

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **3 014 584**

51 Int. Cl.:

B09B 3/00 (2012.01)
B09B 5/00 (2006.01)
B02C 4/08 (2006.01)
H01M 10/54 (2006.01)
F23G 5/027 (2006.01)
F23G 5/033 (2006.01)
F23G 5/44 (2006.01)
F23G 5/46 (2006.01)
B09B 3/35 (2012.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **30.04.2021** **PCT/CN2021/091567**
87 Fecha y número de publicación internacional: **03.03.2022** **WO22041822**
96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **30.04.2021** **E 21859669 (0)**
97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **19.02.2025** **EP 4194114**

54 Título: **Método de craqueo al vacío y aparato de craqueo para baterías de tracción**

30 Prioridad:

24.08.2020 CN 202010857403

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la
traducción de la patente:
23.04.2025

73 Titular/es:

**GUANGDONG BRUNP RECYCLING
TECHNOLOGY CO., LTD. (33.33%)
No. 6 Zhixin Avenue Leping Town Sanshui
District
Foshan, Guangdong 528137, CN;
HUNAN BRUNP RECYCLING TECHNOLOGY CO.,
LTD. (33.33%) y
HUNAN BRUNP EV RECYCLING CO., LTD.
(33.33%)**

72 Inventor/es:

**YU, HAIJUN;
XIE, YINGHAO y
WU, BENBEN**

74 Agente/Representante:

ELZABURU, S.L.P

ES 3 014 584 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 craqueo al vacío y aparato de craqueo para baterías de tracción

Campo técnico

5 La presente descripción pertenece al campo del reciclaje de baterías de energía y se refiere particularmente a un método de craqueo al vacío y a un aparato de craqueo para una batería de energía.

Antecedentes

10 Según las estadísticas del Ministerio de Industria y Tecnología de la Información, la producción y las ventas de vehículos de energías renovables en China fueron de 1.242.000 y 1.206.000 respectivamente en 2019. En 2019, la producción de baterías de iones de litio fue de 15,72 billones con un aumento del 4,0% respecto al año anterior. La vida útil de la batería pequeña 3C es generalmente de 1-2 años, y la vida útil de la batería de energía es generalmente de 3-5 años. Es probable que una gran cantidad de aplicaciones de baterías conduzcan a desechar una gran cantidad de baterías. Si las baterías usadas no se tratan de manera efectiva, causarán graves daños al medio ambiente. Las baterías usadas contienen sustancias orgánicas tales como separadores, aglutinantes y electrolitos, que deben someterse a un tratamiento inocuo a alta temperatura durante el tratamiento.

15 El método tradicional de tratamiento a alta temperatura es un método que utiliza pirólisis aeróbica o craqueo anaeróbico de forma individual. El método tradicional de pirólisis aeróbica produce fácilmente dioxinas en el procedimiento de pirólisis y existe el riesgo de contaminación secundaria; y además, la pirólisis produce mucho calor y no se puede recuperar, lo que dificulta el control de la temperatura en un horno. El método tradicional de craqueo anaeróbico produce alquitrán, coques y otros productos después del craqueo, los productos de descomposición tienen un impacto negativo en el procedimiento de reciclaje de baterías posterior, dando como resultado problemas de aumento del consumo de ácido y álcali, residuos de desechos sólidos y la dificultad del tratamiento de aguas residuales y similares, por lo que la limitación es obvia.

20 Zhou LiFeng et al. comparan algunas ventajas y desventajas entre el procedimiento hidrometalúrgico, el procedimiento pirometalúrgico y el procedimiento de reciclaje físico directo (Zhou L-F, Yang D, Du T, Gong H y Luo W-B (2020) "The Current Process for the Recycling of Spent Lithium Ion Batteries". *Front. Chem.* 8:578044. doi: 10.3389/fchem.2020.578044). Se indica que la pirometalurgia podría producir baja eficiencia de recuperación, alto consumo de energía y la producción de gases tóxicos (dioxinas, furanos, etc.). Por lo tanto, existe la necesidad de desarrollar un método y un aparato de reciclado con alta tasa de recuperación, bajo consumo de energía y bajo peligro para el medio ambiente. El documento CN112139203A describe otra técnica anterior conocida.

