

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 928 432**

51 Int. Cl.:

**H01M 4/13** (2010.01)  
**H01M 4/62** (2006.01)  
**H01M 4/66** (2006.01)  
**H01M 4/139** (2010.01)  
**H01M 4/04** (2006.01)  
**H01M 10/052** (2010.01)  
**H01M 4/131** (2010.01)  
**H01M 4/36** (2006.01)  
**H01M 4/02** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **09.11.2018** **PCT/KR2018/013651**  
87 Fecha y número de publicación internacional: **16.05.2019** **WO19093826**  
96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **09.11.2018** **E 18875665 (4)**  
97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **14.09.2022** **EP 3582297**

54 Título: **Electrodo de múltiples capas para una batería recargable que incluye un aglutinante que tiene alta cristalinidad**

30 Prioridad:

**09.11.2017 KR 20170148726**  
**08.11.2018 KR 20180136861**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**17.11.2022**

73 Titular/es:

**LG ENERGY SOLUTION, LTD. (100.0%)**  
**Tower 1, 108, Yeoui-daero, Yeongdeungpo-gu**  
**Seoul 07335, KR**

72 Inventor/es:

**PARK, JUNSOO;**  
**KIM, SU HYUN;**  
**LEE, TAEK SOO y**  
**OH, SONG TAEK**

74 Agente/Representante:

**BERTRÁN VALLS, Silvia**

ES 2 928 432 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 múltiples capas para una batería recargable que incluye un aglutinante que tiene alta cristalinidad

**5 Campo técnico**

La presente invención se refiere a un electrodo de múltiples capas para una batería recargable que incluye un aglutinante que tiene alta cristalinidad.

**10 Antecedentes de la técnica**

A medida que ha aumentado el desarrollo tecnológico y la demanda de dispositivos móviles, ha aumentado rápidamente la demanda de baterías recargables como fuente de energía. Entre tales baterías recargables, se han comercializado y se usan ampliamente las baterías recargables de litio que tienen alta densidad de energía y potencial de funcionamiento, que tienen una vida útil de ciclo larga y que tienen una baja tasa de autodescarga.

Además, recientemente, a medida que ha crecido el interés en los problemas medioambientales, se ha llevado a cabo activamente investigación sobre los vehículos eléctricos (EV), vehículos eléctricos híbridos (HEV), y similares, que pueden reemplazar a los vehículos basados en combustibles fósiles, tales como los vehículos de gasolina y los vehículos de diésel, que es una de las principales causas de la contaminación del aire. Como fuente de alimentación de los vehículos eléctricos (EV), los vehículos eléctricos híbridos (HEV), y similares, se estudian y usan principalmente las baterías recargables de litio que tienen alta densidad de energía, alta tensión de descarga y estabilidad de salida.

Sin embargo, en una orientación de desarrollo de este tipo, la estabilidad de la batería se ha reducido y, por tanto, se ha intentado resolver problema.

Por ejemplo, si se penetra un bloque de baterías debido a un impacto externo o a una deformación externa, la energía electroquímica en el interior de la batería se convierte en energía térmica, lo que provoca una rápida generación de calor, y el calor resultante provoca que un material de electrodo positivo o de electrodo negativo experimente una reacción química, lo que provoca una rápida reacción exotérmica que provoca que la batería experimente ignición o explosión, provocando un problema de estabilidad.

En particular, se sabe que una explosión debida a la penetración en forma de agujas, o similar, se produce debido al calor por IR local debido a una corriente de cortocircuito debida al contacto entre un clavo y un colector de corriente o entre un material de electrodo y el colector de corriente en el interior de la batería.

Es decir, el cortocircuito local provoca un flujo de corriente en exceso, y la corriente provoca la generación de calor. La magnitud de la corriente de cortocircuito debida al cortocircuito local es inversamente proporcional a la resistencia y, por tanto, la corriente de cortocircuito fluye principalmente a un lado en el que la resistencia es baja, y en ese lugar, la corriente fluye a través de una lámina metálica usada como colector de corriente, y el cálculo de la generación de calor en ese momento muestra que se produce localmente una fuerte generación de calor alrededor de la porción penetrada por el clavo.

Además, cuando la generación de calor se produce en el interior de la batería, el separador se contrae para provocar un cortocircuito entre el electrodo positivo y el electrodo negativo, y la generación de calor y la contracción repetidas del separador aumentan las secciones de cortocircuito para provocar una fuga térmica o provocar que el electrodo positivo, el electrodo negativo y un electrolito que forman el interior de la batería reaccionen unos con otros o se quemen. En este caso, la reacción es una reacción altamente exotérmica, de modo que la batería puede experimentar ignición o explosión. La peligrosidad es un problema más importante especialmente cuando las baterías recargables de litio tienen una mayor capacidad y se aumenta la densidad de energía.

Además, en el caso de un módulo de batería o un bloque de baterías diseñado para proporcionar una gran capacidad de alto rendimiento usando múltiples baterías como unidades de celda, el problema de estabilidad anteriormente mencionado puede ser más grave.

Con el fin de resolver el problema y aumentar la estabilidad, en la técnica relacionada, se adhiere un material que tiene una alta conductividad de calor, un material ignífugo, o similar, a una bolsa de modo que el otro material puede penetrarse en primer lugar antes de la penetración en forma de agujas, previniendo de ese modo el sobrecalentamiento o la ignición. Sin embargo, este método incluye un procedimiento adicional y conlleva un coste adicional cuando se fabrica una batería recargable, aumenta el volumen de la batería recargable y reduce la capacidad por unidad de volumen.

Por tanto, la necesidad de una batería recargable que pueda tener una estabilidad aumentada y fabricarse sin ningún procedimiento o material adicional es alta.

## Divulgación

### Problema técnico

La presente invención se ha realizado en un esfuerzo por resolver los problemas anteriormente mencionados de la técnica relacionada y los problemas técnicos solicitados del pasado.

Los inventores de la presente solicitud llevaron a cabo repetidamente un estudio en profundidad y diversas experimentaciones para descubrir que el uso de un aglutinante que tiene una alta cristalinidad en una capa de recubrimiento de imprimador que forma un electrodo de múltiples capas reduce el porcentaje de alargamiento del electrodo para lograr un efecto deseado, completando de ese modo la presente invención.

