente solicitud, la presente solicitud da a conocer un separador y un dispositivo electroquímico que utiliza el separador, en el que la alta plasticidad del separador está caracterizada por la tasa de deformación plástica de un sustrato poroso.

La tasa de deformación plástica del sustrato poroso se determina mediante el método que se muestra en la figura 1. La longitud antes del estiramiento se registra como L_0 ; el sustrato poroso de una determinada longitud y anchura se estira hasta romperse a una cierta tasa, y la longitud máxima alcanzada por el estiramiento se registra como L_1 ; y a continuación los sustratos porosos rotos se unen a lo largo de la fractura y se aplanan para ensayar la longitud L_2 en un estado natural.

El sustrato poroso se somete tanto a deformación elástica como a deformación plástica durante el ensayo de tracción. La cantidad de deformación elástica = $L_1 - L_2$, la cantidad de deformación plástica = $L_2 - L_0$ y la cantidad total de deformación = la cantidad de deformación elástica + la cantidad de deformación plástica. La deformación plástica es una deformación permanente que no se recupera. En el ensayo de penetración del clavo de una batería de iones de litio, cuanto mayor sea la cantidad de deformación plástica del sustrato poroso, mayor será el grado en que el separador se extenderá con el clavo y producirá una deformación permanente, y mejor será el efecto envolvente alrededor del clavo, manteniendo así el efecto del separador para aislar el cátodo y el ánodo, y reducir la probabilidad de fallo de las baterías de iones de litio. Por el contrario, si la cantidad de deformación elástica es relativamente grande, incluso si el separador se extiende durante el proceso de perforación, el separador se retraerá mucho después de la perforación, debilitando así el efecto del separador para aislar el cátodo y el ánodo.

En la presente solicitud, el sustrato poroso tiene una gran deformación plástica bajo una fuerza externa, de modo que cuando el separador es perforado por un clavo, el separador tendrá una gran deformación por extensión con el clavo, manteniendo así el efecto de aislamiento de los cátodos y ánodos, evitando el cortocircuito interno en la batería de iones de litio y mejorando la seguridad de la batería de iones de litio. La tasa de deformación plástica absoluta ϵ_1 y la tasa de deformación plástica relativa ϵ_2 del sustrato poroso se calculan mediante las siguientes ecuaciones:

$$\epsilon_1 = (L_2 - L_0)/L_0 \times 100\%$$

$$\epsilon_2 = (L_2 - L_0)/(L_1 - L_0) \times 100\%.$$

En diversas realizaciones de la presente solicitud, el sustrato poroso tiene una tasa de deformación plástica absoluta en una primera dirección (por ejemplo, una dirección longitudinal) que oscila entre aproximadamente el 40 % y aproximadamente el 1800 %. En algunas realizaciones, el sustrato poroso tiene una tasa de

deformación plástica absoluta en la primera dirección (por ejemplo, una dirección longitudinal) que oscila entre aproximadamente el 40 % y aproximadamente el 1600 %. En diversas realizaciones de la presente solicitud, el sustrato poroso tiene una tasa de deformación plástica relativa en la primera dirección (por ejemplo, una dirección longitudinal) que oscila entre aproximadamente el 50 % y aproximadamente el 100 %.

En algunas realizaciones, el sustrato poroso tiene una tasa de deformación plástica relativa en la primera dirección (por ejemplo, una dirección longitudinal) que oscila entre aproximadamente el 65 % y aproximadamente el 90 %. En diversas realizaciones de la presente solicitud, el sustrato poroso tiene una tasa de deformación plástica absoluta en una segunda dirección (por ejemplo, una dirección transversal) que oscila entre aproximadamente el 60 % y aproximadamente el 1800 %. En algunas realizaciones, el sustrato poroso tiene una tasa de deformación plástica absoluta en la segunda dirección (por ejemplo, una dirección transversal) que oscila entre aproximadamente el 70 % y aproximadamente el 1600 %. En diversas realizaciones de la presente solicitud, el sustrato poroso tiene una tasa de deformación plástica relativa en la segunda dirección (por ejemplo, una dirección transversal) que oscila entre aproximadamente el 60 % y aproximadamente el 100 %. En algunas realizaciones, el sustrato poroso tiene una tasa de deformación plástica relativa en la segunda dirección (por ejemplo, una dirección transversal) que oscila entre aproximadamente el 75 % y aproximadamente el 90 %. El sustrato poroso que tiene las propiedades anteriores exhibe una alta tasa de deformación plástica, y también exhibe una alta tasa de deformación plástica cuando se dispone una capa porosa sobre la superficie del sustrato poroso.

En diversas realizaciones de la presente solicitud, la primera dirección puede ser cualquier dirección del sustrato poroso, y la segunda dirección es perpendicular a la primera dirección. En algunas realizaciones, la primera dirección es una dirección transversal del sustrato poroso y la segunda dirección es una dirección longitudinal del sustrato poroso. En algunas otras realizaciones, la primera dirección es una dirección longitudinal del sustrato poroso y la segunda dirección es una dirección transversal del sustrato poroso.

En diversas realizaciones de la presente solicitud, el separador comprende un sustrato poroso y una capa porosa dispuesta sobre al menos una superficie del sustrato poroso. La capa porosa comprende un aglutinante y partículas inorgánicas. El aglutinante contenido en la capa porosa no sólo puede unir las partículas inorgánicas entre sí, sino también unir el sustrato poroso a la capa porosa para lograr la integración. El aglutinante comprende, sin constituir una limitación, al menos uno de un copolímero de fluoruro de vinilideno-hexafluoropropileno, un copolímero de fluoruro de vinilideno-tricloroetileno, polimetacrilato de metilo, ácido poliacrílico, poliácido, poliácridonitrilo, polivinilpirrolidona, acetato de polivinilo, un copolímero de etileno-acetato de vinilo, polimida, óxido de polietileno, acetato de celulosa, acetato butirato de celulosa, acetato propionato de celulosa, cianoetil amilopectina, cianoetil polivinil alcohol, cianoetil celulosa, cianoetil sacarosa, amilopectina, carboximetil celulosa de sodio, carboximetil celulosa de litio, un copolímero de acrilonitrilo-estireno-butadieno, alcohol polivinílico, polivinil éter, politetrafluoroetileno, polihexafluoropropileno, un copolímero de estireno-butadieno y fluoruro de polivinilideno.

Las partículas inorgánicas utilizadas en la presente solicitud son electroquímicamente estables, es decir, no pueden oxidarse y/o reducirse dentro de un rango de voltaje de conducción (por ejemplo, 0 a 5 V basado en Li/Li+) de un dispositivo electroquímico (por ejemplo, una batería de iones de litio). Dado que las partículas inorgánicas que tienen alta densidad son difíciles de dispersar en una etapa de recubrimiento y pueden aumentar el peso de un dispositivo electroquímico (por ejemplo, una batería de iones de litio) que se va a fabricar, generalmente se usan partículas inorgánicas que tienen una densidad lo más baja posible. En diversas realizaciones de la presente solicitud, las partículas inorgánicas comprenden, sin constituir una limitación, al menos uno de alúmina, sílice, magnesita, óxido de titanio, dióxido de hafnio, óxido de estaño, dióxido de cerio, óxido de níquel, óxido de zinc, óxido de calcio, circonita, itria, carburo de silicio, boehmita, hidróxido de aluminio, hidróxido de magnesio, hidróxido de calcio y sulfato de bario.

En diversas realizaciones de la presente solicitud, el sustrato poroso del separador tiene un espesor que oscila entre aproximadamente 1 y aproximadamente 40 μm . En algunas realizaciones, el sustrato poroso del separador tiene un espesor que oscila entre aproximadamente 3 y aproximadamente 20 μm . En algunas otras realizaciones, el sustrato poroso del separador tiene un espesor de aproximadamente 7 μm . Según una realización de la presente solicitud, cuando la tasa de deformación plástica absoluta satisface el requisito de aproximadamente 40 % a aproximadamente 1800 %, la tasa de aprobación del ensayo de penetración del clavo aumenta al aumentar el espesor del sustrato poroso.

En diversas realizaciones de la presente solicitud, el sustrato poroso tiene una porosidad que oscila entre aproximadamente el 10 % y aproximadamente el 70 %. En algunas realizaciones, el sustrato poroso tiene una porosidad que oscila entre aproximadamente el 15 % y aproximadamente el 60 %. En algunas otras realizaciones, el sustrato poroso tiene una porosidad que oscila entre aproximadamente el 25 % y aproximadamente el 30 %. Según una realización de la presente solicitud, cuando la tasa de deformación plástica absoluta satisface el requisito de aproximadamente 40 % a aproximadamente 1800 %, la tasa de aprobación del ensayo de penetración del clavo aumenta al disminuir la porosidad del sustrato poroso.

En diversas realizaciones de la presente solicitud, el sustrato poroso comprende, sin constituir una limitación,

una película polimérica, una película polimérica multicapa o una tela no tejida, en el que la película polimérica, la película polimérica multicapa o la tela no tejida está formada por uno o más de los siguientes polímeros: polietileno, polipropileno, tereftalato de polietileno, tereftalato de polibutileno, tereftamida de polifenileno, poliéster, poliacetal, poliamida, policarbonato, poliimida, polieteretercetona, poliarietercetona, polieterimida, poliamidaimida, polibencimidazol, polietersulfona, éter de polifenileno, un copolímero de olefina cíclico, sulfuro de polifenileno y naftaleno de polietileno.

Una realización de la presente solicitud también da a conocer un dispositivo electroquímico que incluye el separador, tal como se describió anteriormente, que puede ser una batería de iones de litio. La batería de iones de litio comprende un cátodo, que contiene una capa de material activo del cátodo; un ánodo, que contiene una capa de material activo del ánodo, un electrolito y un separador entre el cátodo y el ánodo, en el que el separador comprende un separador tal como se describió anteriormente. Un colector de corriente catódico puede ser una lámina de aluminio o una lámina de níquel y un colector de corriente anódico puede ser una lámina de cobre o una lámina de níquel.

En la batería de iones de litio mencionada anteriormente, la capa de material catódico activo comprende un material catódico capaz de absorber y liberar litio (Li) (en lo sucesivo, a veces denominado "un material catódico capaz de absorber/liberar litio (Li)"). Los ejemplos del material catódico capaz de absorber/liberar litio (Li) pueden comprender al menos uno de óxido de litio y cobalto, óxido de litio-níquel-cobalto-manganeso, óxido de litio-níquel-cobalto-aluminio, óxido de litio y manganeso, fosfato de litio-manganeso-hierro, fosfato de litio y vanadio, fosfato de vanadilo de litio, fosfato de hierro y litio, óxido de litio y titanio o un material a base de manganeso rico en litio.

