

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 978 193**

21 Número de solicitud: 202390176

51 Int. Cl.:

H01M 10/54 (2006.01)

H01M 4/505 (2010.01)

B02C 23/00 (2006.01)

12

SOLICITUD DE PATENTE

A2

22 Fecha de presentación:

12.08.2022

30 Prioridad:

19.11.2021 CN 202111374086

43 Fecha de publicación de la solicitud:

06.09.2024

71 Solicitantes:

**GUANGDONG BRUNP RECYCLING
TECHNOLOGY CO., LTD. (33.3%)
No.6, Zhixin Avenue, Leping Town, Sanshui
District
528137 Foshan City, Guangdong CN;
HUNAN BRUNP RECYCLING TECHNOLOGY CO.,
LTD. (33.3%) y
YICHANG BRUNP RECYCLING TECHNOLOGY
CO., LTD. (33.3%)**

72 Inventor/es:

**YU, Haijun;
XU, Jialei;
XIE, Yinghao;
WU, Benben;
CHEN, Jiangdong y
LI, Changdong**

74 Agente/Representante:

GONZÁLEZ POVEDA, Sara

54 Título: **Método de procesamiento de recuperación para placa de electrodo de batería gastada**

57 Resumen:

Método de procesamiento de recuperación para placa de electrodo de batería gastada.

En la presente invención se divulga un método para recuperar y procesar una placa de electrodo de batería desechada. El método comprende desmontar una batería desechada para obtener una placa de electrodo, energizar dos de sus extremos hasta que un aglutinante sobre la placa se caliente y funda, y separar un material de electrodo y un colector de corriente, cuando la placa de electrodo es negativa, moler con bolas el material de electrodo separado, aventar el material molido con bolas para obtener grafito, someter el grafito a un tratamiento alcalino, añadir el grafito y un agregado al asfalto ablandado, y agitar el mismo para obtener asfalto conductor. Los dos extremos del electrodo se energizan, de modo que el aglutinante se funde en líquido para fluir fuera del colector de corriente, y el material de electrodo se separa de la placa de electrodo.

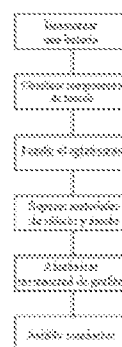


FIG. 3

ES 2 978 193 A2

DESCRIPCIÓN

MÉTODO DE PROCESAMIENTO DE RECUPERACIÓN PARA PLACA DE ELECTRODO DE BATERÍA GASTADA

5

CAMPO TÉCNICO

La presente invención pertenece al campo de las tecnologías de reciclaje de baterías de iones litio de desecho y en particular se refiere a un método para reciclar una placa
10 de electrodo de una batería desechada.

ANTECEDENTES

Las baterías de iones litio tienen las ventajas de una alta energía específica, ciclo de
15 vida largo, amplio intervalo de temperatura de trabajo y sin efecto memoria, y de convertirse en la fuerza principal en la nueva industria energética. La industria de las baterías de iones litio se está desarrollando rápidamente y la producción de baterías de iones litio aumenta cada vez más. Sin embargo, la vida útil de las baterías de iones litio es de 3 a 8 años y las baterías de iones litio desactivadas son ricas en recursos
20 metálicos. Por lo tanto, en los últimos años, también se han establecido en consecuencia empresas de reciclaje de baterías de iones litio. La utilización racional de los recursos de baterías de iones litio se ha convertido en el foco de la investigación.

25 Actualmente, las empresas dentro y fuera de China reciclan principalmente baterías mediante reciclaje de pirometalurgia y reciclaje de hidrometalurgia. El reciclaje de pirometalurgia recicla los materiales metálicos de las baterías a altas temperaturas. Este método puede reciclar metales valiosos, mientras que el grafito se quema y se oxida, lo que no sólo provoca residuos sino que también genera una gran cantidad de
30 gas residual. Este método consume mucha energía, mientras que el reciclaje de hidrometalurgia tiene una alta tasa de recuperación y un proceso simple, pero también genera una gran cantidad de agua residual. Además, el grafito y los residuos de desecho no se separan completamente y la eficiencia del reciclaje es baja. En la

actualidad, las empresas fuera de China reciclan principalmente baterías mediante el reciclaje de pirometalurgia, mientras que las empresas en China reciclan principalmente baterías mediante el reciclaje de hidrometalurgia. Cuando se extraen los materiales metálicos con valores altos, la mayoría de los fabricantes entierran o incineran los desechos de escoria de grafito, resultando en un desperdicio de recursos. La reutilización de los materiales de grafito en las baterías de iones litio puede reducir eficazmente las emisiones de carbono. Algunos investigadores reprocesan el grafito y luego aplican el grafito a baterías de iones litio, pero el grafito reprocesado tiene una gran área de superficie específica, lo que no solo conduce a una baja eficiencia de carga-descarga inicial sino que también consume más electrolito y el efecto de reciclaje es general.

SUMARIO

La presente invención tiene como objetivo resolver al menos uno de los problemas técnicos antes mencionados en la técnica anterior. Por lo tanto, la presente invención proporciona un método para reciclar una placa de electrodo de una batería desechada, que puede separar eficazmente un material de electrodo de un colector de corriente y realizar la degradación y utilización del grafito, y mejorar la tasa de reciclaje del grafito.

