

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 632 421**

51 Int. Cl.:

H01M 4/04	(2006.01) H01M 4/02	(2006.01)
H01M 4/134		(2010.01)
H01M 10/052		(2010.01)
H01M 10/0525		(2010.01)
H01M 10/054		(2010.01)
H01M 4/80		(2006.01)
H01M 4/66		(2006.01)
H01M 4/74		(2006.01)
H01M 10/44		(2006.01)
H01M 4/12		(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **01.11.2012 PCT/GB2012/052728**
- 87 Fecha y número de publicación internacional: **22.08.2013 WO13121164**
- 96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **01.11.2012 E 12783268 (1)**
- 97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **21.06.2017 EP 2815447**

54 Título: **Electrodo de lámina de metal reforzada**

30 Prioridad:

17.02.2012 US 201261600048 P
17.02.2012 EP 12156009

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
13.09.2017

73 Titular/es:

OXIS ENERGY LIMITED (100.0%)
E1 Culham Science Centre
Abingdon, Oxfordshire OX14 3DB, GB

72 Inventor/es:

KOLOSNITSYN, VLADIMIR y
KARASEVA, ELENA

74 Agente/Representante:

SÁEZ MAESO, Ana

ES 2 632 421 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

Electrodo de lámina de metal reforzada

5 La presente invención se refiere a un electrodo de lámina de metal y, particularmente pero no exclusivamente, a un electrodo de lámina de litio.

Antecedentes

10 Se han usado láminas de metal de, por ejemplo, litio metálico tanto en celdas electroquímicas primarias como secundarias. En una celda de litio-azufre, por ejemplo, puede usarse la lámina de metal de litio como ánodo de la celda.

15 Con el fin de mejorar la energía específica de, por ejemplo, una celda de litio-azufre, es conveniente reducir su masa total. En teoría, esto puede alcanzarse reduciendo el grosor de los electrodos puesto que las reacciones electroquímicas durante la carga y descarga sólo se producen en la superficie del electrodo. Sin embargo, la lámina delgada de litio es muy suave y se dobla y/o se rompe fácilmente. Cuando se cortan tales láminas para su uso, las láminas también tienen tendencia a pegarse a las cuchillas usadas en el procedimiento de corte. Como resultado, las láminas delgadas de litio son extremadamente difíciles de manejar y producir. De hecho, el grosor típico de la lámina de litio comercialmente disponible es 100 μm o mayor.

20 Se conoce del documento US 3,721,113 proporcionar un proceso para laminar tiras delgadas de litio continuas en grosores menores que 400 μm mediante laminación en frío de metal de litio mientras se comprime entre las superficies lisas de una composición polimérica sólida. Se señala que pueden alcanzarse grosores hasta aproximadamente 40 μm , pero esto no se ejemplifica. La composición polimérica sólida puede estar en forma de las superficies de un par de rodillos, o puede ser un par de láminas de polímero que intercalan una tira de litio. Sin embargo, es importante apreciar que las láminas de polímero se desprenden de la lámina de litio después de la laminación en frío, y no se pretende que actúen como soporte para mejorar la manipulación posterior. En consecuencia, aunque las láminas de metal de litio descritas en este documento pueden ser delgadas, son difíciles de trabajar una vez producidas.

30 El documento US 2009/0246626 describe una celda de iones de litio en la que se usa la lámina de metal de litio como una fuente de iones de litio. Particularmente, el documento US 2009/0246626 describe una celda de iones de litio que comprende electrodos positivos y electrodos negativos formados a partir de carbono. Para inicializar la celda, los electrodos negativos primero se dopan con iones de litio de la lámina de metal de litio. Específicamente, la lámina de metal de litio se coloca en contacto eléctrico con los electrodos negativos en presencia de un electrolito. Después de un período de tiempo, la lámina de metal de litio se disuelve completamente para formar iones de litio que intercalan o dopan los electrodos negativos. Una vez disuelta, por lo tanto, la lámina de metal no desempeña ningún papel en la química de carga y descarga de la celda.