En el material catódico mencionado anteriormente, la fórmula química del óxido de litio y cobalto puede ser $\text{Li}_x\text{Co}_a\text{M1}_b\text{O}_{2-c}$, donde M1 representa al menos uno seleccionado del grupo que consiste en níquel (Ni), manganeso (Mn), magnesio (Mg), aluminio (Al), boro (B), titanio (Ti), vanadio (V), cromo (Cr), hierro (Fe), cobre (Cu), zinc (Zn), molibdeno (Mo), estaño (Sn), calcio (Ca), estroncio (Sr), tungsteno (W), itrio (Y), lantano (La), circonio (Zr) o silicio (Si), y x, a, b y c se encuentran respectivamente en los siguientes rangos: $0,8 \leq x \leq 1,2$, $0,8 \leq a \leq 1$, $0 \leq b \leq 0,2$, $-0,1 \leq c \leq 0,2$.

En el material catódico mencionado anteriormente, la fórmula química de óxido de litio-níquel-cobalto-manganeso u óxido de litio-níquel-cobalto-aluminio puede ser $\text{Li}_y\text{Ni}_d\text{M2}_e\text{O}_{2-f}$, donde M2 representa al menos uno seleccionado del grupo que consiste en cobalto (Co), manganeso (Mn), magnesio (Mg), aluminio (Al), boro (B), titanio (Ti), vanadio (V), cromo (Cr), hierro (Fe), cobre (Cu), zinc (Zn), molibdeno (Mo), estaño (Sn), calcio (Ca), estroncio (Sr), tungsteno (W), circonio (Zr) o silicio (Si), e y, d, e y f se encuentran respectivamente en los siguientes rangos: $0,8 \leq y \leq 1,2$, $0,3 \leq d \leq 0,98$, $0,02 \leq e \leq 0,7$, $-0,1 \leq f \leq 0,2$.

En el material catódico mencionado anteriormente, la fórmula química del óxido de litio y manganeso es $\text{Li}_z\text{Mn}_{2-g}\text{M3}_g\text{O}_{4-h}$, donde M3 representa al menos uno seleccionado del grupo que consiste en cobalto (Co), níquel (Ni), magnesio (Mg), aluminio (Al), boro (B), titanio (Ti), vanadio (V), cromo (Cr), hierro (Fe), cobre (Cu), zinc (Zn), molibdeno (Mo), estaño (Sn), calcio (Ca), estroncio (Sr) o tungsteno (W), y z, g y h están respectivamente en el rango de $0,8 \leq z \leq 1,2$, $0 \leq g < 1,0$, $-0,2 \leq h \leq 0,2$.

La capa de material activo del ánodo comprende un material de ánodo capaz de absorber y liberar litio (Li) (en lo sucesivo, denominado a veces "un material de ánodo capaz de absorber/liberar litio (Li)"). Ejemplos de material de ánodo capaz de absorber/liberar litio (Li) pueden comprender materiales de carbono, compuestos metálicos, óxidos, sulfuros, nitruros de litio tales como LiN_3 , litio metálico y materiales metálicos y poliméricos que forman una aleación con litio.

Ejemplos de materiales de carbono pueden comprender carbono poco grafitizado, carbono fácilmente grafitizable, grafito artificial, grafito natural, micropérlas de mesocarbono, carbono blando, carbono duro, carbono pirolítico, coque, carbono vítreo, un cuerpo sinterizado de compuesto polimérico orgánico, fibras de carbono y carbón activado. Entre ellos, el coque puede comprender coque de brea, coque de aguja y coque de petróleo. El cuerpo sinterizado de compuesto polimérico orgánico se refiere a un material obtenido calcinando y carbonizando un material polimérico tal como un plástico fenólico o una resina de furano a una temperatura adecuada. Algunos de estos materiales se clasifican en carbono poco grafitizado o carbono fácilmente grafitizable. Ejemplos del material polimérico pueden comprender poliacetileno y polipirrol.

Entre estos materiales anódicos capaces de absorber/liberar litio (Li), se seleccionan materiales cuyos voltajes de carga y descarga sean cercanos a los del litio metálico. Esto se debe a que la batería de iones de litio tiende a tener una mayor densidad de energía a medida que disminuyen los voltajes de carga y descarga del material del ánodo. El material del ánodo puede ser un material de carbono porque su estructura cristalina sólo cambia ligeramente durante la carga y descarga. Por lo tanto, se puede lograr un buen rendimiento del ciclo y grandes capacidades de carga y descarga. Por ejemplo, se elige el grafito porque proporciona un gran equivalente electroquímico y una alta densidad de energía.

Además, el material de ánodo capaz de absorber/liberar litio (Li) puede comprender litio metálico elemental, elementos metálicos y elementos semimetálicos capaces de formar una aleación con litio (Li), aleaciones y compuestos que incluyen dichos elementos, y similares. Por ejemplo, se utilizan con un material de carbono. En este caso, se puede lograr un buen rendimiento del ciclo y una alta densidad de energía. Además de las

5 aleaciones que incluyen dos o más elementos metálicos, las aleaciones utilizadas en el presente documento también comprenden aquellas que incluyen uno o más elementos metálicos y uno o más elementos semimetálicos. La aleación puede estar en forma de una solución sólida, un cristal eutéctico, un compuesto intermetálico y una mezcla de los mismos.

10 Ejemplos del elemento metálico y del elemento semimetálico pueden comprender estaño (Sn), plomo (Pb), aluminio (Al), indio (In), silicio (Si), zinc (Zn), antimonio (Sb), bismuto (Bi), cadmio (Cd), magnesio (Mg), boro (B), galio (Ga), germanio (Ge), arsénico (As), plata (Ag), circonio (Zr), iterbio (Y) o hafnio (Hf). Los ejemplos de las aleaciones y compuestos anteriores pueden comprender un material que tiene una fórmula química: $Ma_s Mb_t Li_u$ y un material que tiene una fórmula química: $Ma_p Mc_q Md_r$. En estas fórmulas químicas, Ma denota al menos uno de entre un elemento metálico y un elemento semimetálico capaz de formar una aleación con litio; Mb denota al menos uno del elemento metálico y el elemento semimetálico distinto del litio y Ma; Mc indica al menos uno de los elementos no metálicos; Md representa al menos uno del elemento metálico y el elemento semimetálico distinto de Ma; y s, t, u, p, q y r satisfacen $s > 0$, $t \geq 0$, $u \geq 0$, $p > 0$, $q > 0$ y $r \geq 0$.

20 Además, en el ánodo se puede utilizar un compuesto inorgánico libre de litio, por ejemplo, MnO_2 , V_2O_5 , V_6O_{13} , NiS o MoS.

La batería de iones de litio comprende además un electrolito que puede ser uno o más de un electrolito en gel, un electrolito sólido y una solución de electrolito, en la que la solución de electrolito contiene una sal de litio y un disolvente no acuoso.

La sal de litio es una o más seleccionada entre $LiPF_6$, $LiBF_4$, $LiAsF_6$, $LiClO_4$, $LiB(C_6H_5)_4$, $LiCH_3SO_3$, $LiCF_3SO_3$, $LiN(SO_2CF_3)_2$, $LiC(SO_2CF_3)_3$, $LiSiF_6$, LiBOB o difluoroborato de litio. Por ejemplo, la sal de litio es $LiPF_6$, porque puede proporcionar una alta conductividad iónica y mejorar el rendimiento del ciclo.

El disolvente no acuoso puede ser un compuesto de carbonato, un compuesto de carboxilato, un compuesto de éter, otros disolventes orgánicos o una combinación de los mismos.

El compuesto de carbonato puede ser un compuesto de carbonato de cadena lineal, un compuesto de carbonato cíclico, un compuesto de fluorocarbonato o una combinación de los mismos.

Ejemplos del compuesto de carbonato de cadena lineal comprenden carbonato de dietilo (DEC), carbonato de dimetilo (DMC), carbonato de dipropilo (DPC), carbonato de metilpropilo (MPC), carbonato de etilpropilo (EPC), carbonato de metiletilo (MEC) y una combinación de los mismos. Ejemplos del compuesto de carbonato cíclico comprenden carbonato de etileno (EC), carbonato de propileno (PC), carbonato de butileno (BC), carbonato de vinil etileno (VEC) o una combinación de los mismos. Ejemplos del compuesto de fluorocarbonato comprenden carbonato de fluoroetileno (FEC), carbonato de 1,2-difluoroetileno, carbonato de 1,1-difluoroetileno, carbonato de 1,1,2-trifluoroetileno, carbonato de 1,1,2,2-tetrafluoroetileno, carbonato de 1-fluoroetileno, Carbonato de 2-metiletileno, carbonato de 1-fluoro-1-metiletileno, carbonato de 1,2-difluoro-1-metiletileno, carbonato de 1,1,2-trifluoro-2-metiletileno, carbonato de trifluorometiletileno o una combinación de los mismos.

Ejemplos del compuesto de carboxilato comprenden acetato de metilo, acetato de etilo, acetato de n-propilo, acetato de t-butilo, propionato de metilo, propionato de etilo, propionato de propilo, γ -butirolactona, decalactona, valerolactona, mevalonolactona, caprolactona, formiato de metilo o una combinación de los mismos.

Ejemplos del compuesto de éter comprenden éter dibutílico, éter dimetílico de tetraetilenglicol, éter dimetílico de dietilenglicol, 1,2-dimetoxietano, 1,2-dietoxietano, etoximetoxietano, 2-metiltetrahidrofurano, tetrahidrofurano o una combinación de los mismos.

Ejemplos de otros disolventes orgánicos comprenden dimetilsulfóxido, 1,2-dioxolano, sulfolano, metilsulfolano, 1,3-dimetil-2-imidazolidinona, N-metil-2-pirrolidona, formamida, dimetilformamida, acetonitrilo, trimetilfosfato, trietilfosfato, fosfato de trioctilo y un fosfato o una combinación de los mismos.

Aunque anteriormente se ejemplifica una batería de iones de litio, después de leer esta descripción, los expertos en la materia comprenderán que el separador de la presente invención se puede utilizar en otros dispositivos electroquímicos adecuados. Dichos dispositivos electroquímicos comprenden cualquier dispositivo en el que tiene lugar una reacción electroquímica, y ejemplos específicos comprenden todo tipo de baterías primarias, baterías secundarias, pilas de combustible, celdas solares o condensadores. En diversos ejemplos de la presente invención, el dispositivo electroquímico puede ser una batería tal como una batería

de plomo-ácido, una batería de níquel-cadmio, una batería de níquel-hidrógeno, una batería de iones de litio o similares. En particular, el dispositivo electroquímico es una batería secundaria de litio que comprende una batería de metal litio, una batería de iones de litio, una batería de polímero de litio o una batería de polímero de iones de litio.

A continuación, se toma como ejemplo una batería de iones de litio y se describe la preparación de una batería de iones de litio junto con realizaciones específicas. Los expertos en la materia entenderán que los métodos de preparación descritos en la presente solicitud son meramente ejemplos y que cualquier otro método de preparación adecuado también está dentro del alcance de protección de la presente invención.

Ejemplos

Se describe a continuación la evaluación del rendimiento de las baterías de iones de litio en los ejemplos y ejemplos comparativos de la presente solicitud.