De acuerdo con un aspecto de la presente invención, se propone un método para reciclar una placa de electrodo de una batería desactivada, que comprende las siguientes etapas de:

S1: desmontar una batería desechada para obtener una placa de electrodo, electrificar ambos extremos de la placa de electrodo hasta que un aglutinante sobre la placa de electrodo se caliente y funda, y luego separar un material de electrodo y un colector de corriente; descargándose la batería desechada antes del desmontaje;

S2: cuando la placa del electrodo es una placa negativa, moler con bolas el material del electrodo separado, aventar el material molido con bolas para obtener grafito y tratar el grafito con álcali; y S3: añadir el grafito tratado con álcali en la etapa S2 y un

agregado al asfalto ablandado y agitar para obtener asfalto conductor.

El principio de electrificación para el calentamiento en la etapa S1 se basa en el hecho de que las resistencias internas de las placas de electrodo positivo y negativo provienen principalmente del material de electrodo y de una resistencia de interfase entre el material de electrodo y una lámina metálica. La resistencia de la placa positiva alcanza los 2,5 Ω y la resistencia de la placa negativa alcanza los 0,8 Ω , mientras que la resistividad de la lámina de cobre alcanza $1,75 \times 10^{-8}$ y la resistividad del aluminio alcanza $2,9 \times 10^{-8}$. Se puede obtener mediante una fórmula que las resistencias de la lámina de cobre y de la lámina de aluminio son inferiores a 0,1 m Ω y se pueden ignorar. Por lo tanto, las resistencias de las placas positiva y negativa provienen principalmente del material de electrodo, el aglutinante, una resistencia de interfase entre el material y el aglutinante, y una resistencia de interfase entre una sustancia activa y la lámina metálica. Por lo tanto, de acuerdo con una fórmula de calor que $Q=I^2Rt$, se puede saber que bajo una corriente fija, cuanto mayor sea la resistencia, mayor es el poder calorífico. Por lo tanto, el calentamiento de la placa de electrodo se concentra principalmente en la parte del material de electrodo.

Debido a que el grafito es principalmente grafito natural recubierto con carbono en asfalto y resina y tiene una temperatura de carbonización más baja, que tendrá algunos grupos funcionales superficiales de -OH y -COOH, por lo tanto, el grafito debe tratarse con álcali para acercarlo al valor de pH del asfalto, mejorando así la vida útil del asfalto conductor.

La densidad del grafito en el material molido con bolas es 2,21 g/cm³ a 2,26 g/cm³, y la densidad del aglutinante PVDF oscila entre 1,77 g/cm³ y 1,80 g/cm³. Para la separación mediante un método de aventamiento se utiliza una diferencia de densidad entre el grafito y el PVDF. Además, el tamaño de partícula del grafito molido con bolas se reduce aún más, lo que favorece la posterior dispersión uniforme del grafito en el asfalto.

En algunas realizaciones de la presente invención, en la etapa S1, cuando la placa del electrodo es una placa positiva, el material de electrodo es uno de óxido de litio,

níquel, cobalto y manganeso, fosfato de hierro y litio, óxido de cobalto y litio o manganato de litio.

5 En algunas realizaciones de la presente invención, en la etapa S1, la fuente de alimentación para la electrificación tiene una tensión de 12 V a 72 V y una corriente de 1 A a 5 A. Preferentemente, la fuente de alimentación para la electrificación tiene una tensión de 36 V y una corriente de 1 A.

10 En algunas realizaciones de la presente invención, en donde en la etapa S1, una temperatura para el calentamiento y la fusión oscila entre 180 °C y 250 °C. Más preferentemente, la temperatura para el calentamiento y la fusión es 200 °C.

15 En algunas realizaciones de la presente invención, en la etapa S1, la electrificación dura de 10 minutos a 60 minutos. Más preferentemente, la electrificación dura 10 minutos.

20 En algunas realizaciones de la presente invención, en la etapa S2, el álcali utilizado en el tratamiento alcalino tiene una concentración de 0,1 mol/l a 1 mol/l. Preferentemente, el álcali utilizado en el tratamiento alcalino tiene una concentración de 0,1 mol/l.

En algunas realizaciones de la presente invención, en la etapa S2, el material molido con bolas tiene un tamaño de partícula de 11 µm a 18 µm. Este tamaño puede asegurar una densidad de compactación en el reciclaje de grafito.

25 En algunas realizaciones de la presente invención, en la etapa S2, se selecciona un molino aventador horizontal para el aventamiento para separar los materiales a una velocidad de rotación de 900 r/min a 1.100 r/min, en donde el material cerca del molino aventador horizontal es el grafito y el material alejado del molino aventador horizontal es PVDF.

30 En algunas realizaciones de la presente invención, en la etapa S2, el álcali utilizado en el tratamiento alcalino es uno o más de hidróxido de sodio, hidróxido de potasio, amoníaco acuoso, base de amonio cuaternario o hidróxido de tetrametilamonio.

En algunas realizaciones de la presente invención, en la etapa S3, una dosis del grafito es del 1 % al 10 % de una masa del asfalto, preferentemente del 3 % al 7 %, y más preferentemente del 5 %.