40 El documento US 2009/0246626 reconoce las dificultades inherentes a la manipulación de las láminas delgadas de litio y propone una lámina de metal de litio proporcionada en un lado o en ambos lados de un miembro de soporte formado de papel o tela de resina no tejida o unido por presión a la lámina de litio. Sin embargo, la referencia no se ocupa de la reducción del grosor de una lámina de litio. En su lugar, la referencia indica que el grosor no es limitante y se determina por la cantidad de iones de litio dopados en la celda y en el área de la lámina de metal de litio. Dado que puede usarse una única hoja de lámina de litio para intercalar o dopar una serie de electrodos en una pila, se dice que se prefiere un grosor de 50 a 300 micras. Aunque se dice que el grosor del miembro de soporte es preferentemente de 20 a 100 micras, la referencia no describe los grosores de ninguna de las estructuras termoadheridas. De hecho, aunque se menciona la unión por presión, esto no tiene que resultar en una fijación firme, sino que puede ser simplemente suficiente para garantizar que la lámina y el miembro de soporte no se desalineen durante el corte y manejo posterior. No existe sugerencia de que pueda alcanzarse una reducción del grosor mediante el uso una estructura compuesta. De hecho, se esperaría que la adición de un soporte aumente el grosor del compuesto resultante.

55 El documento EP 1865520 describe un electrodo de litio formado por la unión por contacto de una lámina de metal de litio a una red de acero inoxidable. El documento de la técnica anterior menciona la posibilidad de aplicar una lámina de metal de litio a cada lado del colector de corriente. Sin embargo, el documento EP 1865520 no describe la etapa de laminar o de prensar y estirar de cualquier otra manera el compuesto para reducir sustancialmente su grosor total. De hecho, el ejemplo describe un electrodo que tiene un grosor de 148 μm que se forma mediante unión por contacto de una sola lámina de metal de litio a una red de acero inoxidable. También debe observarse que el electrodo de litio descrito en el documento EP 1865520 no se emplea como el ánodo de trabajo de la celda electroquímica sino simplemente como una fuente de iones de litio para un ánodo formado, por ejemplo, de grafito para intercalar de manera reversible los iones de litio. Además, dado que la red de acero inoxidable se usa como un colector de corriente, esta es necesariamente conductora. Por la exposición al electrolito, por lo tanto, puede convertirse en un centro para la formación de dendritas. Esto generalmente no se desea.

65 El documento US 2004/0072066 describe un electrodo de litio que se forma mediante la deposición de una capa de metal de litio sobre una película polimérica porosa mediante el uso de, por ejemplo, deposición en fase de vapor. La película polimérica porosa está presente e integrada con la superficie orientada hacia el electrolito del electrodo de litio. Puede

proporcionarse una capa de recubrimiento protector que tiene conductividad por iones de litio pero que es impermeable al electrolito entre la película polimérica porosa y la capa de metal de litio. El objetivo del documento US 2004/0072066 es proporcionar capas sobre la superficie del electrodo de metal de litio.

5 En vistas de lo anterior, está entre los objetos de la presente invención mejorar la energía específica de una celda electroquímica.

También está entre los objetos de la presente invención reducir el grosor de un electrodo de lámina de metal.

10 Breve resumen de la descripción

Visto desde un primer aspecto, la presente invención proporciona un electrodo de lámina de metal de acuerdo con la reivindicación 1 que comprende

15 i) una capa de refuerzo formada a partir de un sustrato poroso, y
ii) una primera y una segunda capas de lámina de metal que comprenden litio y/o sodio, en donde la capa de refuerzo se dispone entre la primera y la segunda capas de láminas de metal y se une por presión para formar una estructura compuesta que tiene un grosor de 100 micras o menos (por ejemplo, menos de 100 micras).

20 Preferentemente, el sustrato poroso está desprovisto de metal. El sustrato poroso se forma de un material fibroso no conductor. En una modalidad preferida, el material fibroso es un material formado a partir de fibras de polímero.

Preferentemente, la estructura compuesta del electrodo de lámina de metal tiene un grosor de 60 micras o menos, con mayor preferencia 50 micras o menos.

25 Preferentemente, la lámina de metal se forma a partir de metal de litio o metal de sodio o una aleación que contiene metal de litio o metal de sodio. Se prefieren el metal de litio o la aleación de litio. Los ejemplos de aleaciones de litio adecuadas incluyen aleaciones de litio-estaño, litio-aluminio, litio-magnesio, litio-plata, litio-plomo, litio-manganeso y/o litio-cadmio.

30 El electrodo puede incluir una terminal de conexión. El electrodo puede consistir esencialmente en la estructura compuesta y, opcionalmente, en un terminal de conexión.