1. Preparación de la batería de iones de litio.

(1) Preparación del cátodo

El material activo del cátodo, óxido de litio y cobalto (LiCoO_2), el aglutinante fluoruro de polivinilideno (PVDF) y el agente conductor negro de carbón conductor (Super P) se disolvieron en una relación en peso de 94:3:3 en el disolvente N-metilpirrolidona (NMP). La mezcla se agitó uniformemente para formar una suspensión catódica y a continuación la suspensión catódica se revistió uniformemente sobre ambas superficies con una lámina de aluminio que era un colector de corriente catódica, se secó a 85°C , para obtener una capa de material activo catódico. Después de prensar en frío, cortar y soldar una pestaña de cátodo, se obtuvo un cátodo.

(2) Preparación del ánodo

El material activo del ánodo, grafito artificial, el aglutinante caucho de estireno-butadieno y el agente conductor, negro de humo conductor (Super P), se mezclaron en una relación en peso de 92:3:5 uniformemente con agua desionizada para formar una suspensión de ánodo. A continuación, la suspensión anódica se recubrió uniformemente sobre ambas superficies con una lámina de cobre, que es un colector de corriente del ánodo, y a continuación se secó a 85°C para formar una capa de material activo del ánodo. Después de prensar en frío, cortar y soldar una pestaña de ánodo, se obtuvo un ánodo.

(3) Preparación del sustrato poroso.

Se mezcló un polvo de PE con un peso molecular de 1.000.000 con aceite de parafina en una proporción en peso de 1:4, se extruyó a alta temperatura y se moldeó para formar una película. La película se estiró en las direcciones longitudinal y transversal. El aceite de parafina de la película se extrajo con diclorometano y se obtuvo un sustrato poroso después de secar y termofijar. Al ajustar la relación de estiramiento en las direcciones longitudinal y transversal (relación de estiramiento), se obtuvieron varios sustratos porosos con diferentes tasas de deformación plástica.

(4) Preparación de una capa porosa sobre una superficie del sustrato poroso.

Se añadieron alúmina y poliacrilonitrilo en una proporción en peso de 91:9 a agua desionizada y se mezclaron uniformemente para formar una suspensión que tenía un contenido de sólidos del 45 %. A continuación, la suspensión se recubrió uniformemente sobre un lado del sustrato poroso mediante recubrimiento por fotograbado para obtener una película húmeda. Después de secar la película húmeda en un horno, se obtuvo el separador de la presente invención.

(5) Preparación de la capa de aglutinante sobre una superficie del separador.

Se mezclaron uniformemente PVDF y poliacrilonitrilo en una proporción en peso de 9:1 con agua desionizada, para obtener una suspensión que tenía un contenido de sólidos final del 10 % al 15 %. A continuación, se roció la suspensión sobre ambos lados del separador preparado en la Etapa (4). Después del secado en estufa se obtuvo el separador final.

(6) Preparación de la solución electrolítica.

En una atmósfera de argón seco, se disolvió LiPF_6 en un disolvente mixto no acuoso compuesto por 30 % en peso de carbonato de etileno (EC), 40 % en peso de carbonato de etilmetilo (EMC) y 30 % en peso de carbonato de dietilo (DEC) para obtener una concentración de 1,2 M. Se añadieron 1 % en peso de carbonato de etileno y 5 % en peso de carbonato de fluoroetileno para obtener una solución electrolítica.

(7) Preparación de la batería de iones de litio.

Se enrollaron un cátodo, el separador obtenido en la Etapa (5) y un ánodo, para obtener un conjunto de electrodos. El conjunto de electrodos se colocó en una carcasa y a continuación se inyectó y empaquetó el electrolito líquido. Después de la formación, evacuación y conformación, se formó una batería de iones de litio.

2. Métodos de ensayo

(1) Método de ensayo de la tasa de deformación plástica del sustrato poroso.

El sustrato poroso se cortó en tiras que tenían un tamaño de 100 mm x 20 mm a lo largo de la primera dirección y la segunda dirección. Se seleccionó arbitrariamente una región que tenía una longitud de $L_0 = 40$ mm en el intervalo de 100 mm en la dirección longitudinal de la tira, y se hicieron líneas de marca en dos extremos de la región. Un área entre las líneas de marca se estiró hasta romperse mediante una máquina de ensayo de tracción universal de alta velocidad a una velocidad de 50 mm/min. Se registró la longitud máxima L_1 alcanzada por el estiramiento y luego el sustrato poroso roto se unió a lo largo de la fractura y se aplanó para ensayar la longitud L_2 en estado natural. La tasa de deformación plástica absoluta ϵ_1 y la tasa de deformación plástica relativa ϵ_2 del sustrato poroso en una determinada dirección se calcularon mediante las siguientes fórmulas:

$$\epsilon_1 = (L_2 - L_0)/L_0 \times 100\%$$

$$\epsilon_2 = (L_2 - L_0)/(L_1 - L_0) \times 100\%.$$

(2) Método de ensayo del espesor del sustrato poroso.

Se seleccionó una longitud de la muestra de sustrato poroso. Se realizaron 10 mediciones del espesor de la muestra de sustrato poroso en un área de 5000 mm² mediante un medidor de espesor de 1/10000, y se promediaron para obtener un valor que era el espesor del sustrato poroso.

(3) Método de ensayo de la porosidad del sustrato poroso.

Se cortaron 10 muestras de sustrato poroso que tenían un tamaño de 50 mm x 100 mm y luego los 10 sustratos porosos se colocaron en un medidor de porosidad verdadera (modelo AccuPycII1340) para ensayar la porosidad de los sustratos porosos. Se determinaron los volúmenes reales Vol de las muestras de sustrato poroso y a continuación se determinó el espesor T de las 10 muestras de sustrato poroso utilizando un medidor de espesor de 1/10000. El volumen aparente del sustrato poroso se calculó según la fórmula: $Vol_0 = 50 \times 100 \times T$, a continuación se calculó la porosidad del separador mediante la fórmula: porosidad = $(Vol_0 - Vol)/Vol_0 \times 100 \%$.

(4) Ensayo de penetración de clavos de una batería de iones de litio.

La batería de iones de litio se colocó en una incubadora a 25 °C y se dejó reposar durante 30 minutos para permitir que la batería de iones de litio alcanzara una temperatura constante. La batería de iones de litio que alcanzó la temperatura constante se cargó con una corriente constante de 0,5 C a un voltaje de 4,4 V, y a continuación se cargó con un voltaje constante de 4,4 V hasta que la corriente alcanzó 0,025 C. La batería de iones de litio completamente cargada se transfirió a un medidor de penetración de clavos. La temperatura ambiente de la prueba se mantuvo a 25 °C $\pm$ 2 °C, y se perforó uniformemente un clavo de acero con un diámetro de 4 mm a través del centro de la batería de iones de litio a una velocidad de 30 mm/s y se mantuvo allí durante 300 s. Si la batería de iones de litio no humeaba, no se incendiaba y no explotaba, se registraba como superado el ensayo. Cada vez se ensayaron 10 baterías de iones de litio y la cantidad de baterías de iones de litio que superaron el ensayo del clavo se utilizó como indicador para evaluar el rendimiento de seguridad de las baterías de iones de litio.

Se prepararon y ensayaron baterías de iones de litio convencionales (ejemplos comparativos 1-6) y baterías de iones de litio según las realizaciones de la presente invención (ejemplos 1-40) según los métodos anteriores. Los sustratos porosos utilizados en las baterías de iones de litio de los ejemplos comparativos y los ejemplos se prepararon en las siguientes condiciones para tener la siguiente tasa de deformación plástica.

Ejemplo comparativo 1

El sustrato poroso tenía un espesor de 7 μ m y una porosidad del 30 %, no tenía ninguna capa porosa

dispuesta sobre la superficie y tenía una relación de estiramiento en la dirección longitudinal de 7,0 y una relación de estiramiento en la dirección transversal de 7,0. El sustrato poroso obtenido tenía una tasa de deformación plástica absoluta en una primera dirección del 29 %, una tasa de deformación plástica absoluta en una segunda dirección del 36 %, una tasa de deformación plástica relativa en la primera dirección del 66 % y una tasa de deformación plástica relativa, en la segunda dirección del 73 %.

Ejemplo comparativo 2

El sustrato poroso tenía un espesor de 7 μm y una porosidad del 31 %, no tenía ninguna capa porosa dispuesta sobre la superficie y tenía una relación de estiramiento en la dirección longitudinal de 7,0 y una relación de estiramiento en la dirección transversal de 6,8. El sustrato poroso obtenido tenía una tasa de deformación plástica absoluta en una primera dirección del 35 %, una tasa de deformación plástica absoluta en una segunda dirección del 52 %, una tasa de deformación plástica relativa en la primera dirección del 57 % y una tasa de deformación plástica relativa, en la segunda dirección del 76 %.

Ejemplo comparativo 3

El sustrato poroso tenía un espesor de 7 μm y una porosidad del 30 %. El aglutinante de la capa porosa dispuesta sobre una superficie del sustrato poroso era poliácridonitrilo, las partículas inorgánicas eran Al_2O_3 y las partículas inorgánicas eran el 91 % en peso de la capa porosa. Durante la preparación, el sustrato poroso tenía una relación de estiramiento en la dirección longitudinal de 7,0 y una relación de estiramiento en la dirección transversal de 6,8. El sustrato poroso obtenido tenía una tasa de deformación plástica absoluta en una primera dirección del 31 %, una tasa de deformación plástica absoluta en una segunda dirección del 47 %, una tasa de deformación plástica relativa en la primera dirección del 67 % y una tasa de deformación plástica relativa en la segunda dirección del 75 %.

Ejemplo comparativo 4

El sustrato poroso tenía un espesor de 20 μm y una porosidad del 30 %. El aglutinante de la capa porosa dispuesta sobre una superficie del sustrato poroso era poliácridonitrilo, las partículas inorgánicas eran Al_2O_3 y las partículas inorgánicas eran el 91 % en peso de la capa porosa. El sustrato poroso tenía una relación de estiramiento en la dirección longitudinal de 7,0 y una relación de estiramiento en la dirección transversal de 7,0. El sustrato poroso obtenido tenía una tasa de deformación plástica absoluta en una primera dirección del 30 %, una tasa de deformación plástica absoluta en una segunda dirección del 51 %, una tasa de deformación plástica relativa en la primera dirección del 56 % y una tasa de deformación plástica relativa en la segunda dirección del 66 %.

Ejemplo comparativo 5

El sustrato poroso tenía un espesor de 7 μm y una porosidad del 15 %. El aglutinante de la capa porosa dispuesta sobre una superficie del sustrato poroso era poliácridonitrilo, las partículas inorgánicas eran Al_2O_3 y las partículas inorgánicas eran el 91 % en peso de la capa porosa. El sustrato poroso tenía una relación de estiramiento en la dirección longitudinal de 7,0 y una relación de estiramiento en la dirección transversal de 7,0. El sustrato poroso obtenido tenía una tasa de deformación plástica absoluta en una primera dirección del 33 %, una tasa de deformación plástica absoluta en una segunda dirección del 50 %, una tasa de deformación plástica relativa en la primera dirección del 52 % y una tasa de deformación plástica relativa en la segunda dirección del 60 %.