- 5 En algunas realizaciones de la presente invención, en la etapa S3, el agregado se selecciona de uno o más de AC-9, AC-13, AC-16, AC-19, AC-26 o AC-31.

De acuerdo con una realización preferida de la presente invención, la presente invención tiene al menos los siguientes efectos beneficiosos.

10

1. De acuerdo con la presente invención, la corriente se aplica a ambos extremos del electrodo y el aglutinante PVDF genera mucho calor en la interfase entre el aglutinante y el material de electrodo debido a la mala conductividad. Cuando la temperatura alcanza la temperatura de fusión del aglutinante (172 °C), el aglutinante se fundirá en estado líquido y fluirá fuera del colector de corriente, de modo que pueda separarse el material de electrodo de la placa de electrodo. Para la placa negativa con grafito que va a reciclarse, después de separar el grafito del material negativo, quedará una pequeña cantidad de aglutinante en el grafito. En este caso, en este momento, el aglutinante PVDF se ha desactivado y endurecido debido a la fusión y el recurado, y el material se puede triturar en partículas finas mediante un molino de bolas y luego separarlo mediante aventamiento utilizando la diferencia de densidad entre el grafito y el aglutinante para obtener el grafito con una pureza superior. En comparación con la pérdida del grafito como agente reductor en el reciclaje pirogénico tradicional y el grafito como residuo en el reciclaje de hidrometalurgia, este método de reciclaje tiene las ventajas de un bajo consumo de energía, alta tasa de reciclaje de grafito y alta pureza, lo que puede evitar la baja tasa de utilización del grafito en el proceso de reciclaje tradicional.

2. De acuerdo con la presente invención, el grafito se trata con álcali, que puede neutralizar -COOH en la superficie del grafito, retener -OH en la superficie del grafito y mantener una parte de álcali entre las capas de grafito, para que el grafito sea débilmente alcalino, lo que puede mejorar la unión interfacial entre el grafito y el asfalto, haciendo así que el asfalto conductor tenga una estructura más compacta,

mayor resistencia a la compresión y mayor vida útil.

3. De acuerdo con la presente invención, el grafito se mezcla con el asfalto. Cuando la cantidad de grafito es pequeña, la conductividad es pobre y la resistencia
5 del asfalto es mayor. Con el aumento del contenido del material de grafito, el grafito forma una red conductora en el asfalto y se mejora la conductividad del asfalto. El establecimiento de la red conductora puede investigar grietas en una carretera mediante una prueba de corriente y también puede calentar la superficie de una
10 carretera aplicando una corriente a la superficie de la carretera para acelerar la fusión del hielo y la nieve. De forma adicional, al calentar la superficie de la carretera hasta aproximadamente 70 °C ablandará el asfalto, hará que el asfalto tenga cierta fluidez y rellenará las pequeñas grietas de la carretera asfaltada para prolongar la vida útil de la carretera.

15 **BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS**

La presente invención se explicará con más detalle con referencia a los dibujos adjuntos y realizaciones a continuación en el presente documento, en donde:

20 FIG. 1 es un diagrama de flujo del proceso de la Realización 1 de la presente invención;

FIG. 2 es un diagrama esquemático que muestra dos estructuras de calentamiento de una placa positiva y una placa negativa de la presente invención;

25 FIG. 3 es un diagrama que muestra una relación entre una cantidad de dopaje de grafito y un rendimiento conductor del asfalto conductor en la Realización 1 de la presente invención; y

30 FIG. 4 es un diagrama que muestra una relación entre la cantidad de dopaje del grafito y el tiempo de fusión del hielo y la nieve en la Realización 1 de la presente invención.

DESCRIPCIÓN DETALLADA

Los conceptos y los efectos técnicos producidos de la presente invención se describirán clara y completamente junto con las realizaciones y los dibujos adjuntos para comprender suficientemente los objetos, las características y los efectos de la presente invención. Evidentemente, las realizaciones descritas son simplemente algunas realizaciones de la invención, en lugar de todas las realizaciones. Otras realizaciones obtenidas por los expertos en la técnica sin realizar ningún esfuerzo creativo estarán todas dentro del alcance de protección de la invención.

Realización 1

Un método para reciclar una placa de electrodo de una batería desechada, haciendo referencia a la figura 1, comprendía las siguientes etapas específicas de:

(1) dismantelar una batería después de una descarga profunda, clasificar un caso, una placa positiva, un diafragma y una placa negativa de la batería respectivamente mediante clasificación manual, calentar la placa positiva y la placa negativa hasta 180 °C por resistencias internas de las placas de electrodo bajo la acción de 12 V y una corriente aplicada de 1 A respectivamente, y mantener el calentamiento durante 10 minutos, de modo que un material positivo se separó de una lámina de aluminio y un material negativo (que comprende grafito y una pequeña cantidad de PVDF) se separó de una lámina de cobre;

(2) transferir el material negativo exfoliado a un molino de bolas para moler con bolas a 200 r/min durante 6 horas para obtener un material molido con bolas con un tamaño de partícula de 11 µm a 18 µm, verter el material molido con bolas en un molino aventador horizontal y clasificar el material a una velocidad de rotación de 1.000 r/min, en donde el material cercano al molino aventador horizontal era grafito y el material alejado del molino aventador horizontal era PVDF; la pureza del grafito obtenido mediante este método de clasificación fue superior al 98 % y la tasa de reciclado del grafito fue del 95 %;

(3) añadir el grafito a una solución de NaOH de 0,1 mol/l y remojar durante 30 minutos, alcalinizar grupos funcionales sobre una superficie del grafito y luego lavar y secar; y

5 (4) calentar el asfalto industrial adquirido a 170 °C, añadir grafito, que representa el 1 % de la masa del asfalto una vez ablandado el asfalto, luego añadir un agregado AC-9, siendo una dosis de asfalto del 5 % de una dosis de agregado, y mezclar uniformemente con un agitador para obtener asfalto conductor.