Visto desde un segundo aspecto, la presente invención proporciona un método para formar un electrodo de lámina de metal, que comprende:

35 proporcionar una capa de refuerzo formada a partir de un sustrato poroso, proporcionar una primera y segunda capas de lámina de metal que comprenden litio y/o sodio, colocar la capa de refuerzo entre dichas primera y segunda capas de lámina de metal, y aplicar presión para unir las capas entre sí para formar una estructura compuesta, de manera que el grosor de la estructura compuesta es al menos 25 % menor que la suma de los grosores iniciales de la capa de refuerzo, de la primera capa de lámina de metal y de la segunda capa de lámina de metal.

40 El grosor de la estructura compuesta es preferentemente al menos 50 % menor que la suma de los grosores iniciales de la capa de refuerzo, de la primera capa de lámina de metal y de la segunda capa de metal

45 En una modalidad, el grosor de la estructura compuesta es menor que la suma de los grosores iniciales de la primera capa de lámina de metal y de la segunda capa de lámina de metal. En otra modalidad, el grosor de la estructura compuesta es menor que el grosor inicial de la primera capa de lámina de metal o de la segunda capa de lámina de metal.

Una vez unida, la estructura compuesta puede cortarse para su uso como un electrodo de lámina de metal.

50 Como se describió anteriormente, el electrodo de lámina de metal puede formarse mediante unión por presión. El término "unión por presión" significa que la unión es una unión directa entre las entidades termoadheridas que se forma por la presión sola y no mediante el uso, por ejemplo, de un adhesivo (es decir, unido en ausencia de un adhesivo). Las presiones adecuadas varían de 100 N a 4000 kN, con mayor preferencia de 1 kN a 1000 kN o con mayor preferencia de 10 kN a 100 kN. Un compuesto que se forma mediante unión por presión se distingue generalmente de uno formado mediante otras técnicas de unión, por ejemplo, por la falta de una capa adhesiva.

55 En una modalidad de la presente invención, puede aplicarse presión para unir y comprimir la capa de refuerzo y la primera y segunda capas de láminas de metal entre sí para formar una estructura compuesta, de manera que el grosor de la estructura compuesta es menor que la suma de los grosores iniciales de la capa de refuerzo, de la primera capa de lámina de metal y de la segunda capa de lámina de metal. En consecuencia, la etapa de unión por presión no sólo une las capas entre sí sino que también reduce (preferentemente reduce sustancialmente) el grosor de la estructura. La capa de refuerzo ayuda a mantener la integridad estructural de la estructura durante la etapa de unión. Esta mejora también la manipulación del compuesto una vez formado añadiendo resistencia a la estructura total. En consecuencia, el electrodo de lámina de metal resultante tiene suficiente rigidez para permitir que se manipule con relativa facilidad y con un riesgo reducido de que la lámina se pliegue o se enrosque sobre sí misma, rompiéndose o desgarrándose.

Preferentemente, las etapas unión por presión hacen que el metal fluya hacia los poros del sustrato poroso de manera que haya contacto de metal con metal a través de los poros de la capa de refuerzo. Este contacto de metal con metal mejora la naturaleza de la unión a través del sustrato refuerzo y, por tanto, a través de la estructura compuesta.

5 La etapa de unión por presión puede alcanzarse simplemente mediante presión o, preferentemente, mediante calandrado. En una modalidad preferida, las capas se presionan juntas entre los rodillos una o más veces, por ejemplo, de 2 a 10 veces, preferentemente, de 3 a 6 veces, con mayor preferencia, de 4 a 5 veces. Ventajosamente, las perforaciones en la capa de refuerzo le permiten estirarse con las capas de láminas de metal a medida que se comprimen y se adelgazan. Se apreciará que el área superficial de cada capa de lámina de metal aumentará a medida que se comprime y se adelgaza, más bien en la forma de masa de pastelería cuando se enrolla. La capa de refuerzo y la primera y segunda capas de lámina de metal se calandran preferentemente entre sí en una sola etapa para formar la estructura compuesta. La estructura compuesta resultante puede entonces calandrarse una o más veces, según se desee.

15 Cuando se usa una etapa de calandrado, los rodillos se seleccionan típicamente para tener baja adherencia al litio o al sodio. Los rodillos pueden fabricarse de vidrio, cerámica, granito, basalto, jaspe u otros minerales. La presión aplicada a los rodillos dependerá de su diámetro.

20 Puede usarse una lámina de material, tal como polipropileno, para alinear los rodillos para evitar que el compuesto se pegue a los rodillos.