### Solución técnica

La presente invención proporciona un electrodo para una batería recargable según la reivindicación 1 y un método para fabricar el electrodo según la reivindicación 9.

La cristalinidad, que representa la razón en peso de una parte cristalina en la totalidad de un sólido polimérico que incluye la parte cristalina y una parte no cristalina, se cambia dependiendo del tipo y la estructura del polímero y varía dependiendo de la temperatura de cristalización, la velocidad de enfriamiento, la fuerza externa, y similares.

Un método para medir la cristalinidad puede incluir un método de densidad en el que se obtiene la cristalinidad a partir de dos densidades de la parte cristalina y la parte no cristalina suponiendo propiedades aditivas, un método basado en la medición del calor de fusión, un método de rayos X para obtener la cristalinidad dividiendo la distribución de intensidades de una difracción de rayos X en una difracción basada en la parte no cristalina y una difracción basada en la parte cristalina, un método de rayos infrarrojos para obtener la cristalinidad a partir de la intensidad de un ancho de banda de cristalinidad de un espectro de absorción de infrarrojos, y similares. La cristalinidad según la presente invención se refiere a un resultado obtenido midiendo la cristalinidad mediante el método de rayos X, en particular, un método de medición por RMN.

En un electrodo general, la cristalinidad del PVdF medida mediante el método anterior es menor del 58%. Esto se debe a que el electrodo se rompe fácilmente a medida que la cristalinidad del PVdF es más alta y, por tanto, si la cristalinidad del PVdF es demasiado alta, se aumenta la resistencia para provocar un problema de la salida, o similares.

Mientras tanto, los inventores de la presente solicitud llevaron a cabo repetidamente un estudio en profundidad para descubrir que la seguridad de penetración en forma de agujas del electrodo puede aumentarse usando tales características del PVdF.

En detalle, si la capa de electrodo incluye sólo el PVdF que tiene una cristalinidad del 58% o superior, la flexibilidad del electrodo puede ser tan baja que se aumente la resistencia y se reduzcan significativamente las características de salida tal como se mencionó anteriormente. Por tanto, los inventores de la presente solicitud fabricaron el electrodo en el que se forman dos capas de electrodo de modo que se resuelve la degradación de las características de salida que puede producirse cuando se usa el PVdF que tiene alta cristalinidad recubriendo el colector de corriente con una capa de imprimador que incluye un material conductor junto con el PVdF que tiene una alta cristalinidad del 58% o superior, se reduce el porcentaje de alargamiento de las capas de electrodo para aumentar la seguridad de penetración en forma de agujas, y se usa un aglutinante que tiene una cristalinidad de menos del 58% como segundo aglutinante junto con un material activo de electrodo en una capa compuesta de electrodo aplicada sobre la capa de imprimador para presentar también capacidad sin reducir significativamente las características de salida.

Es decir, puesto que el electrodo para una batería recargable que tiene una estructura de este tipo tiene un bajo porcentaje de alargamiento, se reduce el área de cortocircuito del colector de corriente y del material de electrodo en el momento de la penetración en forma de agujas, provocando un escaso deterioro de las características de salida al tiempo que se obtiene el efecto anteriormente mencionado.

Además, según la presente invención, la cristalinidad del PVdF puede ajustarse de manera muy sencilla y fácil regulando la temperatura de secado del electrodo.

A este respecto, con el fin de aumentar la seguridad de penetración en forma de agujas, en la técnica relacionada se han propuesto métodos tales como formar una capa de recubrimiento de polvo cerámico independiente, recubrir una bolsa con un material que tiene un alto porcentaje de alargamiento, o similares, pero estos métodos usan o incluyen inevitablemente un material adicional o un procedimiento adicional. En cambio, según la presente invención, el efecto puede obtenerse usando el material de electrodo que se usa en el caso existente tal cual y que se diferencia sólo en cuanto a la temperatura de secado y, por tanto, el coste de materiales y la eficiencia del procedimiento son excelentes.

Mientras tanto, en el electrodo para una batería recargable, la razón de grosor de la capa de recubrimiento de imprimador y la capa compuesta de electrodo no está particularmente limitada, sin embargo, puesto que sólo la capa compuesta de electrodo incluye un material activo de electrodo, el grosor de la capa de recubrimiento de imprimador

puede ser del 1 al 10% con respecto al grosor de la capa compuesta de electrodo, por ejemplo, de 0,1 a 5,0  $\mu\text{m}$ , específicamente, de 0,1 a 3,0  $\mu\text{m}$ .

Si el grosor de la capa de recubrimiento de imprimador es menor del 1% del grosor de la capa compuesta de electrodo, el primer aglutinante se incluye para que sea demasiado pequeño, dificultando la obtención del efecto deseado, y si el grosor de la capa de recubrimiento de imprimador supera el 10%, la cantidad de la capa compuesta de electrodo que incluye el material activo de electrodo se reduce relativamente para reducir la capacidad y la capa de imprimador puede actuar como resistor, lo que, por tanto, no es deseable.

En este caso, el contenido del primer aglutinante en la capa de recubrimiento de imprimador puede ser del 30 al 80% en peso con respecto al peso total de la capa de recubrimiento de imprimador, y el contenido del segundo aglutinante en la capa compuesta de electrodo puede ser del 1 al 15% en peso con respecto al peso total de la capa compuesta de electrodo.

Si el contenido de cada uno de los aglutinantes es demasiado bajo como para estar fuera del intervalo, se reduce la adhesión entre el colector de corriente y el material activo o entre los materiales activos, de modo que no puede obtenerse el efecto deseado de la presente invención, y si el contenido de cada uno de los aglutinantes es demasiado alto, puede aumentarse la resistencia en el electrodo para degradar las características de la batería, y puesto que el contenido del material activo y del material conductor es relativamente bajo, se reducen la capacidad y la conductividad del electrodo, lo que, por tanto, no es deseable.

Además, la capa de recubrimiento de imprimador está relativamente próxima al colector de corriente y, por tanto, la capa de recubrimiento de imprimador incluye preferiblemente un contenido relativamente grande de aglutinante tal como se mencionó anteriormente para aumentar la adhesión entre el colector de corriente y el material activo.

