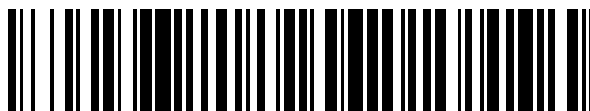


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 850 499**

51 Int. Cl.:

F26B 5/04 (2006.01)

H01M 10/058 (2010.01)

F26B 21/14 (2006.01)

F26B 3/04 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **08.09.2017 PCT/CN2017/101068**

87 Fecha y número de publicación internacional: **29.03.2018 WO18054231**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **08.09.2017 E 17852299 (1)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **30.12.2020 EP 3516315**

54 Título: **Método de secado de conjuntos de electrodos**

30 Prioridad:

22.09.2016 US 201615272488

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

30.08.2021

73 Titular/es:

**GRST INTERNATIONAL LIMITED (100.0%)
Unit 212, 2/F, Photonics Centre No. 2 Science
Park East Avenue Hong Kong Science Park
Shatin
Hong Kong, CN**

72 Inventor/es:

**HO, KAM PIU;
WANG, RANSHI y
SHEN, PEIHUA**

74 Agente/Representante:

VALLEJO LÓPEZ, Juan Pedro

ES 2 850 499 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

Método de secado de conjuntos de electrodos

5 **Campo de la invención**

La presente invención se refiere al campo de las baterías. En particular, la presente invención se refiere a métodos de secado de conjuntos de electrodos de baterías de ion litio y conjuntos de electrodos hechos por los métodos divulgados en el presente documento.

10

Antecedentes de la invención

Las baterías de ion litio (BIL) han despertado un interés considerable en los dos últimos decenios para un amplio abanico de aplicaciones en dispositivos electrónicos portátiles, tales como teléfonos celulares y ordenadores portátiles. Debido al rápido desarrollo del mercado de vehículos eléctricos (VE) y al almacenamiento de energía de la red, las BIL de alto rendimiento y bajo coste, ofrecen actualmente una de las opciones más prometedoras para dispositivos de almacenamiento de energía a gran escala.

15

En la actualidad, los electrodos se preparan dispersando polvos finos de un material activo del electrodo de batería, un agente conductor y un material aglutinante en un disolvente apropiado. La dispersión puede ser recubierta en un colector de corriente, tal como una lámina metálica de cobre o aluminio, y, luego, secada a una temperatura elevada para eliminar el disolvente. Las hojas del cátodo y del ánodo se apilan o enrollan posteriormente con el separador que separa el cátodo y el ánodo para formar una batería.

20

El proceso de fabricación de una batería de ion litio es sensible a la humedad. Una batería con un alto contenido de agua conduce a una importante atenuación del rendimiento electroquímico y afecta a la estabilidad de la batería. Por lo tanto, la humedad ambiental ha de ser controlada estrictamente para el proceso de producción de BIL. La mayoría de las BIL se producen en un ambiente con menos del 1 por ciento de humedad. Sin embargo, se incurre en un costo significativo debido al riguroso proceso exento de humedad. Para abordar la delicada cuestión de la humedad del conjunto de electrodos, es importante secar el conjunto de electrodos antes del fresado de electrolitos para reducir el contenido de agua en la batería.

25

30

La patente china n.º 104142045 B describe un método de secado de un conjunto de electrodos de BIL. El método comprende calentar un conjunto de electrodos al vacío a una temperatura de 30-100 °C; llenar el horno con aire seco o gas inerte; repetir estas dos etapas 1-10 veces. Este método proporciona al conjunto de electrodos un contenido de agua entre 430,5 ppm y 488,1 ppm.

35

La solicitud de patente china n.º 105115250 A describe un método de secado de un conjunto de electrodos de BIL. El método comprende calentar un conjunto de electrodos al vacío a una temperatura de 85±5 °C; llenar el horno con gas nitrógeno caliente y seco; repetir estas dos etapas 10-20 veces. Este método proporciona al conjunto de electrodos un contenido de agua inferior a 200 ppm.

40

La patente china n.º 102735023 B describe un método de secado de un conjunto de electrodos de BIL. El método comprende calentar un conjunto de electrodos al vacío a una temperatura de 20-70 °C; llenar el horno con aire seco o gas nitrógeno; repetir estas dos etapas 5-50 veces. Este método proporciona al conjunto de electrodos un contenido de agua entre 110,1 ppm y 137,2 ppm.

45

La patente china n.º 103344097 B describe un método de secado de un conjunto de electrodos de BIL. El método comprende calentar un conjunto de electrodos al vacío a una temperatura de 75-85 °C; llenar el horno con un gas no oxidante; calentar el conjunto de electrodos a 75-85 °C; secar al vacío el conjunto de electrodos de nuevo. Sin embargo, este método no proporciona el contenido de agua del conjunto de electrodos seco para evaluar el proceso de secado. Los documentos CN105865159 A, CN104142045B, CN102735023 B and US2007009803 A1 divulgan diferentes métodos para secar un conjunto de electrodos.

50

Los contenidos de agua de los conjuntos de electrodos, conforme se secan con los métodos existentes, varían entre cien ppm y varios cientos de ppm, lo que puede afectar a la estabilidad del ciclo y a la intensidad de corriente de las BIL. En vista de lo anterior, siempre existe la necesidad de desarrollar un método de secado de conjuntos de electrodos de BIL con un bajo contenido de agua.

55

60 **Sumario de la invención**

La invención se define en las reivindicaciones. Las necesidades mencionadas anteriormente se cumplen mediante un método de acuerdo con la reivindicación 1. Las reivindicaciones dependientes describen realizaciones opcionales de la invención.

65

Breve descripción de los dibujos

La Figura 1 representa una realización del método divulgado en el presente documento.

La Figura 2 representa el rendimiento de ciclo de una celda electroquímica que contiene un conjunto de electrodos preparada mediante el método descrito en el Ejemplo 2.

La Figura 3 representa el rendimiento de ciclo de una celda electroquímica que contiene un conjunto de electrodos preparada mediante el método descrito en el Ejemplo 4.

La Figura 4 representa el rendimiento de ciclo de una celda electroquímica que contiene un conjunto de electrodos preparada mediante el método descrito en el Ejemplo 6.

La Figura 5 representa el rendimiento de ciclo de una celda electroquímica que contiene un conjunto de electrodos preparada mediante el método descrito en el Ejemplo 8.

La Figura 6 representa el rendimiento de ciclo de una celda electroquímica que contiene un conjunto de electrodos preparada mediante el método descrito en el Ejemplo 10.

La Figura 7 representa el rendimiento de ciclo de una celda electroquímica que contiene un conjunto de electrodos preparada mediante el método descrito en el Ejemplo 11.

La Figura 8 representa el rendimiento de ciclo de una celda electroquímica que contiene un conjunto de electrodos preparada mediante el método descrito en el Ejemplo 12.

La Figura 9 representa el rendimiento de ciclo de una celda electroquímica que contiene un conjunto de electrodos preparada mediante el método descrito en el Ejemplo 13.

Descripción detallada de la invención

En el presente documento, se proporciona un método de secado de un conjunto de electrodos, que comprende las etapas de:

1) apilar al menos un ánodo, al menos un cátodo y al menos un separador interpuesto entre el al menos un ánodo y al menos un cátodo para preparar un conjunto de electrodos;

2) colocar el conjunto de electrodos en una cámara de secado;

3) secar el conjunto de electrodos al vacío a una temperatura de aproximadamente 80 °C a aproximadamente 155 °C;

4) llenar la cámara de secado con aire seco o gas inerte; y

5) repetir las etapas 3) y 4) para obtener un conjunto de electrodos seco,

en donde el contenido de agua del conjunto de electrodos seco es inferior a 20 ppm en peso, basado en el peso total del conjunto de electrodos seco.

El término "electrodo" se refiere a un "cátodo" o a un "ánodo".

El término "electrodo positivo" se usa indistintamente con cátodo. Del mismo modo, el término "electrodo negativo" se usa indistintamente con ánodo.

El término "material aglutinante" se refiere a una sustancia química o una sustancia que puede usarse para mantener el material de electrodo y el agente conductor en su lugar.

La expresión "material aglutinante a base de agua" se refiere a un polímero aglutinante soluble en agua o dispersable en agua. Algunos ejemplos no limitantes del material aglutinante a base de agua incluyen caucho de estireno-butadieno, caucho de estireno-butadieno acrilado, caucho de acrilonitrilo-butadieno, caucho de acrílo, caucho de butilo, caucho de flúor, politetrafluoroetileno, polietileno, polipropileno, copolímeros de etileno/propileno, polibutadieno, óxido de polietileno, polivinilpirrolidona, poliepiclorhidrina, polifosfaceno, poli(acrilonitrilo), poliestireno, copolímeros de etileno/propileno/dieno, polivinilpiridina, polietileno clorosulfonado, látex, resinas de poliéster, resinas acrílicas, resinas fenólicas, resinas epoxídicas, poli(alcohol vinílico), carboximetilcelulosa, hidroxipropilcelulosa y combinaciones de los mismos.

La expresión "material aglutinante de base orgánica" se refiere a un aglutinante disuelto o dispersado en un disolvente orgánico, en particular, N-metil-2-pirrolidona (NMP). Algunos ejemplos no limitantes del material

aglutinante de base orgánica incluyen politetrafluoroetileno (PTFE), polímero de perfluoroalcoxi (PFA), fluoruro de polivinilideno (PVDF), copolímero de tetrafluoroetileno (TFE) y hexafluoropropileno (HFP), copolímero de etileno-propileno fluorado (FEP), y terpolímero de tetrafluoroetileno, hexafluoropropileno y fluoruro de vinilideno y combinaciones de los mismos.

5 La expresión "colector de corriente" se refiere a un soporte para recubrir el material de electrodo y un conductor de alto electrón químicamente inactivo para mantener una corriente eléctrica que fluye hacia los electrodos durante la carga o descarga de una batería secundaria.

10 El término "agente conductor" se refiere a un material que es químicamente inactivo y tiene buena conductividad eléctrica. Por lo tanto, el agente conductor a menudo se mezcla con un material activo de electrodo en el momento de formar un electrodo para mejorar la conductividad eléctrica del electrodo. En algunas realizaciones, el agente conductor es un material carbonoso.

15 El término "conjunto de electrodos" se refiere a una estructura que comprende al menos un electrodo positivo, al menos un electrodo negativo y al menos un separador interpuesto entre el electrodo positivo y el electrodo negativo.

20 El término "temperatura ambiente" se refiere a temperaturas interiores de aproximadamente 18 °C a aproximadamente 30 °C, p. ej., 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29 o 30 °C. En algunas realizaciones, temperatura ambiente se refiere a una temperatura de aproximadamente 20 °C +/- 1 °C o +/- 2 °C o +/- 3 °C. En otras realizaciones, temperatura ambiente se refiere a una temperatura de aproximadamente 22 °C o aproximadamente 25 °C.

La expresión "contenido de agua" y "contenido de humedad" se usan indistintamente.

25 El término "presión atmosférica" se refiere a la presión ejercida por el peso de la atmósfera, que tiene un valor medio de 101.325 Pa al nivel del mar.

30 El término "tasa C" se refiere a la tasa de carga o descarga de una celda o batería, expresado en términos de su capacidad de almacenamiento total en Ah o mAh. Por ejemplo, una tasa de 1 C significa la utilización de toda la energía almacenada en una hora; 0,1 C significa la utilización del 10 % de la energía en una hora o la energía completa en 10 horas; y 5 C significa la utilización de energía completa en 12 minutos.

35 La expresión "amperios-hora (Ah)" se refiere a una unidad utilizada para especificar la capacidad de almacenamiento de una batería. Por ejemplo, una batería con capacidad de 1 Ah puede suministrar una corriente de un amperio durante una hora o 0,5 A durante dos horas, etc. Por lo tanto, 1 amperio-hora (Ah) es el equivalente a 3.600 culombios de carga eléctrica. De manera similar, la expresión "miliamperios-hora (mAh)" también se refiere a una unidad de la capacidad de almacenamiento de una batería y es 1/1.000 de un amperio-hora.

40 La expresión "ciclo de vida de la batería" se refiere al número de ciclos completos de carga/descarga que una batería puede realizar antes de que su capacidad nominal caiga por debajo del 80 % de su capacidad nominal inicial.

45 En la siguiente descripción, todos los números divulgados en el presente documento son valores aproximados, independientemente de si la palabra "alrededor de" o "aproximado" se utiliza en relación con los mismos. Pueden variar en un 1 por ciento, 2 por ciento, 5 por ciento o, a veces, de un 10 a un 20 por ciento. Siempre que un intervalo numérico con un límite inferior, R^L , y un límite superior, R^U , se divulgue, se divulga específicamente cualquier número que se encuentre dentro del intervalo. En particular, se divulgan específicamente los siguientes números dentro del intervalo: $R = R^L + k \cdot (R^U - R^L)$, en donde k es una variable que varía del 1 por ciento al 100 por ciento con un incremento del 1 por ciento, es decir, k es el 1 por ciento, 2 por ciento, 3 por ciento, 4 por ciento, 5 por ciento, ..., 50 por ciento, 51 por ciento, 52 por ciento, ..., 95 por ciento, 96 por ciento, 97 por ciento, 98 por ciento, 99 por ciento o 100 por ciento. Por otra parte, cualquier intervalo numérico definido por dos números R como se define en lo anterior también se divulga específicamente.

55 La Figura 1 muestra una realización del método divulgado en el presente documento. Un conjunto de electrodos se realiza al apilar una pluralidad de ánodos y una pluralidad de cátodos con separadores interpuestos entre ellos. El conjunto de electrodos se seca en una cámara de secado al vacío a una temperatura elevada. La cámara de secado se llena entonces con aire caliente y seco. Las etapas de secado al vacío y restauración de la presión se repiten hasta que se alcanza el contenido de agua deseado.

60 En general, los procesos de fabricación de baterías de ion litio se llevan a cabo en recintos secos donde el entorno ha de ser cuidadosamente controlado para preservar las condiciones óptimas de producción. El punto de rocío del aire es un indicador de la calidad del recinto seco. Los valores típicos del punto de rocío para la producción de baterías varían entre -40 °C y -65 °C. La eficacia y la vida útil de una batería se determinan en la fase de producción de una celda.

65 Un conjunto de electrodos puede construirse apilando secuencialmente al menos un electrodo negativo, al menos un

separador y al menos un electrodo positivo. El número y la disposición del al menos un electrodo positivo, el al menos un electrodo negativo y el al menos un separador, para configurar el conjunto de electrodos, no están particularmente limitados. En algunas realizaciones, el conjunto de electrodos tiene una estructura apilada en la que los dos electrodos más externos comprenden una polaridad opuesta (es decir, un electrodo positivo y un electrodo negativo), tal como una estructura de electrodo positivo/separador/estructura de electrodo negativo o una estructura de electrodo positivo/separador/electrodo negativo/separador/electrodo positivo/separador/electrodo negativo.

En algunas realizaciones, se divulga un conjunto de electrodos para su uso en una batería secundaria de electrolito no acuoso. En determinadas realizaciones, se divulga un conjunto de electrodos para su uso en una batería de ion litio.

En determinadas realizaciones, el conjunto de electrodos tiene una estructura apilada en la que los dos electrodos más externos comprenden la misma polaridad (es decir, electrodos positivos o electrodos negativos), tal como una estructura de electrodo positivo/separador/electrodo negativo/separador/electrodo positivo o una estructura de electrodo negativo/separador/electrodo positivo/separador/electrodo negativo.

En algunas realizaciones, el conjunto de electrodos tiene una estructura en la que se dispone un separador en uno de los lados más externos, tal como una estructura de separador/electrodo positivo/separador/electrodo negativo o una estructura de electrodo positivo/separador/electrodo negativo/separador. En otras realizaciones, el conjunto de electrodos tiene una estructura en la que se disponen separadores en ambos lados más externos, tal como una estructura de separador/electrodo positivo/separador/electrodo negativo/separador.

En determinadas realizaciones, el conjunto de electrodos se monta bajo un estricto control de humedad en el que el aire tiene un punto de rocío de -65°C . En algunas realizaciones, el conjunto de electrodos se monta bajo condiciones secas en las que el aire tiene un punto de rocío de -50°C , -40°C , -30°C , -20°C , -10°C , 0°C , 5°C o 10°C . En determinadas realizaciones, el conjunto de electrodos se monta al aire libre sin control de la humedad.

En algunas realizaciones, no se requiere que se lleve a cabo la etapa de ensamblaje del conjunto de electrodos en un recinto seco. En algunas realizaciones, el conjunto de electrodos se puede ensamblar a una humedad relativa de aproximadamente el 40 % a aproximadamente el 100 %, de aproximadamente el 40 % a aproximadamente el 90 %, de aproximadamente el 40 % a aproximadamente el 80 %, de aproximadamente el 50 % a aproximadamente el 100 %, de aproximadamente el 50 % a aproximadamente el 90 %, de aproximadamente el 50 % a aproximadamente el 80 %, de aproximadamente el 60 % a aproximadamente el 100 % o de aproximadamente el 60 % a aproximadamente el 90 %. En determinadas realizaciones, el conjunto de electrodos se puede ensamblar a una humedad relativa de más del 40 %, más del 50 %, más del 60 %, más del 70 % o más del 80 %. En general, el conjunto de electrodos preparado se secará inmediatamente después de la etapa de ensamblaje. Una de las ventajas de la presente invención es que no se requiere el conjunto de electrodos preparado para su uso inmediato. En algunas realizaciones, el conjunto de electrodos se puede almacenar durante al menos 1 hora, 2 horas, 3 horas, 5 horas, 8 horas, 12 horas, 1 día, 2 días, 3 días, 4 días, 5 días, 6 días o 1 semana al aire libre a temperatura ambiente a presión atmosférica antes de la etapa de secado a alta temperatura. En otras realizaciones, el conjunto de electrodos se puede almacenar durante al menos 1 hora, 2 horas, 3 horas, 5 horas, 8 horas, 12 horas, 1 día, 2 días, 3 días, 4 días, 5 días, 6 días o 1 semana a una temperatura elevada (tal como de $40-60^{\circ}\text{C}$) a presión atmosférica antes de la etapa de secado a alta temperatura.

Otra ventaja de la presente invención es que el electrodo preparado se puede almacenar a una temperatura elevada (tal como de $40-60^{\circ}\text{C}$) a presión atmosférica durante un tiempo relativamente largo (tal como de 1-3 meses) con la humedad no controlada. A pesar del tiempo de almacenamiento relativamente largo de los electrodos en una condición de humedad no controlada, el conjunto de electrodos se puede seguir secando hasta el contenido de humedad bajo deseado (tal como de por debajo de 20 ppm o incluso inferior).