25 La etapa de unión por presión puede llevarse a cabo a temperatura ambiente o a una temperatura elevada de, por ejemplo, hasta 180 grados C. Las temperaturas adecuadas varían de 20 a 160 grados C, preferentemente de 60 a 120 grados C. Si se calienta la lámina de metal, esta puede ablandarse, permitiendo que fluya más fácilmente durante la etapa de unión por presión. Esto puede provocar que el metal fluya más fácilmente hacia los poros de la capa/sustrato de refuerzo, lo que facilita el contacto de metal con metal a través de la capa/sustrato de refuerzo y fortaleciendo la unión a través de la estructura compuesta. La etapa de unión por presión se lleva a cabo preferentemente a una temperatura inferior a 50 grados C, preferentemente inferior a 30 grados C, por ejemplo, inferior a 20 grados C por debajo del punto de fusión de la lámina de metal. Cuando la lámina de metal es una lámina de metal de litio, la etapa de unión por presión puede llevarse a cabo a una temperatura de hasta 180 grados C, por ejemplo, de 130 a 180 grados, preferentemente 160 a 180 grados C. Cuando la lámina de metal es una lámina de metal de sodio, la etapa de unión por presión puede llevarse a cabo a una temperatura de hasta 98 grados C, por ejemplo, de 40 a 98 grados C, preferentemente 60 a 98 grados C. La etapa de unión por presión se lleva a cabo ventajosamente a una atmósfera reducida de vapor de agua, preferentemente una atmósfera seca y/o atmósfera inerte.

35 Pueden aplicarse presiones de 100 N a 4000 kN, con mayor preferencia 1 kN a 1000 kN o con mayor preferencia 10 kN a 100 kN para unir las capas.

40 Ventajosamente, la capa de refuerzo es adyacente y está en contacto directo con la primera y segunda capas de láminas de metal. Preferentemente, las capas pueden unirse por presión entre sí de manera que los poros o perforaciones en la capa de refuerzo se llenen al menos parcialmente con metal de la primera y/o segunda capas de láminas de metal. Como tal, la primera y segunda capas de láminas de metal pueden entrar en contacto entre sí a través de los poros o perforaciones. Ventajosamente, esto puede fortalecer la unión entre las capas, proporcionando una estructura integral.

45 Como se describió anteriormente, la capa de lámina de metal puede formarse de litio y/o sodio (por ejemplo, metal o aleación). Estos metales/aleaciones son preferentemente plástico y son capaces de deformarse plásticamente bajo la presión aplicada. Preferentemente, se usa metal de litio o aleación de litio.

50 La capa de lámina de metal puede tener un grosor inicial de 5 a 500 micras, preferentemente 50 a 400 micras, con mayor preferencia 80 a 300 micras, por ejemplo 100 a 200 micras. Una vez unida como parte del compuesto, cada capa de lámina de metal puede tener un grosor que es, por ejemplo, al menos 25 % menor, preferentemente al menos 50 % menor, con mayor preferencia al menos 75 % menor que su grosor inicial. Los grosores ilustrativos varían de 5 a 60 micras, por ejemplo, 20 a 50 micras. Las capas de láminas de metal colocadas a cada lado de la capa de refuerzo pueden tener o no los mismos grosores iniciales.

55 La capa de refuerzo puede formarse de cualquier sustrato poroso adecuado. La capa de refuerzo puede consistir esencialmente o consistir exclusivamente en el sustrato poroso. El sustrato puede formarse a partir de un material inherentemente poroso. Alternativa o adicionalmente, los poros pueden introducirse en el sustrato, por ejemplo, mediante la perforación del sustrato por medios mecánicos. Los sustratos adecuados son químicamente inertes y preferentemente tienen la capacidad de deformarse plásticamente bajo presión. Esto es importante debido a que el electrodo de la presente invención se forma al colocar la capa de refuerzo entre dos hojas de lámina de metal y al aplicar luego presión para estirar el compuesto resultante, por ejemplo, mediante calandrado. Durante y después de esta etapa de estiramiento, es importante que el refuerzo retenga su integridad estructural y su resistencia mecánica. La capa de refuerzo se forma a partir de un material fibroso (es decir, un material formado a partir de fibras). El material fibroso puede ser un material tejido o no tejido. El material fibroso se forma a partir de fibras de un material no conductor, tal como fibras de polímero. Ventajosamente, las fibras se deforman plásticamente bajo presión mientras mantienen su integridad y resistencia mecánica. Los ejemplos incluyen tela no tejida, tela tejida y malla (por ejemplo, malla polimérica). Las telas adecuadas

5 incluyen telas de polímero, tales como telas de polialquileno, poliamidas (Capron) y nailon. Se prefiere la tela de polipropileno. Se prefiere aún más el polipropileno no tejido. Se prefieren particularmente capas de refuerzo no metálicas y/o no conductoras. Sin querer estar limitado por ninguna teoría, esto se debe a que cualquier metal o materiales de refuerzo conductores pueden quedar expuestos al electrolito durante el ciclo de la celda y convertirse en un centro para el crecimiento de dendritas.