Además, la capa de recubrimiento de imprimador y la capa compuesta de electrodo pueden incluir diversos copolímeros de uno o más monómeros seleccionados del grupo que consiste en poli(fluoruro de vinilideno), poli(alcohol vinílico), carboximetilcelulosa (CMC), almidón, hidroxipropilcelulosa, celulosa regenerada, polivinilpirrolidona, tetrafluoroetileno, polietileno, polipropileno, terpolímero de etileno-propileno-dieno (EPDM), EPDM sulfonado, caucho de estireno-butadieno, caucho fluorado, o monómero de estireno (SM), butadieno (BD) y acrilato de butilo (BA), como agentes de aglutinación adicionales, además del primer aglutinante y el segundo aglutinante.

Mientras tanto, el contenido del material conductor que tiene conductividad electrónica incluido en la capa de imprimador puede ser de 20 partes en peso a 100 partes en peso con respecto a 100 partes en peso del primer aglutinante.

Si el contenido del material conductor es menor de 20 partes en peso como para estar fuera del intervalo, no puede obtenerse la conductividad deseable para degradar las características de salida, y si el contenido del material conductor supera las 100 partes en peso, el contenido del aglutinante puede reducirse relativamente y ser inapropiado para presentar el efecto deseable.

Además, la capa compuesta de electrodo puede incluir además el material conductor que tiene conductividad electrónica para aumentar la conductividad y, en este caso, el contenido del material conductor puede ser de 20 partes en peso a 100 partes en peso con respecto a 100 partes en peso del segundo aglutinante.

Si el contenido del material conductor es menor de 20 partes en peso como para estar fuera del intervalo, no puede obtenerse la conductividad deseable, y si el contenido del material conductor supera las 100 partes en peso, el contenido del material activo se reduce relativamente para reducir la capacidad, lo que, por tanto, no es deseable.

El material conductor no está particularmente limitado siempre que tenga conductividad sin provocar ningún cambio químico en la batería correspondiente. Por ejemplo, puede usarse un material conductor tal como grafito tal como grafito natural, grafito artificial, y similares; negro de carbono tal como negro de acetileno, negro Ketjen, negro de chimenea, negro de horno, negro de lámpara, Summer Black, y similares; fibra conductora tal como fibra de carbono, fibra de metal, y similares; polvo metálico tal como polvo de fluoruro de carbono, aluminio, níquel, y similares; fibra corta microcristalina conductora tal como óxido de zinc, titanato de potasio, y similares; óxido de metal conductor tal como óxido de titanio, y similares; materiales conductores tales como derivados de polifenileno, y similares. Los ejemplos específicos del material conductor en el mercado incluyen Chevron Chemical Company o Denka Black (Denka Singapore Private Limited) de una línea de negro de acetileno, producto de Gulf Oil Company, etc., negro Ketjen, producto de línea de EC (Armak Company), producto Vulcan XC-72 (Cabot Company) y Super P (producto de la empresa Timcal), y similares.

Mientras tanto, el material activo de electrodo incluido en la capa compuesta de electrodo no se limita a los materiales activos conocidos.

Cuando el electrodo para una batería recargable es un electrodo positivo, el material activo de electrodo puede incluir, como material activo de electrodo positivo, por ejemplo, un compuesto en capas tal como óxido de litio y cobalto

( $\text{LiCoO}_2$ ), óxido de litio y níquel ( $\text{LiNiO}_2$ ), y similares, o un compuesto sustituido con un metal de transición de 1 o superior; un óxido de litio y manganeso tal como una fórmula química  $\text{Li}_{1-x}\text{Mn}_{2-x}\text{O}_4$  (en este caso, x es de 0 a 0,33),  $\text{LiMnO}_3$ ,  $\text{LiMn}_2\text{O}_3$ ,  $\text{LiMnO}_2$ , y similares; óxido de litio y cobre ( $\text{Li}_2\text{CuO}_2$ ); óxido de vanadio tal como  $\text{LiV}_3\text{O}_8$ ,  $\text{LiFe}_3\text{O}_4$ ,  $\text{V}_2\text{O}_5$ ,  $\text{Cu}_2\text{V}_2\text{O}_7$ ; óxido de litio y níquel de tipo sitio de Ni representado por la fórmula química  $\text{LiNi}_{1-x}\text{M}_x\text{O}_2$  (en este caso, M = Co, Mn, Al, Cu, Fe, Mg, B o Ga y x = de 0,01 a 0,3); un óxido compuesto de litio y manganeso representado por la fórmula química  $\text{LiMn}_{2-x}\text{M}_x\text{O}_2$  (en este caso, M = Co, Ni, Fe, Cr, Zn o Ta y x = de 0,01 a 0,1) o  $\text{Li}_2\text{Mn}_3\text{MO}_8$  (en este caso, M = Fe, Co, Ni, Cu o Zn); óxido compuesto de litio y manganeso que tiene una estructura de tipo espinela representado por  $\text{LiNi}_x\text{Mn}_{2-x}\text{O}_4$ ;  $\text{LiMn}_2\text{O}_4$  en el que una porción de Li de la fórmula química se sustituye por un ion de metal alcalinotérreo; compuesto de disulfuro;  $\text{Fe}_2(\text{MoO}_4)_3$ , y similares, pero no se limita a los mismos.

Mientras tanto, cuando el electrodo para una batería recargable es un electrodo negativo, el material activo de electrodo puede incluir, como material activo de electrodo negativo, por ejemplo, al menos un material a base de carbono seleccionado del grupo que consiste en grafito artificial cristalino, grafito natural cristalino, carbono duro amorfo, carbono blando de baja cristalinidad, negro de carbono, negro de acetileno, negro Ketjen, Super P, grafeno y carbono fibroso, material a base de Si,  $\text{Li}_x\text{Fe}_2\text{O}_3$  ( $0 \leq x \leq 1$ ),  $\text{Li}_x\text{WO}_2$  ( $0 \leq x \leq 1$ ),  $\text{Sn}_x\text{Me}_{1-x}\text{Me}'_y\text{O}_z$  (Me: Mn, Fe, Pb, Ge; Me': Al, B, P, Si, elementos del grupo 1, grupo 2, grupo 3 de la tabla periódica, halógeno; óxido compuesto de metal tal como  $0 < x \leq 1$ ;  $1 \leq y \leq 3$ ;  $1 \leq z \leq 8$ ); metal de litio; aleación de litio; aleación a base de silicio; aleación a base de estaño; óxido de metal tal como  $\text{SnO}$ ,  $\text{SnO}_2$ ,  $\text{PbO}$ ,  $\text{PbO}_2$ ,  $\text{Pb}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Pb}_3\text{O}_4$ ,  $\text{Sb}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Sb}_2\text{O}_4$ ,  $\text{Sb}_2\text{O}_5$ ,  $\text{GeO}$ ,  $\text{GeO}_2$ ,  $\text{Bi}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Bi}_2\text{O}_4$  y  $\text{Bi}_2\text{O}_5$ ; polímero conductor tal como poliacetileno; material a base de Li-Co-Ni; óxido de titanio; óxido de litio y titanio, y similares, pero no se limita a los mismos.