Resumen

30 El objetivo de la presente descripción es proporcionar un método de craqueo y un aparato de craqueo para una batería de energía. En el método, combinando el craqueo de baterías y la pirólisis de baterías, se puede evitar la contaminación secundaria y el impacto de los productos craqueados en los procedimientos posteriores, y se puede recuperar el calor después del craqueo.

35 Con el fin de lograr el objetivo anterior, la presente descripción adopta la siguiente solución técnica.

Un método de craqueo al vacío para una batería de energía incluye las siguientes etapas:

(1) después de ser descargadas, las baterías de energía usadas se alimentan desde una tolva de alimentación y luego entran en una prensa de rodillos para el tratamiento por los rodillos para obtener un material triturado;

40 (2) el material triturado es transportado a una unidad de craqueo a través de una primera unidad de sellado para el precalentamiento, luego se calienta y se craquea bajo una atmósfera inerte o al vacío para obtener gas craqueado, productos craqueados sólidos y productos no craqueables; y

45 (3) los productos craqueados sólidos y los productos no craqueables son transportados a una unidad de pirólisis a través de una segunda unidad de sellado para la pirólisis en una atmósfera aeróbica para obtener gas de pirólisis y productos no pirolizados; el gas de pirólisis está compuesto principalmente de dióxido de carbono y vapor de agua, y los productos no pirolizados son principalmente polvo de material catódico, polvo de material anódico, polvo de cobre, polvo de hierro, polvo de aluminio y óxidos de cobre, hierro y aluminio.

Preferiblemente, la etapa (1) incluye además tratamiento de descarga de las baterías de energía usadas antes del paso por los rodillos.

50 Preferiblemente, en la etapa (1), el paso por los rodillos se realiza con una presión de 50-150 MPa, una velocidad de rotación de 0,5-2 m/s y una anchura del espacio entre rodillos de 5-50 mm.

Preferiblemente, en la etapa (2), el craqueo es un craqueo en gradiente con temperaturas en gradiente de 350-450°C, 450-550°C y 550-650°C y un tiempo de craqueo de 0,2-5 h.

Preferiblemente, en la etapa (2), el calentamiento se realiza a una velocidad de calentamiento de 3-10°C/min.

Preferiblemente, en la etapa (2), el gas craqueado es una mezcla de alquenos y alcanos C3-C12.

Preferiblemente, en la etapa (2), el precalentamiento se realiza a una temperatura de 100-200°C.

5 Preferiblemente, en la etapa (2), la atmósfera inerte es una atmósfera de nitrógeno; y la presión de vacío es de 10-30 kPa.

Preferiblemente, en la etapa (2), el gas craqueado se utiliza como un combustible para la pirólisis en la etapa (3).

Preferiblemente, en la etapa (3), una temperatura de pirólisis es de 400-600°C, un tiempo de pirólisis es de 0,5-5 h, una presión de pirólisis es presión atmosférica, la atmósfera es aire y una velocidad de rotación de una paleta de pirólisis es de 5-60 r/min.

10 Preferiblemente, en la etapa (3), el polvo de material catódico es uno de níquel-cobalto-litio-manganeso, litio-fosfato de hierro o litio-manganeso; y el polvo de material anódico es uno de grafito o titanato de litio.

Preferiblemente, en la etapa (3), los elementos metálicos valiosos tales como los metales Li, Ni, CO y Mn se extraen además del polvo de material catódico o del polvo de material anódico mediante un método hidrometalúrgico comúnmente utilizado en la técnica.

15 Un aparato de craqueo al vacío para la batería de energía incluye un cilindro y además incluye los siguientes componentes dispuestos secuencialmente de arriba a abajo:

una unidad de rodillos, dispuesta en el cilindro y que incluye una pluralidad de rodillos de presión dispuestos a intervalos en una dirección vertical y un quinto aparato de accionamiento para accionar la rotación de los rodillos de presión;

20 la primera unidad de sellado, dispuesta en el cilindro;

una unidad de craqueo, dispuesta en el cilindro y que incluye un primer calentador, una primera entrada de aire, una primera salida de aire y una tubería, donde el primer calentador está dispuesto fuera del cilindro y calienta la superficie exterior del cilindro, y la tubería está conectada con el primer calentador y la primera salida de aire;

la segunda unidad de sellado, dispuesta en el cilindro;

25 una unidad de pirólisis, dispuesta en el cilindro y que incluye un segundo calentador, una segunda entrada de aire, una segunda salida de aire, una primera paleta agitadora y una primera unidad de accionamiento para accionar la rotación de la primera paleta agitadora, donde el segundo calentador está dispuesto fuera del cilindro para hacer que el segundo calentador caliente la superficie exterior del cilindro, y el segundo calentador está conectado con la tubería; y

30 la tercera unidad de sellado, dispuesta en el cilindro.