Antes del ensamblaje del conjunto de electrodos, no se requiere una etapa de secado previo del cátodo y/o ánodo. Antes del ensamblaje del conjunto de electrodos, se mide el contenido de agua de los electrodos. En algunas realizaciones, el contenido de agua de los electrodos es de aproximadamente 100 ppm a aproximadamente 1.000 ppm, de aproximadamente 100 ppm a aproximadamente 800 ppm, de aproximadamente 100 ppm a aproximadamente 600 ppm, de aproximadamente 100 ppm a aproximadamente 400 ppm, de aproximadamente 100 ppm a aproximadamente 200 ppm o de aproximadamente 200 ppm a aproximadamente 600 ppm. En determinadas realizaciones, el contenido de agua de los electrodos es mayor de 100 ppm, mayor de 200 ppm, mayor de 400 ppm, mayor de 600 ppm, mayor de 800 ppm, mayor de 1.000 ppm, mayor de 1.500 ppm, mayor de 2.000 ppm, mayor de 2.500 ppm o mayor de 3.000 ppm.

El separador dispuesto entre las superficies opuestas del ánodo y el cátodo activo puede evitar el contacto entre el ánodo y el cátodo y un cortocircuito de la batería de ion litio. En algunas realizaciones, el separador puede estar compuesto por fibras poliméricas tejidas o no tejidas, fibras naturales, fibras de carbono, fibras de vidrio o fibras de cerámica. En determinadas realizaciones, el separador está compuesto por fibras poliméricas tejidas o no tejidas.

En algunas realizaciones, las fibras del no tejido o tejido están hechas de polímeros orgánicos, tales como

poliolefina, polietileno (PE), polietileno de alta densidad, polietileno lineal de baja densidad, polietileno de baja densidad, polietileno de peso molecular ultra alto, polipropileno (PP), copolímero de polipropileno/polietileno, polibutileno, polipenteno, poliacetal, poliamida, policarbonato, poliimida (PI), poliéter éter cetona, polisulfonas, óxido de polifenileno, sulfuro de polifenileno, poliácridonitrilo, fluoruro de polivinilideno, polioximetileno, polivinilpirrolidona, poliéster, tereftalato de polietileno (PET), tereftalato de polibutileno, naftaleno de polietileno, naftalato de polibutileno, derivados de los mismos o una combinación de los mismos. En determinadas realizaciones, el separador está hecho de fibras poliolefinicas seleccionadas entre el grupo que consiste en polietileno, polietileno de alta densidad, polietileno lineal de baja densidad, polietileno de baja densidad, polietileno de peso molecular ultra alto, polipropileno, copolímero de polipropileno/polietileno y combinaciones de los mismos. En algunas realizaciones, el separador está hecho de fibras poliméricas seleccionadas entre el grupo que consiste en poliéster, poliacetal, poliamida, policarbonato, poliimida, poliéter éter cetona, polietersulfona, óxido de polifenileno, sulfuro de polifenileno, naftaleno de polietileno y combinaciones de los mismos. En otras realizaciones, la fibra polimérica no es polietileno, polietileno de alta densidad, polietileno lineal de baja densidad, polietileno de baja densidad, polietileno de peso molecular ultra alto, polipropileno o copolímero de polipropileno/polietileno. En realizaciones adicionales, la fibra polimérica no es poliacetal, polietersulfona, óxido de polifenileno, sulfuro de polifenileno, o policarbonato. En otras realizaciones adicionales, la fibra polimérica no es poliamida, poliimida o poliéter éter cetona. Pero todas las demás fibras poliméricas conocidas o muchas fibras naturales también pueden ser usadas.

En determinadas realizaciones, el separador divulgado en el presente documento tiene un punto de fusión de 100 °C o más, 110 °C o más, 120 °C o más, 130 °C o más, 140 °C o más, 150 °C o más, 160 °C o más, 170 °C o más, 180 °C o más, 190 °C o más, 200 °C o más, 210 °C o más, 220 °C o más, 230 °C o más, 240 °C o más o 250 °C o más. En algunas realizaciones, el separador tiene un punto de fusión de aproximadamente 100 °C a aproximadamente 300 °C, de aproximadamente 120 °C a aproximadamente 300 °C, de aproximadamente 100 °C a aproximadamente 250 °C, de aproximadamente 120 °C a aproximadamente 250 °C, de aproximadamente 140 °C a aproximadamente 250 °C, de aproximadamente 160 °C a aproximadamente 250 °C, de aproximadamente 180 °C a aproximadamente 250 °C o de aproximadamente 200 °C a aproximadamente 250 °C. El separador que tiene un alto punto de fusión muestra una alta estabilidad térmica y, por lo tanto, puede ser secado a alta temperatura sin contraerse térmicamente. Esto también permite que el secado sea realizado de forma más eficaz. Por lo tanto, el conjunto de electrodos puede secarse en un tiempo relativamente corto, lo que da como resultado un tiempo de producción corto.

El separador puede estar en forma recubierta o no recubierta. En algunas realizaciones, el separador tiene un espesor de aproximadamente 10 µm a aproximadamente 200 µm, de aproximadamente 30 µm a aproximadamente 100 µm, de aproximadamente 10 µm a aproximadamente 75 µm, de aproximadamente 10 µm a aproximadamente 50 µm, de aproximadamente 10 µm a aproximadamente 20 µm, de aproximadamente 15 µm a aproximadamente 40 µm, de aproximadamente 15 µm a aproximadamente 35 µm, de aproximadamente 20 µm a aproximadamente 40 µm, de aproximadamente 20 µm a aproximadamente 35 µm, de aproximadamente 20 µm a aproximadamente 30 µm, de aproximadamente 30 µm a aproximadamente 60 µm, de aproximadamente 30 µm a aproximadamente 50 µm o de aproximadamente 30 µm a aproximadamente 40 µm.

En determinadas realizaciones, el separador tiene un espesor de aproximadamente 15 µm, aproximadamente 20 µm o aproximadamente 25 µm. En algunas realizaciones, el separador de la presente invención tiene un espesor inferior a 40 µm, inferior a 35 µm, inferior a 30 µm, inferior a 25 µm o inferior a 20 µm. Si el separador es lo suficientemente fino, la humedad puede evaporarse a altas velocidades de secado.

En algunas realizaciones, el conjunto de electrodos está escasamente apilado. En el conjunto de electrodos escasamente apilado, hay un espacio vacío entre la capa de electrodo y la capa de separador, permitiendo que la humedad se escape. Por lo tanto, el conjunto de electrodos escasamente apilado puede secarse de manera eficaz en un corto período de tiempo. Por otro lado, cuando el conjunto de electrodos se comprimió bajo presión antes de secarse, el conjunto de electrodos muy agrupado tiene un espacio vacío escaso o nulo entre la capa de electrodo y la capa de separador, reduciendo por tanto el flujo de aire y la eficacia de secado.

En determinadas realizaciones, el electrodo positivo, el separador y el electrodo negativo se apilan y se enrollan en espiral en una configuración de tipo remolino antes de secarse. Puesto que el conjunto de electrodos tipo rollo está muy agrupado, hay también un espacio vacío pequeño o nulo entre la capa de electrodo y la capa de separador, reduciendo por tanto el flujo de aire y la eficacia de secado. En algunas realizaciones, el conjunto de electrodos no está en forma enrollada en espiral.

Un electrodo positivo incluye una capa de electrodo de cátodo soportada en un colector de corriente catódica. La capa de electrodo de cátodo comprende al menos un material catódico y un material aglutinante. La capa de electrodo de cátodo puede comprender, además, un agente conductor para mejorar la conductividad de los electrones de la capa de electrodo de cátodo. Un electrodo negativo incluye una capa de electrodo de ánodo soportada en un colector de corriente anódica. La capa de electrodo de ánodo comprende al menos un material anódico y un material aglutinante. La capa de electrodo de ánodo puede comprender, además, un agente conductor para mejorar la conductividad de los electrones de la capa de electrodo de ánodo.

En algunas realizaciones, el al menos un cátodo comprende un colector de corriente catódica y una capa de electrodo de cátodo que comprende un material catódico, un material aglutinante y un agente conductor y el al menos un ánodo comprende un colector de corriente anódica y una capa de electrodo de ánodo que comprende un material anódico, un material aglutinante y un agente conductor, en donde cada una de las capas de electrodos de cátodo y ánodo tiene independientemente un volumen vacío inferior al 40 %, inferior al 37 %, inferior al 35 %, inferior al 33 %, inferior al 30 %, inferior al 25 %, inferior al 20 %, inferior al 18 %, inferior al 15 %, inferior al 13 %, inferior al 10 % o inferior al 8 %, basado en el volumen total de la capa de electrodo de cátodo o ánodo. En determinadas realizaciones, el volumen vacío de la capa de electrodo está entre el 8 % y el 40 %, entre el 8 % y el 35 %, entre el 8 % y el 30 %, entre el 10 % y el 30 %, entre el 13 % y el 30 %, entre el 13 % y el 33 %, entre el 15 % y el 30 %, entre el 18 % y el 30 %, entre el 20 % y el 30 % o entre el 25 % y el 30 %, basado en el volumen total de la capa de electrodo de cátodo o ánodo.

Si el volumen vacío de la capa de electrodo es del 35 % o más, tanto la densidad de energía como la potencia de salida de la batería son bajas. Cuando el volumen vacío de la capa de electrodo está entre el 10 % y el 35 %, la batería muestra una buena difusividad de los iones litio y un alto rendimiento.

El colector de corriente actúa para recoger los electrones generados por las reacciones electroquímicas del material activo del electrodo de batería o para suministrar los electrones necesarios para las reacciones electroquímicas. En algunas realizaciones, cada uno de los colectores de corriente catódica y anódica, que puede tener la forma de una lámina, hoja o película, es independientemente de acero inoxidable, titanio, níquel, aluminio, cobre o resina conductora de electricidad. En determinadas realizaciones, el colector de corriente catódica es una película fina de aluminio. En algunas realizaciones, el colector de corriente anódica es una película fina de cobre. En determinadas realizaciones, el colector de corriente no se somete a un tratamiento superficial.

En algunas realizaciones, el colector de corriente tiene un espesor de aproximadamente 6 μm a aproximadamente 100 μm . El espesor del colector de corriente afectará al volumen ocupado por el colector de corriente dentro de una batería y la cantidad de material del electrodo y, por ende, a la capacidad en la batería.

En determinadas realizaciones, el espesor de cada una de las capas de electrodos de cátodo y ánodo en el colector de corriente es independientemente de aproximadamente 1 μm a aproximadamente 300 μm , de aproximadamente 10 μm a aproximadamente 300 μm , de aproximadamente 20 μm a aproximadamente 100 μm , de aproximadamente 1 μm a aproximadamente 100 μm , de aproximadamente 1 μm a aproximadamente 50 μm , de aproximadamente 1 μm a aproximadamente 40 μm , de aproximadamente 10 μm a aproximadamente 40 μm , de aproximadamente 10 μm a aproximadamente 30 μm o de aproximadamente 10 μm a aproximadamente 25 μm . En algunas realizaciones, el espesor de la capa de electrodo en el colector de corriente es de aproximadamente 10 μm , aproximadamente 15 μm , aproximadamente 20 μm , aproximadamente 25 μm , aproximadamente 30 μm , aproximadamente 35 μm o aproximadamente 40 μm .

En algunas realizaciones, la densidad de cada una de las capas de los electrodos de cátodo y ánodo en el colector de corriente es independientemente de aproximadamente 1,0 g/cm³ a aproximadamente 6,5 g/cm³, de aproximadamente 1,0 g/cm³ a aproximadamente 5,0 g/cm³, de aproximadamente 1,0 g/cm³ a aproximadamente 4,0 g/cm³, de aproximadamente 1,0 g/cm³ a aproximadamente 3,5 g/cm³, de aproximadamente 1,0 g/cm³ a aproximadamente 3,0 g/cm³, de aproximadamente 1,0 g/cm³ a aproximadamente 2,0 g/cm³, de aproximadamente 2,0 g/cm³ a aproximadamente 5,0 g/cm³, de aproximadamente 2,0 g/cm³ a aproximadamente 4,0 g/cm³, de aproximadamente 3,0 g/cm³ a aproximadamente 5,0 g/cm³ o de aproximadamente 3,0 g/cm³ a aproximadamente 6,0 g/cm³. De manera similar, un aumento en la densidad de la capa de electrodo dará como resultado una reducción del volumen vacío en el recubrimiento del electrodo final y un electrodo más denso, logrando de esa manera la capacidad deseada de la batería.

En determinadas realizaciones, el material catódico se selecciona entre el grupo que consiste en LiCoO₂ (LCO), LiNiO₂ (LNO), LiNi_xMn_yO₂, Li_{1+z}Ni_xMn_yCo_{1-x-y}O₂, LiNi_xCo_yAl_zO₂, LiV₂O₅, LiTiS₂, LiMoS₂, LiMnO₂, LiCrO₂, LiMn₂O₄ (LMO), LiFeO₂, LiFePO₄ (LFP), LiNi_{0,5}Mn_{1,5}O₄, LiNi_{0,4}Mn_{1,6}O₄ y combinaciones de los mismos, en donde cada x es independientemente de 0,3 a 0,8; cada y es independientemente de 0,1 a 0,45; y cada z es independientemente de 0 a 0,2. En determinadas realizaciones, el material catódico se selecciona entre el grupo que consiste en LiCoO₂, LiNiO₂, LiNi_xMn_yO₂, Li_{1+z}Ni_xMn_yCo_{1-x-y}O₂, LiNi_xCo_yAl_zO₂, LiV₂O₅, LiTiS₂, LiMoS₂, LiMnO₂, LiCrO₂, LiMn₂O₄, LiFeO₂, LiFePO₄, LiNi_{0,5}Mn_{1,5}O₄, LiNi_{0,4}Mn_{1,6}O₄ y combinaciones de los mismos, en donde cada x es independientemente de 0,4 a 0,6; cada y es independientemente de 0,2 a 0,4; y cada z es independientemente de 0 a 0,1. En otras realizaciones, el material catódico no es LiCoO₂, LiNiO₂, LiV₂O₅, LiTiS₂, LiMoS₂, LiMnO₂, LiCrO₂, LiMn₂O₄, LiFeO₂, LiFePO₄, LiNi_{0,5}Mn_{1,5}O₄ o LiNi_{0,4}Mn_{1,6}O₄. En realizaciones adicionales, el material catódico no es LiNi_xMn_yO₂, Li_{1+z}Ni_xMn_yCo_{1-x-y}O₂ o LiNi_xCo_yAl_zO₂, en donde cada x es independientemente de 0,3 a 0,8; cada y es independientemente de 0,1 a 0,45; y cada z es independientemente de 0 a 0,2.

En determinadas realizaciones, el material activo catódico es un material activo catódico que contiene níquel. En algunas realizaciones, el material activo catódico que contiene níquel se selecciona entre el grupo que consiste en Li_{1+x}NiO₂, Li_{1+x}Ni_aMn_bO₂, Li_{1+x}Ni_aCo_cO₂, Li_{1+x}Ni_aMn_bCo_cO₂, Li_{1+x}Ni_aCo_cAl_(1-a-c)O₂ y combinaciones de los mismos, en donde 0 ≤ x ≤ 0,2, 0 ≤ a ≤ 1, 0 ≤ b ≤ 1, 0 ≤ c ≤ 1 y a + b + c ≤ 1. En determinadas realizaciones, el material activo catódico que

contiene níquel es $\text{Li}_{1+x}\text{Ni}_a\text{Mn}_b\text{Co}_c\text{O}_2$, en donde $0 \leq x \leq 0,2$, $0,3 \leq a \leq 0,8$, $0,1 \leq b \leq 0,3$ y $0,1 \leq c \leq 0,3$. En determinadas realizaciones, el material activo catódico que contiene níquel se selecciona entre el grupo que consiste en $\text{LiNi}_{0,33}\text{Mn}_{0,33}\text{Co}_{0,33}\text{O}_2$ (NMC333), $\text{LiNi}_{0,4}\text{Mn}_{0,4}\text{Co}_{0,2}\text{O}_2$ (NMC442), $\text{LiNi}_{0,5}\text{Mn}_{0,3}\text{Co}_{0,2}\text{O}_2$ (NMC532), $\text{LiNi}_{0,6}\text{Mn}_{0,2}\text{Co}_{0,2}\text{O}_2$ (NMC622), $\text{LiNi}_{0,7}\text{Mn}_{0,15}\text{Co}_{0,15}\text{O}_2$, $\text{LiNi}_{0,8}\text{Mn}_{0,1}\text{Co}_{0,1}\text{O}_2$ (NMC811), $\text{Li}_{0,9}\text{Mn}_{0,05}\text{Co}_{0,05}\text{O}_2$, $\text{LiNi}_{0,92}\text{Mn}_{0,04}\text{Co}_{0,04}\text{O}_2$, $\text{LiNi}_{0,8}\text{Co}_{0,15}\text{Al}_{0,05}\text{O}_2$ (NCA), $\text{LiNi}_{0,5}\text{Mn}_{0,5}\text{O}_2$, $\text{LiNi}_{0,6}\text{Mn}_{0,4}\text{O}_2$, $\text{LiNi}_{0,7}\text{Mn}_{0,3}\text{O}_2$, $\text{LiNi}_{0,8}\text{Mn}_{0,2}\text{O}_2$, $\text{LiNi}_{0,5}\text{Co}_{0,5}\text{O}_2$, $\text{LiNi}_{0,6}\text{Co}_{0,4}\text{O}_2$, $\text{LiNi}_{0,7}\text{Co}_{0,3}\text{O}_2$, $\text{LiNi}_{0,8}\text{Co}_{0,2}\text{O}_2$, LiNiO_2 y combinaciones de los mismos. El óxido compuesto que contiene níquel es relativamente inestable en un entorno que contiene humedad. Por lo tanto, el rendimiento del cátodo que comprende el material activo catódico rico en níquel se ve afectado en gran medida por el contenido de humedad residual en una batería.

En algunas realizaciones, el materia anódico se selecciona entre el grupo que consiste en material particulado de grafito natural, material particulado de grafito sintético, material particulado de Sn (estaño), material particulado de $\text{Li}_4\text{Ti}_5\text{O}_{12}$, material particulado de Si (silicio), material particulado compuesto de Si-C y combinaciones de los mismos. En otras realizaciones, el material anódico no es un material particulado de grafito natural, material particulado de grafito sintético, material particulado de Sn (estaño), material particulado de $\text{Li}_4\text{Ti}_5\text{O}_{12}$, material particulado de Si (silicio) o material particulado compuesto de Si-C.