En general, la seguridad de penetración en forma de agujas puede aumentarse si se reduce el área de cortocircuito reduciendo el porcentaje de alargamiento de sólo uno cualquiera del electrodo positivo y el electrodo negativo. Sin embargo, el electrodo negativo usa generalmente una lámina de Cu como colector de corriente, de modo que tiene un porcentaje de alargamiento mayor que el del electrodo positivo que usa una lámina de Al como colector de corriente. Por tanto, aunque el porcentaje de alargamiento se reduce mediante el método según la presente invención, existe una limitación en la reducción del área de cortocircuito y, por tanto, reducir el porcentaje de alargamiento del electrodo positivo es más eficaz para reducir la corriente de cortocircuito.

Por tanto, el electrodo para una batería recargable puede ser, específicamente, un electrodo positivo.

En algunos casos, puede añadirse selectivamente un material de relleno, como componente que suprime la expansión del electrodo, a la capa de recubrimiento de imprimador y la capa compuesta de electrodo. El material de relleno no está particularmente limitado siempre que sea un material fibroso sin provocar ningún cambio químico en la batería correspondiente, y puede ser, por ejemplo, un polímero olefínico tal como polietileno, polipropileno, y similares; y un material fibroso tal como fibra de vidrio y fibra de carbono.

Además, pueden incluirse adicionalmente otros componentes tales como un agente de control de la viscosidad, un promotor de la adhesión, y similares, selectivamente o como combinación de dos o más de los mismos.

El agente de control de la viscosidad, como componente para controlar la viscosidad de una mezcla de electrodo para facilitar el procedimiento de mezclado de la mezcla de electrodo y el procedimiento para recubrir el colector de corriente con el mismo, puede añadirse en la cantidad del 30% en peso con respecto al peso total de la mezcla de electrodo. El agente de control de la viscosidad puede ser, por ejemplo, carboximetilcelulosa, poli(fluoruro de vinilideno), y similares, pero no se limita a los mismos. En algunos casos, el disolvente anteriormente mencionado también puede servir como agente de control de la viscosidad.

El promotor de la adhesión, como componente auxiliar añadido para aumentar la adhesión del material activo con el colector de corriente, puede añadirse en la cantidad del 10% en peso o menos con respecto al aglutinante. El promotor de la adhesión puede incluir, por ejemplo, ácido oxálico, ácido adípico, ácido fórmico, un derivado del ácido acrílico, un derivado del ácido itacónico, y similares.

Mientras tanto, el colector de corriente del electrodo para una batería recargable según la presente invención puede tener un grosor de 3 a 500  $\mu\text{m}$ . El colector de corriente no está particularmente limitado siempre que tenga conductividad sin provocar ningún cambio químico en el electrodo correspondiente. Por ejemplo, el colector de corriente puede estar formado de cobre, acero inoxidable, aluminio, níquel, titanio y carbono sinterizado, o cobre, aluminio, acero inoxidable tratado en superficie con carbono, níquel, titanio, plata, y similares, o una aleación de aluminio-cadmio, y similares. El colector de corriente puede tener protuberancias y depresiones finas formadas sobre una superficie del mismo para aumentar la adhesión del material activo de electrodo, y puede tener diversas formas tales como una película, una placa, una lámina, una red, un cuerpo poroso, una espuma, un material textil no tejido, y similares.

La presente invención proporciona además un método para fabricar un electrodo para una batería recargable según la presente invención.

El electrodo para una batería recargable según la presente invención se fabrica mediante un método que incluye:

(i) aplicar una suspensión de imprimador que incluye un primer aglutinante y un material conductor a un colector de corriente, posteriormente secar en primer lugar la suspensión de imprimador a de 120 a 140°C bajo una atmósfera de aire, y secar en segundo lugar la suspensión de imprimador a de 150 a 190°C durante de 12 a 30 horas en un estado de vacío para formar una capa de recubrimiento de imprimador; y

(ii) aplicar una suspensión que incluye un segundo aglutinante y un material activo de electrodo a la capa de recubrimiento de imprimador y posteriormente secar la suspensión a de 120 a 140°C bajo una atmósfera de aire y laminar la suspensión secada para formar una capa compuesta de electrodo.

Tal como se mencionó anteriormente, la cristalinidad del PVdF según la presente invención puede ajustarse regulando la temperatura de secado a vacío del electrodo.

En detalle, la cristalinidad del PVdF se aumenta a medida que aumenta la temperatura de secado a vacío. Por tanto, además de secar la suspensión de imprimador para volatilizar la N-metil-2-pirrolidona (NMP), la temperatura de secado a vacío para la suspensión de imprimador es de 150°C a 190°C, específicamente, de 160°C a 190°C.

Si la temperatura del segundo secado es demasiado baja como para estar fuera del intervalo, no puede obtenerse la cristalinidad deseable del PVdF, y si la temperatura del segundo secado es demasiado alta, pueden cambiarse o afectarse las características de los demás materiales de electrodo, lo que, por tanto, no es deseable.

El primer secado de la suspensión primaria, como procedimiento para volatilizar la NMP, puede realizarse durante de aproximadamente 2 minutos a 5 minutos, y el segundo secado, que tiene el objetivo de aumentar la cristalinidad mediante el PVdF, se realiza durante de aproximadamente 12 horas a 30 horas.

Además, la temperatura de secado de la capa compuesta de electrodo es una temperatura de secado de electrodo general similar a la de la técnica relacionada, de 120°C a 140°C, y específicamente, 130°C. En este caso, puesto que la cristalinidad del segundo aglutinante se mantiene en menos del 58%, todo el electrodo puede no tener las características de romperse fácilmente, y puesto que la resistencia no es alta, puede impedirse la degradación de las características de salida. En este caso, el secado de la capa compuesta de electrodo, también como procedimiento para volatilizar la NMP, puede realizarse durante de aproximadamente 2 minutos a 5 minutos.