Ejemplo comparativo 6

El sustrato poroso tenía un espesor de 7 μm y una porosidad del 31 %. El aglutinante de la capa porosa dispuesta sobre una superficie del sustrato poroso era poliácridonitrilo, las partículas inorgánicas eran boehmita y las partículas inorgánicas representaban el 91 % en peso de la capa porosa. El sustrato poroso tenía una relación de estiramiento en la dirección longitudinal de 7,0 y una relación de estiramiento en la dirección transversal de 7,0. El sustrato poroso obtenido tenía una tasa de deformación plástica absoluta en una primera dirección del 36 %, una tasa de deformación plástica absoluta en una segunda dirección del 55 %, una tasa de deformación plástica relativa en la primera dirección del 61 % y una tasa de deformación plástica relativa en la segunda dirección del 77 %.

Ejemplo 1

El sustrato poroso tenía un espesor de 7 μm y una porosidad del 24 %. El aglutinante de la capa porosa dispuesta sobre una superficie del sustrato poroso era poliácridonitrilo, las partículas inorgánicas eran Al_2O_3 y las partículas inorgánicas eran el 91 % en peso de la capa porosa. El sustrato poroso tenía una relación de estiramiento en la dirección longitudinal de 2,6 y una relación de estiramiento en la dirección transversal de 6,5. El sustrato poroso obtenido tenía una tasa de deformación plástica absoluta en una primera dirección

del 1600 %, una tasa de deformación plástica absoluta en una segunda dirección del 68 %, una tasa de deformación plástica relativa en la primera dirección del 90 % y una tasa de deformación plástica relativa en la segunda dirección del 70 %.

5 Ejemplo 2

El sustrato poroso tenía un espesor de 7 μm y una porosidad del 25 %. El aglutinante de la capa porosa dispuesta sobre una superficie del sustrato poroso era poliacrilonitrilo, las partículas inorgánicas eran Al_2O_3 y las partículas inorgánicas eran el 91 % en peso de la capa porosa. El sustrato poroso tenía una relación de estiramiento en la dirección longitudinal de 3,2 y una relación de estiramiento en la dirección transversal de 6,5. El sustrato poroso obtenido tenía una tasa de deformación plástica absoluta en una primera dirección del 1200 %, una tasa de deformación plástica absoluta en una segunda dirección del 67 %, una tasa de deformación plástica relativa en la primera dirección del 90 % y una tasa de deformación plástica relativa en la segunda dirección del 72 %.

15 Ejemplo 3

El sustrato poroso tenía un espesor de 7 μm y una porosidad del 25 %. El aglutinante de la capa porosa dispuesta sobre una superficie del sustrato poroso era poliacrilonitrilo, las partículas inorgánicas eran Al_2O_3 y las partículas inorgánicas eran el 91 % en peso de la capa porosa. El sustrato poroso tenía una relación de estiramiento en la dirección longitudinal de 4,5 y una relación de estiramiento en la dirección transversal de 6,5. El sustrato poroso obtenido tenía una tasa de deformación plástica absoluta en una primera dirección del 800 %, una tasa de deformación plástica absoluta en una segunda dirección del 68 %, una tasa de deformación plástica relativa en la primera dirección del 89 % y una tasa de deformación plástica relativa en la segunda dirección del 71 %.

25 Ejemplo 4

El sustrato poroso tenía un espesor de 7 μm y una porosidad del 25 %. El aglutinante de la capa porosa dispuesta sobre una superficie del sustrato poroso era poliacrilonitrilo, las partículas inorgánicas eran Al_2O_3 y las partículas inorgánicas eran el 91 % en peso de la capa porosa. El sustrato poroso tenía una relación de estiramiento en la dirección longitudinal de 5,2 y una relación de estiramiento en la dirección transversal de 6,8. El sustrato poroso obtenido tenía una tasa de deformación plástica absoluta en una primera dirección del 676 %, una tasa de deformación plástica absoluta en una segunda dirección del 69 %, una tasa de deformación plástica relativa en la primera dirección del 83 % y una tasa de deformación plástica relativa en la segunda dirección del 73 %.

35 Ejemplo 5

El sustrato poroso tenía un espesor de 7 μm y una porosidad del 27 %. El aglutinante de la capa porosa dispuesta sobre una superficie del sustrato poroso era poliacrilonitrilo, las partículas inorgánicas eran Al_2O_3 y las partículas inorgánicas eran el 91 % en peso de la capa porosa. El sustrato poroso tenía una relación de estiramiento en la dirección longitudinal de 5,8 y una relación de estiramiento en la dirección transversal de 6,8. El sustrato poroso obtenido tenía una tasa de deformación plástica absoluta en una primera dirección del 456 %, una tasa de deformación plástica absoluta en una segunda dirección del 70 %, una tasa de deformación plástica relativa en la primera dirección del 80 % y una tasa de deformación plástica relativa en la segunda dirección del 72 %.

45 Ejemplo 6

El sustrato poroso tenía un espesor de 7 μm y una porosidad del 30 %. El aglutinante de la capa porosa dispuesta sobre una superficie del sustrato poroso era poliacrilonitrilo, las partículas inorgánicas eran Al_2O_3 y las partículas inorgánicas eran el 91 % en peso de la capa porosa. El sustrato poroso tenía una relación de estiramiento en la dirección longitudinal de 6,0 y una relación de estiramiento en la dirección transversal de 6,8. El sustrato poroso obtenido tenía una tasa de deformación plástica absoluta en una primera dirección del 231 %, una tasa de deformación plástica absoluta en una segunda dirección del 70 %, una tasa de deformación plástica relativa en la primera dirección del 76 % y una tasa de deformación plástica relativa en la segunda dirección del 75 %.

50 Ejemplo 7

El sustrato poroso tenía un espesor de 7 μm y una porosidad del 31 %. El aglutinante de la capa porosa dispuesta sobre una superficie del sustrato poroso era poliacrilonitrilo, las partículas inorgánicas eran Al_2O_3 y las partículas inorgánicas eran el 91 % en peso de la capa porosa. El sustrato poroso tenía una relación de estiramiento en la dirección longitudinal de 6,2 y una relación de estiramiento en la dirección transversal de 6,8. El sustrato poroso obtenido tenía una tasa de deformación plástica absoluta en una primera dirección

del 97 %, una tasa de deformación plástica absoluta en una segunda dirección del 69 %, una tasa de deformación plástica relativa en la primera dirección del 67 % y una tasa de deformación plástica relativa en la segunda dirección del 77 %.

5 Ejemplo 8

El sustrato poroso tenía un espesor de 7 μm y una porosidad del 31 %. El aglutinante de la capa porosa dispuesta sobre una superficie del sustrato poroso era poliacrilonitrilo, las partículas inorgánicas eran Al_2O_3 y las partículas inorgánicas eran el 91 % en peso de la capa porosa. El sustrato poroso tenía una relación de estiramiento en la dirección longitudinal de 6,6 y una relación de estiramiento en la dirección transversal de 6,8. El sustrato poroso obtenido tenía una tasa de deformación plástica absoluta en una primera dirección del 40 %, una tasa de deformación plástica absoluta en una segunda dirección del 68 %, una tasa de deformación plástica relativa en la primera dirección del 66 % y una tasa de deformación plástica relativa en la segunda dirección del 74 %.

15 Ejemplo 9

El sustrato poroso tenía un espesor de 7 μm y una porosidad del 27 %. El aglutinante de la capa porosa dispuesta sobre una superficie del sustrato poroso era poliacrilonitrilo, las partículas inorgánicas eran Al_2O_3 y las partículas inorgánicas eran el 91 % en peso de la capa porosa. El sustrato poroso tenía una relación de estiramiento en la dirección longitudinal de 5,5 y una relación de estiramiento en la dirección transversal de 2,5. El sustrato poroso obtenido tenía una tasa de deformación plástica absoluta en una primera dirección del 235 %, una tasa de deformación plástica absoluta en una segunda dirección del 1600 %, una tasa de deformación plástica relativa en la primera dirección del 77 % y una tasa de deformación plástica relativa en la segunda dirección del 90 %.

25 Ejemplo 10

El sustrato poroso tenía un espesor de 7 μm y una porosidad del 25 %. El aglutinante de la capa porosa dispuesta sobre una superficie del sustrato poroso era poliacrilonitrilo, las partículas inorgánicas eran Al_2O_3 y las partículas inorgánicas eran el 91 % en peso de la capa porosa. El sustrato poroso tenía una relación de estiramiento en la dirección longitudinal de 5,5 y una relación de estiramiento en la dirección transversal de 3,0. El sustrato poroso obtenido tenía una tasa de deformación plástica absoluta en una primera dirección del 232 %, una tasa de deformación plástica absoluta en una segunda dirección del 1200 %, una tasa de deformación plástica relativa en la primera dirección del 75 % y una tasa de deformación plástica relativa en la segunda dirección del 90 %.

35 Ejemplo 11

El sustrato poroso tenía un espesor de 7 μm y una porosidad del 27 %. El aglutinante de la capa porosa dispuesta sobre una superficie del sustrato poroso era poliacrilonitrilo, las partículas inorgánicas eran Al_2O_3 y las partículas inorgánicas eran el 91 % en peso de la capa porosa. El sustrato poroso tenía una relación de estiramiento en la dirección longitudinal de 5,5 y una relación de estiramiento en la dirección transversal de 4,5. El sustrato poroso obtenido tenía una tasa de deformación plástica absoluta en una primera dirección del 243 %, una tasa de deformación plástica absoluta en una segunda dirección del 800 %, una tasa de deformación plástica relativa en la primera dirección del 77 % y una tasa de deformación plástica relativa en la segunda dirección del 88 %.

45 Ejemplo 12

El sustrato poroso tenía un espesor de 7 μm y una porosidad del 25 %. El aglutinante de la capa porosa dispuesta sobre una superficie del sustrato poroso era poliacrilonitrilo, las partículas inorgánicas eran Al_2O_3 y las partículas inorgánicas eran el 91 % en peso de la capa porosa. El sustrato poroso tenía una relación de estiramiento en la dirección longitudinal de 5,6 y una relación de estiramiento en la dirección transversal de 5,0. El sustrato poroso obtenido tenía una tasa de deformación plástica absoluta en una primera dirección del 235 %, una tasa de deformación plástica absoluta en una segunda dirección del 6687 %, una tasa de deformación plástica relativa en la primera dirección del 76 % y una tasa de deformación plástica relativa en la segunda dirección del 85 %.

55 Ejemplo 13

El sustrato poroso tenía un espesor de 7 μm y una porosidad del 26 %. El aglutinante de la capa porosa dispuesta sobre una superficie del sustrato poroso era poliacrilonitrilo, las partículas inorgánicas eran Al_2O_3 y las partículas inorgánicas eran el 91 % en peso de la capa porosa. El sustrato poroso tenía una relación de estiramiento en la dirección longitudinal de 5,5 y una relación de estiramiento en la dirección transversal de 5,2. El sustrato poroso obtenido tenía una tasa de deformación plástica absoluta en una primera dirección

del 220 %, una tasa de deformación plástica absoluta en una segunda dirección del 502 %, una tasa de deformación plástica relativa en la primera dirección del 75 % y una tasa de deformación plástica relativa en la segunda dirección del 85 %.