En determinadas realizaciones, la cantidad de cada uno de los materiales catódicos y anódicos es independientemente al menos un 50 %, al menos un 55 %, al menos un 60 %, al menos un 65 %, al menos un 70 %, al menos un 75 %, al menos un 80 %, al menos un 85 %, al menos un 90 % o al menos un 95 % en peso, basada en el peso total de la capa de electrodo de cátodo o ánodo. En algunas realizaciones, la cantidad de cada uno de los materiales catódicos y anódicos es independientemente como máximo un 50 %, como máximo un 55 %, como máximo un 60 %, como máximo un 65 %, como máximo un 70 %, como máximo un 75 %, como máximo un 80 %, como máximo un 85 %, como máximo un 90 % o como máximo un 95 % en peso, basada en el peso total de la capa de electrodo de cátodo o ánodo.

En algunas realizaciones, el agente conductor se selecciona entre el grupo que consiste en carbono, negro de carbono, grafito, grafito expandible, grafeno, nanoplaquitas de grafeno, fibras de carbono, nanofibras de carbono, escamas de carbono grafitizado, tubos de carbono, nanotubos de carbono, carbono activado, carbono mesoporoso y combinaciones de los mismos. En determinadas realizaciones, el agente conductor no es carbono, negro de carbono, grafito, grafito expandible, grafeno, nanoplaquitas de grafeno, fibras de carbono, nanofibras de carbono, escamas de carbono grafitizado, tubos de carbono, nanotubos de carbono, carbono activado o carbono mesoporoso.

En determinadas realizaciones, la cantidad del agente conductor en cada una de las capas de electrodos de cátodo y ánodo es independientemente al menos un 1 %, al menos un 2 %, al menos un 3 %, al menos un 4 %, al menos un 5 %, al menos un 10 %, al menos un 15 %, al menos un 20 %, al menos un 25 %, al menos un 30 %, al menos un 35 %, al menos un 40 %, al menos un 45 % o al menos un 50 % en peso, basada en el peso total de la capa de electrodo de cátodo o ánodo. En algunas realizaciones, la cantidad del agente conductor en cada una de las capas de electrodos de cátodo y ánodo es independientemente como máximo un 1 %, como máximo un 2 %, como máximo un 3 %, como máximo un 4 %, como máximo un 5 %, como máximo un 10 %, como máximo un 15 %, como máximo un 20 %, como máximo un 25 %, como máximo un 30 %, como máximo un 35 %, como máximo un 40 %, como máximo un 45 % o como máximo un 50 % en peso, basada en el peso total de la capa de electrodo de cátodo o ánodo.

En algunas realizaciones, la cantidad del agente conductor en cada una de las capas de electrodos de cátodo y ánodo es independientemente de aproximadamente el 0,05 % en peso a aproximadamente el 0,5 % en peso, de aproximadamente el 0,1 % en peso a aproximadamente el 1 % en peso, de aproximadamente el 0,25 % en peso a aproximadamente el 2,5 % en peso, de aproximadamente el 0,5 % en peso a aproximadamente el 5 % en peso, de aproximadamente el 2 % en peso a aproximadamente el 5 % en peso, de aproximadamente el 3 % en peso a aproximadamente el 7 % en peso o de aproximadamente el 5 % en peso a aproximadamente el 10 % en peso, basada en el peso total de la capa de electrodo de cátodo o ánodo.

Una suspensión de electrodos se prepara mediante la dispersión de un material activo del electrodo, un material aglutinante y un agente conductor en un disolvente. En algunas realizaciones, el disolvente es un disolvente acuoso o un disolvente orgánico. En determinadas realizaciones, el disolvente acuoso es agua. En algunas realizaciones, el disolvente orgánico es N-metil-2-pirrolidona (NMP), dimetilformamida, dimetilacetamida, dimetil sulfóxido o tetrahidrofurano. En determinadas realizaciones, el disolvente no es N-metil-2-pirrolidona, dimetilformamida, dimetilacetamida, dimetil sulfóxido o tetrahidrofurano. En algunas realizaciones, el disolvente no es una mezcla de N-metil-2-pirrolidona y agua.

La suspensión de electrodos se recubre sobre el colector de corriente para formar una capa recubierta sobre el colector de corriente. El colector de corriente recubierto se seca, a continuación, para preparar un electrodo. La suspensión de electrodos se seca a una temperatura por debajo de 90 °C para evitar que la suspensión se seque demasiado rápido, lo que puede conducir al agrietamiento de la capa de electrodo. En algunas realizaciones, la capa recubierta se seca a una temperatura de aproximadamente 40 °C a aproximadamente 90 °C, de aproximadamente 40 °C a aproximadamente 80 °C, de aproximadamente 40 °C a aproximadamente 70 °C, de aproximadamente 40 °C

a aproximadamente 60 °C, de aproximadamente 50 °C a aproximadamente 90 °C, de aproximadamente 50 °C a aproximadamente 80 °C o de aproximadamente 50 °C a aproximadamente 70 °C. En determinadas realizaciones, la capa recubierta se seca a una temperatura inferior a aproximadamente 90 °C, inferior a aproximadamente 80 °C, inferior a aproximadamente 70 °C, inferior a aproximadamente 60 °C o inferior a aproximadamente 50 °C. En algunas realizaciones, la capa recubierta se seca a aproximadamente 40 °C, aproximadamente 50 °C, aproximadamente 60 °C, aproximadamente 70 °C, aproximadamente 80 °C o aproximadamente 90 °C.

Después de ensamblar el conjunto de electrodos, el conjunto de electrodos se coloca en una cámara de secado. En algunas realizaciones, la cámara de secado está conectada a una bomba de vacío, para que la presión en la cámara pueda ser reducida. La presión se reduce lo suficiente como para disminuir el punto de ebullición del agua. Por lo tanto, el tiempo de secado puede reducirse considerablemente. En determinadas realizaciones, la cámara de secado está conectada a un suministro de vacío central, permitiendo de esa manera que varios hornos de secado al vacío funcionen simultáneamente. En algunas realizaciones, el número de hornos de secado al vacío conectados a un suministro de vacío central varía de 1 a 20, dependiendo del número de bombas que funcionen. En determinadas realizaciones, una bomba de vacío o un suministro de vacío central se conecta a la cámara de secado por una línea de succión equipada con una válvula de salida de gas. En algunas realizaciones, la cámara de secado también está conectada a un depósito de gas que contiene aire seco o gas inerte por un tubo equipado con una válvula de admisión de gas. Cuando la válvula de salida de gas está cerrada y la válvula de admisión de gas está abierta, el vacío se pierde en la cámara de secado. La válvula puede ser de tipo solenoide o de aguja o un controlador de flujo másico. Se puede utilizar cualquier dispositivo que permita un ajuste apropiado del flujo.

Para reducir la potencia necesaria para las bombas, se puede proporcionar un condensador entre la cámara de secado y la bomba. El condensador condensa el vapor de agua, que luego se separa.

El secado a baja temperatura no puede retirar de manera eficaz el agua del conjunto de electrodos. Sin embargo, la capa de electrodo se fragilizará y agrietará fácilmente cuando se someta a temperaturas de secado altas. En determinadas realizaciones, el conjunto de electrodos se puede secar al vacío a una temperatura de aproximadamente 70 °C a aproximadamente 155 °C, de aproximadamente 80 °C a aproximadamente 155 °C, de aproximadamente 90 °C a aproximadamente 155 °C, de aproximadamente 100 °C a aproximadamente 155 °C, de aproximadamente 100 °C a aproximadamente 140 °C, de aproximadamente 100 °C a aproximadamente 130 °C, de aproximadamente 100 °C a aproximadamente 120 °C, de aproximadamente 100 °C a aproximadamente 110 °C o de aproximadamente 110 °C a aproximadamente 130 °C. En determinadas realizaciones, el conjunto de electrodos se puede secar al vacío a una temperatura de aproximadamente 80 °C a aproximadamente 155 °C. En algunas realizaciones, el conjunto de electrodos se puede secar al vacío a una temperatura de aproximadamente 80 °C o superior, aproximadamente 90 °C o superior, aproximadamente 100 °C o superior, aproximadamente 110 °C o superior, aproximadamente 120 °C o superior, aproximadamente 130 °C o superior, aproximadamente 140 °C o superior o aproximadamente 150 °C o superior. En determinadas realizaciones, el conjunto de electrodos se puede secar al vacío a una temperatura inferior a 155 °C, inferior a 150 °C, inferior a 145 °C, inferior a 140 °C, inferior a 135 °C, inferior a 130 °C, inferior a 125 °C, inferior a 120 °C, inferior a 115 °C, inferior a 110 °C, inferior a 105 °C, inferior a 100 °C o inferior a 90 °C.

En algunas realizaciones, el período de tiempo para secar el conjunto de electrodos al vacío es de aproximadamente 5 minutos a aproximadamente 12 horas, de aproximadamente 5 minutos a aproximadamente 4 horas, de aproximadamente 5 minutos a aproximadamente 2 horas, de aproximadamente 5 minutos a aproximadamente 1 hora, de aproximadamente 5 minutos a aproximadamente 30 minutos, de aproximadamente 5 minutos a aproximadamente 15 minutos, de aproximadamente 15 minutos a aproximadamente 1 hora, de aproximadamente 15 minutos a aproximadamente 3 horas, de aproximadamente 1 hora a aproximadamente 10 horas, de aproximadamente 1 hora a aproximadamente 8 horas, de aproximadamente 1 hora a aproximadamente 6 horas, de aproximadamente 1 hora a aproximadamente 4 horas, de aproximadamente 1 hora a aproximadamente 2 horas, de aproximadamente 2 horas a aproximadamente 12 horas, de aproximadamente 2 horas a aproximadamente 8 horas, de aproximadamente 2 horas a aproximadamente 5 horas, de aproximadamente 2 horas a aproximadamente 3 horas o de aproximadamente 4 horas a aproximadamente 12 horas. En determinadas realizaciones, el período de tiempo para secar el conjunto de electrodos al vacío es de aproximadamente 5 minutos a aproximadamente 2 horas o de aproximadamente 15 minutos a aproximadamente 30 minutos. En algunas realizaciones, el período de tiempo para secar el conjunto de electrodos al vacío es de al menos 15 minutos, al menos 30 minutos, al menos 1 hora, al menos 1,5 horas, al menos 2 horas, al menos 3 horas, al menos 4 horas o al menos 5 horas. En determinadas realizaciones, el período de tiempo para secar el conjunto de electrodos al vacío es inferior a 5 horas, inferior a 4 horas, inferior a 3 horas, inferior a 2 horas, inferior a 1,5 horas, inferior a 1 hora o inferior a 30 minutos.

Cualquier bomba de vacío que pueda reducir la presión de la cámara de secado puede ser usada en el presente documento. Algunos ejemplos no limitantes de las bombas de vacío incluyen bombas de vacío secas, bombas turbo, bombas de vacío de paletas rotativas, bombas criogénicas y bombas de sorción.

En algunas realizaciones, la bomba de vacío es una bomba exenta de aceite. La bomba exenta de aceite funciona sin necesidad de aceite en las partes de la bomba que están expuestas a los gases que se están bombeando o al vacío parcial. Por tanto, cualquier gas que fluya contracorriente por la bomba está exento de vapor de aceite. El

vapor de aceite progresivo depositado en las superficies del conjunto de electrodos puede reducir el rendimiento electroquímico de una batería. Un ejemplo de este tipo de bomba es una bomba de vacío de diafragma.

- 5 En determinadas realizaciones, se puede lograr un alto vacío usando un sistema de bombeo de dos fases para evacuar la cámara de secado. El sistema de bombeo comprende una bomba de vacío primaria, tal como una bomba rotativa o una bomba de diafragma dispuesta en serie con una bomba de alto vacío, tal como una bomba turbomolecular.
- 10 En algunas realizaciones, el conjunto de electrodos se seca a presión atmosférica. En determinadas realizaciones, el secado se realiza en un estado de vacío. En algunas realizaciones, el estado de vacío se mantiene a una presión dentro del intervalo de aproximadamente 1×10^{-4} Pa a aproximadamente 5×10^4 Pa, de aproximadamente 1×10^{-4} Pa a aproximadamente $2,5 \times 10^4$ Pa, de aproximadamente 1×10^{-4} Pa a aproximadamente 1×10^4 Pa, de aproximadamente 1×10^{-4} Pa a aproximadamente 5×10^3 Pa, de aproximadamente 1×10^{-4} Pa a aproximadamente 3×10^3 Pa, de aproximadamente 1×10^{-4} Pa a aproximadamente 2×10^3 Pa, de aproximadamente 1×10^{-4} Pa a aproximadamente 1×10^3 Pa, de aproximadamente 1×10^3 Pa, de aproximadamente 1×10^3 Pa a aproximadamente 5×10^4 Pa, de aproximadamente 1×10^3 Pa a aproximadamente 1×10^4 Pa, de aproximadamente 1×10^3 Pa a aproximadamente 5×10^3 Pa, de aproximadamente 1×10^3 Pa a aproximadamente 3×10^3 Pa o de aproximadamente 1×10^3 Pa a aproximadamente 2×10^3 Pa. En determinadas realizaciones, el estado de vacío se mantiene a una presión inferior a aproximadamente 5×10^4 Pa, inferior a aproximadamente $2,5 \times 10^4$ Pa, inferior a aproximadamente 1×10^4 Pa, inferior a aproximadamente 5×10^3 Pa, inferior a aproximadamente 3×10^3 Pa, inferior a aproximadamente 2×10^3 Pa o inferior a aproximadamente 1×10^3 Pa. En algunas realizaciones, el estado de vacío se mantiene a aproximadamente 5×10^4 Pa, aproximadamente $2,5 \times 10^4$ Pa, aproximadamente 1×10^4 Pa, aproximadamente 5×10^3 Pa, aproximadamente 3×10^3 Pa, aproximadamente 2×10^3 Pa o aproximadamente 1×10^3 Pa.
- 25 Después de un período de tiempo de secado predeterminado, la cámara de secado se ventila directamente a un depósito de gas que contiene aire seco o gas inerte a través de una válvula de admisión de gas. El llenado de gas puede potenciar la retirada de vapor de agua de la cámara de secado, aumento, de este modo, la eficacia de retirada de agua del conjunto de electrodos y acortando el ciclo de secado. En algunas realizaciones, el depósito de gas es un cilindro de gas nitrógeno. En determinadas realizaciones, el gas inerte se selecciona entre el grupo que
- 30 consiste en helio, argón, neón, criptón, xenón, nitrógeno, dióxido de carbono y combinaciones de los mismos. En algunas realizaciones, el contenido de agua del aire seco o del gas inerte se mantiene a un nivel inferior o igual a 10 ppm, inferior o igual a 8 ppm, inferior o igual a 5 ppm, inferior o igual a 4 ppm, inferior o igual a 3 ppm, inferior o igual a 2 ppm o inferior o igual a 1 ppm.
- 35 En algunas realizaciones, el aire seco o el gas inerte se precalienta antes de entrar en la cámara de secado. En determinadas realizaciones, la temperatura del aire seco o gas inerte es de aproximadamente 70°C a aproximadamente 130°C , de aproximadamente 70°C a aproximadamente 110°C , de aproximadamente 70°C a aproximadamente 100°C , de aproximadamente 70°C a aproximadamente 90°C , de aproximadamente 70°C a aproximadamente 80°C , de aproximadamente 80°C a aproximadamente 155°C , de aproximadamente 80°C a aproximadamente 120°C , de aproximadamente 80°C a aproximadamente 100°C , de aproximadamente 90°C a aproximadamente 155°C , de aproximadamente 90°C a aproximadamente 130°C , de aproximadamente 90°C a aproximadamente 100°C , de aproximadamente 70°C a aproximadamente 155°C , de aproximadamente 100°C a aproximadamente 130°C o de aproximadamente 100°C a aproximadamente 120°C . En algunas realizaciones, el
- 40 aire seco o el gas inerte se precalienta a una temperatura de aproximadamente 70°C a aproximadamente 155°C antes de entrar en la cámara de secado. En determinadas realizaciones, el aire seco o el gas inerte se precalienta hasta al menos 70°C , al menos 80°C , al menos 90°C , al menos 100°C , al menos 110°C o al menos 120°C .
- 45 En determinadas realizaciones, el aire seco o el gas inerte permanece en la cámara de secado durante un período de tiempo de aproximadamente 30 segundos a aproximadamente 2 horas, de aproximadamente 1 minuto a aproximadamente 1 hora, de aproximadamente 5 minutos a aproximadamente 30 minutos, de aproximadamente 5 minutos a aproximadamente 15 minutos, de aproximadamente 5 minutos a aproximadamente 10 minutos, de aproximadamente 10 minutos a aproximadamente 30 minutos, de aproximadamente 10 minutos a aproximadamente 20 minutos, de aproximadamente 10 minutos a aproximadamente 15 minutos, de aproximadamente 15 minutos a aproximadamente 1 hora, de aproximadamente 15 minutos a aproximadamente 30 minutos, de aproximadamente 15 minutos a aproximadamente 20 minutos o de aproximadamente 30 minutos a aproximadamente 1 hora. En algunas realizaciones, el aire seco o el gas inerte permanece en la cámara de secado durante un período de tiempo de aproximadamente 30 segundos a aproximadamente 2 horas, de aproximadamente 5 minutos a aproximadamente 2 horas o de aproximadamente 15 minutos a aproximadamente 30 minutos. En determinadas realizaciones, el
- 50 aire seco o el gas inerte permanece en la cámara de secado durante al menos 30 segundos, al menos 1 minuto, al menos 5 minutos, al menos 10 minutos, al menos 15 minutos, al menos 20 minutos, al menos 25 minutos, al menos 30 minutos o al menos 1 hora. En otras realizaciones, el aire seco o el gas inerte permanece en la cámara de secado durante menos de 5 minutos, menos de 10 minutos, menos de 15 minutos, menos de 20 minutos, menos de 25 minutos, menos de 30 minutos o menos de 1 hora.
- 55 En algunas realizaciones, el conjunto de electrodos puede ser secado, además, al vacío después de incubar el conjunto de electrodos con el gas seco durante un tiempo predeterminado. Este procedimiento puede repetirse
- 60
- 65

tantas veces como sea necesario para reducir el contenido de humedad del conjunto de electrodos a un nivel apropiado. En determinadas realizaciones, este procedimiento puede repetirse entre 2 y 50 veces hasta que el contenido de humedad en el conjunto de electrodos sea inferior a 50 ppm, inferior a 40 ppm, inferior a 30 ppm, inferior a 20 ppm, inferior a 19 ppm, inferior a 18 ppm, inferior a 17 ppm, inferior a 16 ppm, inferior a 15 ppm, inferior a 14 ppm, inferior a 13 ppm, inferior a 12 ppm, inferior a 11 ppm, inferior a 10 ppm, inferior a 9 ppm, inferior a 8 ppm, inferior a 7 ppm, inferior a 6 ppm o inferior a 5 ppm en peso, basado en el peso total del conjunto de electrodos seco.