Como método de recubrimiento, puede aplicarse secado, laminación, y similares, recubrimiento, secado, laminación, y similares, del método de fabricación del electrodo conocido en la técnica sin ninguna limitación particular.

El método de fabricación del electrodo según la presente invención puede cambiarse a un procedimiento parcial según sea necesario, y esto debe interpretarse como incluido en el alcance de la presente invención. Por ejemplo, la laminación puede realizarse a la vez, en lugar de realizarse en cada etapa de formación de capa.

El electrodo para una batería recargable según la presente invención puede usarse en una batería recargable de litio.

La batería recargable de litio puede tener una estructura en la que un conjunto de electrodo que incluye electrodos, es decir, un electrodo positivo y un electrodo negativo, y un separador interpuesto entre los mismos se rellena con electrolito no acuoso que contiene sal de litio.

El separador se interpone entre el electrodo positivo y el electrodo negativo y puede ser una película delgada aislante que tiene alta permeabilidad iónica y resistencia mecánica. El diámetro de poro del separador es generalmente de 0,01 a 10  $\mu\text{m}$  y el grosor del mismo es generalmente de 5 a 300  $\mu\text{m}$ . Como separador, se usa una placa o un material textil no tejido formado de un polímero olefínico tal como polipropileno que tiene resistencia química y propiedades hidrófobas, fibra de vidrio, polietileno, o similares.

En algunos casos, el separador puede recubrirse con un electrolito de gel polimérico para aumentar la estabilidad de la batería. Los geles poliméricos típicos incluyen poli(óxido de etileno), poli(fluoruro de vinilideno), poli(acrilonitrilo), y similares. Cuando se usa un electrolito sólido tal como un polímero, o similar, como electrolito, el electrolito sólido también puede servir como separador.

El electrolito no acuoso que contiene sal de litio puede incluir un electrolito no acuoso y sal de litio, y el electrolito no acuoso incluye un disolvente orgánico no acuoso, un electrolito sólido orgánico, un electrolito sólido inorgánico, y similares, pero no se limita a los mismos.

Los ejemplos del disolvente orgánico no acuoso pueden incluir un disolvente orgánico aprótico tal como N-metil-2-pirrolidinona, carbonato de propileno, carbonato de etileno, carbonato de butileno, carbonato de dimetilo, carbonato de dietilo, carbonato de etilmetilo, gamma-butirolactona, 1,2-dimetoxietano, 1,2-dietoxietano, tetrahidrofurano, 2-metiltetrahidrofurano, dimetilsulfóxido, 1,3-dioxolano, 4-metil-1,3-dioxano, dietil éter, formamida, dimetilformamida, dioxolano, acetónitrilo, nitrometano, formiato de metilo, acetato de metilo, fosfato de triéster, trimetoximetano, derivados de dioxolano, sulfolano, metilsulfolano, 1,3-dimetil-2-imidazolidinona, derivados de carbonato de propileno,

derivados de tetrahidrofurano, éter, propionato de metilo, propionato de etilo, y similares.

El electrolito sólido orgánico puede incluir, por ejemplo, un material polimérico incluyendo derivados de polietileno, derivados de poli(óxido de etileno), derivados de poli(óxido de propileno), un polímero de éster fosfato, lisina de poliagitación, sulfuro de poliéster, un poli(alcohol vinílico), un poli(fluoruro de vinilideno), un grupo de disociación iónica, y similares.

El electrolito sólido inorgánico puede incluir, por ejemplo, nitruro de Li tal como  $\text{Li}_3\text{N}$ ,  $\text{LiI}$ ,  $\text{Li}_5\text{NI}_2$ ,  $\text{Li}_3\text{N-LiI-LiOH}$ ,  $\text{LiSiO}_4$ ,  $\text{LiSiO}_4\text{-LiI-LiOH}$ ,  $\text{Li}_2\text{SiS}_3$ ,  $\text{Li}_4\text{SiO}_4$ ,  $\text{Li}_4\text{SiO}_4\text{-LiI-LiOH}$ ,  $\text{Li}_3\text{PO}_4\text{-Li}_2\text{S-SiS}_2$ , y similares, haluro, sulfato, y similares.

El litio puede ser un material fácilmente disuelto en el electrolito no acuoso e incluir, por ejemplo,  $\text{LiCl}$ ,  $\text{LiBr}$ ,  $\text{LiI}$ ,  $\text{LiClO}_4$ ,  $\text{LiBF}_4$ ,  $\text{LiB}_{10}\text{Cl}_{10}$ ,  $\text{LiPF}_6$ ,  $\text{LiCF}_3\text{SO}_3$ ,  $\text{LiCF}_3\text{CO}_2$ ,  $\text{LiAsF}_6$ ,  $\text{LiSbF}_6$ ,  $\text{LiAlCl}_4$ ,  $\text{CH}_3\text{SO}_3\text{Li}$ ,  $\text{CF}_3\text{SO}_3\text{Li}$ ,  $\text{LiSCN}$ ,  $\text{LiC}(\text{CF}_3\text{SO}_2)_3$ ,  $(\text{CF}_3\text{SO}_2)_2\text{NLi}$ , cloroborano de litio, ácido carboxílico alifático inferior de litio, 4-fenilborato de litio, imida, y similares.

Además, con el fin de mejorar las características de carga/descarga, el retardo de la llama, y similares, pueden añadirse al electrolito no acuoso que contiene sal de litio piridina, fosfito de trietilo, trietanolamina, éter cíclico, etilendiamina, n-glima, triamida hexafluorofosfórica, derivados de nitrobenzoceno, azufre, colorantes de quinona-imina, oxazolidinona sustituida en N, imidazolidina sustituida en N,N, dialquil éter de etilenglicol, sal de amonio, pirrol, 2-metoxietanol, tricloroaluminio, y similares. En algunos casos, con el fin de conferir incombustibilidad, puede incluirse adicionalmente un disolvente que contiene halógenos tal como tetracloruro de carbono, trifluoruro de etileno, y similares, y con el fin de aumentar las características de almacenamiento a alta temperatura, puede incluirse adicionalmente un gas de dióxido de carbono.