10 La figura 2 es un diagrama esquemático que muestra dos estructuras de calentamiento de placas positiva y negativa. En esta figura, las partes superior e inferior de la figura a a la izquierda son placas positiva y negativa de una fuente de alimentación externa. Las placas positiva y negativa están en contacto con el material positivo, la lámina de aluminio está dispuesta entre los materiales positivos. Las partes
15 superior e inferior a la derecha son placas positiva y negativa de la fuente de alimentación externa. Las placas positiva y negativa están en contacto con el material negativo, la lámina de cobre está dispuesta entre los materiales negativos. En esta figura, figura b a la izquierda muestra un electrodo de rodillo. Los rodillos superior e inferior están conectados respectivamente con diferentes electrodos,
20 respectivamente, el material positivo y la lámina de aluminio están dispuestos entre los rodillos, los rodillos superior e inferior de la derecha están conectados con diferentes electrodos respectivamente, y el material negativo y la lámina de cobre están dispuestos entre los rodillos.

25 **Realización 2**

Un método para reciclar una placa de electrodo de una batería desechada comprendía las siguientes etapas de:

30 (1) dismantelar una batería después de una descarga profunda, clasificar un caso, una placa positiva, un diafragma y una placa negativa de la batería respectivamente mediante clasificación manual, calentar la placa positiva y la placa negativa hasta 190 °C por resistencias internas de las placas de electrodo bajo la

acción de 36 V y una corriente aplicada de 1 A respectivamente, y mantener el calentamiento durante 10 minutos, de modo que un material positivo se separó de una lámina de aluminio y un material negativo (que comprende grafito y una pequeña cantidad de PVDF) se separó de una lámina de cobre;

5

(2) transferir el material negativo exfoliado a un molino de bolas para moler con bolas a 200 r/min durante 6 horas para obtener un material molido con bolas con un tamaño de partícula de 11 μm a 18 μm , y separar el grafito del PVDF mediante aventamiento de acuerdo con una diferencia de densidad; la pureza del grafito
10 obtenido mediante este método de clasificación fue superior al 98 % y la tasa de reciclado del grafito fue del 95 %;

(3) añadir el grafito a una solución de NaOH de 0,2 mol/L y remojar durante 30 minutos, alcalinizar grupos funcionales sobre una superficie del grafito y luego lavar y
15 secar; y

(4) calentar el asfalto industrial adquirido a 170 °C, añadir grafito, que representa el 2 % de la masa del asfalto una vez ablandado el asfalto, luego añadir un agregado AC-13, siendo una dosis de asfalto del 5 % de una dosis de agregado, y mezclar
20 uniformemente con un agitador para obtener asfalto conductor.

Realización 3

Un método para reciclar una placa de electrodo de una batería desechada comprendía
25 las siguientes etapas de:

(1) dismantelar una batería después de una descarga profunda, clasificar un caso, una placa positiva, un diafragma y una placa negativa de la batería respectivamente mediante clasificación manual, calentar la placa positiva y la placa
30 negativa hasta 200 °C por resistencias internas de las placas de electrodo bajo la acción de 36 V y una corriente aplicada de 5 A respectivamente, y mantener el calentamiento durante 30 minutos, de modo que un material positivo se separó de una lámina de aluminio y un material negativo (que comprende grafito y una pequeña

cantidad de PVDF) se separó de una lámina de cobre;

(2) transferir el material negativo exfoliado a un molino de bolas para moler con bolas a 200 r/min durante 6 horas para obtener un material molido con bolas con un tamaño de partícula de 11 μm a 18 μm , y separar el grafito del PVDF mediante aventamiento de acuerdo con una diferencia de densidad; la pureza del grafito obtenido mediante este método de clasificación fue superior al 98 % y la tasa de reciclado del grafito fue del 95 %;

(3) añadir el grafito a una solución de KOH de 0,1 mol/l y remojar durante 30 minutos, alcalinizar grupos funcionales sobre una superficie del grafito y luego lavar y secar; y

(4) calentar el asfalto industrial adquirido a 170 °C, añadir grafito, que representa el 4 % de la masa del asfalto una vez ablandado el asfalto, luego añadir un agregado AC-16, siendo una dosis de asfalto del 5 % de una dosis de agregado, y mezclar uniformemente con un agitador para obtener asfalto conductor.