10 En una modalidad preferida la capa de refuerzo puede tener o puede formarse de un material que tiene una densidad de menos de 6 g/cm³, preferentemente menos de 4 g/cm³, con mayor preferencia menos de 2 g/cm³, y aún con mayor preferencia menos de 1.5 g/cm³. En una modalidad, la capa de refuerzo puede tener o puede formarse a partir de un material que tiene una densidad de al menos 0.5 g/cm³, preferentemente al menos 0.7 g/cm³, con mayor preferencia al menos 0.8 g/cm³ y aún con mayor preferencia al menos 0.9 g/cm³. En una modalidad preferida, la capa de refuerzo tiene una densidad de 1 a 1.2 g/cm³. Mediante el uso de un material que tiene una densidad relativamente baja, puede reducirse la masa total de la celda, mejorando la energía específica de la celda.

15 La capa de refuerzo no conduce la electricidad. Preferentemente, la capa de refuerzo tiene o se forma a partir de un material que tiene una resistividad eléctrica (Ohm.m) a 20 grados C de al menos 100, preferentemente al menos 1 x 10⁵, con mayor preferencia al menos 1 x 10¹⁰, aún con mayor preferencia al menos 1 x 10¹², aún con mayor preferencia al menos 1 x 10¹⁴ Ohm.m a 20 grados C, por ejemplo, la capa de refuerzo tiene o se forma a partir de un material que tiene una resistividad eléctrica al menos 1x10¹⁴, preferentemente al menos 1 x 10¹⁶ Ohm.m a 20 grados C.

20 El sustrato (capa de refuerzo) puede tener poros (o perforaciones) con un tamaño promedio inicial de 1 a 300 micras, preferentemente 100 a 200 micras. Estos poros aumentan típicamente de tamaño, por ejemplo, cuando el sustrato se une por presión, particularmente, mediante calandrado.

25 La capa de refuerzo puede tener un grosor inicial de 5 a 500 micras, preferentemente 50 a 400 micras, con mayor preferencia 80 a 300 micras, por ejemplo 100 a 200 micras. Una vez unida como parte del compuesto, la capa de refuerzo puede tener un grosor que es, por ejemplo, al menos 25 % menor, preferentemente al menos 50 % menos, con mayor preferencia al menos 75 % menor que su grosor inicial. Los grosores ilustrativos varían de 5 a 60 micras, por ejemplo, 20 a 50 micras.

30 La suma de los grosores iniciales de la capa de refuerzo y de la primera y segunda capas de láminas de metal puede ser de 50 a 1500 micras, preferentemente 100 a 800 micras. Una vez unido, el compuesto puede tener un grosor inferior a 100 micras, por ejemplo, de 20 a 60 micras. En una modalidad, la suma de los grosores iniciales de la capa de refuerzo y de la primera y segunda capas de láminas de metal es de 200 micras y, una vez unido, se reduce a 50 micras. Preferentemente, el grosor del compuesto termoadherido es de 30 a 80 micras, con mayor preferencia 40 a 60 micras.

35 Durante el ensamble de la celda, puede colocarse un separador en contacto con una o ambas caras del electrodo de lámina de metal. Cuando se usa, el separador preferentemente no está unido (por ejemplo, no unido por presión) a la superficie del electrodo de lámina de metal. En una modalidad, se proporciona un conjunto de electrodos que comprende un ánodo, un cátodo y un separador posicionado entre ellos, en donde el ánodo es el electrodo de lámina de metal descrito anteriormente. Un electrolito puede estar presente entre el ánodo y el cátodo. El separador puede estar en contacto físico con el ánodo y/o el cátodo. Sin embargo, preferentemente no está unido, por ejemplo unido por presión a la superficie del electrodo de lámina de metal. El conjunto de electrodos o la pila de conjuntos de electrodos pueden sellarse en una carcasa, con terminales de conexión de los electrodos accesibles para la aplicación de una diferencia de potencial a través del/de los ánodo(s) o cátodo(s).

40 De acuerdo con un aspecto adicional de la presente invención, se proporciona una celda electroquímica que comprende un electrodo de lámina de metal como se describió anteriormente.