En un ejemplo específico, un electrolito no acuoso que contiene sal de litio puede fabricarse mediante la adición de una sal de litio tal como  $\text{LiPF}_6$ ,  $\text{LiClO}_4$ ,  $\text{LiBF}_4$ ,  $\text{LiN}(\text{SO}_2\text{CF}_3)_2$ , y similares, a un disolvente mixto de carbonato cíclico de EC o PC, como disolvente altamente dieléctrico, y carbonato lineal de DEC, DMC o EMC, como disolvente de baja viscosidad.

### Modo para la invención

A continuación en el presente documento, la presente invención se describirá con detalle a través de realizaciones, pero las realizaciones a continuación se proporcionan para ejemplificar la presente invención y el alcance de la presente invención no se limita a las mismas.

#### <Ejemplo comparativo 1>

Se añadieron el 40% en peso de Super-P (material conductor) y el 60% en peso de PVdF (primer aglutinante) a N-metil-2-pirrolidona (NMP) que es un disolvente para preparar una suspensión primaria.

Se aplicó la suspensión primaria sobre una lámina de aluminio para tener un grosor de  $3\text{ }\mu\text{m}$ , y se secó a una velocidad de  $0,2\text{ m/min}$  (velocidad de secado durante aproximadamente 5 minutos) en una secadora bajo una atmósfera de aire de  $130^\circ\text{C}$  para el secado de la NMP para formar una capa de imprimador, y se aplicó una suspensión de material activo preparada mediante la adición de  $\text{LiNi}_{0,3}\text{CO}_{0,3}\text{Mn}_{0,3}\text{O}_2$  como material activo positivo, Super-P como material conductor y PVdF como aglutinante en una razón en peso de 96:2:2 a NMP para tener un grosor de  $150\text{ }\mu\text{m}$  sobre la capa de imprimador y se secó a una velocidad de  $0,2\text{ m/min}$  (velocidad de secado durante aproximadamente 5 minutos) en una secadora que tenía una temperatura de  $130^\circ\text{C}$  bajo una atmósfera de aire para formar una capa compuesta de electrodo positivo y, después de eso, se laminó la capa compuesta de electrodo positivo para formar un electrodo positivo.

#### <Ejemplo comparativo 2>

Se fabricó un electrodo positivo de la misma manera que la del ejemplo comparativo 1, excepto que se aplicó la suspensión de imprimador preparada en el ejemplo comparativo 1 para tener un grosor de  $3\text{ }\mu\text{m}$  sobre una lámina de aluminio y se secó la NMP a una velocidad de  $0,2\text{ m/min}$  en una secadora bajo una atmósfera de aire que tenía una temperatura de  $130^\circ\text{C}$  y se secó de nuevo durante 24 horas a  $130^\circ\text{C}$  en un estado de vacío para formar una capa de imprimador.

#### <Ejemplo de la invención 1>

Se fabricó un electrodo positivo de la misma manera que la del ejemplo comparativo 1, excepto que se aplicó la suspensión de imprimador preparada en el ejemplo comparativo 1 para tener un grosor de  $3\text{ }\mu\text{m}$  sobre una lámina de aluminio y se secó la NMP a una velocidad de  $0,2\text{ m/min}$  en una secadora bajo una atmósfera de aire que tenía una temperatura de  $130^\circ\text{C}$  y se secó de nuevo durante 24 horas a  $160^\circ\text{C}$  en un estado de vacío para formar una capa de imprimador.

## &lt;Ejemplo de la invención 2&gt;

Se fabricó un electrodo positivo de la misma manera que la del ejemplo comparativo 1, excepto que se aplicó la suspensión de imprimador preparada en el ejemplo comparativo 1 para tener un grosor de 3  $\mu\text{m}$  sobre una lámina de aluminio y se secó la NMP a una velocidad de 0,2 m/min en una secadora bajo una atmósfera de aire que tenía una temperatura de 130°C y se secó de nuevo durante 24 horas a 190°C en un estado de vacío para formar una capa de imprimador.

## &lt;Ejemplo experimental 1&gt;

Se midieron la cristalinidad del PVdF de cada una de las capas de imprimador y el porcentaje de alargamiento y la flexibilidad de los electrodos en los electrodos positivos fabricados en los ejemplos comparativos 1 y 2 y en los ejemplos de la invención 1 y 2 y se ilustraron en la tabla 1 a continuación. Para este fin, se prepararon por separado electrodos en los que no se formó una capa compuesta de electrodo positivo sobre las capas de imprimador en los ejemplos comparativos 1 y 2 y en los ejemplos de la invención 1 y 2.

En este caso, la cristalinidad del PVdF, el porcentaje de alargamiento y la flexibilidad se midieron de la siguiente manera.

\*Cristalinidad: se secaron a vacío a 45°C los electrodos en los que no se formó la capa compuesta de electrodo positivo y se raspó una porción de cada capa de imprimador con una cuchilla de afeitar, y posteriormente se midió la RMN del polvo. El método de análisis es el siguiente. Después de la medición, se obtienen las áreas de picos de partes cristalinas y no cristalinas en los picos principales de los PVdF y se calcula el porcentaje (%) del área de la parte cristalina en la suma de las áreas para obtener la cristalinidad.

El dispositivo usado fue una sonda RMN/MAS de 1,6 mm de 600 MHz de Agilent.

\*Porcentaje de alargamiento: se fabrica un electrodo en el que no se forma una capa compuesta de electrodo positivo en forma de un hueso de perro, y se retira el hueso de perro a una velocidad de 5 mm/min usando un equipo de UTM (INSTRON-Electromechanical 3300), y se mide la longitud alargada antes de la rotura de la muestra.

\*Flexibilidad: se fabrica una barra para cada pi, y se corta el electrodo en el que no se formó una capa compuesta de electrodo positivo para tener un ancho de 10 cm y una longitud de 30 cm. Se dobló por la mitad el electrodo cortado y se puso en contacto la barra con el mismo y se levantaron ambos extremos de los electrodos a una velocidad de 10 mm/min. En este caso, se levantan ambos lados del electrodo hasta que una fuerza medida en el equipo de UTM alcanza 5 N. Se midió el electrodo para cada pi para observar si se forman grietas mediante un microscopio óptico, y si no hay grietas, se realiza la prueba con un pi más pequeño.