5 Ejemplo 14

El sustrato poroso tenía un espesor de 7 μm y una porosidad del 29 %. El aglutinante de la capa porosa dispuesta sobre una superficie del sustrato poroso era poliacrilonitrilo, las partículas inorgánicas eran Al_2O_3 y las partículas inorgánicas eran el 91 % en peso de la capa porosa. El sustrato poroso tenía una relación de estiramiento en la dirección longitudinal de 5,8 y una relación de estiramiento en la dirección transversal de 5,8. El sustrato poroso obtenido tenía una tasa de deformación plástica absoluta en una primera dirección del 217 %, una tasa de deformación plástica absoluta en una segunda dirección del 297 %, una tasa de deformación plástica relativa en la primera dirección del 75 % y una tasa de deformación plástica relativa en la segunda dirección del 82 %.

15 Ejemplo 15

El sustrato poroso tenía un espesor de 7 μm y una porosidad del 30 %. El aglutinante de la capa porosa dispuesta sobre una superficie del sustrato poroso era poliacrilonitrilo, las partículas inorgánicas eran Al_2O_3 y las partículas inorgánicas eran el 91 % en peso de la capa porosa. El sustrato poroso tenía una relación de estiramiento en la dirección longitudinal de 6,0 y una relación de estiramiento en la dirección transversal de 6,2. El sustrato poroso obtenido tenía una tasa de deformación plástica absoluta en una primera dirección del 228 %, una tasa de deformación plástica absoluta en una segunda dirección del 163 %, una tasa de deformación plástica relativa en la primera dirección del 74 % y una tasa de deformación plástica relativa en la segunda dirección del 78 %.

25 Ejemplo 16

El sustrato poroso tenía un espesor de 7 μm y una porosidad del 25 %. El aglutinante de la capa porosa dispuesta sobre una superficie del sustrato poroso era poliacrilonitrilo, las partículas inorgánicas eran Al_2O_3 y las partículas inorgánicas eran el 91 % en peso de la capa porosa. El sustrato poroso tenía una relación de estiramiento en la dirección longitudinal de 6,2 y una relación de estiramiento en la dirección transversal de 6,8. El sustrato poroso obtenido tenía una tasa de deformación plástica absoluta en una primera dirección del 183 %, una tasa de deformación plástica absoluta en una segunda dirección del 79 %, una tasa de deformación plástica relativa en la primera dirección del 65 % y una tasa de deformación plástica relativa en la segunda dirección del 75 %.

35 Ejemplo 17

El sustrato poroso tenía un espesor de 7 μm y una porosidad del 24 %. El aglutinante de la capa porosa dispuesta sobre una superficie del sustrato poroso era poliacrilonitrilo, las partículas inorgánicas eran Al_2O_3 y las partículas inorgánicas eran el 91 % en peso de la capa porosa. El sustrato poroso tenía una relación de estiramiento en la dirección longitudinal de 6,0 y una relación de estiramiento en la dirección transversal de 6,6. El sustrato poroso obtenido tenía una tasa de deformación plástica absoluta en una primera dirección del 210 %, una tasa de deformación plástica absoluta en una segunda dirección del 76 %, una tasa de deformación plástica relativa en la primera dirección del 71 % y una tasa de deformación plástica relativa en la segunda dirección del 75 %.

45 Ejemplo 18

El sustrato poroso tenía un espesor de 7 μm y una porosidad del 25 %. El aglutinante de la capa porosa dispuesta sobre una superficie del sustrato poroso era poliacrilonitrilo, las partículas inorgánicas eran Al_2O_3 y las partículas inorgánicas eran el 91 % en peso de la capa porosa. El sustrato poroso tenía una relación de estiramiento en la dirección longitudinal de 5,6 y una relación de estiramiento en la dirección transversal de 6,8. El sustrato poroso obtenido tenía una tasa de deformación plástica absoluta en una primera dirección del 430 %, una tasa de deformación plástica absoluta en una segunda dirección del 75 %, una tasa de deformación plástica relativa en la primera dirección del 80 % y una tasa de deformación plástica relativa en la segunda dirección del 73 %.

50 Ejemplo 19

El sustrato poroso tenía un espesor de 7 μm y una porosidad del 24 %. El aglutinante de la capa porosa dispuesta sobre una superficie del sustrato poroso era poliacrilonitrilo, las partículas inorgánicas eran Al_2O_3 y las partículas inorgánicas eran el 91 % en peso de la capa porosa. El sustrato poroso tenía una relación de estiramiento en la dirección longitudinal de 5,2 y una relación de estiramiento en la dirección transversal de 6,6. El sustrato poroso obtenido tenía una tasa de deformación plástica absoluta en una primera dirección

del 550 %, una tasa de deformación plástica absoluta en una segunda dirección del 87 %, una tasa de deformación plástica relativa en la primera dirección del 86 % y una tasa de deformación plástica relativa en la segunda dirección del 75 %.

5 Ejemplo 20

El sustrato poroso tenía un espesor de 7 μm y una porosidad del 23 %. El aglutinante de la capa porosa dispuesta sobre una superficie del sustrato poroso era poliacrilonitrilo, las partículas inorgánicas eran Al_2O_3 y las partículas inorgánicas eran el 91 % en peso de la capa porosa. El sustrato poroso tenía una relación de estiramiento en la dirección longitudinal de 5,0 y una relación de estiramiento en la dirección transversal de 6,8. El sustrato poroso obtenido tenía una tasa de deformación plástica absoluta en una primera dirección del 594 %, una tasa de deformación plástica absoluta en una segunda dirección del 85 %, una tasa de deformación plástica relativa en la primera dirección del 90 % y una tasa de deformación plástica relativa en la segunda dirección del 74 %.

15 Ejemplo 21

El sustrato poroso tenía un espesor de 7 μm y una porosidad del 27 %. El aglutinante de la capa porosa dispuesta sobre una superficie del sustrato poroso era poliacrilonitrilo, las partículas inorgánicas eran Al_2O_3 y las partículas inorgánicas eran el 91 % en peso de la capa porosa. El sustrato poroso tenía una relación de estiramiento en la dirección longitudinal de 6,0 y una relación de estiramiento en la dirección transversal de 6,4. El sustrato poroso obtenido tenía una tasa de deformación plástica absoluta en una primera dirección del 220 %, una tasa de deformación plástica absoluta en una segunda dirección del 92 %, una tasa de deformación plástica relativa en la primera dirección del 73 % y una tasa de deformación plástica relativa en la segunda dirección del 78 %.

25 Ejemplo 22

El sustrato poroso tenía un espesor de 7 μm y una porosidad del 26 %. El aglutinante de la capa porosa dispuesta sobre una superficie del sustrato poroso era poliacrilonitrilo, las partículas inorgánicas eran Al_2O_3 y las partículas inorgánicas eran el 91 % en peso de la capa porosa. El sustrato poroso tenía una relación de estiramiento en la dirección longitudinal de 6,0 y una relación de estiramiento en la dirección transversal de 6,0. El sustrato poroso obtenido tenía una tasa de deformación plástica absoluta en una primera dirección del 198 %, una tasa de deformación plástica absoluta en una segunda dirección del 210 %, una tasa de deformación plástica relativa en la primera dirección del 70 % y una tasa de deformación plástica relativa en la segunda dirección del 82 %.

35 Ejemplo 23

El sustrato poroso tenía un espesor de 7 μm y una porosidad del 25 %. El aglutinante de la capa porosa dispuesta sobre una superficie del sustrato poroso era poliacrilonitrilo, las partículas inorgánicas eran Al_2O_3 y las partículas inorgánicas eran el 91 % en peso de la capa porosa. El sustrato poroso tenía una relación de estiramiento en la dirección longitudinal de 5,8 y una relación de estiramiento en la dirección transversal de 5,6. El sustrato poroso obtenido tenía una tasa de deformación plástica absoluta en una primera dirección del 218 %, una tasa de deformación plástica absoluta en una segunda dirección del 358 %, una tasa de deformación plástica relativa en la primera dirección del 73 % y una tasa de deformación plástica relativa en la segunda dirección del 84 %.

45 Ejemplo 24

El sustrato poroso tenía un espesor de 7 μm y una porosidad del 25 %. El aglutinante de la capa porosa dispuesta sobre una superficie del sustrato poroso era poliacrilonitrilo, las partículas inorgánicas eran Al_2O_3 y las partículas inorgánicas eran el 91 % en peso de la capa porosa. El sustrato poroso tenía una relación de estiramiento en la dirección longitudinal de 5,8 y una relación de estiramiento en la dirección transversal de 5,2. El sustrato poroso obtenido tenía una tasa de deformación plástica absoluta en una primera dirección del 239 %, una tasa de deformación plástica absoluta en una segunda dirección del 398 %, una tasa de deformación plástica relativa en la primera dirección del 75 % y una tasa de deformación plástica relativa en la segunda dirección del 87 %.

50 Ejemplo 25

El sustrato poroso tenía un espesor de 7 μm y una porosidad del 26 %. El aglutinante de la capa porosa dispuesta sobre una superficie del sustrato poroso era poliacrilonitrilo, las partículas inorgánicas eran Al_2O_3 y las partículas inorgánicas eran el 91 % en peso de la capa porosa. El sustrato poroso tenía una relación de estiramiento en la dirección longitudinal de 5,8 y una relación de estiramiento en la dirección transversal de 5,0. El sustrato poroso obtenido tenía una tasa de deformación

plástica absoluta en una primera dirección del 240 %, una tasa de deformación plástica absoluta en una segunda dirección del 470 %, una tasa de deformación plástica relativa en la primera dirección del 77 % y una tasa de deformación plástica relativa, en la segunda dirección del 90 %.

5 Ejemplo 26

El sustrato poroso tenía un espesor de 1 μm y una porosidad del 26 %. El aglutinante de la capa porosa dispuesta sobre una superficie del sustrato poroso era poliacrilonitrilo, las partículas inorgánicas eran Al_2O_3 y las partículas inorgánicas eran el 91 % en peso de la capa porosa. El sustrato poroso tenía una relación de estiramiento en la dirección longitudinal de 6,4 y una relación de estiramiento en la dirección transversal de 6,8. El sustrato poroso obtenido tenía una tasa de deformación plástica absoluta en una primera dirección del 150 %, una tasa de deformación plástica absoluta en una segunda dirección del 70 %, una tasa de deformación plástica relativa en la primera dirección del 68 % y una tasa de deformación plástica relativa en la segunda dirección del 76 %.

15 Ejemplo 27

El sustrato poroso tenía un espesor de 3 μm y una porosidad del 27 %. El aglutinante de la capa porosa dispuesta sobre una superficie del sustrato poroso era poliacrilonitrilo, las partículas inorgánicas eran Al_2O_3 y las partículas inorgánicas eran el 91 % en peso de la capa porosa. El sustrato poroso tenía una relación de estiramiento en la dirección longitudinal de 6,2 y una relación de estiramiento en la dirección transversal de 6,6. El sustrato poroso obtenido tenía una tasa de deformación plástica absoluta en una primera dirección del 181 %, una tasa de deformación plástica absoluta en una segunda dirección del 75 %, una tasa de deformación plástica relativa en la primera dirección del 67 % y una tasa de deformación plástica relativa en la segunda dirección del 77 %.