Según algunas realizaciones de la presente descripción, la unidad de craqueo incluye además un primer tornillo dispuesto transversalmente, una segunda unidad de accionamiento, un cuerpo de cilindro, una hélice, una tercera unidad de accionamiento y una primera placa inferior. La segunda unidad de accionamiento se utiliza para accionar el primer tornillo para que gire, la tercera unidad de accionamiento se utiliza para accionar la hélice para que gire, el

35 cuerpo de cilindro está instalado debajo del primer tornillo, la primera placa inferior está instalada debajo del cuerpo de cilindro, y la hélice está situada en el cuerpo de cilindro e instalada sobre la primera placa inferior; el diámetro del cuerpo de cilindro es menor que el del cilindro, una abertura del cuerpo de cilindro está orientada hacia abajo, y se forma un espacio libre entre la abertura del cuerpo de cilindro y la primera placa inferior; y el husillo de la hélice es hueco, donde el material craqueado cae sobre la segunda unidad de sellado a través de la parte hueca del husillo.

40 Además, según algunos ejemplos de la presente descripción, hay formados agujeros de guía de aire en el husillo y en el cuerpo del cilindro respectivamente.

Además, según algunos ejemplos de la presente descripción, la primera paleta mezcladora incluye un primer eje y una pluralidad de grupos de palas, la pluralidad de grupos de palas están distribuidos en el primer eje a intervalos, cada grupo de palas incluye una pluralidad de primeras palas, y una pluralidad de primeras palas están dispuestas

45 circunferencialmente en la superficie exterior del primer eje a intervalos.

Además, según algunos ejemplos de la presente descripción, cada una de la primera unidad de sellado, la segunda unidad de sellado y la tercera unidad de sellado incluye una columna circular, un tapón y una cuarta unidad de accionamiento, donde la superficie exterior de la columna circular está contigua a la superficie interior del cilindro, hay una ranura guía formada en la parte media de la columna circular, el tapón se mueve hacia arriba y hacia abajo a lo

50 largo de la ranura guía, la cuarta unidad de accionamiento se utiliza para accionar el movimiento del tapón, y hay formadas una pluralidad de ranuras de vertido en la columna circular y están conectadas con la ranura guía y la parte

inferior de la columna circular respectivamente.

Además, según algunos ejemplos de la presente descripción, cada rodillo de presión está provisto de una pluralidad de primeros dientes de fresado y una pluralidad de segundos dientes de fresado con los diámetros más pequeños que los de los primeros dientes de fresado; y por cada dos rodillos de presión, los primeros dientes de fresado del rodillo de presión superior se corresponden con los segundos dientes de fresado del rodillo de presión inferior, y los segundos dientes de fresado del rodillo de presión superior se corresponden con los primeros dientes de fresado del rodillo de presión inferior.

Además, según algunos ejemplos de la presente descripción, una unidad de alimentación está dispuesta por encima de una unidad de rodillos, está instalada sobre el cilindro e incluye una tolva de alimentación, un puerto de descarga y una sexta unidad de accionamiento. Una ranura de alimentación está formada en la tolva de alimentación, la parte inferior de la ranura de alimentación está conectada con el puerto de descarga, el puerto de descarga está conectado con el cilindro, un segundo tornillo está dispuesto en la ranura de alimentación, y la sexta unidad de accionamiento se utiliza para accionar el segundo tornillo para que gire.

Además, según algunos ejemplos de la presente descripción, la cuarta unidad de accionamiento incluye un vástago roscado, una rueda helicoidal, un tornillo sinfín y un primer motor. En la parte media del tapón hay formado un agujero pasante y está provisto de roscas, el tapón está conectado con el vástago roscado, el vástago roscado está conectado con la rueda helicoidal, la rueda helicoidal está conectada con el tornillo sinfín y el tornillo sinfín está conectado con el primer motor.