En determinadas realizaciones, las etapas de secado al vacío y llenado de gas pueden repetirse al menos 2 veces, al menos 3 veces, al menos 4 veces, al menos 5 veces, al menos 6 veces, al menos 7 veces, al menos 8 veces, al menos 9 veces, al menos 10 veces, al menos 12 veces, al menos 14 veces, al menos 16 veces, al menos 18 veces, al menos 20 veces, al menos 22 veces, al menos 24 veces, al menos 26 veces, al menos 28 veces o al menos 30 veces. En algunas realizaciones, las etapas de secado al vacío y llenado de gas pueden repetirse menos de 30 veces, menos de 28 veces, menos de 26 veces, menos de 24 veces, menos de 22 veces, menos de 20 veces, menos de 18 veces, menos de 16 veces, menos de 14 veces, menos de 12 veces, menos de 10 veces, menos de 8 veces o menos de 6 veces. En determinadas realizaciones, las etapas de secado al vacío y llenado de gas pueden repetirse entre 2 y 50 veces, entre 2 y 40 veces, entre 2 y 30 veces, entre 2 y 20 veces, entre 2 y 10 veces, entre 5 y 30 veces, entre 5 y 20 veces o entre 5 y 10 veces. En otras realizaciones, las etapas de secado al vacío y llenado de gas pueden repetirse entre 2 o más veces.

En algunas realizaciones, el proceso de secado del conjunto de electrodos comprende secado al vacío, seguido de secado al aire caliente. En algunas realizaciones, la cámara de secado sopla aire caliente hacia el conjunto de electrodos desde arriba y/o abajo. En determinadas realizaciones, el secado al aire caliente se realiza a una velocidad del aire de aproximadamente 1 metro/segundo a aproximadamente 50 metros/segundo, de aproximadamente 1 metro/segundo a aproximadamente 40 metros/segundo, de aproximadamente 1 metro/segundo a aproximadamente 30 metros/segundo, de aproximadamente 1 metro/segundo a aproximadamente 20 metros/segundo, de aproximadamente 1 metro/segundo a aproximadamente 10 metros/segundo, de aproximadamente 10 metros/segundo a aproximadamente 50 metros/segundo, de aproximadamente 10 metros/segundo a aproximadamente 40 metros/segundo, de aproximadamente 10 metros/segundo a aproximadamente 30 metros/segundo, de aproximadamente 10 metros/segundo a aproximadamente 20 metros/segundo, de aproximadamente 20 metros/segundo a aproximadamente 30 metros/segundo, de aproximadamente 30 metros/segundo a aproximadamente 40 metros/segundo o de aproximadamente 40 metros/segundo a aproximadamente 50 metros/segundo. En otras realizaciones, un gas inerte calentado (es decir, helio, argón) es usado en lugar de aire caliente.

El gas de secado puede ser precalentado a través de superficies de intercambio térmico. En algunas realizaciones, la temperatura del aire caliente varía en el intervalo de aproximadamente 50 °C a aproximadamente 155 °C, de aproximadamente 60 °C a aproximadamente 150 °C, de aproximadamente 80 °C a aproximadamente 150 °C, de aproximadamente 100 °C a aproximadamente 150 °C, de aproximadamente 70 °C a aproximadamente 150 °C, de aproximadamente 70 °C a aproximadamente 130 °C, de aproximadamente 70 °C a aproximadamente 100 °C, de aproximadamente 80 °C a aproximadamente 150 °C, de aproximadamente 80 °C a aproximadamente 130 °C, de aproximadamente 80 °C a aproximadamente 110 °C, de aproximadamente 100 °C a aproximadamente 140 °C o de aproximadamente 100 °C a aproximadamente 120 °C. En determinadas realizaciones, la temperatura del aire caliente es de al menos 70 °C, al menos 80 °C, al menos 90 °C, al menos 100 °C, al menos 110 °C o al menos 120 °C.

En determinadas realizaciones, el período de tiempo para el secado al aire caliente es de aproximadamente 1 minuto a aproximadamente 2 horas, de aproximadamente 1 minuto a aproximadamente 1 hora, de aproximadamente 1 minuto a aproximadamente 30 minutos, de aproximadamente 1 minuto a aproximadamente 15 minutos, de aproximadamente 5 minutos a aproximadamente 30 minutos, de aproximadamente 5 minutos a aproximadamente 20 minutos, de aproximadamente 5 minutos a aproximadamente 15 minutos, de aproximadamente 10 minutos a aproximadamente 1 hora, de aproximadamente 10 minutos a aproximadamente 30 minutos, de aproximadamente 10 minutos a aproximadamente 20 minutos, de aproximadamente 15 minutos a aproximadamente 1 hora o de aproximadamente 15 minutos a aproximadamente 30 minutos.

En algunas realizaciones, el conjunto de electrodos puede ser secado, además, al vacío después de soplar aire caliente durante un tiempo predeterminado. Este procedimiento puede repetirse tantas veces como sea necesario para reducir el contenido de humedad del conjunto de electrodos a un nivel apropiado, tal como 50 ppm, 40 ppm, 30 ppm, 20 ppm, 19 ppm, 18 ppm, 17 ppm, 16 ppm, 15 ppm, 14 ppm, 13 ppm, 12 ppm, 11 ppm, 10 ppm, 9 ppm, 8 ppm, 7 ppm, 6 ppm o 5 ppm.

En determinadas realizaciones, el tiempo de procesamiento total de las etapas 3-5 es de aproximadamente 10 horas a aproximadamente 40 horas, de aproximadamente 10 horas a aproximadamente 35 horas, de aproximadamente 10 horas a aproximadamente 30 horas, de aproximadamente 10 horas a aproximadamente 25 horas, de aproximadamente 10 horas a aproximadamente 20 horas, de aproximadamente 10 horas a aproximadamente 15 horas, de aproximadamente 15 horas a aproximadamente 30 horas, de aproximadamente 15 horas a

aproximadamente 25 horas, de aproximadamente 15 horas a aproximadamente 20 horas o de aproximadamente 20 horas a aproximadamente 30 horas. En algunas realizaciones, el tiempo de procesamiento total de las etapas 3-5 es inferior a aproximadamente 40 horas, inferior a aproximadamente 35 horas, inferior a aproximadamente 30 horas, inferior a aproximadamente 25 horas, inferior a aproximadamente 20 horas o inferior a aproximadamente 15 horas.

5 En determinadas realizaciones, el tiempo de procesamiento total de las etapas 3-5 es de al menos aproximadamente 10 horas, al menos aproximadamente 15 horas, al menos aproximadamente 20 horas, al menos aproximadamente 25 horas, al menos aproximadamente 30 horas o al menos aproximadamente 35 horas.

Se han realizado diversos intentos para reducir el contenido de agua de un conjunto de electrodos. Por ejemplo, se

10 sumerge un conjunto de electrodos sin secar en un disolvente orgánico. Después de un período de inmersión designado, se retiró el conjunto de electrodos del disolvente orgánico, se colocó en una cámara de secado al vacío y se secó. La cámara de secado se puede rellenar con el gas inerte y la etapa de secado se puede repetir. Algunos ejemplos no limitantes del disolvente orgánico incluyen cloroformo, tetraclorometano, benceno, acrilonitrilo, carbonato de etilo, 1,2-dicloroetano, acetonitrilo, éter de dietilo y disulfuro de carbono. La inmersión del conjunto de

15 electrodos en un disolvente orgánico permite que se desplace el agua atrapada mediante el disolvente a granel. Se halla que el conjunto de electrodos se puede secar de manera eficaz. Sin embargo, también se observa un cierre de poros en el separador debido a la disolución del material de polímero en el disolvente orgánico incluso en un período de tiempo corto (tal como unos pocos segundos) de inmersión del conjunto de electrodos. La velocidad de disolución del polímero se acelera a una temperatura de secado alta. Esto disminuirá o incluso detendrá el flujo iónico entre el

20 ánodo y el cátodo y, por tanto, el rendimiento de una batería se ve afectado significativamente. Además, la resistencia mecánica del separador también se puede ver afectada debido a los daños causados por el disolvente en el separador. La integridad mecánica de un separador de batería es fundamental para la prevención de un cortocircuito interno. Por lo tanto, el rendimiento de seguridad de la batería también se puede ver afectado. Además, las cantidades residuales del disolvente orgánico en el conjunto de electrodos seco también puede dañar el

25 separador.

Una de las ventajas de la presente invención es que el conjunto de electrodo se puede secar hasta un contenido de agua de aproximadamente 20 ppm o incluso inferior sin la ayuda de ningún disolvente orgánico. En algunas realizaciones, el conjunto de electrodos seco está libre de un disolvente orgánico. En determinadas realizaciones, el

30 conjunto de electrodos seco está libre de cloroformo, tetraclorometano, benceno, acrilonitrilo, carbonato de etilo, 1,2-dicloroetano, acetonitrilo, éter de dietilo, disulfuro de carbono o una combinación de los mismos. En determinadas realizaciones, el conjunto de electrodos seco comprende un disolvente orgánico en una cantidad inferior a aproximadamente 100 ppm, inferior a aproximadamente 50 ppm, inferior a aproximadamente 40 ppm, inferior a aproximadamente 30 ppm, inferior a aproximadamente 20 ppm, inferior a aproximadamente 10 ppm, inferior a

35 aproximadamente 5 ppm, inferior a aproximadamente 4 ppm, inferior a aproximadamente 3 ppm, inferior a aproximadamente 2 ppm, inferior a aproximadamente 1 ppm o inferior a aproximadamente 0,5 ppm en peso, basada en el peso total del conjunto de electrodos seco.

En la actualidad, el agua es el factor clave que debe ser estrictamente controlado en el proceso de producción de

40 baterías de ion litio de base orgánica. Una batería con un alto contenido de agua puede conducir a una atenuación grave del rendimiento electroquímico y afectar a la estabilidad de la batería.

Las ventajas de la presente invención es que la mayor parte de la fabricación puede tener lugar fuera de un recinto seco. En algunas realizaciones, el proceso de ensamblaje puede tener lugar fuera de un recinto seco o de una caja

45 de guantes. En determinadas realizaciones, solo la etapa para llenar el electrolito o ambas etapas para secar el conjunto de electrodos y fresar el electrolito se realizan en un recinto seco o en una caja de guantes. Por tanto, se puede evitar el control de la humedad en la fábrica, reduciendo significativamente el coste de inversión.

La presencia de humedad es perjudicial para el funcionamiento de una batería. En general, el contenido de agua en el conjunto de electrodos preparado por métodos convencionales contiene una cantidad de agua superior a 100 ppm

50 en peso, basado en el peso total del conjunto de electrodos. Incluso si el rendimiento inicial de la batería es aceptable, la tasa de deterioro del rendimiento de la batería puede ser inaceptable. Para poder lograr un rendimiento suficientemente alto de la batería, sería ventajoso por lo tanto tener un bajo contenido de agua en la batería.

En algunas realizaciones, el contenido de agua del conjunto de electrodos antes del secado es superior a 100 ppm, superior a 200 ppm, superior a 300 ppm, superior a 400 ppm, superior a 500 ppm, superior a 1.000 ppm, superior a 2.000 ppm, superior a 3.000 ppm, superior a 4.000 ppm, superior a 5.000 ppm o superior a 10.000 ppm en peso, basado en el peso total del conjunto de electrodos antes del secado.

55

En determinadas realizaciones, el método de secado puede reducir el contenido de agua del conjunto de electrodos de unos pocos miles de ppm a menos de 20 ppm. En algunas realizaciones, el método de secado puede reducir el contenido de agua del conjunto de electrodos de unos pocos cientos de ppm a menos de 20 ppm. El conjunto de electrodos preparado mediante el método divulgado en el presente documento tiene un contenido de agua particularmente bajo, contribuyendo al rendimiento fiable de las baterías de ion litio. En algunas realizaciones, el

60 contenido de agua del conjunto de electrodos seco es inferior al contenido de agua del conjunto de electrodos sin secar. En algunas realizaciones, el contenido de agua en el conjunto de electrodos seco es de aproximadamente

65

5 ppm a aproximadamente 50 ppm, de aproximadamente 5 ppm a aproximadamente 40 ppm, de aproximadamente 5 ppm a aproximadamente 30 ppm, de aproximadamente 5 ppm a aproximadamente 20 ppm, de aproximadamente 5 ppm a aproximadamente 15 ppm, de aproximadamente 5 ppm a aproximadamente 10 ppm, de aproximadamente 3 ppm a aproximadamente 30 ppm, de aproximadamente 3 ppm a aproximadamente 20 ppm, de aproximadamente 3 ppm a aproximadamente 15 ppm o de aproximadamente 3 ppm a aproximadamente 10 ppm en peso, basado en el peso total del conjunto de electrodos seco.

En determinadas realizaciones, el contenido de agua en el conjunto de electrodos seco es inferior a 50 ppm, inferior a 40 ppm, inferior a 30 ppm, inferior a 20 ppm, inferior a 19 ppm, inferior a 18 ppm, inferior a 17 ppm, inferior a 16 ppm, inferior a 15 ppm, inferior a 14 ppm, inferior a 13 ppm, inferior a 12 ppm, inferior a 11 ppm, inferior a 10 ppm, inferior a 9 ppm, inferior a 8 ppm, inferior a 7 ppm, inferior a 6 ppm, inferior a 5 ppm, inferior a 4 ppm, inferior a 3 ppm, inferior a 2 ppm o inferior a 1 ppm en peso, basado en el peso total del conjunto de electrodos seco. En algunas realizaciones, el conjunto de electrodos seco divulgado en el presente documento tiene una concentración de agua en el mismo no mayor que aproximadamente 5 ppm en peso, basada en el peso total del conjunto de electrodos seco.

En algunas realizaciones, el conjunto de electrodos sin secar comprende al menos un ánodo sin secar y al menos un cátodo sin secar. En determinadas realizaciones, cada uno del al menos un ánodo sin secar y el al menos un cátodo sin secar tiene un contenido de agua superior a 5 ppm, superior a 6 ppm, superior a 7 ppm, superior a 8 ppm, superior a 9 ppm, superior a 10 ppm, superior a 11 ppm, superior a 12 ppm, superior a 13 ppm, superior a 14 ppm, superior a 15 ppm, superior a 16 ppm, superior a 17 ppm, superior a 18 ppm, superior a 19 ppm, superior a 20 ppm, superior a 30 ppm, superior a 40 ppm, superior a 50 ppm, superior a 100 ppm, superior a 200 ppm, superior a 300 ppm, superior a 400 ppm, superior a 500 ppm, superior a 1.000 ppm, superior a 2.000 ppm, superior a 3.000 ppm, superior a 4.000 ppm, superior a 5.000 ppm o superior a 10.000 ppm en peso, basado en el peso total del al menos un ánodo sin secar y el al menos un cátodo sin secar.

En algunas realizaciones, el conjunto de electrodos seco comprende al menos un ánodo seco y al menos un cátodo seco, en donde el al menos un ánodo seco y al menos un cátodo seco tienen un contenido de agua inferior a 50 ppm, inferior a 40 ppm, inferior a 30 ppm, inferior a 20 ppm, inferior a 19 ppm, inferior a 18 ppm, inferior a 17 ppm, inferior a 16 ppm, inferior a 15 ppm, inferior a 14 ppm, inferior a 13 ppm, inferior a 12 ppm, inferior a 11 ppm, inferior a 10 ppm, inferior a 9 ppm, inferior a 8 ppm, inferior a 7 ppm, inferior a 6 ppm o inferior a 5 ppm en peso, basado en el peso total del al menos un ánodo seco y al menos un cátodo seco.

En determinadas realizaciones, el conjunto de electrodos sin secar comprende al menos un separador sin secar. En algunas realizaciones, el al menos un separador sin secar tiene un contenido de agua superior a 5 ppm, superior a 6 ppm, superior a 7 ppm, superior a 8 ppm, superior a 9 ppm, superior a 10 ppm, superior a 11 ppm, superior a 12 ppm, superior a 13 ppm, superior a 14 ppm, superior a 15 ppm, superior a 16 ppm, superior a 17 ppm, superior a 18 ppm, superior a 19 ppm, superior a 20 ppm, superior a 30 ppm, superior a 40 ppm, superior a 50 ppm, superior a 100 ppm, superior a 200 ppm, superior a 300 ppm, superior a 400 ppm, superior a 500 ppm, superior a 600 ppm, superior a 700 ppm, superior a 800 ppm, superior a 900 ppm, superior a 1.000 ppm, superior a 1.500 ppm, superior a 2.000 ppm, superior a 3.000 ppm, superior a 4.000 ppm, superior a 5.000 ppm o superior a 10.000 ppm en peso, basado en el peso total del al menos un separador sin secar.

En algunas realizaciones, el contenido de agua del al menos un separador seco es inferior al contenido de agua del al menos un separador sin secar. En determinadas realizaciones, el conjunto de electrodos seco comprende al menos un separador seco, en donde el al menos un separador seco tiene un contenido de agua inferior a 50 ppm, inferior a 40 ppm, inferior a 30 ppm, inferior a 20 ppm, inferior a 19 ppm, inferior a 18 ppm, inferior a 17 ppm, inferior a 16 ppm, inferior a 15 ppm, inferior a 14 ppm, inferior a 13 ppm, inferior a 12 ppm, inferior a 11 ppm, inferior a 10 ppm, inferior a 9 ppm, inferior a 8 ppm, inferior a 7 ppm, inferior a 6 ppm o inferior a 5 ppm en peso, basado en el peso total del al menos un separador seco.

Después de la etapa de secado, el conjunto de electrodos puede entonces enfriarse naturalmente a 50 °C o menos antes de ser retirado de la cámara de secado. En algunas realizaciones, el conjunto de electrodos se enfría a 45 °C o menos, 40 °C o menos, 35 °C o menos, 30 °C o menos o 25 °C o menos antes de ser retirado de la cámara de secado. En determinadas realizaciones, el conjunto de electrodos se enfría a temperatura ambiente. En determinadas realizaciones, el conjunto de electrodos se enfría soplando un gas seco o gas inerte con el fin de alcanzar la temperatura diana más rápidamente.

El material aglutinante en la capa de electrodo cumple la función de unir el material del electrodo y el agente conductor entre sí en el colector de corriente. En determinadas realizaciones, cada uno del al menos un ánodo y al menos un cátodo comprende independientemente un material aglutinante seleccionado entre el grupo que consiste en un material aglutinante de base orgánica, un material aglutinante a base de agua y una mezcla de materiales aglutinantes a base de agua y de base orgánica.