50 La celda electroquímica puede ser una celda primaria. Preferentemente, sin embargo, la celda electroquímica es una celda secundaria.

55 La celda electroquímica puede incluir el electrodo de lámina de metal como el ánodo de la celda. Cuando la celda electroquímica incluye más de un ánodo, todos los ánodos de la celda pueden formarse por el electrodo de lámina de metal.

60 La celda electroquímica puede incluir al menos un ánodo y al menos un cátodo en un electrolito. El ánodo es preferentemente el electrodo de lámina de metal descrito anteriormente. La celda puede incluir una pluralidad de ánodos y una pluralidad de cátodos. Preferentemente, todos los ánodos de la celda están formados por el electrodo de lámina de metal. Puede colocarse un separador entre el ánodo y el cátodo. El separador puede estar en contacto con el ánodo y/o el cátodo pero preferentemente no está unido, por ejemplo unido por presión al ánodo y/o cátodo. La celda puede sellarse en una carcasa, con el terminal de al menos uno de los ánodos y al menos uno de los cátodos accesibles para la carga y/o descarga de la celda.

65 Cuando se usa, el separador puede formarse de un material eléctricamente aislante. Los ejemplos incluyen polietileno, polipropileno, poliamidas, tela de vidrio tejida etc.

El electrodo de lámina de metal puede ser un electrodo usado en cualquier batería de litio adecuada. Los ejemplos de baterías de litio adecuadas incluyen aquellas que tienen cátodos basados en compuestos de metales de transición, tales como óxidos de metales de transición, sulfuros o haluros. Los ejemplos específicos incluyen las celdas Li-MnO₂ y Li-FeS₂. Otros ejemplos incluyen celdas de litio en las que el cátodo está basado en dióxido de azufre, cloruro de tionilo, cloruro de sulfurilo, halógeno (por ejemplo, yodo) y monofluoruro de carbono. Los ejemplos específicos incluyen celdas Li-SO₂, Li-SOCl₂, Li-SO₂Cl₂, Li-(CF)_x y Li-I₂. En una modalidad, el electrodo de lámina de metal no se usa en una celda de iones de litio. En una modalidad preferida, la celda electroquímica es una celda de litio-azufre que comprende el electrodo de lámina de metal como el ánodo, un cátodo que contiene azufre y un electrolito. El electrodo que contiene azufre puede comprender una suspensión que comprende azufre. La suspensión puede depositarse sobre una placa conductora, tal como una placa o lámina de metal. Una placa o lámina adecuada puede formarse de aluminio.

La suspensión puede formarse mezclando azufre elemental con un soporte, tal como un soporte de carbono. También puede estar presente un aglutinante, por ejemplo, un aglutinante polimérico. Pueden formarse los aglutinantes adecuados a partir de al menos uno de, por ejemplo, óxido de polietileno, politetrafluoroetileno, fluoruro de polivinilideno, caucho de etileno-propileno-dieno, metacrilato (por ejemplo, metacrilato curable por UV) y divinil éster (por ejemplo, divinil éster curable por calor).

A lo largo de la descripción y las reivindicaciones de esta descripción, los términos "comprende" y "contiene" y sus variaciones, significan "que incluye, pero no se limita a", y no pretenden excluir (y no lo hacen) otras partes, aditivos, componentes, enteros o etapas. A lo largo de la descripción y las reivindicaciones de esta descripción, el singular abarca el plural a menos que el contexto requiera lo contrario. Particularmente, cuando se usa el artículo indefinido, la descripción debe entenderse como que contempla la pluralidad así como también la singularidad, a menos que el contexto requiera lo contrario.

Los elementos, enteros, características, componentes, partes o grupos químicos descritos junto con un aspecto particular, modalidad o ejemplo de la invención deben entenderse como que pueden aplicarse a cualquier otro aspecto, modalidad o ejemplo descrito en la presente invención a menos que sean incompatibles con el mismo. Todas las características descritas en esta descripción (que incluyen cualquier reivindicación, resumen y figuras adjuntas), y/o todas las etapas de cualquier método o proceso así descrito, pueden combinarse en cualquier combinación, excepto las combinaciones donde al menos algunas de tales características y/o etapas son mutuamente excluyentes. La invención no se limita a los detalles de cualquiera de las modalidades anteriores. La invención se extiende a cualquier característica novedosa, o a cualquier combinación novedosa de estas, descritas en esta descripción (incluidas cualquiera de las reivindicaciones, resumen y figuras adjuntas), o a cualquier etapa novedosa, o combinación novedosa de estas, de cualquier método o procesos descritos.