Además, según algunos ejemplos de la presente descripción, la superficie del extremo superior de cada columna circular tiene una forma cónica.

Además, según algunos ejemplos de la presente descripción, la forma de la vista principal de la pluralidad de grupos de palas instalados en el primer eje coincide con la forma de la superficie del extremo superior de la columna circular de la tercera unidad de sellado.

Efectos beneficiosos:

1. En el método de craqueo al vacío de la presente descripción, combinando el craqueo de baterías con la pirólisis de baterías, se utilizan completamente las ventajas de tanto del craqueo de baterías como de la pirólisis de baterías, y se superan las desventajas del craqueo de baterías y la pirólisis de baterías, de modo que se evita el daño de producir dioxinas por el procedimiento de pirólisis tradicional, la pirólisis se lleva a cabo después del craqueo, y el alquitrán y los coques producidos después del craqueo se descomponen completamente mediante pirólisis aeróbica, de modo que se resuelven los problemas de aumento del consumo de ácido y álcali, residuos de desechos sólidos y la dificultad del tratamiento de aguas residuales y similares causados por subproductos del procedimiento de craqueo único tradicional para el procedimiento posterior; y al utilizar el gas craqueado descargado después del craqueo como combustible para el craqueo y la pirólisis o precalentar una unidad de pirólisis, se utilizan completamente los recursos.

2. Para el aparato de craqueo para la batería de energía de la presente descripción, la primera unidad de sellado, la segunda unidad de sellado y la tercera unidad de sellado están instaladas para aislar la unidad de craqueo de la unidad de pirólisis y ser capaces de realizar la transmisión de material y el aislamiento de gas sin interferencias entre sí, de modo que se evita la agitación de gas entre una zona anaeróbica y una zona aeróbica, se aumenta el rendimiento del gas craqueado y se evita eficazmente al mismo tiempo la producción de subproductos dañinos.

3. Con un diseño de paleta de craqueo en espiral de la presente descripción en un horno vertical, se puede lograr el craqueo controlado por temperatura en gradiente de las baterías usadas estableciendo diferentes temperaturas en diferentes posiciones del calentador de la unidad de craqueo en el procedimiento de transmisión ascendente de materiales, de modo que diferentes tipos de sustancias orgánicas en las baterías usadas son craqueadas paso a paso y finalmente son craqueadas por completo para obtener el gas craqueado objetivo con un alto valor calorífico.

4. La presente descripción emplea una unidad integrada de paso por los rodillos, craqueo y pirólisis para realizar el paso por los rodillos, craqueo y pirólisis de las baterías usadas en una sola etapa completamente cerrada, simplifica la conexión de transmisión intermedia, evita eficazmente el escape de polvo, purifica el entorno sanitario de un lugar de trabajo y aumenta la tasa de recuperación de níquel, cobalto, manganeso, litio y otros metales.

Breve descripción de los dibujos

Aspectos y ventajas adicionales de la presente descripción serán evidentes y fáciles de entender a partir de la descripción de realizaciones en combinación con los siguientes dibujos, donde:

La Fig. 1 es un diagrama estructural de una vista frontal del interior de un cilindro de un aparato de craqueo de una batería de energía según la realización 1 de la presente descripción;

La Fig. 2 es un diagrama estructural parcialmente ampliado de la conexión entre una tercera unidad de sellado y una unidad de pirólisis como se muestra en la Fig. 1;

La Fig. 3 es un diagrama estructural de una primera paleta mezcladora como se muestra en la Fig. 1;

La Fig. 4 es un diagrama estructural parcialmente ampliado de una unidad de rodillos como se muestra en la Fig. 1;

La Fig. 5 es un diagrama estructural parcialmente ampliado de una unidad de alimentación como se muestra en la Fig. 1.