En algunas realizaciones, cada uno de los materiales aglutinantes en las capas de los electrodos de cátodo y ánodo se selecciona independientemente entre el grupo que consiste en caucho de estireno-butadieno, caucho de estireno-

butadieno acrilado, copolímero de acrilonitrilo, caucho de acrilonitrilo-butadieno, caucho de nitrilo y butadieno, copolímero de acrilonitrilo-estireno-butadieno, caucho de acrílico, caucho de butilo, caucho de flúor, politetrafluoroetileno, polietileno, polipropileno, copolímeros de etileno/propileno, polibutadieno, óxido de polietileno, polietileno clorosulfonado, polivinilpirrolidona, polivinilpiridina, poli(alcohol vinílico), poli(acetato de vinilo),
 5 poliepiclorhidrina, polifosfaceno, poli(acrilonitrilo), poliestireno, látex, resinas acrílicas, resinas fenólicas, resinas epoxídicas, carboximetilcelulosa, hidroxipropilcelulosa, acetato de celulosa, butirato acetato de celulosa, propionato acetato de celulosa, cianoetilcelulosa, cianoetilsacarosa, poliéster, poliamida, poliéter, poliimida, policarboxilato, ácido policarboxílico, ácido poliacrílico, poli(acrilato), ácido polimetacrílico, polimetacrilato, poli(acrilamida), poliuretano, polímero fluorado, polímero clorado, una sal de ácido algínico, fluoruro de polivinilideno, poli(fluoruro de vinilideno)-
 10 hexafluoropropeno y combinaciones de los mismos. En realizaciones adicionales, la sal de ácido algínico comprende un catión seleccionado entre Na, Li, K, Ca, NH₄, Mg, Al o una combinación de los mismos.

En determinadas realizaciones, cada uno de los materiales aglutinantes en las capas de los electrodos de cátodo y ánodo se selecciona independientemente entre el grupo que consiste en caucho de estireno-butadieno, carboximetilcelulosa, fluoruro de polivinilideno, copolímero de acrilonitrilo, ácido poliacrílico, poli(acrilonitrilo), poli(fluoruro de vinilideno)-hexafluoropropeno, látex, una sal de ácido algínico y combinaciones de los mismos.
 15

En algunas realizaciones, cada uno de los materiales aglutinantes en las capas de electrodos de cátodo y ánodo se selecciona independientemente entre SBR, CMC, PAA, una sal de ácido algínico o una combinación de los mismos.
 20 En determinadas realizaciones, cada uno de los materiales aglutinantes en las capas de electrodos de cátodo y ánodo es independientemente un copolímero de acrilonitrilo. En algunas realizaciones, cada uno de los materiales aglutinantes en las capas de electrodos de cátodo y ánodo es independientemente un poli(acrilonitrilo). En determinadas realizaciones, cada uno de los materiales aglutinantes en las capas de electrodos de cátodo y ánodo está exento independientemente de caucho de estireno-butadieno, carboximetilcelulosa, fluoruro de polivinilideno, copolímero de acrilonitrilo, ácido poliacrílico, poli(acrilonitrilo), poli(fluoruro de vinilideno)-hexafluoropropeno, látex o una sal de ácido algínico.
 25

En determinadas realizaciones, la cantidad del material aglutinante en cada una de las capas de electrodos de cátodo y ánodo es independientemente al menos un 1 %, al menos un 2 %, al menos un 3 %, al menos un 4 %, al menos un 5 %, al menos un 10 %, al menos un 15 %, al menos un 20 %, al menos un 25 %, al menos un 30 %, al menos un 35 %, al menos un 40 %, al menos un 45 % o al menos un 50 % en peso, basada en el peso total de la capa de electrodo de cátodo o ánodo. En algunas realizaciones, la cantidad del material aglutinante en cada una de las capas de electrodos de cátodo y ánodo es independientemente como máximo un 1 %, como máximo un 2 %, como máximo un 3 %, como máximo un 4 %, como máximo un 5 %, como máximo un 10 %, como máximo un 15 %, como máximo un 20 %, como máximo un 25 %, como máximo un 30 %, como máximo un 35 %, como máximo un 40 %, como máximo un 45 % o como máximo un 50 % en peso, basada en el peso total de la capa de electrodo de cátodo o ánodo.
 30
 35

En algunas realizaciones, la cantidad del material aglutinante en cada una de las capas de electrodos de cátodo y ánodo es independientemente de aproximadamente el 2 % en peso a aproximadamente el 10 % en peso, de aproximadamente el 3 % en peso a aproximadamente el 6 % en peso, de aproximadamente el 5 % en peso a aproximadamente el 10 % en peso, de aproximadamente el 7,5 % en peso a aproximadamente el 15 % en peso, de aproximadamente el 10 % en peso a aproximadamente el 20 % en peso, de aproximadamente el 15 % en peso a aproximadamente el 25 % en peso, de aproximadamente el 20 % en peso a aproximadamente el 40 % en peso o de aproximadamente el 35 % en peso a aproximadamente el 50 % en peso, basada en el peso total de la capa de electrodo de cátodo o ánodo.
 40
 45

Con el fin de evitar que haya humedad en el interior del recipiente sellado, la etapa de llenar el electrolito se lleva a cabo en un recinto seco. Después del secado, el conjunto de electrodos se coloca en el interior de un recipiente y, luego, se añade un electrolito para llenar los poros de todas las capas del separador y de electrodos y cada uno de los huecos entre los electrodos positivos y negativos y el separador en el conjunto de electrodos bajo una atmósfera inerte antes de su sellado.
 50

El método divulgado en el presente documento reduce los costes de producción de las baterías de ion litio al consumir menos energía y acorta los tiempos de fabricación necesarios para el secado. Por lo tanto, este método es especialmente adecuado para procesos industriales debido a su bajo coste y facilidad de manipulación.
 55

En otro aspecto, se proporciona en el presente documento un conjunto de electrodos preparado mediante el método divulgado en el presente documento para una batería secundaria de electrolito no acuoso, que comprende al menos un ánodo, al menos un cátodo y al menos un separador interpuesto entre el al menos un ánodo y al menos un cátodo, en donde el contenido de agua del conjunto de electrodos es inferior a 20 ppm en peso, basado en el peso total del conjunto de electrodos. En algunas realizaciones, el contenido de agua del conjunto de electrodos es inferior a 20 ppm, inferior a 19 ppm, inferior a 18 ppm, inferior a 17 ppm, inferior a 16 ppm, inferior a 15 ppm, inferior a 14 ppm, inferior a 13 ppm, inferior a 12 ppm, inferior a 11 ppm, inferior a 10 ppm, inferior a 9 ppm, inferior a 8 ppm, inferior a 7 ppm, inferior a 6 ppm o inferior a 5 ppm en peso, basado en el peso total del conjunto de electrodos.
 60
 65

En algunas realizaciones, el al menos un cátodo comprende un colector de corriente catódica y una capa de electrodo de cátodo que comprende un material de cátodo, un material aglutinante y un agente conductor y el al menos un ánodo comprende un colector de corriente anódica y una capa de electrodo de ánodo que comprende un material de ánodo, un material aglutinante y un agente conductor, en donde cada una de las capas de electrodos de cátodo y ánodo tiene, independientemente, un volumen vacío inferior al 40 %, inferior al 35 %, inferior al 33 %, inferior al 30 %, inferior al 25 %, inferior al 20 % o inferior al 15 %, basado en el volumen total de la capa de electrodo de cátodo o ánodo.

En determinadas realizaciones, la batería de litio es capaz de retener al menos aproximadamente el 80 %, al menos aproximadamente el 85 % o al menos aproximadamente el 90 % de su capacidad de almacenamiento inicial después de 1.000 ciclos a una tasa de 1C a temperatura ambiente en una celda completa. En algunas realizaciones, la batería de litio es capaz de retener al menos aproximadamente el 80 % o al menos aproximadamente el 85 % de su capacidad de almacenamiento inicial después de 1.500 ciclos a una tasa de 1C a temperatura ambiente en una celda completa.

También se proporciona en el presente documento una batería de litio que comprende el conjunto de electrodos preparado mediante el método divulgado en el presente documento.

Los siguientes ejemplos se presentan para ejemplificar las realizaciones de la invención. Todos los valores numéricos son aproximados. Cuando se dan intervalos numéricos, debe entenderse que las realizaciones que están fuera de los intervalos establecidos todavía pueden estar dentro del alcance de la invención. Los detalles específicos descritos en cada ejemplo no deben interpretarse como características necesarias de la invención.

Ejemplos

El contenido de agua en el conjunto de electrodos fue medido por la valoración de Karl-Fisher. El conjunto de electrodos fue cortado en pequeñas piezas de 1 cm x 1 cm en una caja de guantes llena de gas argón. El conjunto de electrodos cortado que tenía un tamaño de 1 cm x 1 cm se pesó en un vial de muestra. El conjunto de electrodos pesado fue entonces añadido en un recipiente de valoración para la valoración de Karl Fischer usando un analizador de humedad por coulombimetría de Karl Fischer (831 KF Coulometer, Metrohm, Suiza). La medición se repitió tres veces para encontrar el valor promedio.

El contenido de agua en los electrodos o el separador fue medido por la valoración de Karl-Fisher. El conjunto de electrodos fue cortado en pequeñas piezas de 1 cm x 1 cm en una caja de guantes llena de gas argón. El conjunto de electrodos se separó en las capas del ánodo, cátodo y separador. Los contenidos de agua de las capas de electrodos separadas y las capas del separador se analizaron por separado por medio de la valoración de Karl Fischer. La medición se repitió tres veces para encontrar el valor promedio.

Ejemplo 1

A) Preparación de la suspensión de electrodos positivos

Se preparó una suspensión de electrodos positivos mezclando el 94 % en peso de material catódico (LNMC TLM 310, obtenido en Xinxiang Tianli Energy Co. Ltd., China), el 3 % en peso de negro de carbono (SuperP; obtenido en Timcal Ltd, Bodio, Suiza) como agente conductor y el 0,8 % en peso de ácido poliacrílico (PAA, n.º 181285, obtenido en Sigma-Aldrich, EE. UU.), el 1,5 % en peso de caucho de estireno y butadieno (SBR, AL-2001, obtenido en NIPPON A&L INC., Japón) y el 0,7 % en peso de fluoruro de polivinilideno (PVDF; Solef® 5130, obtenido en Solvay S.A., Bélgica) como aglutinante, que se dispersaron en agua desionizada para formar una suspensión con un contenido sólido del 50 % en peso. La suspensión se homogeneizó con una mezcladora de agitación planetaria.

B) Preparación del electrodo positivo

La suspensión homogeneizada fue recubierta por ambos lados de una lámina de aluminio que tiene un espesor de 20 µm usando un recubridor de transferencia (ZY-TSF6-6518, obtenido en Jin Fan Zhanyu New Energy Technology Co. Ltd., China) con una densidad de área de aproximadamente 26 mg/cm². Las películas recubiertas sobre el papel de aluminio se secaron durante 3 minutos mediante un horno de secado por aire caliente con transportador de 24 metros de largo, como un submódulo del recubridor de transferencia, que funcionaba a una velocidad del transportador de aproximadamente 8 metros/minuto para obtener un electrodo positivo. El horno programado con temperatura permitió un gradiente de temperatura controlable en el que la temperatura subió gradualmente desde la temperatura de entrada de 60 °C hasta la temperatura de salida de 75 °C.

C) Preparación del electrodo negativo

Se preparó una suspensión de electrodos negativos mezclando el 90 % en peso de carbono duro (HC; pureza del 99,5 %, Ruifute Technology Ltd., Shenzhen, Guangdong, China), el 5 % en peso de negro de carbono y el 5 % en peso de poliacrilonitrilo en agua desionizada para formar una suspensión con un contenido sólido del 50 % en peso.

La suspensión se recubrió en ambos lados de una lámina de cobre que tenía un espesor de 9 µm usando un recubridor de transferencia con una densidad de área de aproximadamente 15 mg/cm². Las películas recubiertas sobre la lámina de cobre se secaron a aproximadamente 50 °C durante 2,4 minutos mediante una secadora de aire caliente con transportador de 24 metros de largo, que funcionaba a una velocidad del transportador de aproximadamente 10 metros/minuto para obtener un electrodo negativo.

Ejemplo 2

Ensamblaje del conjunto de electrodos

Después del secado, la película de cátodo y la película de ánodo resultantes del Ejemplo 1 se usaron para preparar el cátodo y el ánodo, respectivamente, cortando en placas de electrodo individuales. Un conjunto de electrodos se preparó apilando los ánodos, los cátodos y los separadores interpuestos entre el electrodo positivo y el negativo al aire libre sin control de la humedad. El separador era una membrana microporosa (obtenida en MITSUBISHI PAPER MILLS LTD, Japón) hecha de tejido no tejido de PET, que tenía un espesor de 30 µm. El conjunto de electrodos se secó en un horno de vacío en el interior de una caja de guantes a una presión de 5×10^{-3} Pa a 100 °C durante 2 horas. La cámara de secado se llenó entonces con aire seco caliente que tenía un contenido de agua de 5 ppm y una temperatura de 90 °C. El aire seco caliente se mantuvo en la cámara de secado durante 15 minutos antes de evacuar la cámara de secado. Este ciclo se repitió 10 veces.

Contenidos de humedad del conjunto de electrodos, electrodos y separador

El valor promedio del contenido de humedad del conjunto de electrodos sin secar era de 938 ppm. Los valores promedios de los contenidos de humedad del conjunto de electrodos sin secar, los electrodos y el separador eran de 9 ppm, 4 ppm y 5 ppm, respectivamente.

Ensamblaje de la batería de tipo bolsa

Se montó una celda de tipo bolsa apilando el conjunto de electrodos seco en una cajita hecha de una película laminada de aluminio y plástico. Las placas de electrodo de cátodo y ánodo se mantuvieron separadas por separadores y la cubierta se preformó. Luego se introdujo un electrolito en la cajita que contenía los electrodos empaquetados en una atmósfera de argón de alta pureza con un contenido de humedad y oxígeno < 1 ppm. El electrolito era una solución de LiPF₆ (1 M) en una mezcla de carbonato de etileno (CE), etil metil carbonato (EMC) y dimetil carbonato (DMC) en una relación en volumen de 1:1:1. Después del llenado de los electrolitos, las celdas tipo bolsa se sellaron al vacío y, luego, se comprimieron mecánicamente usando un punzón con forma cuadrada convencional.

Mediciones electroquímicas del Ejemplo 2

I) Capacidad nominal

La celda se ensayó galvanostáticamente a una densidad de corriente de C/2 a 25 °C en un equipo de ensayo de baterías (BTS-5V20A, obtenido en Neware Electronics Co. Ltd., China) entre 3,0 V y 4,2 V. La capacidad nominal era de aproximadamente 10 Ah.

II) Rendimiento de la ciclabilidad

El rendimiento de la ciclabilidad de la celda de tipo bolsa se ensayó cargando y descargando a una tasa de corriente constante de 1C entre 3,0 V y 4,2 V. El resultado de la prueba de rendimiento de la ciclabilidad se muestra en la Figura 2.

Ejemplo 3

A) Preparación de la suspensión de electrodos positivos

Se preparó una suspensión de electrodos positivos mezclando el 92 % en peso de material catódico (LiMn₂O₄, obtenido en HuaGuan HengYuan LiTech Co. Ltd., Qingdao, China), el 4 % en peso de negro de carbono (SuperP; obtenido en Timcal Ltd, Bodio, Suiza) como agente conductor y el 4 % en peso de fluoruro de polivinilideno (PVDF; Solef® 5130, obtenido en Solvay S.A., Bélgica) como aglutinante, que se dispersaron en N-metil-2-pirrolidona (NMP; pureza de ≥ 99 %, Sigma-Aldrich, USA) para formar una suspensión con un contenido sólido del 50 % en peso. La suspensión se homogeneizó con una mezcladora de agitación planetaria.

B) Preparación del electrodo positivo

La suspensión homogeneizada se recubrió sobre ambos lados de un papel de aluminio que tenía un espesor de 20 µm usando un recubridor de transferencia con una densidad de área de aproximadamente 40 mg/cm². Las

películas recubiertas sobre el papel de aluminio se secaron durante 6 minutos mediante un horno de secado por aire caliente con transportador de 24 metros de largo, como un submódulo del recubridor de transferencia, que funcionaba a una velocidad del transportador de aproximadamente 4 metros/minuto para obtener un electrodo positivo. El horno programado con temperatura permitió un gradiente de temperatura controlable en el que la temperatura subió gradualmente desde la temperatura de entrada de 65 °C hasta la temperatura de salida de 80 °C.

C) Preparación del electrodo negativo

Se preparó una suspensión de electrodos negativos mezclando el 90 % en peso de carbono duro (HC; pureza de 99,5 %, obtenido en Ruifute Technology Ltd., Shenzhen, Guangdong, China) con el 1,5 % en peso de carboximetilcelulosa (CMC, BSH-12, DKS Co. Ltd., Japón) y el 3,5 % en peso de SBR (AL-2001, NIPPON A&L INC., Japón) como aglutinante y el 5 % en peso de negro de carbono como agente conductor, que se dispersaron en agua desionizada para formar otra suspensión con un contenido sólido del 50 % en peso. La suspensión se recubrió en ambos lados de una lámina de cobre que tenía un espesor de 9 µm usando un recubridor de transferencia con una densidad de área de aproximadamente 15 mg/cm². Las películas recubiertas sobre la lámina de cobre se secaron a aproximadamente 50 °C durante 2,4 minutos mediante una secadora de aire caliente con transportador de 24 metros de largo, que funcionaba a una velocidad del transportador de aproximadamente 10 metros/minuto para obtener un electrodo negativo.

Ejemplo 4

Ensamblaje del conjunto de electrodos

Después del secado, la película de cátodo y la película de ánodo resultantes del Ejemplo 3 se usaron para preparar el cátodo y el ánodo, respectivamente, cortando en placas de electrodo individuales. Un conjunto de electrodos se preparó apilando los ánodos, los cátodos y los separadores interpuestos entre el electrodo positivo y el negativo al aire libre sin control de la humedad. El separador era una membrana microporosa (Celgard, LLC, EE. UU.) hecha de polietileno que tenía un espesor de 25 µm. El conjunto de electrodos se secó en un horno de vacío en el interior de una caja de guantes a una presión de 1×10^{-4} Pa a 92 °C durante 3 horas. La cámara de secado se llenó entonces con nitrógeno seco caliente que tenía un contenido de agua de 5 ppm y una temperatura de 85 °C. El nitrógeno seco caliente se mantuvo en la cámara de secado durante 5 minutos antes de evacuar la cámara de secado. Este ciclo se repitió 5 veces.