25 Ejemplo 28

El sustrato poroso tenía un espesor de 9 μm y una porosidad del 27 %. El aglutinante de la capa porosa dispuesta sobre una superficie del sustrato poroso era poliacrilonitrilo, las partículas inorgánicas eran Al_2O_3 y las partículas inorgánicas eran el 91 % en peso de la capa porosa. El sustrato poroso tenía una relación de estiramiento en la dirección longitudinal de 6,0 y una relación de estiramiento en la dirección transversal de 6,6. El sustrato poroso obtenido tenía una tasa de deformación plástica absoluta en una primera dirección del 210 %, una tasa de deformación plástica absoluta en una segunda dirección del 82 %, una tasa de deformación plástica relativa en la primera dirección del 73 % y una tasa de deformación plástica relativa en la segunda dirección del 76 %.

35 Ejemplo 29

El sustrato poroso tenía un espesor de 12 μm y una porosidad del 24 %. El aglutinante de la capa porosa dispuesta sobre una superficie del sustrato poroso era poliacrilonitrilo, las partículas inorgánicas eran Al_2O_3 y las partículas inorgánicas eran el 91 % en peso de la capa porosa. El sustrato poroso tenía una relación de estiramiento en la dirección longitudinal de 6,0 y una relación de estiramiento en la dirección transversal de 6,4. El sustrato poroso obtenido tenía una tasa de deformación plástica absoluta en una primera dirección del 233 %, una tasa de deformación plástica absoluta en una segunda dirección del 89 %, una tasa de deformación plástica relativa en la primera dirección del 75 % y una tasa de deformación plástica relativa en la segunda dirección del 76 %.

45 Ejemplo 30

El sustrato poroso tenía un espesor de 16 μm y una porosidad del 25 %. El aglutinante de la capa porosa dispuesta sobre una superficie del sustrato poroso era poliacrilonitrilo, las partículas inorgánicas eran Al_2O_3 y las partículas inorgánicas eran el 91 % en peso de la capa porosa. El sustrato poroso tenía una relación de estiramiento en la dirección longitudinal de 6,2 y una relación de estiramiento en la dirección transversal de 6,4. El sustrato poroso obtenido tenía una tasa de deformación plástica absoluta en una primera dirección del 228 %, una tasa de deformación plástica absoluta en una segunda dirección del 91 %, una tasa de deformación plástica relativa en la primera dirección del 75 % y una tasa de deformación plástica relativa en la segunda dirección del 77 %.

50 Ejemplo 31

El sustrato poroso tenía un espesor de 20 μm y una porosidad del 23 %. El aglutinante de la capa porosa dispuesta sobre una superficie del sustrato poroso era poliacrilonitrilo, las partículas inorgánicas eran Al_2O_3 y las partículas inorgánicas eran el 91 % en peso de la capa porosa. El sustrato poroso tenía una relación de estiramiento en la dirección longitudinal de 6,0 y una relación de estiramiento en la dirección transversal de 6,4. El sustrato poroso obtenido tenía una tasa de deformación plástica absoluta en una primera dirección

del 231 %, una tasa de deformación plástica absoluta en una segunda dirección del 89 %, una tasa de deformación plástica relativa en la primera dirección del 76 % y una tasa de deformación plástica relativa en la segunda dirección del 75 %.

5 Ejemplo 32

El sustrato poroso tenía un espesor de 40 µm y una porosidad del 23 %. El aglutinante de la capa porosa dispuesta sobre una superficie del sustrato poroso era poliacrilonitrilo, las partículas inorgánicas eran Al₂O₃ y las partículas inorgánicas eran el 91 % en peso de la capa porosa. El sustrato poroso tenía una relación de estiramiento en la dirección longitudinal de 6,0 y una relación de estiramiento en la dirección transversal de 6,6. El sustrato poroso obtenido tenía una tasa de deformación plástica absoluta en una primera dirección del 247 %, una tasa de deformación plástica absoluta en una segunda dirección del 93 %, una tasa de deformación plástica relativa en la primera dirección del 75 % y una tasa de deformación plástica relativa en la segunda dirección del 76 %.

15 Ejemplo 33

El sustrato poroso tenía un espesor de 7 µm y una porosidad del 15 %. El aglutinante de la capa porosa dispuesta sobre una superficie del sustrato poroso era poliacrilonitrilo, las partículas inorgánicas eran Al₂O₃ y las partículas inorgánicas eran el 91 % en peso de la capa porosa. El sustrato poroso tenía una relación de estiramiento en la dirección longitudinal de 6,0 y una relación de estiramiento en la dirección transversal de 6,4. El sustrato poroso obtenido tenía una tasa de deformación plástica absoluta en una primera dirección del 257 %, una tasa de deformación plástica absoluta en una segunda dirección del 82 %, una tasa de deformación plástica relativa en la primera dirección del 77 % y una tasa de deformación plástica relativa en la segunda dirección del 77 %.

25 Ejemplo 34

El sustrato poroso tenía un espesor de 7 µm y una porosidad del 46 %. El aglutinante de la capa porosa dispuesta sobre una superficie del sustrato poroso era poliacrilonitrilo, las partículas inorgánicas eran Al₂O₃ y las partículas inorgánicas eran el 91 % en peso de la capa porosa. El sustrato poroso tenía una relación de estiramiento en la dirección longitudinal de 6,2 y una relación de estiramiento en la dirección transversal de 6,8. El sustrato poroso obtenido tenía una tasa de deformación plástica absoluta en una primera dirección del 219 %, una tasa de deformación plástica absoluta en una segunda dirección del 76 %, una tasa de deformación plástica relativa en la primera dirección del 73 % y una tasa de deformación plástica relativa en la segunda dirección del 76 %.

35 Ejemplo 35

El sustrato poroso tenía un espesor de 7 µm y una porosidad del 60 %. El aglutinante de la capa porosa dispuesta sobre una superficie del sustrato poroso era poliacrilonitrilo, las partículas inorgánicas eran Al₂O₃ y las partículas inorgánicas eran el 91 % en peso de la capa porosa. El sustrato poroso tenía una relación de estiramiento en la dirección longitudinal de 6,2 y una relación de estiramiento en la dirección transversal de 7,0. El sustrato poroso obtenido tenía una tasa de deformación plástica absoluta en una primera dirección del 228 %, una tasa de deformación plástica absoluta en una segunda dirección del 83 %, una tasa de deformación plástica relativa en la primera dirección del 73 % y una tasa de deformación plástica relativa en la segunda dirección del 76 %.

45 Ejemplo 36

El sustrato poroso tenía un espesor de 7 µm y una porosidad del 30 %. El aglutinante de la capa porosa dispuesta sobre una superficie del sustrato poroso era poliacrilonitrilo, las partículas inorgánicas eran boehmita y las partículas inorgánicas representaban el 85 % en peso de la capa porosa. El sustrato poroso tenía una relación de estiramiento en la dirección longitudinal de 6,0 y una relación de estiramiento en la dirección transversal de 6,8. El sustrato poroso obtenido tenía una tasa de deformación plástica absoluta en una primera dirección del 231 %, una tasa de deformación plástica absoluta en una segunda dirección del 86 %, una tasa de deformación plástica relativa en la primera dirección del 76 %, y una tasa de deformación plástica relativa en la segunda dirección del 75 %.

55 Ejemplo 37

El sustrato poroso tenía un espesor de 7 µm y una porosidad del 30 %. El aglutinante de la capa porosa dispuesta sobre una superficie del sustrato poroso era metacrilato de polimetilo, las partículas inorgánicas eran Al₂O₃ y las partículas inorgánicas eran el 70 % en peso de la capa porosa. El sustrato poroso tenía una relación de estiramiento en la dirección longitudinal de 6,0 y una relación de estiramiento en la dirección transversal de 6,8. El sustrato poroso obtenido tenía una tasa de deformación plástica absoluta en una

primera dirección del 231 %, una tasa de deformación plástica absoluta en una segunda dirección del 86 %, una tasa de deformación plástica relativa en la primera dirección del 76 % y una tasa de deformación plástica relativa en la segunda dirección del 75 %.

5 Ejemplo 38

El sustrato poroso tenía un espesor de 7 μm y una porosidad del 30 %. El aglutinante de la capa porosa dispuesta sobre una superficie del sustrato poroso era fluoruro de polivinilideno, las partículas inorgánicas eran Al_2O_3 y las partículas inorgánicas eran el 70 % en peso de la capa porosa. El sustrato poroso tenía una relación de estiramiento en la dirección longitudinal de 6,0 y una relación de estiramiento en la dirección transversal de 6,8. El sustrato poroso obtenido tenía una tasa de deformación plástica absoluta en una primera dirección del 231 %, una tasa de deformación plástica absoluta en una segunda dirección del 86 %, una tasa de deformación plástica relativa en la primera dirección del 76 % y una tasa de deformación plástica relativa en la segunda dirección del 75 %.

15 Ejemplo 39

El sustrato poroso tenía un espesor de 7 μm y una porosidad del 30 %. El aglutinante de la capa porosa dispuesta sobre una superficie del sustrato poroso era poliácridonitrilo, las partículas inorgánicas eran hidróxido de magnesio y las partículas inorgánicas representaban el 91 % en peso de la capa porosa. El sustrato poroso tenía una relación de estiramiento en la dirección longitudinal de 6,0 y una relación de estiramiento en la dirección transversal de 6,8. El sustrato poroso obtenido tenía una tasa de deformación plástica absoluta en una primera dirección del 231 %, una tasa de deformación plástica absoluta en una segunda dirección del 86 %, una tasa de deformación plástica relativa en la primera dirección del 76 % y una tasa de deformación plástica relativa en la segunda dirección del 75 %.

25 Ejemplo 40

El sustrato poroso tenía un espesor de 7 μm y una porosidad del 30 %. El aglutinante de la capa porosa dispuesta sobre una superficie del sustrato poroso era poliácridonitrilo, las partículas inorgánicas eran Al_2O_3 y las partículas inorgánicas eran el 70 % en peso de la capa porosa. El sustrato poroso tenía una relación de estiramiento en la dirección longitudinal de 6,0 y una relación de estiramiento en la dirección transversal de 6,8. El sustrato poroso obtenido tenía una tasa de deformación plástica absoluta en una primera dirección del 231 %, una tasa de deformación plástica absoluta en una segunda dirección del 86 %, una tasa de deformación plástica relativa en la primera dirección del 76 % y una tasa de deformación plástica relativa en la segunda dirección del 75 %.

La tabla 1 muestra las configuraciones variables y los resultados de los ensayos para cada uno de los ejemplos y ejemplos comparativos.