- 5 Números de referencia: cilindro 100, primera unidad de sellado 200, columna circular 210, ranura de guía 211, ranura de vertido 212, tapón 220, agujero pasante 221, cuarta unidad de accionamiento 230, vástago roscado 231, rueda helicoidal 232, tornillo sinfín 233, primer motor 234, unidad de craqueo 300, primer calentador 310, capa de aislamiento térmico 311, primera entrada de aire 320, primera salida de aire 330, tubería 340, primer tornillo 350, segunda unidad de accionamiento 351 cuerpo del cilindro 360, espacio libre 361, agujero de guía de aire 362, hélice 370, tercera unidad de accionamiento 371, husillo 372, primera placa inferior 380, segunda unidad de sellado 400, unidad de pirólisis 500, segundo calentador 510, segunda entrada de aire 520, segunda salida de aire 530, primera paleta mezcladora 540, primer eje 541, grupo de paletas 542, primera paleta 5421, primera unidad de accionamiento 550, tercera unidad de sellado 600, unidad de rodillos 700, rodillo de presión 710, primeros dientes de fresado 711, segundos dientes de fresado 712, quinta unidad de accionamiento 720, unidad de alimentación 800, tolva de alimentación 810, ranura de alimentación 811, puerto de descarga 820, sexta unidad de accionamiento 830, segundo tornillo 840, unidad de descarga 900, primer tope 910, tercer tornillo 920, abertura de descarga 930 y segundo motor 940.

Descripción detallada

20 Con el fin de facilitar la comprensión de la solución técnica de la presente descripción por los expertos en la técnica, se mencionan las siguientes realizaciones para la descripción. Cabe señalar que las siguientes realizaciones no limitan el alcance de protección definido por la presente descripción.

A menos que se especifique lo contrario, todas las materias primas, reactivos o aparatos utilizados en las siguientes realizaciones pueden obtenerse de canales comerciales convencionales o mediante métodos conocidos existentes.

Realización 1

Un método de craqueo al vacío para una batería de energía, que incluye las siguientes etapas:

- 25 (1) después de ser descargadas, las baterías de energía usadas son alimentadas desde una unidad de alimentación 800 y luego entran en una unidad de rodillos 700 con una presión de 100 MPa y una velocidad de rotación de 1 m/s para el tratamiento por los rodillos para obtener un material triturado;
- 30 (2) el material triturado es transportado a una unidad de craqueo 300 a través de una primera unidad de sellado 200, se precalienta a 200°C, luego se calienta a 350-450°C, 450-550°C y 550-650°C a una velocidad de calentamiento de 6°C/min y se somete a craqueo en gradiente durante 2,5 h en una atmósfera inerte para obtener un gas mixto de alquenos y alcanos C3-C12, productos craqueados sólidos y productos no craqueables; y
- 35 (3) los productos craqueados sólidos y los productos no craqueables son transportados a una unidad de pirólisis 500 a través de una segunda unidad de sellado 400 para la pirólisis durante 3 h en una atmósfera de aire y 500°C para obtener gas de pirólisis y productos no pirolizados, donde el gas de pirólisis está compuesto principalmente de dióxido de carbono y vapor de agua, y los productos no pirolizados son principalmente polvo de material catódico, polvo de material anódico, polvo de cobre, polvo de hierro, polvo de aluminio y óxidos de cobre, hierro y aluminio.

Realización 2

Un método de craqueo al vacío para una batería de energía, que incluye las siguientes etapas:

- 40 (1) después de ser descargadas, las baterías de energía usadas son alimentadas desde una unidad de alimentación 800 y luego entran en una unidad de rodillos 700 con una presión de 100 MPa y una velocidad de rotación de 1 m/s para el tratamiento por los rodillos para obtener un material triturado;
- 45 (2) el material triturado es transportado a la unidad de craqueo 300 a través de una primera unidad de sellado 200, se precalienta a 200°C, luego se calienta a 350-450°C, 450-550°C y 550-650°C a una velocidad de calentamiento de 6°C/min y se somete a craqueo en gradiente durante 2,5 h en una atmósfera inerte para obtener gas mixto de alquenos y alcanos C3-C12, productos craqueados sólidos y productos no craqueables; y
- 50 (3) los productos craqueados sólidos y los productos no craqueables son transportados a una unidad de pirólisis 500 a través de una segunda unidad de sellado 400 para la pirólisis durante 3 h en una atmósfera de aire y 500°C para obtener gas de pirólisis y productos no pirolizados, donde el gas de pirólisis está compuesto principalmente de dióxido de carbono y vapor de agua, y los productos no pirolizados son principalmente polvo de material catódico, polvo de material anódico, polvo de cobre, polvo de hierro, polvo de aluminio y óxidos de cobre, hierro y aluminio.