Mediciones electroquímicas del Ejemplo 4

I) Capacidad nominal

Una celda de tipo bolsa que contenía el conjunto de electrodos seco preparado mediante el método descrito en el Ejemplo 4 se ensambló de acuerdo con el método descrito en el Ejemplo 2. La celda se ensayó galvanostáticamente a una densidad de corriente de C/2 a 25 °C en un equipo de ensayo de baterías entre 3,0 V y 4,2 V. La capacidad nominal fue de aproximadamente 8,5 Ah.

II) Rendimiento de la ciclabilidad

El rendimiento de la ciclabilidad de la celda de tipo bolsa se ensayó cargando y descargando a una tasa de corriente constante de 1C entre 3,0 V y 4,2 V. El resultado de la prueba de rendimiento de la ciclabilidad se muestra en la Figura 3.

Ejemplo 5

A) Preparación de la suspensión de electrodos positivos

Se preparó una suspensión de electrodos positivos mezclando el 94 % en peso de material catódico $\text{LiNi}_{0,33}\text{Mn}_{0,33}\text{Co}_{0,33}\text{O}_2$, obtenido en Shenzhen Tianjiao Technology Co. Ltd., China), el 3 % en peso de negro de carbono (SuperP; obtenido en Timcal Ltd, Bodio, Suiza) como agente conductor y el 1,5 % en peso de ácido poliacrílico (PAA, n.º 181285, obtenido en Sigma-Aldrich, EE.UU.) y el 1,5 % en peso de poliácilonitrilo (LA 132, Chengdu Indigo Power Sources Co., Ltd., China) como aglutinante, que se dispersaron en agua desionizada para formar una suspensión con un contenido sólido del 50 % en peso. La suspensión se homogeneizó con una mezcladora de agitación planetaria.

B) Preparación del electrodo positivo

La suspensión homogeneizada se recubrió sobre ambos lados de un papel de aluminio que tenía un espesor de 20 µm usando un recubridor de transferencia con una densidad de área de aproximadamente 32 mg/cm². Las películas recubiertas sobre el papel de aluminio se secaron durante 4 minutos mediante un horno de secado por aire caliente con transportador de 24 metros de largo, como un submódulo del recubridor de transferencia, que

funcionaba a una velocidad del transportador de aproximadamente 6 metros/minuto para obtener un electrodo positivo. El horno programado con temperatura permitió un gradiente de temperatura controlable en el que la temperatura subió gradualmente desde la temperatura de entrada de 60 °C hasta la temperatura de salida de 75 °C.

5 C) Preparación del electrodo negativo

Se preparó una suspensión de electrodos negativos mezclando el 90 % en peso de carbono duro, el 5 % en peso de negro de carbono y el 5 % en peso de poliacrilonitrilo en agua desionizada para formar una suspensión con un contenido sólido del 50 % en peso. La suspensión se recubrió en ambos lados de una lámina de cobre que tenía un espesor de 9 µm usando un recubridor de transferencia con una densidad de área de aproximadamente 15 mg/cm². Las películas recubiertas sobre la lámina de cobre se secaron a aproximadamente 50 °C durante 2,4 minutos mediante una secadora de aire caliente con transportador de 24 metros de largo, que funcionaba a una velocidad del transportador de aproximadamente 10 metros/minuto para obtener un electrodo negativo.

15 Ejemplo 6

Ensamblaje del conjunto de electrodos

Después del secado, la película de cátodo y la película de ánodo resultantes del Ejemplo 5 se usaron para preparar el cátodo y el ánodo, respectivamente, cortando en placas de electrodo individuales. Un conjunto de electrodos se preparó apilando los ánodos, los cátodos y los separadores interpuestos entre el electrodo positivo y el negativo al aire libre sin control de la humedad. El separador era una membrana microporosa (Jiangxi Advanced Nanofiber Technology Co., Ltd., China) hecha de poliimida que tenía un espesor de 20 µm. El conjunto de electrodos se secó en un horno de vacío en el interior de una caja de guantes a una presión de 1×10^3 Pa a 110 °C durante 2 horas. La cámara de secado se llenó entonces con aire seco caliente que tenía un contenido de agua de 5 ppm y una temperatura de 100 °C. El aire seco caliente se mantuvo en la cámara de secado durante 10 minutos antes de evacuar la cámara de secado. Este ciclo se repitió 10 veces.

Mediciones electroquímicas del Ejemplo 6

30 I) Capacidad nominal

Una celda de tipo bolsa que contenía el conjunto de electrodos seco preparado mediante el método descrito en el Ejemplo 6 se ensambló de acuerdo con el método descrito en el Ejemplo 2. La celda se ensayó galvanostáticamente a una densidad de corriente de C/2 a 25 °C en un equipo de ensayo de baterías entre 3,0 V y 4,2 V. La capacidad nominal fue de aproximadamente 10 Ah.

II) Rendimiento de la ciclabilidad

El rendimiento de la ciclabilidad de la celda de tipo bolsa se ensayó cargando y descargando a una tasa de corriente constante de 1C entre 3,0 V y 4,2 V. El resultado de la prueba de rendimiento de la ciclabilidad se muestra en la Figura 4.

Ejemplo 7

45 A) Preparación de la suspensión de electrodos positivos

Se preparó una suspensión de electrodos positivos mezclando el 91 % en peso de material catódico LiFePO₄ (obtenido en Xiamen Tungsten Co. Ltd., China), el 5 % en peso de negro de carbono (SuperP; obtenido en Timcal Ltd, Bodio, Suiza) como agente conductor y el 4 % en peso de poliacrilonitrilo (LA 132, Chengdu Indigo Power Sources Co., Ltd., China) como aglutinante, que se dispersaron en agua desionizada para formar una suspensión con un contenido sólido del 50 % en peso. La suspensión se homogeneizó con una mezcladora de agitación planetaria.

55 B) Preparación del electrodo positivo

La suspensión homogeneizada se recubrió sobre ambos lados de un papel de aluminio que tenía un espesor de 30 µm usando un recubridor de transferencia con una densidad de área de aproximadamente 56 mg/cm². Las películas recubiertas sobre el papel de aluminio se secaron luego durante 6 minutos mediante un horno de secado por aire caliente con transportador de 24 metros de largo, como un submódulo del recubridor de transferencia, que funcionaba a una velocidad del transportador de aproximadamente 4 metros/minuto para obtener un electrodo positivo. El horno programado con temperatura permitió un gradiente de temperatura controlable en el que la temperatura subió gradualmente desde la temperatura de entrada de 75 °C hasta la temperatura de salida de 90 °C.

65 C) Preparación del electrodo negativo

Se prepararon electrodos negativos mezclando el 90 % en peso de carbono duro (HC; pureza del 99,5 %, obtenido en Ruifute Technology Ltd., China) con el 1,5 % en peso de CMC (BSH-12, DKS Co. Ltd., Japón) y el 3,5 % en peso de SBR (AL-2001, NIPPON A&L INC., Japón) como aglutinante y el 5 % en peso de negro de carbono como agente conductor, que se dispersaron en agua desionizada para formar otra suspensión con un contenido sólido del 50 % en peso. La suspensión se recubrió en ambos lados de una lámina de cobre que tenía un espesor de 9 μm usando un recubridor de transferencia con una densidad de área de aproximadamente 15 mg/cm^2 . Las películas recubiertas sobre la lámina de cobre se secaron luego a aproximadamente 50 °C durante 2,4 minutos mediante una secadora de aire caliente con transportador de 24 metros de largo, que funcionaba a una velocidad del transportador de aproximadamente 10 metros/minuto para obtener un electrodo negativo.

Ejemplo 8

Ensamblaje del conjunto de electrodos

Después del secado, la película de cátodo y la película de ánodo resultantes del Ejemplo 7 se usaron para preparar el cátodo y el ánodo, respectivamente, cortando en placas de electrodo individuales. Un conjunto de electrodos se preparó apilando los ánodos, los cátodos y los separadores interpuestos entre el electrodo positivo y el negativo al aire libre sin control de la humedad. El separador era una membrana microporosa con un recubrimiento cerámico (SEPARION, Evonik Industries, Alemania) hecho de tejido no tejido de PET, que tenía un espesor de aproximadamente 35 μm . El conjunto de electrodos se secó en un horno de vacío en el interior de una caja de guantes a una presión de 1×10^3 Pa a 120 °C durante 4 horas. La cámara de secado se llenó entonces con aire seco caliente que tenía un contenido de agua de 5 ppm y una temperatura de 110 °C. El aire seco caliente se mantuvo en la cámara de secado durante 5 minutos antes de evacuar la cámara de secado. Este ciclo se repitió 7 veces.

Mediciones electroquímicas del Ejemplo 8

I) Capacidad nominal

Una celda de tipo bolsa que contenía el conjunto de electrodos seco preparado mediante el método descrito en el Ejemplo 8 se ensambló de acuerdo con el método descrito en el Ejemplo 2. La celda se ensayó galvanostáticamente a una densidad de corriente de C/2 a 25 °C en un equipo de ensayo de baterías entre 2,5 V y 3,6 V. La capacidad nominal fue de aproximadamente 4,6 Ah.

II) Rendimiento de la ciclabilidad

El rendimiento de la ciclabilidad de la celda de tipo bolsa se ensayó cargando y descargando a una tasa de corriente constante de 1C entre 2,5 V y 3,6 V. El resultado de la prueba de rendimiento de la ciclabilidad se muestra en la Figura 5.

Ejemplo 9

A) Preparación de la suspensión de electrodos positivos

Se preparó una suspensión de electrodos positivos mezclando el 92 % en peso de material catódico LiCoO_2 (obtenido en Xiamen Tungsten Co. Ltd., China), el 3 % en peso de negro de carbono (SuperP; obtenido en Timcal Ltd, Bodio, Suiza) como agente conductor y el 1 % en peso de CMC (BSH-12, DKS Co. Ltd., Japón), el 2 % en peso de SBR (AL-2001, NIPPON A&L INC., Japón) y el 2 % en peso de fluoruro de polivinilideno (PVDF; Solef® 5130, obtenido en Solvay S.A., Bélgica) como aglutinante, que se dispersaron en agua desionizada para formar una suspensión con un contenido sólido del 50 % en peso. La suspensión se homogeneizó con una mezcladora de agitación planetaria.

B) Preparación del electrodo positivo

La suspensión homogeneizada se recubrió sobre ambos lados de un papel de aluminio que tenía un espesor de 20 μm usando un recubridor de transferencia con una densidad de área de aproximadamente 32 mg/cm^2 . Las películas recubiertas sobre el papel de aluminio se secaron durante 4 minutos mediante un horno de secado por aire caliente con transportador de 24 metros de largo, como un submódulo del recubridor de transferencia, que funcionaba a una velocidad del transportador de aproximadamente 6 metros/minuto para obtener un electrodo positivo. El horno programado con temperatura permitió un gradiente de temperatura controlable en el que la temperatura subió gradualmente desde la temperatura de entrada de 60 °C hasta la temperatura de salida de 75 °C.

C) Preparación del electrodo negativo

Se preparó una suspensión de electrodos negativos mezclando el 90 % en peso de carbono duro, el 5 % en peso de negro de carbono y el 5 % en peso de poliácridonitrilo en agua desionizada para formar una suspensión que tenía un contenido sólido del 50 % en peso. La suspensión se recubrió sobre ambos lados de una lámina de cobre que tenía

un espesor de 9 µm usando un recubridor de transferencia con una densidad de área de aproximadamente 15 mg/cm². Las películas recubiertas sobre la lámina de cobre se secaron a aproximadamente 50 °C durante 2,4 minutos mediante una secadora de aire caliente con transportador de 24 metros de largo, que funcionaba a una velocidad del transportador de aproximadamente 10 metros/minuto para obtener un electrodo negativo.

Ejemplo 10

Ensamblaje del conjunto de electrodos

Después del secado, la película de cátodo y la película de ánodo resultantes del Ejemplo 9 se usaron para preparar el cátodo y el ánodo, respectivamente, cortando en placas de electrodo individuales. Un conjunto de electrodos se preparó apilando los ánodos, los cátodos y los separadores interpuestos entre el electrodo positivo y el electrodo negativo al aire libre sin control de la humedad. El conjunto de electrodos se secó en un horno de vacío en el interior de una caja de guantes a una presión de 5×10^{-4} Pa a 95 °C durante 1,5 horas. El separador era una membrana microporosa (Symmetrix, NEPTCO Corporation, EE. UU.) hecha de PVDF y PET que tenía un espesor de 30 µm. La cámara de secado se llenó entonces con aire seco caliente que tenía un contenido de agua de 5 ppm y una temperatura de 90 °C. El aire seco caliente se mantuvo en la cámara de secado durante 30 minutos antes de evacuar la cámara de secado. Este ciclo se repitió 10 veces.

Mediciones electroquímicas del Ejemplo 10

I) Capacidad nominal

Una celda de tipo bolsa que contenía el conjunto de electrodos seco preparado mediante el método descrito en el Ejemplo 10 se ensambló de acuerdo con el método descrito en el Ejemplo 2. La celda se ensayó galvanostáticamente a una densidad de corriente de C/2 a 25 °C en un equipo de ensayo de baterías entre 3,0 V y 4,2 V. La capacidad nominal fue de aproximadamente 10 Ah.

II) Rendimiento de la ciclabilidad

El rendimiento de la ciclabilidad de la celda de tipo bolsa se ensayó cargando y descargando a una tasa de corriente constante de 1C entre 3,0 V y 4,2 V. El resultado de la prueba de rendimiento de la ciclabilidad se muestra en la Figura 6.

Ejemplo 11

Ensamblaje del conjunto de electrodos

Los electrodos positivo y negativo se prepararon mediante el método descrito en el Ejemplo 9. Un conjunto de electrodos se preparó apilando los ánodos, los cátodos y los separadores interpuestos entre el electrodo positivo y el electrodo negativo al aire libre sin control de la humedad. El separador era una membrana microporosa hecha de PVDF y PET (Symmetrix, NEPTCO Corporation, EE. UU.) que tenía un espesor de 30 µm. El conjunto de electrodos se secó en un horno de vacío en el interior de una caja de guantes a una presión de 3×10^{-3} Pa a 105 °C durante 1,5 horas. La cámara de secado se llenó entonces con aire seco caliente que tenía un contenido de agua de 5 ppm y una temperatura de 100 °C. El aire seco caliente se mantuvo en la cámara de secado durante 10 minutos antes de evacuar la cámara de secado. Este ciclo se repitió 10 veces.

Mediciones electroquímicas del Ejemplo 11

I) Capacidad nominal

Una celda de tipo bolsa que contenía el conjunto de electrodos seco preparado mediante el método descrito en el Ejemplo 11 se ensambló de acuerdo con el método descrito en el Ejemplo 2. La celda se ensayó galvanostáticamente a una densidad de corriente de C/2 a 25 °C en un equipo de ensayo de baterías entre 3,0 V y 4,2 V. La capacidad nominal fue de aproximadamente 10 Ah.

II) Rendimiento de la ciclabilidad

El rendimiento de la ciclabilidad de la celda de tipo bolsa se ensayó cargando y descargando a una tasa de corriente constante de 1C entre 3,0 V y 4,2 V. El resultado de la prueba de rendimiento de la ciclabilidad se muestra en la Figura 7.

Ejemplo 12

Ensamblaje del conjunto de electrodos

Los electrodos positivo y negativo se prepararon mediante el método descrito en el Ejemplo 5. Un conjunto de electrodos se preparó apilando los ánodos, los cátodos y los separadores interpuestos entre el electrodo positivo y el electrodo negativo al aire libre sin control de la humedad. El conjunto de electrodos se secó en un horno de vacío en el interior de una caja de guantes a una presión de 2×10^3 Pa a 125 °C durante 1 hora. El separador era una membrana microporosa (Jiangxi Advanced Nanofiber Technology Co., Ltd., China) hecha de poliimida que tenía un espesor de 20 µm. La cámara de secado se llenó entonces con aire seco caliente que tenía un contenido de agua de 5 ppm y una temperatura de 120 °C. El aire seco caliente se mantuvo en la cámara de secado durante 15 minutos antes de evacuar la cámara de secado. Este ciclo se repitió 10 veces.

Mediciones electroquímicas del Ejemplo 12

I) Capacidad nominal

Una celda de tipo bolsa que contenía el conjunto de electrodos seco preparado mediante el método descrito en el Ejemplo 12 se ensambló de acuerdo con el método descrito en el Ejemplo 2. La celda se ensayó galvanostáticamente a una densidad de corriente de C/2 a 25 °C en un equipo de ensayo de baterías entre 3,0 V y 4,2 V. La capacidad nominal fue de aproximadamente 10 Ah.

II) Rendimiento de la ciclabilidad

El rendimiento de la ciclabilidad de la celda de tipo bolsa se ensayó cargando y descargando a una tasa de corriente constante de 1C entre 3,0 V y 4,2 V. El resultado de la prueba de rendimiento de la ciclabilidad se muestra en la Figura 8.

Ejemplo 13

Ensamblaje del conjunto de electrodos

Los electrodos positivo y negativo se prepararon mediante el método descrito en el Ejemplo 7. Un conjunto de electrodos se preparó apilando los ánodos, los cátodos y los separadores interpuestos entre el electrodo positivo y el electrodo negativo al aire libre sin control de la humedad. El separador era una membrana microporosa con un recubrimiento cerámico (SEPARION, Evonik Industries, Alemania) hecha de tejido no tejido de PET, que tenía un espesor de aproximadamente 35 µm. El conjunto de electrodos se secó en un horno de vacío en el interior de una caja de guantes a una presión de 1×10^4 Pa a 135 °C durante 2 horas. La cámara de secado se llenó entonces con aire seco caliente que tenía un contenido de agua de 5 ppm y una temperatura de 120 °C. El aire seco caliente se mantuvo en la cámara de secado durante 5 minutos antes de evacuar la cámara de secado. Este ciclo se repitió 5 veces.

Mediciones electroquímicas del Ejemplo 13

I) Capacidad nominal

Una celda de tipo bolsa que contenía el conjunto de electrodos seco preparado mediante el método descrito en el Ejemplo 13 se ensambló de acuerdo con el método descrito en el Ejemplo 2. La celda se ensayó galvanostáticamente a una densidad de corriente de C/2 a 25 °C en un equipo de ensayo de baterías entre 2,5 V y 3,6 V. La capacidad nominal fue de aproximadamente 4,6 Ah.