Realización 4

Un método para reciclar una placa de electrodo de una batería desechada comprendía las siguientes etapas de:

(1) dismantelar una batería después de una descarga profunda, clasificar un caso, una placa positiva, un diafragma y una placa negativa de la batería respectivamente mediante clasificación manual, calentar la placa positiva y la placa negativa hasta 220 °C por resistencias internas de las placas de electrodo bajo la acción de 36 V y una corriente aplicada de 1 A respectivamente, y mantener el calentamiento durante 40 minutos, de modo que un material positivo se separó de una lámina de aluminio y un material negativo (que comprende grafito y una pequeña cantidad de PVDF) se separó de una lámina de cobre;

(2) transferir el material negativo exfoliado a un molino de bolas para moler con

bolas a 200 r/min durante 6 horas para obtener un material molido con bolas con un tamaño de partícula de 11 μm a 18 μm , y separar el grafito del PVDF mediante aventamiento de acuerdo con una diferencia de densidad; la pureza del grafito obtenido mediante este método de clasificación fue superior al 98 % y la tasa de reciclado del grafito fue del 95 %;

(3) añadir el grafito a una solución de $\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ de 0,1 mol/l y remojar durante 30 minutos, alcalinizar grupos funcionales sobre una superficie del grafito y luego lavar y secar; y

(4) calentar el asfalto industrial adquirido a 170 °C, añadir grafito, que representa el 5 % de la masa del asfalto una vez ablandado el asfalto, luego añadir un agregado AC-19, siendo una dosis de asfalto del 5 % de una dosis de agregado, y mezclar uniformemente con un agitador para obtener asfalto conductor.

Realización 5

Un método para reciclar una placa de electrodo de una batería desechada comprendía las siguientes etapas de:

(1) dismantelar una batería después de una descarga profunda, clasificar un caso, una placa positiva, un diafragma y una placa negativa de la batería respectivamente mediante clasificación manual, calentar la placa positiva y la placa negativa hasta 250 °C por resistencias internas de las placas de electrodo bajo la acción de 36 V y una corriente aplicada de 1 A respectivamente, y mantener el calentamiento durante 10 minutos, de modo que un material positivo se separó de una lámina de aluminio y un material negativo (que comprende grafito y una pequeña cantidad de PVDF) se separó de una lámina de cobre;

(2) transferir el material negativo exfoliado a un molino de bolas para moler con bolas a 200 r/min durante 6 horas para obtener un material molido con bolas con un tamaño de partícula de 11 μm a 18 μm , y separar el grafito del PVDF mediante aventamiento de acuerdo con una diferencia de densidad; la pureza del grafito

obtenido mediante este método de clasificación fue superior al 98 % y la tasa de reciclado del grafito fue del 95 %;

5 (3) añadir el grafito a una solución de hidróxido de tetrametilamonio de 0,1 mol/l y remojar durante 30 minutos, alcalinizar grupos funcionales sobre una superficie del grafito y luego lavar y secar; y

10 (4) calentar el asfalto industrial adquirido a 170 °C, añadir grafito, que representa el 10 % de la masa del asfalto una vez ablandado el asfalto, luego añadir un agregado AC-31, siendo una dosis de asfalto del 5 % de una dosis de agregado, y mezclar uniformemente con un agitador para obtener asfalto conductor.

Ejemplo comparativo 1

15 En este ejemplo comparativo, se preparó un hormigón asfáltico ordinario, que era diferente de la Realización 1 en que no se añadió grafito y el proceso específico fue el siguiente:

20 calentar el asfalto a 170 °C, añadir un agregado AC-9 después de que se hubiera ablandado el asfalto, siendo una dosis de asfalto del 5 % de una dosis de agregado, y mezclar uniformemente con un agitador para obtener hormigón asfáltico.

Ejemplo comparativo 2

25 Un método para reciclar una placa de electrodo de una batería desechada era diferente de la Realización 2 en que no era necesario el tratamiento alcalino de la etapa (3) y el proceso específico era el siguiente:

30 (1) dismantelar una batería después de una descarga profunda, clasificar un caso, una placa positiva, un diafragma y una placa negativa de la batería respectivamente mediante clasificación manual, calentar la placa positiva y la placa negativa hasta 190 °C por resistencias internas de las placas de electrodo bajo la acción de 36 V y una corriente aplicada de 1 A respectivamente, y mantener el

calentamiento durante 10 minutos, de modo que un material positivo se separó de una lámina de aluminio y un material negativo (que comprende grafito y una pequeña cantidad de PVDF) se separó de una lámina de cobre;

5 (2) transferir el material negativo exfoliado a un molino de bolas para moler con bolas a 200 r/min durante 6 horas para obtener un material molido con bolas con un tamaño de partícula de 11 μm a 18 μm , y separar el grafito del PVDF mediante aventamiento de acuerdo con una diferencia de densidad; la pureza del grafito obtenido mediante este método de clasificación fue superior al 98 % y la tasa de
10 reciclado del grafito fue del 95 %; y

(3) calentar el asfalto industrial adquirido a 170 °C, añadir grafito, que representa el 10 % de la masa del asfalto una vez ablandado el asfalto, luego añadir un agregado AC-13, siendo una dosis de asfalto del 5 % de una dosis de agregado, y mezclar
15 uniformemente con un agitador para obtener asfalto conductor.