Realización 3

Un método de craqueo al vacío para una batería de energía, que incluye las siguientes etapas:

(1) después de ser descargadas, las baterías de energía usadas se alimentan desde una unidad de alimentación 800 y luego entran en una unidad de rodillos 700 con una presión de 100 MPa y una velocidad de rotación de 0,5-2 m/s para el tratamiento por los rodillos para obtener un material triturado;

(2) el material triturado es transportado a una unidad de craqueo 300 a través de una primera unidad de sellado 200, se precalienta a 200°C, luego se calienta a 350-450°C, 450-550°C y 550-650°C a una velocidad de calentamiento de 6°C/min y se somete a craqueo en gradiente durante 2 h en una atmósfera inerte para obtener gas mixto de alquenos y alcanos C3-C12, productos craqueados sólidos y productos no craqueables; y

(3) los productos craqueados sólidos y los productos no craqueables son transportados a una unidad de pirólisis 500 a través de una segunda unidad de sellado 400 para la pirólisis durante 4 h en una atmósfera de aire y 500°C para obtener gas de pirólisis y productos no pirolizados, donde el gas de pirólisis está compuesto principalmente de dióxido de carbono y vapor de agua, y los productos no pirolizados son principalmente polvo de material catódico, polvo de material anódico, polvo de cobre, polvo de hierro, polvo de aluminio y óxidos de cobre, hierro y aluminio.

Ejemplo comparativo 1

Un método de craqueo anaeróbico de una batería de energía, que incluye las siguientes etapas:

(1) las baterías de energía usadas se descargan y se someten al paso por los rodillos a una presión de 100 MPa y una velocidad de rotación de 1 m/s para obtener un material triturado; y

(2) el material triturado se piroliza durante 4 h en una atmósfera de nitrógeno y 500°C para obtener polvo de material catódico (tal como níquel-cobalto-litio-manganeso, litio-fosfato de hierro y litio-manganeso), polvo de material anódico (tal como grafito y titanato de litio), polvo de cobre, polvo de hierro, polvo de aluminio, gas de pirólisis, aceite de pirólisis y coques.

Ejemplo comparativo 2

Un método de craqueo aeróbico de una batería de energía, que incluye las siguientes etapas:

(1) las baterías de energía usadas se descargan y se someten al paso por los rodillos a una presión de 100 MPa y una velocidad de rotación de 1 m/s para obtener un material triturado; y

(2) el material triturado se piroliza durante 4 h en atmósfera aeróbica y 500°C para obtener productos que son principalmente polvo de material catódico, polvo de material anódico, polvo de cobre, polvo de hierro, polvo de aluminio, óxidos de cobre, hierro y aluminio y dioxinas.

Se lleva a cabo la detección en las salidas de aire de las realizaciones 1-3 y los ejemplos comparativos 1-2 para obtener resultados como se muestra en las Tablas 1-4.

Tabla 1 Resultados de la detección en las salidas de gases de pirólisis y craqueo en la realización 1

Sitio de toma de muestra de gas	Concentración de COV ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Rendimiento del gas de pirólisis	Concentración de dioxinas (pg/m^3)
Salida del gas de craqueo	/	36%	/
Salida del gas de pirólisis	<1	<1	<0.1

Tabla 2 Resultados de la detección en las salidas de gases de craqueo y pirólisis en la realización 2

Sitio de toma de muestra de gas	Concentración de COV ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Rendimiento del gas de pirólisis	Concentración de dioxinas (pg/m^3)
Salida del gas de craqueo	/	38%	/
Salida del gas de pirólisis	<1	<1	<0.1

Tabla 3 Resultados de la detección en las salidas de gases de pirólisis y craqueo en la realización 3

Sitio de toma de muestra de gas	Concentración de COV ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Rendimiento del gas de pirólisis	Concentración de dioxinas (pg/m^3)
Salida del gas de craqueo	/	42%	/
Salida del gas de pirólisis	<1	<1	<0.1

Tabla 4 Resultados de la detección en las salidas de gases de craqueo y pirólisis en los ejemplos comparativos 1-2