II) Rendimiento de la ciclabilidad

El rendimiento de la ciclabilidad de la celda de tipo bolsa se ensayó cargando y descargando a una tasa de corriente constante de 1C entre 2,5 V y 3,6 V. El resultado de la prueba de rendimiento de la ciclabilidad se muestra en la Figura 9.

Ejemplo 14

Ensamblaje del conjunto de electrodos

Los electrodos positivo y negativo se prepararon mediante el método descrito en el Ejemplo 5. Un conjunto de electrodos se preparó apilando los ánodos, los cátodos y los separadores interpuestos entre el electrodo positivo y el electrodo negativo y enrollados en espiral en una configuración de tipo remolino al aire libre sin control de la humedad. El separador era una membrana microporosa (obtenida en MITSUBISHI PAPER MILLS LTD, Japón) hecha de tejido no tejido de PET, que tenía un espesor de 30 µm. El conjunto de electrodos se secó en un horno de vacío en el interior de una caja de guantes a una presión de 660 Pa a 110 °C durante 2 horas. La cámara de secado se llenó entonces con aire seco caliente que tenía un contenido de agua de 5 ppm y una temperatura de 90 °C. El aire seco caliente se mantuvo en la cámara de secado durante 10 minutos antes de evacuar la cámara de secado. Este ciclo se repitió 10 veces.

Mediciones electroquímicas del Ejemplo 14

I) Capacidad nominal

Una celda de tipo bolsa que contenía el conjunto de electrodos seco preparado mediante el método descrito en el Ejemplo 14 se ensambló de acuerdo con el método descrito en el Ejemplo 2. La celda se ensayó galvanostáticamente a una densidad de corriente de C/2 a 25 °C en un equipo de ensayo de baterías entre 3,0 V y 4,2 V. La capacidad nominal fue de aproximadamente 10 Ah.

II) Rendimiento de la ciclabilidad

El rendimiento de la ciclabilidad de la celda de tipo bolsa se ensayó cargando y descargando a una tasa de corriente constante de 1C entre 3,0 V y 4,2 V.

Ejemplo comparativo 1

Ensamblaje del conjunto de electrodos

Los electrodos positivo y negativo se prepararon mediante el método descrito en el Ejemplo 5. Un conjunto de electrodos se ensambló y secó mediante el método descrito en el Ejemplo 6, con la excepción de que el conjunto de electrodos se secó en un horno de vacío a 160 °C en lugar de a 110 °C.

Mediciones electroquímicas del Ejemplo comparativo 1

I) Capacidad nominal

Una celda de tipo bolsa que contenía el conjunto de electrodos seco preparado mediante el método descrito en el Ejemplo comparativo 1 se ensambló de acuerdo con el método descrito en el Ejemplo 2. La celda se ensayó galvanostáticamente a una densidad de corriente de C/2 a 25 °C en un equipo de ensayo de baterías entre 3,0 V y 4,2 V. La capacidad nominal fue de aproximadamente 10 Ah.

II) Rendimiento de la ciclabilidad

El rendimiento de la ciclabilidad de la celda de tipo bolsa se ensayó cargando y descargando a una tasa de corriente constante de 1C entre 3,0 V y 4,2 V.

Ejemplo comparativo 2

Ensamblaje del conjunto de electrodos

Los electrodos positivo y negativo se prepararon mediante el método descrito en el Ejemplo 5. Un conjunto de electrodos se ensambló y secó mediante el método descrito en el Ejemplo 6, con la excepción de que el conjunto de electrodos se secó en un horno de vacío a 75 °C en lugar de a 110 °C.

Mediciones electroquímicas del Ejemplo comparativo 2

I) Capacidad nominal

Una celda de tipo bolsa que contenía el conjunto de electrodos seco preparado mediante el método descrito en el Ejemplo comparativo 2 se ensambló de acuerdo con el método descrito en el Ejemplo 2. La celda se ensayó galvanostáticamente a una densidad de corriente de C/2 a 25 °C en un equipo de ensayo de baterías entre 3,0 V y 4,2 V. La capacidad nominal fue de aproximadamente 10 Ah.

II) Rendimiento de la ciclabilidad

El rendimiento de la ciclabilidad de la celda de tipo bolsa se ensayó cargando y descargando a una tasa de corriente constante de 1C entre 3,0 V y 4,2 V.

Ejemplo comparativo 3

Ensamblaje del conjunto de electrodos

Los electrodos positivo y negativo se prepararon mediante el método descrito en el Ejemplo 5. Un conjunto de electrodos se ensambló y secó mediante el método descrito en el Ejemplo 12, con la excepción de que el conjunto de electrodos se secó en un horno de vacío durante 24 horas continuamente sin repetir el llenado y la evacuación de

la cámara.

Mediciones electroquímicas del Ejemplo comparativo 3

5 I) Capacidad nominal

Una celda de tipo bolsa que contenía el conjunto de electrodos seco preparado mediante el método descrito en el Ejemplo comparativo 3 se ensambló de acuerdo con el método descrito en el Ejemplo 2. La celda se ensayó galvanostáticamente a una densidad de corriente de C/2 a 25 °C en un equipo de ensayo de baterías entre 3,0 V y 4,2 V. La capacidad nominal fue de aproximadamente 10 Ah.

II) Rendimiento de la ciclabilidad

El rendimiento de la ciclabilidad de la celda de tipo bolsa se ensayó cargando y descargando a una tasa de corriente constante de 1C entre 3,0 V y 4,2 V.

Ejemplo comparativo 4

Ensamblaje del conjunto de electrodos

Los electrodos positivo y negativo se prepararon mediante el método descrito en el Ejemplo 1. Un conjunto de electrodos se ensambló y secó mediante el método descrito en el Ejemplo 2, con la excepción de que el número de ciclos de secado al vacío y llenado de gas es de 3 en lugar de 10.

25 Mediciones electroquímicas del Ejemplo comparativo 4

I) Capacidad nominal

Una celda de tipo bolsa que contenía el conjunto de electrodos seco preparado mediante el método descrito en el Ejemplo comparativo 4 se ensambló de acuerdo con el método descrito en el Ejemplo 2. La celda se ensayó galvanostáticamente a una densidad de corriente de C/2 a 25 °C en un equipo de ensayo de baterías entre 3,0 V y 4,2 V. La capacidad nominal fue de aproximadamente 10 Ah.

II) Rendimiento de la ciclabilidad

El rendimiento de la ciclabilidad de la celda de tipo bolsa se ensayó cargando y descargando a una tasa de corriente constante de 1C entre 3,0 V y 4,2 V.

Ejemplo comparativo 5

Ensamblaje del conjunto de electrodos

Los electrodos positivo y negativo se prepararon mediante el método descrito en el Ejemplo 5. Un conjunto de electrodos se preparó apilando los ánodos, los cátodos y los separadores interpuestos entre el electrodo positivo y el electrodo negativo y enrollados en espiral en una configuración de tipo remolino al aire libre sin control de la humedad. El separador era una membrana microporosa (obtenida en MITSUBISHI PAPER MILLS LTD, Japón) hecha de tejido no tejido de PET, que tenía un espesor de 30 µm. El conjunto de electrodos se secó en un horno de vacío en el interior de una caja de guantes a una presión de 650 Pa a 80 °C durante 1 hora. La cámara de secado se llenó entonces con aire seco caliente que tenía un contenido de agua de 5 ppm y una temperatura de 90 °C. El aire seco caliente se mantuvo en la cámara de secado durante 5 minutos antes de evacuar la cámara de secado. Este ciclo se repitió 5 veces.

Mediciones electroquímicas del Ejemplo comparativo 5

55 I) Capacidad nominal

Una celda de tipo bolsa que contenía el conjunto de electrodos seco preparado mediante el método descrito en el Ejemplo comparativo 5 se ensambló de acuerdo con el método descrito en el Ejemplo 2. La celda se ensayó galvanostáticamente a una densidad de corriente de C/2 a 25 °C en un equipo de ensayo de baterías entre 3,0 V y 4,2 V. La capacidad nominal fue de aproximadamente 10 Ah.

II) Rendimiento de la ciclabilidad

El rendimiento de la ciclabilidad de la celda de tipo bolsa se ensayó cargando y descargando a una tasa de corriente constante de 1C entre 3,0 V y 4,2 V.

Las formulaciones de la celda de tipo bolsa de cada uno de estos Ejemplos y Ejemplos comparativos se resumen en la Tabla 1, a continuación. Las condiciones de secado del conjunto de electrodos de cada uno de estos Ejemplos y Ejemplos comparativos se muestran en la Tabla 2, a continuación. Los contenidos de humedad del conjunto de electrodos, los electrodos y los separadores y las retenciones de capacidad de la celda de cada uno de estos Ejemplos y Ejemplos comparativos se muestran en la Tabla 3. Las pruebas electroquímicas de estos Ejemplos muestran una buena estabilidad electroquímica de la batería en un amplio intervalo de potencial, así como un excelente rendimiento de los ciclos.

Tabla 1

	Material catódico	Material de aglutinante catódico	Disolvente		Separador
			Cátodo	Ánodo	
Ejemplo 1	NMC333	PAA+SBR+PVDF	H ₂ O	H ₂ O	PET
Ejemplo 3	LMO	PVDF	NMP	H ₂ O	PE
Ejemplo 5	NMC333	PAA+LA132	H ₂ O	H ₂ O	PI
Ejemplo 7	LFP	LA 132	H ₂ O	H ₂ O	PET con un recubrimiento cerámico
Ejemplo 9	LCO	CMC+SBR+PVDF	H ₂ O	H ₂ O	PVDF y PET
Ejemplo 11	LCO	CMC+SBR+PVDF	H ₂ O	H ₂ O	PVDF y PET
Ejemplo 12	NMC333	PAA+LA132	H ₂ O	H ₂ O	PI
Ejemplo 13	LFP	LA 132	H ₂ O	H ₂ O	PET con un recubrimiento cerámico
Ejemplo 14 ¹	NMC333	PAA+LA132	H ₂ O	H ₂ O	PET
Ejemplo comparativo 1	NMC333	PAA+LA132	H ₂ O	H ₂ O	PI
Ejemplo comparativo 2	NMC333	PAA+LA132	H ₂ O	H ₂ O	PI
Ejemplo comparativo 3	NMC333	PAA+LA132	H ₂ O	H ₂ O	PI
Ejemplo comparativo 4	NMC333	PAA+SBR+PVDF	H ₂ O	H ₂ O	PET
Ejemplo comparativo 5 ¹	NMC333	PAA+LA132	H ₂ O	H ₂ O	PET

Nota: ¹El conjunto de electrodos de la celda de tipo bolsa se enrolló en espiral en una configuración de tipo remolino antes del secado.

Tabla 2

Secado de conjunto de electrodos							
	Secado al vacío			Llenado de gas		N.º de ciclo	Tiempo total (h)
	Presión (Pa)	Temperatura (°C)	Tiempo (h)	Temp. de gas (°C)	Tiempo (min)		
Ejemplo 2	5.000	100	2	90	15	10	22,5
Ejemplo 4	10.000	92	3	85	5	5	15,4
Ejemplo 6	1.000	110	2	100	10	10	21,7
Ejemplo 8	1.000	120	4	110	5	7	28,6
Ejemplo 10	50.000	95	1,5	90	30	10	20
Ejemplo 11	3.000	105	1,5	100	10	10	16,7
Ejemplo 12	2.000	125	1	120	15	10	12,5
Ejemplo 13	10.000	135	2	120	5	5	10,4
Ejemplo 14	660	110	2	90	10	10	21,7

(continuación)

Secado de conjunto de electrodos							
	Secado al vacío		Llenado de gas			N.º de ciclo	Tiempo total (h)
	Presión (Pa)	Temperatura (°C)	Tiempo (h)	Temp. de gas (°C)	Tiempo (min)		
Ejemplo comparativo 1	1.000	160	2	100	10	10	21,7
Ejemplo comparativo 2	1.000	75	2	100	10	10	21,7
Ejemplo comparativo 3	2.000	125	24	/	/	/	24
Ejemplo comparativo 4	5.000	100	2	90	15	3	6,75
Ejemplo comparativo 5	650	80	1	90	5	5	5,42

Tabla 3

Contenido de agua (ppm)					Rendimiento de ciclabilidad	
Electrodos	Separador	Conjunto de electrodos		N.º de ciclo	Retención de capacidad (%)	
		Antes del secado	Después del secado			
Ejemplo 2	4	5	938	9	500	93,1
Ejemplo 4	93	110	773	113	1.500	79,6
Ejemplo 6	5	11	1.344	5	1.200	87,7
Ejemplo 8	6	11	647	4	1.850	82,6
Ejemplo 10	5	21	871	7	1.000	89,2
Ejemplo 11	7	13	950	6	1.000	91,9
Ejemplo 12	5	14	1.192	5	950	89,4
Ejemplo 13	4	10	545	3	1.650	88,3
Ejemplo 14	10	23	897	18	1.380	88,6
Ejemplo comparativo 1	6	9	1.039	18	960	67,9
Ejemplo comparativo 2	33	52	934	101	1.067	75,2
Ejemplo comparativo 3	78	132	792	164	1.210	70,2
Ejemplo comparativo 4	11	19	864	50	1.719	63,5
Ejemplo comparativo 5	92	154	990	203	1.160	74,2

REIVINDICACIONES

1. Un método de secado de un conjunto de electrodos, que comprende las etapas de:

- 5 1) apilar al menos un ánodo, al menos un cátodo y al menos un separador interpuesto entre el al menos un ánodo y al menos un cátodo para preparar un conjunto de electrodos;
- 2) colocar el conjunto de electrodos en una cámara de secado;
- 3) secar el conjunto de electrodos al vacío a una temperatura superior a 100 °C hasta 155 °C;
- 4) llenar la cámara de secado con aire seco o gas inerte; y
- 10 5) repetir las etapas 3 y 4) para obtener un conjunto de electrodos seco,

en donde el aire seco o el gas inerte permanecen en la cámara de secado durante un período de tiempo de al menos 5 minutos e inferior a 30 minutos; y en donde el contenido de agua del conjunto de electrodos seco es inferior a 20 ppm en peso, basado en el peso total del conjunto de electrodos seco y en donde el aire seco o el gas inerte restauran en la cámara de secado la presión atmosférica.

2. El método de la reivindicación 1, en donde el conjunto de electrodos se seca al vacío durante un período de tiempo de 5 minutos a 4 horas.

20 3. El método de la reivindicación 1, en donde el conjunto de electrodos se seca al vacío durante un período de tiempo de 30 minutos a 2 horas.

4. El método de la reivindicación 1, en donde la presión en la cámara de secado en la etapa 3) se reduce hasta menos de 25 kPa, menos de 15 kPa, menos de 10 kPa o menos de 5 kPa.

25 5. El método de la reivindicación 1, en donde la temperatura del aire seco o del gas inerte es de 70 °C a 155 °C o de 80 °C a 120 °C.

30 6. El método de la reivindicación 1, en donde las etapas 3) y 4) se repiten entre 2 y 50 veces, entre 2 y 30 veces o entre 2 y 20 veces.

35 7. El método de la reivindicación 1, en donde el al menos un ánodo y al menos un cátodo en el conjunto de electrodos seco tienen un contenido de agua inferior a 20 ppm en peso, basado en el peso total del al menos un ánodo seco y al menos un cátodo seco.

8. El método de la reivindicación 1, en donde el al menos un ánodo y al menos un cátodo en el conjunto de electrodos seco tienen un contenido de agua inferior a 10 ppm en peso, basado en el peso total del al menos un ánodo seco y al menos un cátodo seco.

40 9. El método de la reivindicación 1, en donde el al menos un separador en el conjunto de electrodos seco tiene un contenido de agua inferior a 20 ppm en peso, basado en el peso total del al menos un separador seco.

10. El método de la reivindicación 1, en donde el al menos un separador en el conjunto de electrodos seco tiene un contenido de agua inferior a 10 ppm en peso, basado en el peso total del al menos un separador seco.

45 11. El método de la reivindicación 1, en donde el al menos un separador está hecho de fibras poliméricas seleccionadas entre el grupo que consiste en poliolefina, polietileno, polietileno de alta densidad, polietileno lineal de baja densidad, polietileno de baja densidad, polietileno de peso molecular ultra alto, polipropileno, copolímero de polipropileno/polietileno, polibutileno, polipenteno, poliacetal, poliamida, policarbonato, poliimida, poliéter éter cetona, polisulfonas, óxido de polifenileno, sulfuro de polifenileno, poliacrilonitrilo, fluoruro de polivinilideno, polioximetileno, polivinilpirrolidona, poliéster, tereftalato de polietileno, tereftalato de polibutileno, naftaleno de polietileno, naftaleno de polibutileno y combinaciones de los mismos.

55 12. El método de la reivindicación 1, en donde cada uno del al menos un ánodo y al menos un cátodo comprende, independientemente, un material aglutinante seleccionado entre el grupo que consiste en caucho de estireno-butadieno, caucho de estireno-butadieno acrilado, copolímero de acrilonitrilo, caucho de acrilonitrilo-butadieno, caucho de nitrilo y butadieno, copolímero de acrilonitrilo-estireno-butadieno, caucho de acrílico, caucho de butilo, caucho de flúor, politetrafluoroetileno, polietileno, polipropileno, copolímeros de etileno/propileno, polibutadieno, óxido de polietileno, polietileno clorosulfonado, polivinilpirrolidona, polivinilpiridina, poli(alcohol vinílico), poli(acetato de vinilo), poliepiclorhidrina, polifosfaceno, poliacrilonitrilo, poliestireno, látex, resinas acrílicas, resinas fenólicas, resinas epoxídicas, carboximetilcelulosa, hidroxipropilcelulosa, acetato de celulosa, butirato acetato de celulosa, propionato acetato de celulosa, cianoetilcelulosa, cianoetilsacarosa, poliéster, poliamida, poliéter, poliimida, policarboxilato, ácido policarboxílico, ácido poliacrílico, poliacrilato, ácido polimetacrílico, polimetacrilato, poliacrilamida, poliuretano, polímero fluorado, polímero clorado, una sal de ácido alginico, fluoruro de polivinilideno, poli(fluoruro de vinilideno)-hexafluoropropeno y combinaciones de los mismos.