El sustrato poroso del separador de los ejemplos Comparativos 1 y 2 no tenía capa porosa. El sustrato poroso del separador de los ejemplos Comparativos 3-6 tenía una capa porosa en la superficie, pero la tasa de deformación plástica absoluta no satisfizo el requisito de aproximadamente 40 % a aproximadamente 1800 %. Los ejemplos comparativos 4 y 5 muestran que incluso si el separador es grueso y la porosidad es baja, si la tasa de deformación plástica absoluta no satisface el requisito de aproximadamente 40 % a aproximadamente 1800 %, la tasa de aprobación del ensayo de penetración de clavos sigue siendo baja.

Tal como muestran los datos en las secciones "Tasa de deformación plástica absoluta en la primera dirección" (es decir, ejemplos 1-8) y "Tasa de deformación plástica absoluta en la segunda dirección" (es decir, ejemplos 6 y 9-15) en la tabla 1, cuanto mayor sea la tasa de deformación plástica absoluta en la primera dirección (por ejemplo, la dirección longitudinal) o en la segunda dirección (por ejemplo, la dirección transversal), mayor será la aprobación del ensayo de penetración del clavo. En comparación con el ejemplo Comparativo 3, la tasa de deformación plástica absoluta en la primera dirección o en la segunda dirección tiene una influencia significativa en la tasa de aprobación del ensayo de penetración del clavo.

Tal como muestran los datos en las secciones "Tasa de deformación plástica relativa en la primera dirección" (es decir, ejemplos 6 y 16-20) y "Tasa de deformación plástica relativa en la segunda dirección" (es decir, ejemplos 6 y 21-25) en la tabla 1, la tasa de deformación plástica relativa en la primera o segunda dirección está correlacionada con la tasa de deformación plástica absoluta en la primera o segunda dirección, y su influencia en la tasa de aprobación del ensayo de penetración del clavo cumple con la de la tasa de deformación plástica absoluta en la tasa de aprobación del ensayo de penetración del clavo.

Tal como se muestra en los datos de la sección "Espesor del sustrato poroso" (es decir, ejemplos 6 y 26-32) en la tabla 1, cuanto más grueso sea el sustrato poroso del separador, mayor será la tasa de aprobación del

ensayo de penetración del clavo cuando la tasa de deformación plástica absoluta satisface el requisito. En comparación con el ejemplo Comparativo 4, cuando la tasa de deformación plástica absoluta no satisface el requisito de aproximadamente 40 % a aproximadamente 1800 %, incluso si el espesor es grande, no hay manera de mejorar de forma eficaz la tasa de aprobación del ensayo de penetración de clavos.

Tal como se muestra en los datos de la sección "Porosidad del sustrato poroso" (es decir, ejemplos 6 y 26-32) en la tabla 1, cuanto menor es la porosidad del sustrato poroso del separador, mayor es la tasa de aprobación del ensayo de penetración del clavo cuando la tasa de deformación plástica absoluta satisfaga el requisito. Sin embargo, en comparación con el ejemplo Comparativo 5, cuando la tasa de deformación plástica absoluta no satisface el requisito de aproximadamente 40 % a aproximadamente 1800 %, incluso si la porosidad es baja, no hay manera de mejorar de forma eficaz la tasa de aprobación del ensayo de penetración de clavos.

Tal como se muestra en los datos de la sección "Capa porosa" (es decir, ejemplos 6 y 36-40) en la tabla 1, los diferentes tipos de capas porosas no tienen una influencia significativa en la tasa de aprobación del ensayo de penetración de clavos. En comparación con los ejemplos Comparativos 3 y 6, cuando la tasa de deformación plástica absoluta no satisface el requisito de aproximadamente 40 % a aproximadamente 1800 %, la estructura de la capa porosa no tiene una influencia sustancial en la tasa de aprobación del ensayo de penetración del clavo.

Las referencias a lo largo de la especificación a "realizaciones", "realizaciones parciales", "una realización", "otro ejemplo", "ejemplo", "ejemplo específico" o "ejemplos parciales" significan que al menos una realización o ejemplo de la solicitud comprende características, estructuras, materiales o características descritas en las realizaciones o ejemplos. Así, las descripciones aparecen a lo largo de la especificación, tales como "en algunas realizaciones", "en una realización", "en una realización", "en otro ejemplo", "en un ejemplo", "en un ejemplo particular" o "para ejemplo", no son necesariamente la misma realización o ejemplo en la solicitud. Además, las características, estructuras, materiales o características particulares del presente documento se pueden combinar de cualquier manera adecuada en una o más realizaciones o ejemplos.

Tabla 1

Configuración de variables	Parámetros en ejemplos comparativos							Rendimiento de la batería		
	Ejemplo	Tasa de deformación plástica absoluta en la primera dirección	Tasa de deformación plástica absoluta en la segunda dirección	Tasa relativa de deformación plástica en la primera dirección	Tasa relativa de deformación plástica en la segunda dirección	Espesor del sustrato poroso (µm)	Porosidad del sustrato poroso	Aglutinante en capa porosa	Partículas inorgánicas en capa porosa	Tasa de aprobación de la prueba de penetración de clavos %
Tasa de deformación plástica absoluta en la primera dirección	1	1.600 %	68 %	90 %	70 %	7	24 %	Poliacrilonitrilo	Al ₂ O ₃ (91 % en peso)	100 %
	2	1.200 %	67 %	90 %	72 %	7	25 %	Poliacrilonitrilo	Al ₂ O ₃ (91 % en peso)	100 %
	3	800 %	68 %	89 %	71 %	7	25 %	Poliacrilonitrilo	Al ₂ O ₃ (91 % en peso)	90 %
	4	676 %	69 %	83 %	73 %	7	25 %	Poliacrilonitrilo	Al ₂ O ₃ (91 % en peso)	80 %
	5	456 %	70 %	80 %	72 %	7	27 %	Poliacrilonitrilo	Al ₂ O ₃ (91 % en peso)	70 %
	6	231 %	70 %	76 %	75 %	7	30 %	Poliacrilonitrilo	Al ₂ O ₃ (91 % en peso)	70 %
Tasa de deformación plástica absoluta en la segunda dirección	7	97 %	69 %	67 %	77 %	7	31 %	Poliacrilonitrilo	Al ₂ O ₃ (91 % en peso)	60 %
	8	40 %	68 %	66 %	74 %	7	31 %	Poliacrilonitrilo	Al ₂ O ₃ (91 % en peso)	50 %
	9	235 %	1.600 %	77 %	90 %	7	27 %	Poliacrilonitrilo	Al ₂ O ₃ (91 % en peso)	100 %
	10	232 %	1.200 %	75 %	90 %	7	25 %	Poliacrilonitrilo	Al ₂ O ₃ (91 % en peso)	100 %
	11	243 %	800 %	77 %	88 %	7	27 %	Poliacrilonitrilo	Al ₂ O ₃ (91 % en peso)	100 %
	12	235 %	687 %	76 %	85 %	7	25 %	Poliacrilonitrilo	Al ₂ O ₃ (91 % en peso)	90 %
	13	220 %	502 %	75 %	85 %	7	26 %	Poliacrilonitrilo	Al ₂ O ₃ (91 % en peso)	90 %
	14	217 %	297 %	75 %	82 %	7	29 %	Poliacrilonitrilo	Al ₂ O ₃ (91 % en peso)	80 %
	15	228 %	163 %	74 %	78 %	7	30 %	Poliacrilonitrilo	Al ₂ O ₃ (91 % en peso)	70 %
	6	231 %	70 %	76 %	75 %	7	30 %	Poliacrilonitrilo	Al ₂ O ₃ (91 % en peso)	70 %

(continuación)

Configuración de variables	Parámetros en ejemplos comparativos								Rendimiento de la batería	
	Ejemplo	Tasa de deformación plástica absoluta en la primera dirección	Tasa de deformación plástica absoluta en la segunda dirección	Tasa relativa de deformación plástica en la primera dirección	Tasa relativa de deformación plástica en la segunda dirección	Espesor del sustrato poroso (µm)	Porosidad del sustrato poroso	Aglutinante en capa porosa	Partículas inorgánicas en capa porosa	Tasa de aprobación del ensayo de penetración de clavos %
Tasa de deformación plástica absoluta en la primera dirección	16	183 %	79 %	65 %	75 %	7	25 %	Poliacrilonitrilo	Al ₂ O ₃ (91 % en peso)	50 %
	17	210 %	76 %	71 %	75 %	7	24 %	Poliacrilonitrilo	Al ₂ O ₃ (91 % en peso)	60 %
	6	231 %	70 %	76 %	75 %	7	30 %	Poliacrilonitrilo	Al ₂ O ₃ (91 % en peso)	70 %
	18	430 %	75 %	80 %	73 %	7	25 %	Poliacrilonitrilo	Al ₂ O ₃ (91 % en peso)	80 %
	19	550 %	87 %	86 %	75 %	7	24 %	Poliacrilonitrilo	Al ₂ O ₃ (91 % en peso)	90 %
	20	594 %	85 %	90 %	74 %	7	23 %	Poliacrilonitrilo	Al ₂ O ₃ (91 % en peso)	90 %
Tasa de deformación plástica absoluta en la segunda dirección	6	231 %	70 %	76 %	75 %	7	30 %	Poliacrilonitrilo	Al ₂ O ₃ (91 % en peso)	70 %
	21	220 %	92 %	73 %	78 %	7	27 %	Poliacrilonitrilo	Al ₂ O ₃ (91 % en peso)	70 %
	22	198 %	210 %	70 %	82 %	7	26 %	Poliacrilonitrilo	Al ₂ O ₃ (91 % en peso)	80 %
	23	218 %	358 %	73 %	84 %	7	25 %	Poliacrilonitrilo	Al ₂ O ₃ (91 % en peso)	80 %
	24	239 %	398 %	75 %	87 %	7	25 %	Poliacrilonitrilo	Al ₂ O ₃ (91 % en peso)	90 %
	25	240 %	470 %	77 %	90 %	7	26 %	Poliacrilonitrilo	Al ₂ O ₃ (91 % en peso)	90 %

(continuación)