Ejemplo experimental

1. Prueba de resistividad:

20

(1) El asfalto conductor preparado en las Realizaciones 1 a 5 y el Ejemplo Comparativo 1 se convirtió en muestras Marshall con un diámetro de 101,6 mm x 63,5 mm, y las resistividades de las muestras Marshall preparadas se probaron mediante un método de dos electrodos. Se midió mediante Keithley-2450 SourceMeter una
25 curva característica de voltios amperios y una tensión de escaneo osciló entre 0 V y 5 V. Los resultados se muestran en la Tabla 1.

Tabla 1 Resultados de pruebas de resistividad del asfalto

	Ejemplo comparativo 1	Realización 1	Realización 2	Realización 3	Realización 4	Realización 5
Resistividad ($\Omega\cdot\text{m}$)	$3,2\times 10^9$	$0,97\times 10^8$	$6,2\times 10^7$	89	28	21

(2) Basándose en la Realización 1, se ajustó una cantidad de dopaje del grafito en la etapa (4) a del 0 % en peso al 6 % en peso, y el resultado de la prueba de la resistividad del mismo se mostró en la figura 3. Se puede observar a partir de la figura 3 que cuanto mayor sea la cantidad de dopaje del grafito, menor es la resistividad, lo que indica que con el aumento del contenido de grafito, el grafito forma una red conductora en el asfalto y se mejora la conductividad del asfalto.

2. Prueba de fusión de hielo y nieve:

(1) El asfalto conductor se convirtió en muestras de 150 mm × 50 mm × 20 mm, se tomó respectivamente una pluralidad de 10 ml de agua pura para preparar cubitos de hielo a una temperatura baja de $-10\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$, los cubitos de hielo de tamaño uniforme e igual masa se pusieron sobre las muestras de ensayo de las Realizaciones 1 a 5 y el Ejemplo Comparativo 1 en un tanque térmico de $0\text{ }^{\circ}\text{C}$, y luego se aplican una tensión de 36 V y una corriente de 5 A a ambos lados de las muestras para realizar pruebas de fusión de hielo y nieve. Los resultados se muestran en la Tabla 2.

Tabla 2 Resultados de pruebas de fusión de hielo y nieve del asfalto

	Ejemplo comparativo 1	Realización 1	Realización 2	Realización 3	Realización 4	Realización 5
Tiempo de fusión (h)	>10	>10	9	1,4	2	2,4

(2) Basándose en la Realización 1, se ajustó una cantidad de dopaje del grafito en la etapa (4) a del 0 % en peso al 6 % en peso, y el resultado de la prueba de la fusión de hielo y nieve del mismo se mostró en la figura 4. Se puede observar a partir de la figura 4 que con el aumento del contenido de grafito, el tiempo de fusión del hielo y la nieve se acorta. Cuando la cantidad de dopaje alcanza el 4 % en peso, el tiempo

de descongelación es más corto. Después de esto, con el aumento del contenido del grafito, el tiempo de fusión aumenta algo. Esto se debe a que, de acuerdo con el cálculo basado en la fórmula $Q=I^2Rt$, cuando la cantidad de dopaje del grafito es pequeña, el asfalto conductor no puede formar una red conductora efectiva, lo que da como resultado una alta resistencia y sin corriente interna efectiva, lo que lleva a una baja generación de calor y, a la inversa, cuando la cantidad de grafito es excesiva, la resistencia es baja y la corriente es alta. Por lo tanto, cuando la cantidad de dopaje del grafito es moderada, el rendimiento térmico es máximo.

3. Prueba de resistencia a la compresión

Se sometió a prueba la resistencia a la compresión del asfalto conductor preparado en las Realizaciones 1 a 5 y el Ejemplo Comparativo 2 mediante un probador de resistencia a la compresión, con una velocidad de compresión de 12 mm/min y un área de contacto de 140 cm². La Tabla 3 mostró los resultados de las pruebas de pH y resistencia a la compresión de las Realizaciones 1 a 5 y el Ejemplo Comparativo 2 después del tratamiento alcalino.

Tabla 3 Resultados de las pruebas de pH y resistencia a la compresión después del tratamiento alcalino

	Ejemplo comparativo 2	Realización 1	Realización 2	Realización 3	Realización 4	Realización 5
pH	6,3	7,9	8,3	8,1	7,6	8,6
Resistencia a la compresión última (Mpa)	25,8	27,4	28,2	27,8	27,1	26,7

Las realizaciones de la presente invención se describen en detalle con referencia a los dibujos anteriores, pero la presente invención no se limita a las realizaciones anteriores, y también se pueden realizar varios cambios dentro del alcance del

conocimiento de aquellos con experiencia ordinaria en la técnica sin apartarse del propósito de la presente invención. De forma adicional, en caso de no haber conflicto, las realizaciones en la solicitud y las características en las realizaciones se pueden combinar entre sí.