(Tabla 1)

| Temperatura de secado adicional (°C) | Cristalinidad | Porcentaje de alargamiento (%) | Flexibilidad( $\Delta$ ) |
|--------------------------------------|---------------|--------------------------------|--------------------------|
| - (ejemplo comparativo 1)            | 51,3          | 1,66                           | 4                        |
| 130°C (ejemplo comparativo 2)        | 57,6          | 1,42                           | 5                        |
| 160°C (ejemplo de la invención 1)    | 58,2          | 1,38                           | 5                        |
| 190°C (ejemplo de la invención 2)    | 58,5          | 1,31                           | 6                        |

Con referencia a la tabla 1, a medida que aumenta la temperatura de secado a vacío, se aumenta la cristalinidad, de modo que se reducen el porcentaje de alargamiento y la flexibilidad. En cuanto a la flexibilidad, el electrodo es flexible a medida que el valor de pi es menor. Es decir, basándose en los resultados, en el electrodo positivo fabricado mediante el método de fabricación según la presente invención, se reduce el porcentaje de alargamiento del electrodo en general y, por tanto, en el momento de la penetración en forma de agujas, puede reducirse el área de cortocircuito y puede aumentarse la resistencia a IR, mediante lo cual puede aumentarse eficazmente la seguridad de la batería sin ningún procedimiento y material adicional independiente.

## &lt;Ejemplo comparativo 3&gt;

Se aplicó la suspensión de material activo del ejemplo comparativo 1 para tener un grosor de 153  $\mu\text{m}$  sobre una lámina de aluminio y se secó a una velocidad de 0,2 m/min (velocidad de secado durante aproximadamente 5 minutos) en una secadora que tenía una temperatura de 130°C bajo una atmósfera de aire para formar una capa compuesta de electrodo positivo, y luego se laminó la capa compuesta de electrodo positivo para fabricar un electrodo positivo.

## &lt;Ejemplo experimental 2&gt;

Fabricación del electrodo negativo

Se usó grafito artificial como material activo de electrodo negativo. Se aplicó una suspensión de material activo preparada mediante la adición del 96,3% en peso de grafito artificial, el 1,0% en peso de Super-P (material conductor) y el 2,7% en peso de PVdF (agente de aglutinación) a NMP como disolvente para tener un grosor de 150  $\mu\text{m}$  sobre una lámina de cobre y se secó a una velocidad de 0,2 m/min (velocidad de secado durante aproximadamente 5 minutos) en una secadora que tenía una temperatura de 130°C bajo una atmósfera de aire para formar una capa compuesta de electrodo negativo, y después de eso, se laminó la capa compuesta de electrodo negativo para fabricar un electrodo negativo.

#### Fabricación de la batería recargable

Se fabricaron baterías recargables usando los electrodos positivos y electrodos negativos fabricados en los ejemplos de la invención 1 y 2 y en los ejemplos comparativos 1 a 3, una película de polietileno (Celgard, grosor: 20  $\mu\text{m}$ ) como separador y un electrolito líquido en el que se disolvió 1 M de  $\text{LiPF}_6$  en un disolvente obtenido mezclando carbonato de etileno, carbonato de dimetileno y carbonato de dietilo en una razón de 1:2:1.

#### Experimento de seguridad de la penetración de clavos

Se prepararon cinco baterías recargables fabricadas usando los electrodos positivos de los ejemplos de la invención 1 y 2 y de los ejemplos comparativos 1 a 3 para cargarse completamente hasta 4,24 V. Se penetró la parte central de cada una de las baterías desde arriba usando un clavo formado de hierro y que tenía un diámetro de 2,5 mm usando un probador de penetración de clavos, y se midió la ignición de las baterías.

En este caso, la velocidad de penetración del clavo fue constante, 12 m/min, y los resultados de la misma se ilustran en la tabla 2 a continuación.

(Tabla 2)

|                           | Índice de ignición | Temperatura más alta de muestra sin ignición (°C) |
|---------------------------|--------------------|---------------------------------------------------|
| Ejemplo de la invención 1 | 2/5                | 129                                               |
| Ejemplo de la invención 2 | 0/5                | 53                                                |
| Ejemplo comparativo 1     | 5/5                | -                                                 |
| Ejemplo comparativo 2     | 5/5                | -                                                 |
| Ejemplo comparativo 3     | 5/5                | -                                                 |

Tal como se ilustra en la tabla 1, puede observarse que las baterías recargables que usan el electrodo positivo según la presente invención se reducen en un área de cortocircuito y, por tanto, se reduce la corriente de cortocircuito para aumentar la seguridad. En particular, puede observarse que, cuando la cristalinidad era de 58,5 o mayor ajustando la temperatura de secado a vacío a 190°C, apenas se producía ignición.

#### <Ejemplo comparativo 4>

Se aplicó la suspensión de material activo preparada en el ejemplo comparativo 1 para tener un grosor de 153  $\mu\text{m}$  sobre una lámina de aluminio, se secó a una velocidad de 0,2 m/min en una secadora que tenía una temperatura de 130°C bajo una atmósfera de aire, y se secó de nuevo durante 24 horas a 160°C en un estado de vacío para formar una capa compuesta de electrodo positivo. Luego se laminó la capa compuesta de electrodo positivo para fabricar un electrodo positivo.

#### <Ejemplo comparativo 5>

Se fabricó un electrodo positivo de la misma manera que la del ejemplo comparativo 1, excepto que se aplicó la suspensión de imprimador preparada en el ejemplo comparativo 1 para tener un grosor de 3  $\mu\text{m}$  sobre una lámina de aluminio y se secó la NMP a una velocidad de 0,2 m/min en una secadora bajo una atmósfera de aire que tenía una temperatura de 130°C y se secó de nuevo durante 24 horas a 160°C en un estado de vacío para formar una capa de imprimador, y se aplicó una suspensión de material activo para tener un grosor de 150  $\mu\text{m}$  sobre la capa de imprimador, se secó a una velocidad de 0,2 m/min en una secadora que tenía una temperatura de 130°C bajo una atmósfera de aire, y se secó de nuevo durante 24 horas a 160°C en un estado de vacío para formar una capa compuesta de electrodo positivo.