Configuración de variables	Parámetros en ejemplos comparativos								Rendimiento de la batería	
	Ejemplo	Tasa de deformación plástica absoluta en la primera dirección	Tasa de deformación plástica absoluta en la segunda dirección	Tasa relativa de deformación plástica en la primera dirección	Tasa relativa de deformación plástica en la segunda dirección	Esesor del sustrato poroso (µm)	Porosidad del sustrato poroso	Aglutinante en capa porosa	Partículas inorgánicas en capa porosa	Tasa de aprobación del ensayo de penetración de clavos %
Espesor del sustrato poroso	26	150 %	70 %	68 %	76 %	1	26 %	Poliacrilonitrilo	Al ₂ O ₃ (91 % en peso)	30 %
	27	181 %	75 %	67 %	77 %	3	27 %	Poliacrilonitrilo	Al ₂ O ₃ (91 % en peso)	50 %
	6	231 %	70 %	76 %	75 %	7	30 %	Poliacrilonitrilo	Al ₂ O ₃ (91 % en peso)	70 %
	28	210 %	82 %	73 %	76 %	9	27 %	Poliacrilonitrilo	Al ₂ O ₃ (91 % en peso)	80 %
	29	233 %	89 %	75 %	76 %	12	24 %	Poliacrilonitrilo	Al ₂ O ₃ (91 % en peso)	80 %
	30	228 %	91 %	75 %	77 %	16 %	25 %	Poliacrilonitrilo	Al ₂ O ₃ (91 % en peso)	90 %
	31	231 %	89 %	76 %	75 %	20	23 %	Poliacrilonitrilo	Al ₂ O ₃ (91 % en peso)	100 %
Porosidad del sustrato poroso	32	247 %	93 %	75 %	76 %	40	23 %	Poliacrilonitrilo	Al ₂ O ₃ (91 % en peso)	100 %
	33	257 %	82 %	77 %	77 %	7	15 %	Poliacrilonitrilo	Al ₂ O ₃ (91 % en peso)	80 %
	6	231 %	70 %	76 %	75 %	7	30 %	Poliacrilonitrilo	Al ₂ O ₃ (91 % en peso)	70 %
	34	219 %	76 %	73 %	76 %	7	46 %	Poliacrilonitrilo	Al ₂ O ₃ (91 % en peso)	60 %
	35	228 %	83 %	73 %	76 %	7	60 %	Poliacrilonitrilo	Al ₂ O ₃ (91 % en peso)	50 %
Capa porosa	6	231 %	70 %	76 %	75 %	7	30 %	Poliacrilonitrilo	Al ₂ O ₃ (91 % en peso)	70 %
	36	231 %	86 %	76 %	75 %	7	30 %	Poliacrilonitrilo	Boehmita (85 % en peso)	80 %

(continuación)

Configuración de variables	Parámetros en ejemplos comparativos							Rendimiento de la batería		
	Ejemplo	Tasa de deformación plástica absoluta en la primera dirección	Tasa de deformación plástica absoluta en la segunda dirección	Tasa relativa de deformación plástica en la primera dirección	Tasa relativa de deformación plástica en la segunda dirección	Espesor del sustrato poroso (µm)	Porosidad del sustrato poroso			
Porosidad del sustrato poroso	37	231 %	86 %	76 %	75 %	7	30 %	Polimetacrilato de metilo	Al ₂ O ₃ (70 % en peso)	60 %
	38	231 %	86 %	76 %	75 %	7	30 %	Fluoruro de polivinilideno	Al ₂ O ₃ (91 % en peso)	60 %
	39	231 %	86 %	76 %	75 %	7	30 %	Poliacrilonitrilo	Hidróxido de magnesio (91 % en peso)	70 %
	40	231 %	86 %	76 %	75 %	7	30 %	Poliacrilonitrilo	Al ₂ O ₃ (70 % en peso)	60 %
	1	29 %	36 %	66 %	73 %	7	30 %	/	/	0 %
	2	35 %	52 %	57 %	76 %	7	31 %	/	/	0 %
	3	31 %	47 %	67 %	75 %	7	30 %	Poliacrilonitrilo	Al ₂ O ₃ (91 % en peso)	10 %
	4	30 %	51 %	56 %	66 %	20	30 %	Poliacrilonitrilo	Al ₂ O ₃ (91 % en peso)	10 %
	5	33 %	50 %	52 %	60 %	7	15 %	Poliacrilonitrilo	Al ₂ O ₃ (91 % en peso)	10 %
	6	36 %	55 %	61 %	77 %	7	31 %	Poliacrilonitrilo	Boehmita (91 % en peso)	10 %

REIVINDICACIONES

1. Separador, que comprende
 - 5 un sustrato poroso; y
una capa porosa,
en el que la capa porosa está dispuesta sobre una superficie del sustrato poroso y comprende partículas inorgánicas y un aglutinante; y el sustrato poroso tiene una tasa de deformación plástica absoluta en una primera dirección en el intervalo del 40 % al 1800 %, midiéndose la tasa de deformación plástica absoluta tal como se describe en la memoria descriptiva y en la figura 1.
 - 10
 2. Separador, según la reivindicación 1, en el que el sustrato poroso tiene una tasa de deformación plástica absoluta en una segunda dirección en el intervalo del 60 % al 1800 %.
 - 15 3. Separador, según la reivindicación 1 o 2, en el que el sustrato poroso tiene al menos una de las siguientes propiedades:

una tasa de deformación plástica absoluta en la primera dirección en el intervalo entre el 40 % y el 1600 %; y una tasa de deformación plástica absoluta en la segunda dirección en el intervalo entre el 70 % y el 1600 %.
 - 20 4. Separador, según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, en el que el sustrato poroso tiene al menos una de las siguientes propiedades:

una tasa de deformación plástica relativa en la primera dirección en el intervalo entre el 50 % y el 100 %; y una tasa relativa de deformación plástica en la segunda dirección en el intervalo entre el 60 % y el 100 %.
 - 25 5. Separador según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, en el que el sustrato poroso tiene al menos una de las siguientes propiedades:

una tasa de deformación plástica relativa en la primera dirección en el intervalo entre el 65 % y el 90 %; y una tasa relativa de deformación plástica en la segunda dirección en el intervalo entre el 75 % y el 90 %.
 - 30 6. Separador, según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, en el que el aglutinante comprende al menos uno seleccionado del grupo que consiste en un copolímero de fluoruro de vinilideno-hexafluoropropileno, un copolímero de fluoruro de vinilideno-tricloroetileno, metacrilato de polimetilo, ácido poliacrílico, poliácrlato, poliacrilonitrilo, polivinilo, pirrolidona, acetato de polivinilo, un copolímero de etileno-acetato de vinilo, poliimida, óxido de polietileno, acetato de celulosa, acetato butirato de celulosa, propionato de acetato de celulosa, cianoetil amilopectina, cianoetil polivinil alcohol, cianoetil celulosa, cianoetil sacarosa, amilopectina, carboximetil celulosa de sodio, carboximetil celulosa de litio, un copolímero de acrilonitrilo-estireno-butadieno, alcohol polivinílico, éter polivinílico, politetrafluoroetileno, polihexafluoropropileno, un copolímero de estireno-butadieno y fluoruro de polivinilideno.
 - 35 7. Separador, según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6, en el que el aglutinante comprende al menos uno seleccionado del grupo que consiste en poliacrilonitrilo, polimetacrilato de metilo y fluoruro de polivinilideno.
 - 45 8. Separador, según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7, en el que las partículas inorgánicas comprenden al menos una seleccionada del grupo que consiste en alúmina, sílice, magnesia, óxido de titanio, dióxido de hafnio, óxido de estaño, dióxido de cerio, óxido de níquel, óxido de zinc, óxido de calcio, circonio, itria, carburo de silicio, boehmita, hidróxido de aluminio, hidróxido de magnesio, hidróxido de calcio y sulfato de bario.
 - 50 9. Separador, según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 8, en el que las partículas inorgánicas comprenden al menos una seleccionada del grupo que consiste en alúmina, hidróxido de magnesio y boehmita.
 - 55 10. Separador, según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 9, en el que el sustrato poroso comprende una película polimérica, una película polimérica multicapa o una tela no tejida, en el que la película polimérica, la película polimérica multicapa o la tela no tejida está formada por uno cualquiera o más de los siguientes polímeros: polietileno, polipropileno, tereftalato de polietileno, tereftalato de polibutileno, tereftalato de polifenileno, poliéster, poliactal, poliamida, policarbonato, poliimida, polieteretercetona, poliariletercetona, polieterimida, poliamidaimida, polibencimidazol, polietersulfona, éter de polifenileno, un copolímero de olefina cíclica, sulfuro de polifenileno o polietileno naftaleno.
 - 60 11. Separador, según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 10, en el que el sustrato poroso tiene un espesor en el intervalo entre 1 y 40 μm .
 - 65

12. Separador, según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 11, en el que el sustrato poroso tiene una porosidad en el intervalo entre el 10 % y el 70 %.
- 5 13. Separador, según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 12, en el que el sustrato poroso tiene una porosidad en el intervalo entre el 15 % y el 60 %.
14. Dispositivo electroquímico, que comprende:
- 10 un cátodo;
un ánodo; y
el separador según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 13.
- 15 15. Dispositivo electroquímico, según la reivindicación 14, en el que el dispositivo electroquímico comprende baterías de iones de litio.

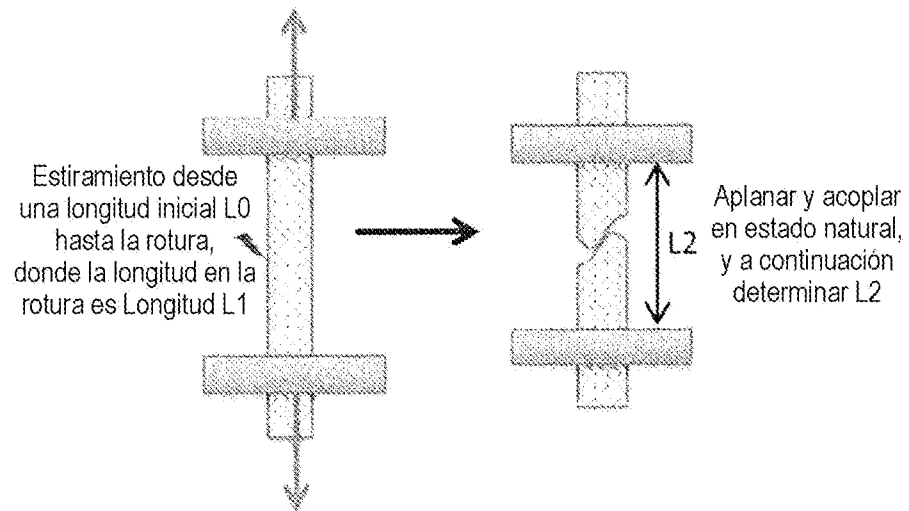


FIG. 1

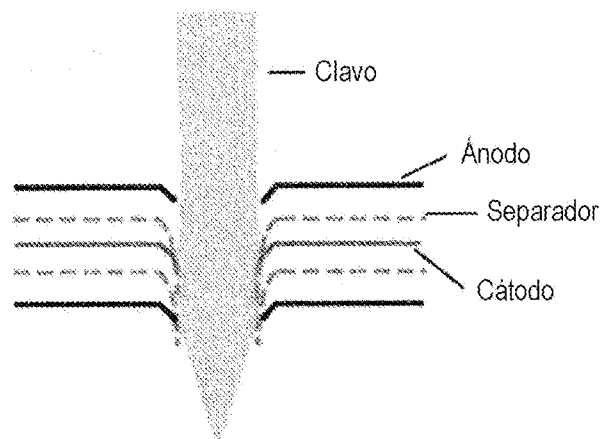


FIG. 2

REFERENCIAS CITADAS EN LA DESCRIPCIÓN

Esta lista de referencias citada por el solicitante es únicamente para mayor comodidad del lector. No forman parte del documento de la Patente Europea. Incluso teniendo en cuenta que la compilación de las referencias se ha efectuado con gran cuidado, los errores u omisiones no pueden descartarse; la EPO se exime de toda responsabilidad al respecto.

Documentos de patentes citados en la descripción

- CN 201810640157