La atención del lector se dirige a todos los textos y documentos que se presentan de manera concurrente con o previos a esta descripción junto con esta solicitud y que están abiertos a la inspección pública con esta descripción, y los contenidos de todos estos textos y documentos se incorporan en la presente como referencia.

40 **Ejemplo**

En este ejemplo, se reforzó una hoja de lámina de Li con un grosor de 60 μm mediante el uso de una lámina polipropileno (PP) no tejida que tiene un grosor de 45 μm. Se colocó un compuesto de Li/PP/Li que tiene un grosor inicial de 220 μm entre las láminas de película de polipropileno y se enrolló mediante el uso rodillos de acero sobre una prensa de rodillos (DRM 100/130, Durston, se ajustó el espacio de los rodillos mediante el uso de un conjunto de varillas metálicas, velocidad de rotación del rodillo: 2.04 cm/s). Las láminas de película de polipropileno se usaron para evitar que el compuesto de Li/PP/Li se pegara a los rodillos de acero. Las condiciones de laminación y los resultados se muestran en la Tabla 1 más abajo. La Figura 1 es una fotografía del compuesto antes y después de la laminación.

ES 2 632 421 T3

Nº	Espacio del rodillo, μm	% de grosor de la lámina de Li (del valor final)	Espacio de los rodillos durante la laminación, μm	Tamaño de la lámina de Li	Grosor, μm	Longitud, mm	Ancho, mm	Punto de rocío, °C
1	200	-	-	inicio	220	60	60	-46
				final	190	66	60	
				diferencia	-30	+6	0	
2	180	-	-	inicio	190	66	60	
				final	170	72	60	
				diferencia	-20	+6	0	
3	150	-	-	inicio	170	72	60	
				final	150	84	60	
				diferencia	-20	+12	0	
4	120	-	-	inicio	150	84	60	
				final	125	100	60	
				diferencia	-25	+16	0	
5	100	-	-	inicio	125	100	60	
				final	95	124	60	
				diferencia	-30	+24	0	
6	80	-	-	inicio	95	124	60	-46
				final	75	149	60	
				diferencia	-20	+25	0	
7	70	-	-	inicio	75	149	60	
				final	65	169	60	
				diferencia	-10	+20	0	
8	60	-	-	inicio	65	169	60	
				final	60	188	60	
				diferencia	-5	+19	0	

Reivindicaciones

1. Un electrodo de lámina de metal que comprende
 - i) una capa de refuerzo formada a partir de un sustrato poroso, y
 - ii) una primera y segunda capas de lámina de metal formadas que comprenden litio y/o sodio, en donde la capa de refuerzo se dispone entre la primera y segunda capas de láminas de metal y se unen entre sí para formar una estructura compuesta que tiene un grosor de 100 micras o menos, caracterizado porque el sustrato poroso se forma a partir de un material fibroso no conductor.
2. Un electrodo de lámina de metal como se reivindicó en la reivindicación 1, en donde la estructura compuesta tiene un grosor de 60 micras o menos.
3. Un electrodo de lámina de metal como se reivindicó en la reivindicación 1 o 2, en donde la lámina de metal se forma de metal de litio.
4. Una lámina de metal como se reivindicó en cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde el material fibroso es un material formado a partir de fibras de polímero.
5. Un electrodo de lámina de metal como se reivindicó en cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde el sustrato poroso se forma de un material seleccionado de al menos uno de tela no tejida, tela tejida y malla polimérica.
6. Un electrodo de lámina de metal como se reivindicó en la reivindicación 5, en donde la tela no tejida o tejida está libre de metal.
7. Un electrodo de lámina de metal como se reivindicó en la reivindicación 5 o 6, en donde el sustrato poroso se forma a partir de una tela no tejida de polipropileno.
8. Un electrodo de lámina de metal como se reivindicó en cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde la capa de refuerzo tiene una densidad inferior a 6 g/cm³.
9. Una celda electroquímica que comprende un electrodo de lámina de metal como se reivindicó en cualquiera de las reivindicaciones anteriores.
10. Una celda electroquímica como se reivindicó en la reivindicación 9, que es una celda de litio-azufre que comprende el electrodo de lámina de metal como el ánodo, un cátodo que contiene azufre y un electrolito.
11. Una celda electroquímica como se reivindicó cualquiera de las reivindicaciones 9 a 11, en donde la celda es una celda electroquímica reversible.
12. Un método para formar un electrodo de lámina de metal de acuerdo con las reivindicaciones 1 a 9, que comprende: proporcionar una capa de refuerzo formada a partir de un sustrato poroso formado a partir de un material fibroso no conductor, proporcionar la primera y segunda capas de lámina de metal formadas a partir de litio y/o sodio, colocar la capa de refuerzo entre dichas primera y segunda capas de lámina de metal, y aplicar presión para unir las capas entre sí para formar una estructura compuesta, de manera que el grosor de la estructura compuesta es al menos 25 % menor que la suma de los grosores iniciales de la capa de refuerzo, de la primera capa de lámina de metal y de la segunda capa de lámina de metal.
13. Un método como se reivindicó en la reivindicación 12, en donde el electrodo de lámina de metal es un electrodo como se reivindicó en cualquiera de las reivindicaciones 1 a 8.