65

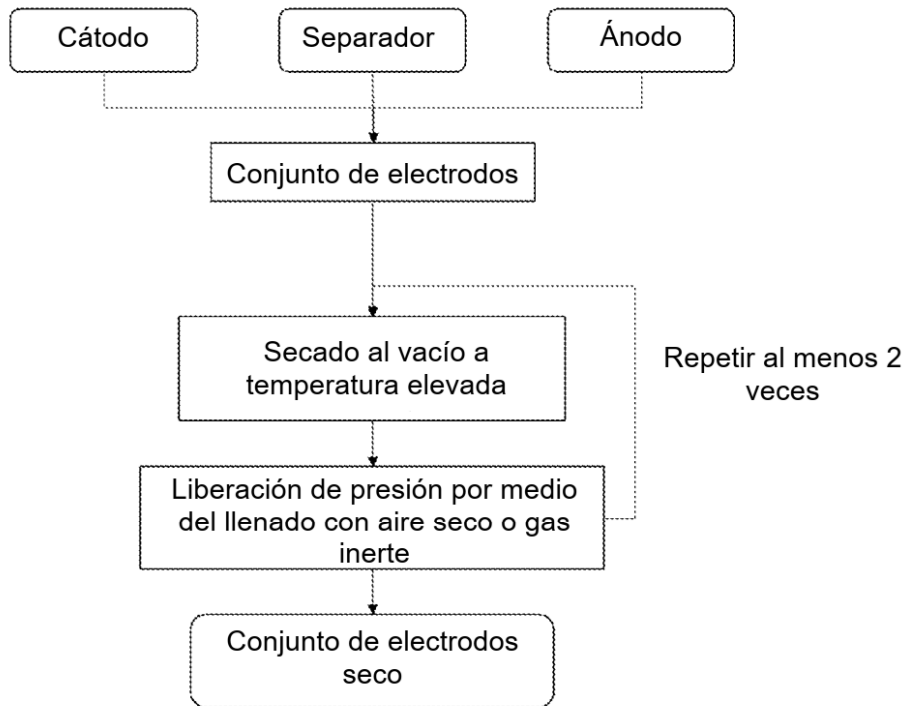


Figura 1

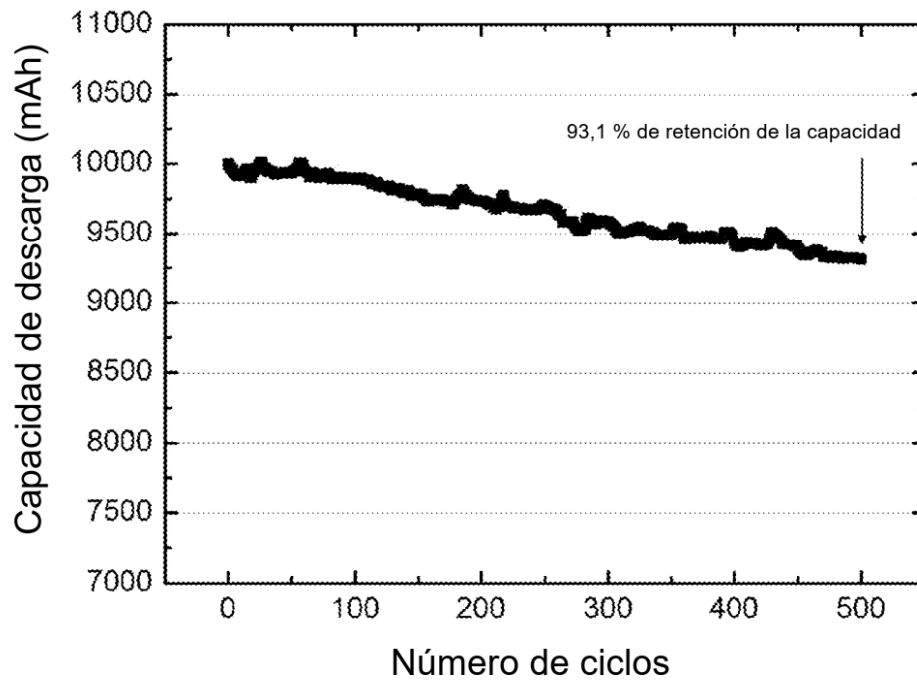


Figura 2

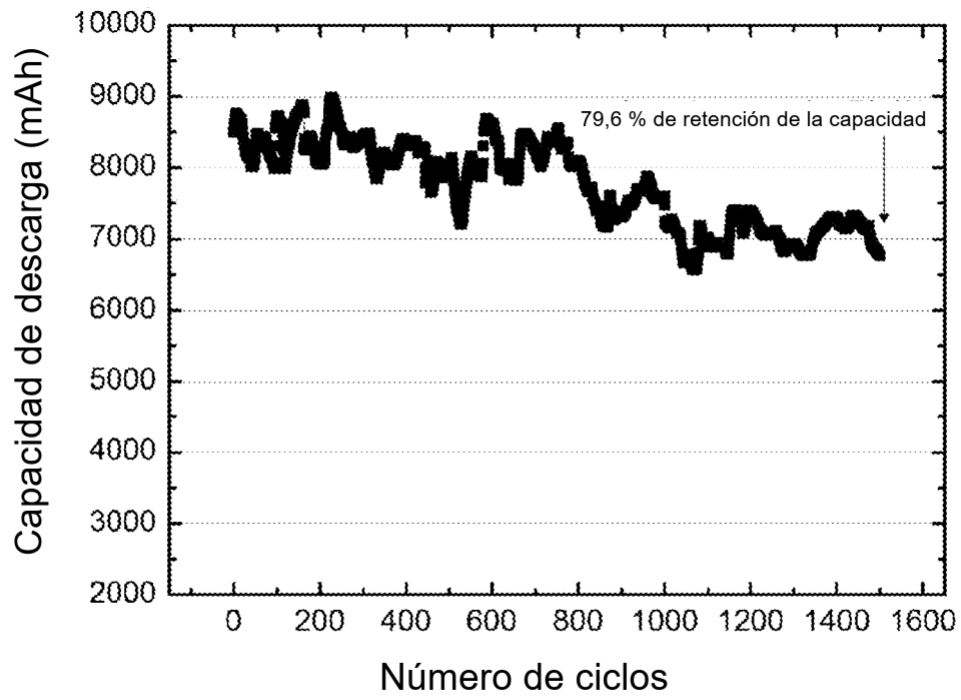


Figura 3

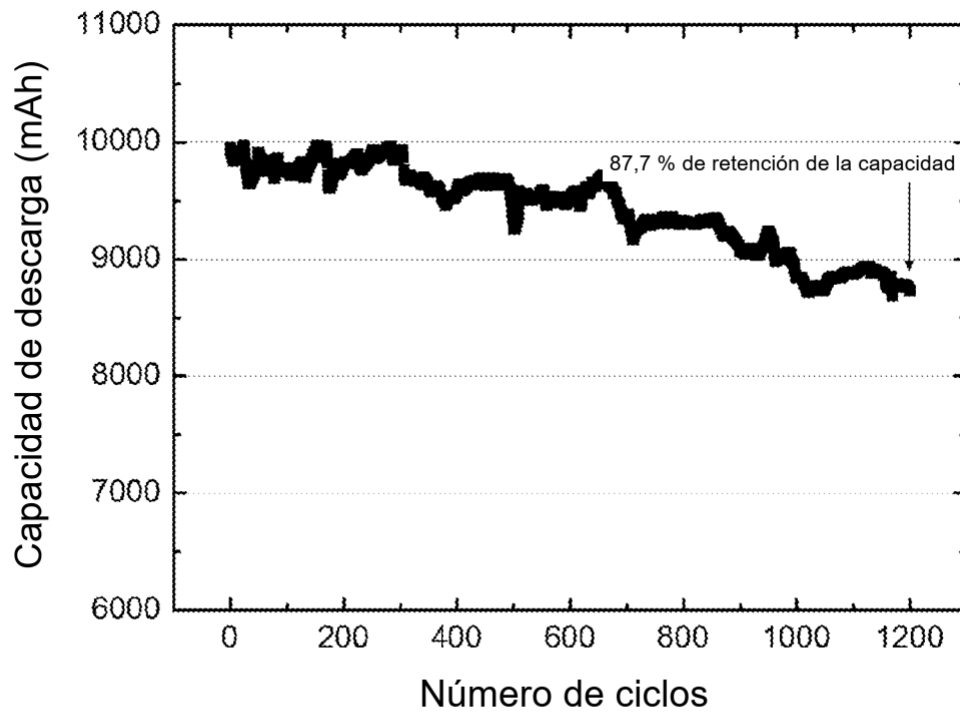


Figura 4

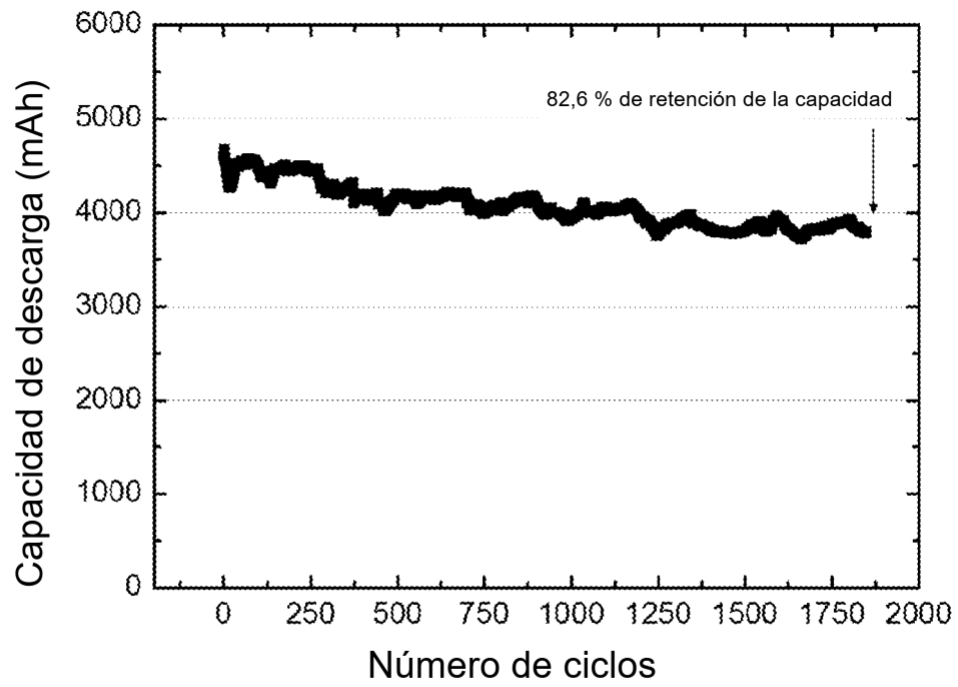


Figura 5

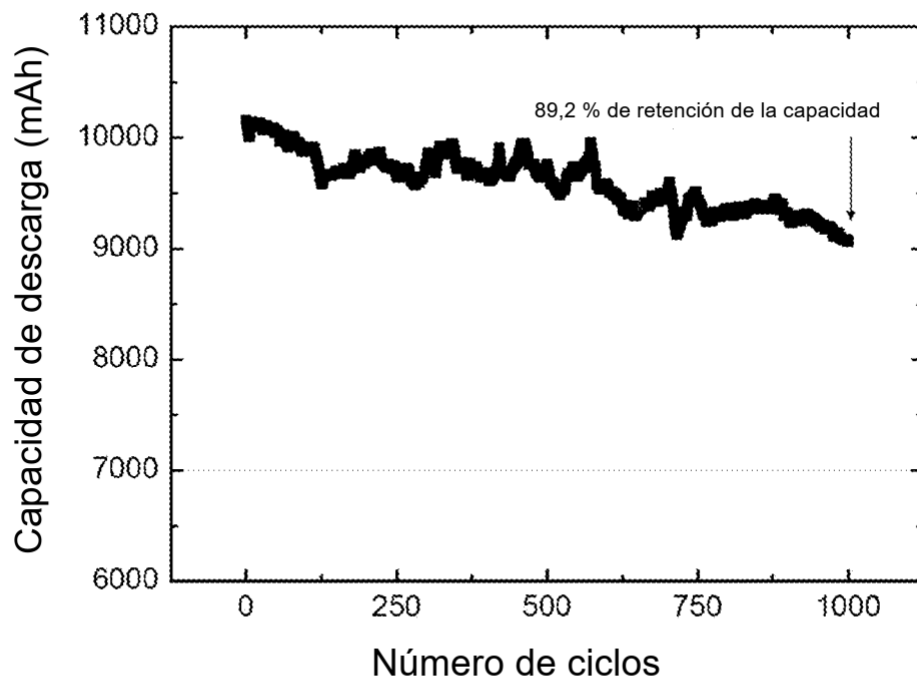


Figura 6

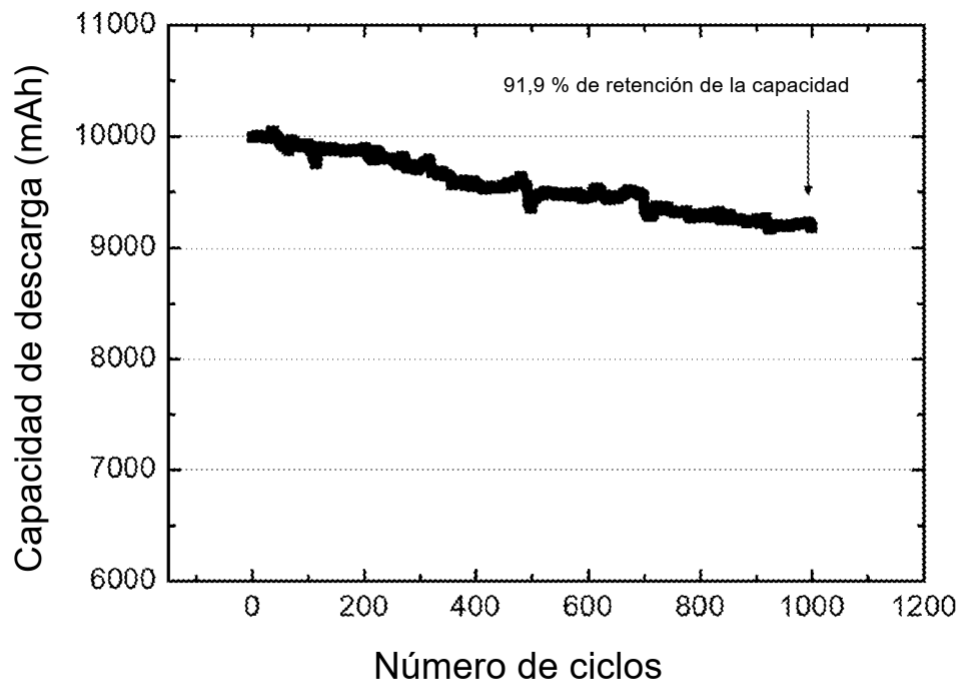


Figura 7

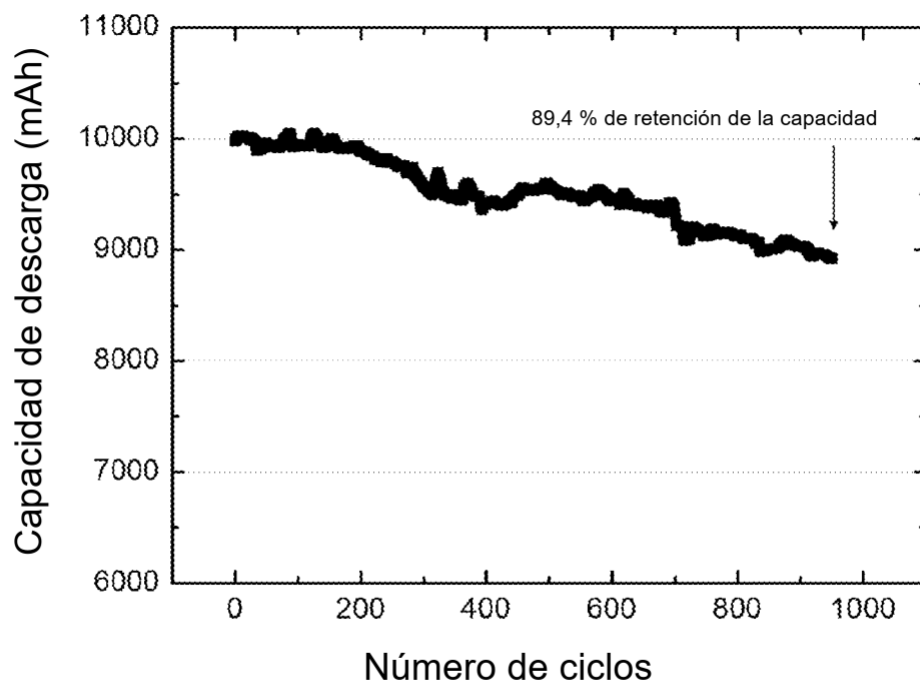


Figura 8

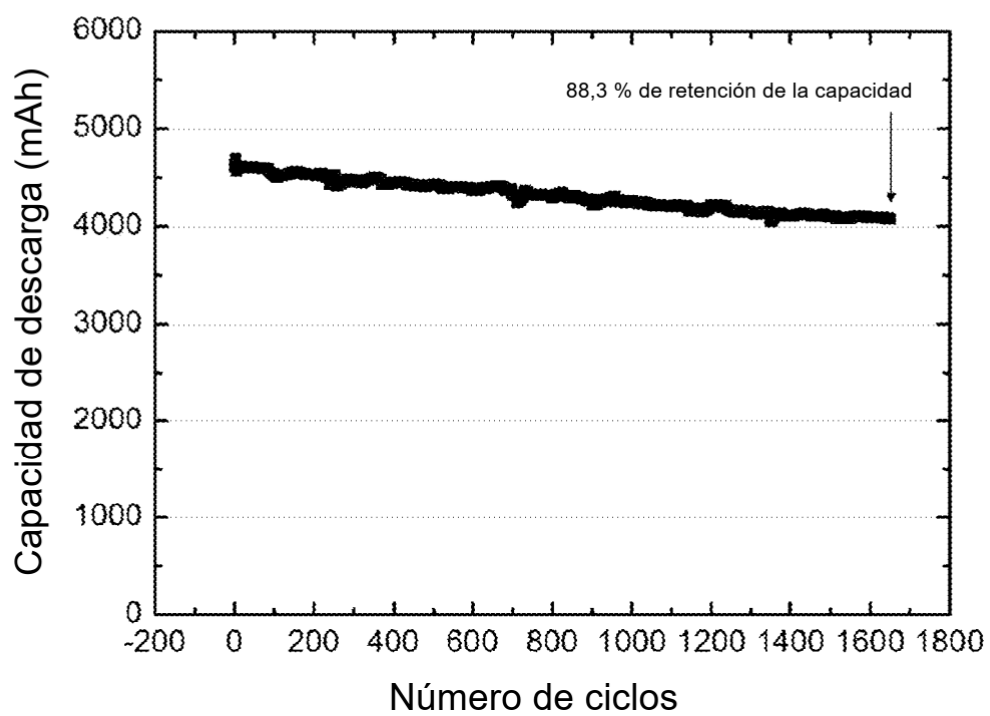


Figura 9