REIVINDICACIONES

1. Un método para reciclar una placa de electrodo de una batería desechada, que comprende:
 - 5 S1: desmontar una batería desechada para obtener la placa de electrodo, electrificar ambos extremos de la placa de electrodo hasta que un aglutinante sobre la placa de electrodo se caliente y funda, y luego separar un material de electrodo y un colector de corriente;
 - S2: cuando la placa del electrodo es una placa negativa, moler con bolas el material
10 del electrodo separado, aventar para separar el material molido con bolas para obtener grafito y tratar el grafito con álcali; y
 - S3: añadir el grafito tratado con álcali en la etapa S2 y un agregado a asfalto ablandado y agitar para obtener asfalto conductor.
- 15 2. El método de acuerdo con la reivindicación 1, en donde en la etapa S1, cuando la placa del electrodo es una placa positiva, el material de electrodo es uno de óxido de litio, níquel, cobalto y manganeso, fosfato de hierro y litio, óxido de cobalto y litio o manganato de litio.
- 20 3. El método de acuerdo con la reivindicación 1, en donde en la etapa S1, una fuente de alimentación para la electrificación tiene una tensión de 12 V a 72 V y una corriente de 1 A a 5 A.
4. El método de acuerdo con la reivindicación 1, en donde en la etapa S1, una
25 temperatura para calentar y fundir oscila entre 180 °C y 250 °C.
5. El método de acuerdo con la reivindicación 1 o 3, en donde en la etapa S1, la electrificación dura de 10 minutos a 60 minutos.
- 30 6. El método de acuerdo con la reivindicación 1, en donde en la etapa S2, el álcali utilizado en el tratamiento alcalino tiene una concentración de 0,1 mol/l a 1 mol/l.
7. El método de acuerdo con la reivindicación 1, en donde en la etapa S2, el

material molido con bolas tiene un tamaño de partícula de 11 μm a 18 μm .

8. El método de acuerdo con la reivindicación 1 o 6, en donde en la etapa S2, el álcali utilizado en el tratamiento alcalino es uno o más de hidróxido de sodio, hidróxido de potasio, amoníaco acuoso, base de amonio cuaternario o hidróxido de tetrametilamonio.

9. El método de acuerdo con la reivindicación 1, en donde en la etapa S3, una dosis del grafito es del 1 % al 10 % de una masa del asfalto.

10

10. El método de acuerdo con la reivindicación 1, en donde en la etapa S3, el agregado se selecciona de uno o más de AC-9, AC-13, AC-16, AC-19, AC-26 o AC-31.