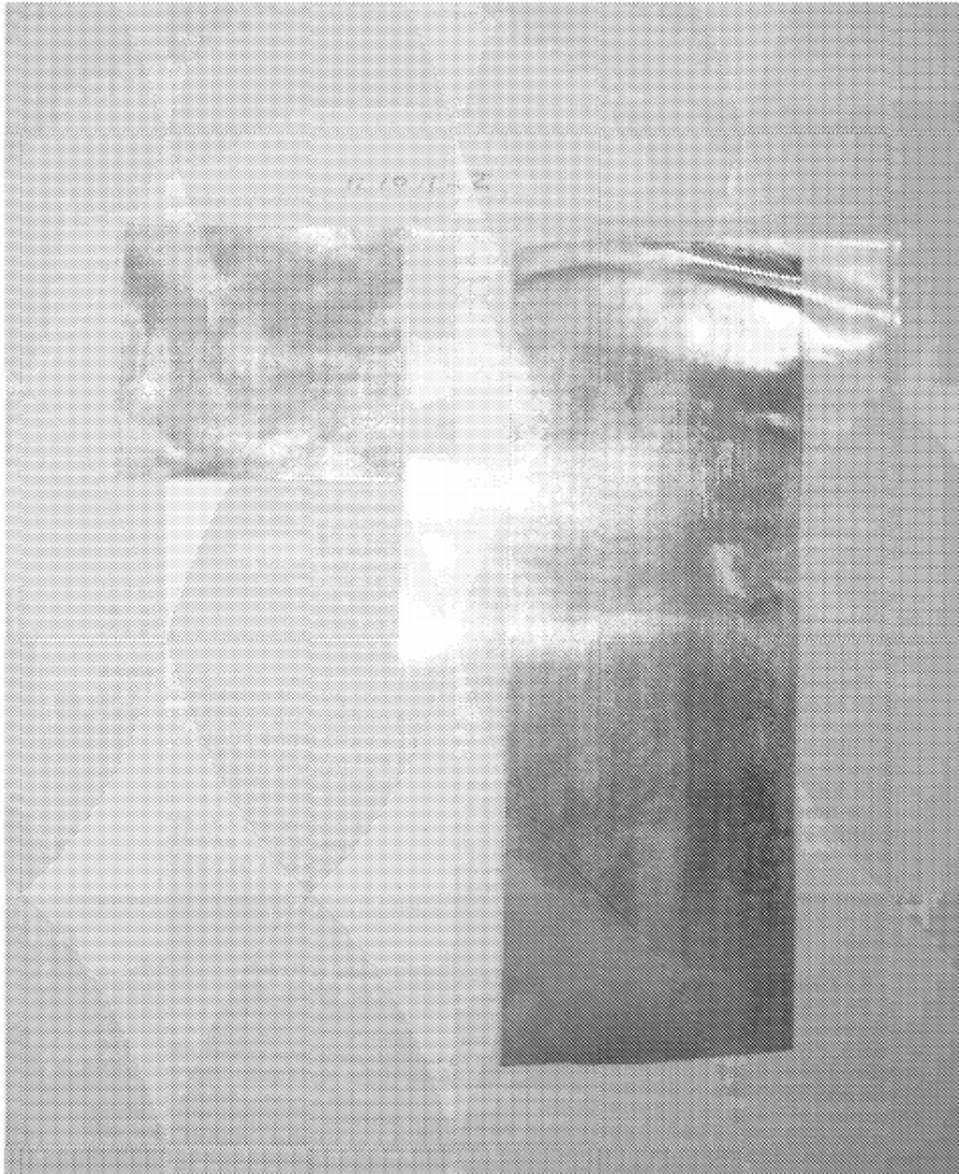


Figura 1