#### <Ejemplo experimental 3>

Se secó a vacío el electrodo positivo del ejemplo comparativo 4 de nuevo a 45°C y se raspó una porción de la capa de electrodo con una cuchilla de afeitar, y se midió la RMN del polvo. El método de análisis es el siguiente. Después

de la medición, se obtuvieron las áreas de picos de partes cristalinas y no cristalinas en los picos principales de los PVDF y se calculó el porcentaje (%) del área de partes cristalinas en la suma de las áreas para obtener la cristalinidad.

El dispositivo usado fue una sonda de RMN/MAS de 1,6 mm de 600 MHz de Agilent.

Según los resultados de la medición, la cristalinidad fue del 59,7%. Es decir, puede observarse que, cuando se realizó secado de nuevo a 160°C en el estado de vacío, la cristalinidad del PVdF fue del 59,7%.

#### Evaluación de las características de salida

Se cargó la batería recargable fabricada según el ejemplo experimental 2 usando los electrodos positivos fabricados en los ejemplos de la invención 1 y 2 y en los ejemplos comparativos 4 y 5 hasta 4,2 V con 0,1 C y se descargó hasta 2,5 V con 0,1 C durante dos ciclos, y después de eso, se cargó hasta 4,2 V con 0,33 C y se descargó hasta SOC 50 con 0,33 C, y se midió la resistencia durante 30 segundos a SOC 50 con 3 C. Los resultados de la misma se ilustran en la tabla 3 a continuación.

(Tabla 3)

|                           | salida (mohm) |
|---------------------------|---------------|
| Ejemplo de la invención 1 | 1,72          |
| Ejemplo de la invención 2 | 1,8           |
| Ejemplo comparativo 4     | 1,92          |
| Ejemplo comparativo 5     | 1,83          |

Con referencia a la tabla 3, puede observarse que las baterías que usan los electrodos positivos de los ejemplos comparativos 4 y 5 tienen una alta resistencia, en relación con el ejemplo de la invención 1. Además, puede observarse que las baterías que usan los electrodos positivos de los ejemplos comparativos 4 y 5 tienen una resistencia mayor que la del ejemplo de la invención 2 en el que se secó a vacío la capa de imprimador a una mayor temperatura.

Esto es porque, en el caso de los electrodos positivos fabricados según los ejemplos comparativos 4 y 5, las capas compuestas de electrodo positivo también experimentar un procedimiento de secado a vacío a altas temperaturas y, por tanto, se aumentó la cristalinidad del PVdF (mayor del 58%), y por consiguiente, se aumentó la resistencia global.

Mientras tanto, el ejemplo comparativo 5 que incluye la capa de imprimador tiene un menor aumento de la resistencia que el ejemplo comparativo 4 que no incluye la capa de imprimador.

Debe apreciarse que un experto en la técnica a la que pertenece la presente invención puede aplicar y modificar de diversas maneras el contenido anteriormente mencionado dentro del alcance de la presente invención.

#### **Disponibilidad industrial**

Tal como se describió anteriormente, puesto que el electrodo para una batería recargable de la presente invención usa el aglutinante que tiene una cristalinidad de 58 o mayor en la capa de recubrimiento de imprimador que forma el electrodo de múltiples capas, puede reducirse el porcentaje de alargamiento del electrodo de múltiples capas para reducir el área de cortocircuito en el momento de la penetración en forma de agujas y aumentar la resistencia a IR y, por tanto, puede aumentarse eficazmente la seguridad de la batería sin ningún procedimiento o material adicional.

## REIVINDICACIONES

1. Electrodo para una batería recargable, comprendiendo el electrodo:
  - 5 un colector de corriente;
  - una capa de recubrimiento de imprimador aplicada sobre el colector de corriente, incluyendo la capa de recubrimiento de imprimador PVdF, como primer aglutinante, y un material conductor; y
  - 10 una capa compuesta de electrodo aplicada sobre la capa de recubrimiento de imprimador, incluyendo la capa compuesta de electrodo un segundo aglutinante y un material activo de electrodo;
  - en el que la cristalinidad del primer aglutinante es del 58% o superior y la cristalinidad del segundo aglutinante es menor del 58%, siendo la cristalinidad el porcentaje en peso de partes cristalinas con respecto a la cantidad total de partes cristalinas y no cristalinas en el aglutinante, determinada mediante RMN tal como se describe en la descripción.
2. Electrodo según la reivindicación 1, que es un electrodo positivo.
- 20 3. Electrodo según la reivindicación 1, en el que el grosor de la capa de recubrimiento de imprimador es del 1 al 10% del grosor de la capa compuesta de electrodo.
4. Electrodo según la reivindicación 1, en el que el contenido del primer aglutinante en la capa de recubrimiento de imprimador es del 30 al 80% en peso con respecto al peso total de la capa de recubrimiento de imprimador, y el contenido del segundo aglutinante en la capa compuesta de electrodo es del 1 al 15% en peso con respecto al peso total de la capa compuesta de electrodo.
- 25 5. Electrodo según la reivindicación 1, en el que el contenido del material conductor en la capa de recubrimiento de imprimador es de 20 partes en peso a 100 partes en peso con respecto a 100 partes en peso del primer aglutinante.
- 30 6. Electrodo según la reivindicación 1, en el que la capa compuesta de electrodo incluye además un material conductor que tiene conductividad electrónica.
- 35 7. Electrodo según la reivindicación 6, en el que el contenido del material conductor en la capa compuesta de electrodo es de 20 partes en peso a 100 partes en peso con respecto a 100 partes en peso del segundo aglutinante.
- 40 8. Electrodo según la reivindicación 1, en el que el segundo aglutinante es PVdF.
9. Método para fabricar el electrodo según la reivindicación 1, comprendiendo el método:
  - (i) aplicar una suspensión de imprimador que incluye PVdF, como primer aglutinante, y un material conductor a un colector de corriente, posteriormente secar en primer lugar la suspensión de imprimador a de 120 a 140°C bajo una atmósfera de aire, y secar en segundo lugar la suspensión de imprimador a de 150 a 190°C durante de 12 a 30 horas en un estado de vacío para formar una capa de recubrimiento de imprimador; y
  - (ii) aplicar una suspensión que incluye un segundo aglutinante y un material activo de electrodo a la capa de recubrimiento de imprimador, y posteriormente secar la suspensión a de 120 a 140°C bajo una atmósfera de aire y laminar la suspensión secada para formar una capa compuesta de electrodo.
- 50 10. Batería recargable de litio que incluye el electrodo según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 8.