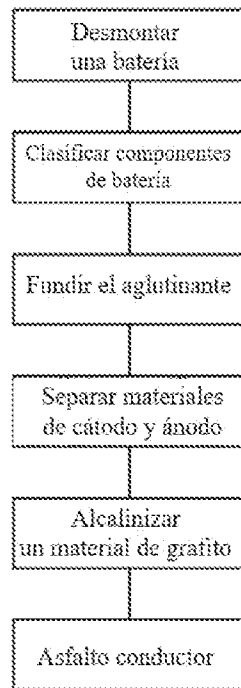


FIG. 1

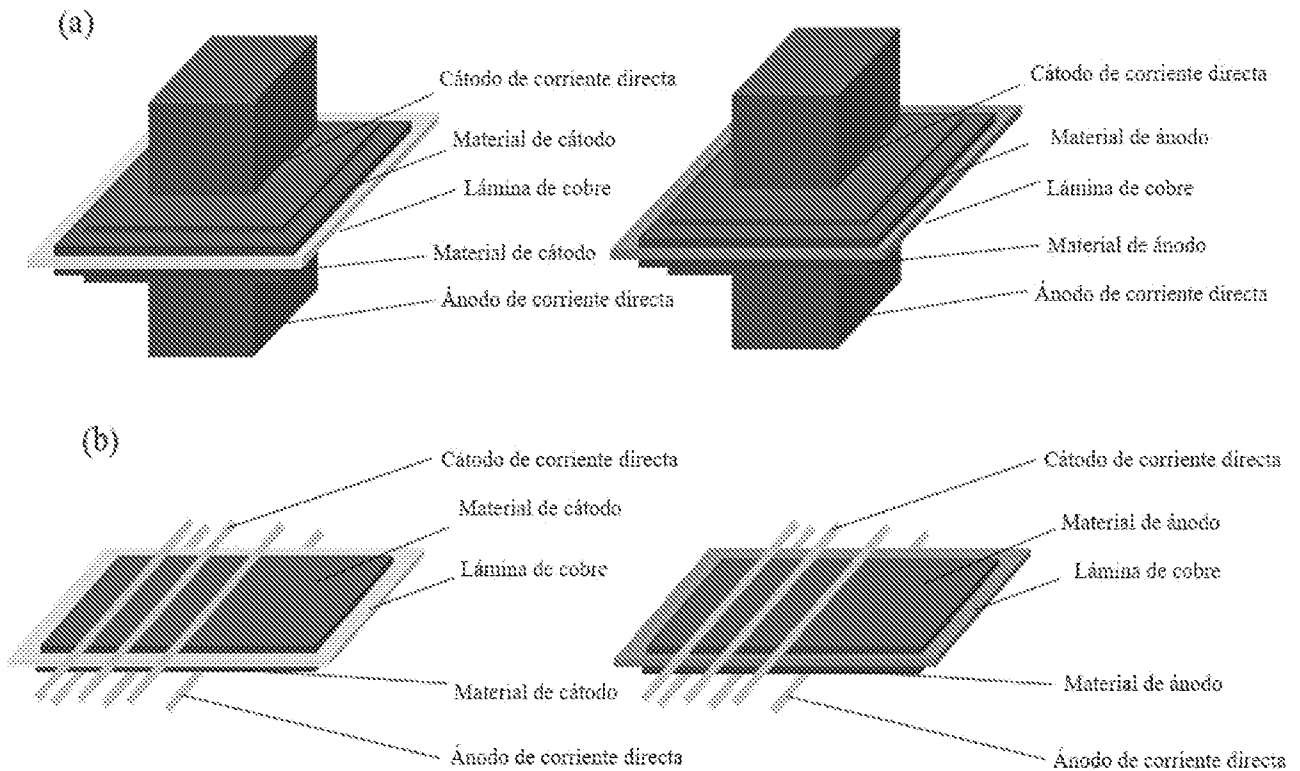


FIG. 2

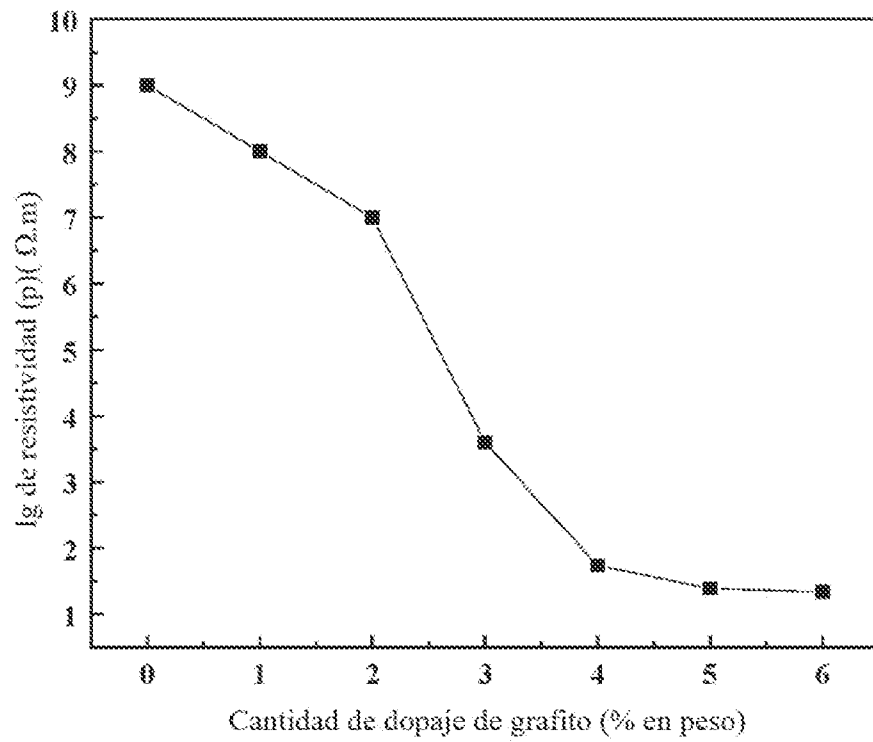


FIG. 3

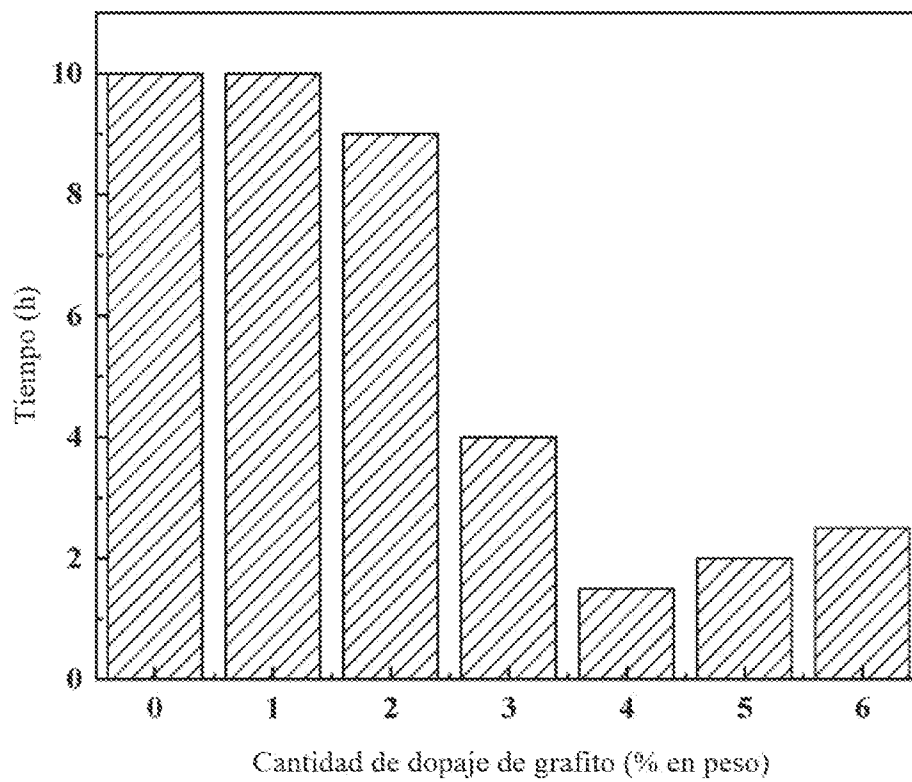


FIG. 4