Ubicación de muestreo de gas	Concentración de COV ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Rendimiento del gas de pirólisis	Concentración de dioxinas (pg/m^3)
Ejemplo comparativo 1	/	17%	166
Ejemplo comparativo 2	170	/	450

5 Para el ejemplo comparativo 1, se utiliza únicamente craqueo anaeróbico, aunque el craqueo anaeróbico puro consume relativamente mucha energía y tiene un tiempo de reacción largo. El craqueo tradicional es craqueo estático, mediante el cual los reactivos sólidos no se mueven, los materiales del cátodo y el ánodo y el carbono producidos por el craqueo pueden cubrir las sustancias orgánicas que se van a craquear, de modo que se inhibe que se produzca de forma continua la reacción de craqueo y el rendimiento del gas craqueado es relativamente bajo.

10 Las desventajas de utilizar únicamente la pirólisis aeróbica según el ejemplo comparativo 2 son las siguientes: (1) pueden producirse dioxinas y causar una contaminación ambiental relativamente grande, y no se pueden producir productos que se puedan reutilizar (gas craqueado); (2) después de la ignición, las sustancias orgánicas se pueden quemar instantáneamente y la temperatura en un horno se puede elevar rápidamente, de modo que el control de la temperatura en el horno y el control del procedimiento de reacción son difíciles, y el grado de combustión es probable
15 que no se controle; y (3) un horno de pirólisis normalmente no está sellado, de modo que una cierta cantidad de gas de cola puede escapar durante la reacción, lo cual perjudica el medio ambiente.

Después de que las baterías de energía usadas se tratan mediante el método de craqueo al vacío de la presente descripción, el rendimiento del gas craqueado es alto, el gas craqueado ha combustionado completamente y no se producen dioxinas ni casi ningún COV.

20 Con referencia a la Fig. 1, el aparato de craqueo al vacío para la batería de energía según la realización 1 de la presente descripción incluye un cilindro 100 e incluye además los siguientes componentes dispuestos secuencialmente de arriba a abajo:

una unidad de rodillos 700, que incluye una pluralidad de rodillos de presión 710 dispuestos a intervalos en una dirección vertical y una quinta unidad de accionamiento 720 para accionar la rotación de los rodillos de presión 710,
25 donde cada rodillo de presión 710 está provisto de una pluralidad de primeros dientes de fresado 711 y una pluralidad de segundos dientes de fresado 712 con los diámetros más pequeños que los de los primeros dientes de fresado 711;

una primera unidad de sellado 200, dispuesta en la parte superior del cilindro 100;

una unidad de craqueo 300, dispuesta en el cilindro 100 y que incluye un primer calentador 310, una primera entrada de aire 320, una primera salida de aire 330 y una tubería 340, donde el primer calentador 310 está dispuesto fuera del
30 cilindro 100 para hacer que el primer calentador 310 caliente la superficie exterior del cilindro 100, y la tubería 340 está conectada con el primer calentador 310 y la primera salida de aire 330;

una segunda unidad de sellado 400, dispuesta en el cilindro 100;

una unidad de pirólisis 500, dispuesta en el cilindro 100 y que incluye un segundo calentador 510, una segunda entrada de aire 520, una segunda salida de aire 530, una primera paleta agitadora 540 y una primera unidad de accionamiento 550 para accionar la rotación de la primera paleta agitadora 540, donde el segundo calentador 510 está dispuesto
35 fuera del cilindro 100 para hacer que el segundo calentador 510 caliente la superficie exterior del cilindro 100, y el segundo calentador 510 está conectado con la tubería 340; y

una tercera unidad de sellado 600, dispuesta en el cilindro 100.

40 Por ejemplo, como se muestra en la Fig. 1, el cilindro 100 está colocado verticalmente; el primer calentador 310 y el segundo calentador 510 son quemadores de gas cilíndricos que utilizan gas craqueado como un combustible, específicamente, haciendo referencia a los quemadores de gas cilíndricos existentes; la primera unidad de sellado

200, la segunda unidad de sellado 400 y la tercera unidad de sellado 600 se utilizan para sellar la unidad de craqueo 300 y la unidad de pirólisis 500 y transportar materiales; y específicamente, la primera unidad de sellado 200, la segunda unidad de sellado 400 y la tercera unidad de sellado 600 pueden ser válvulas de conmutación, o pueden estar diseñadas además de tal manera que una placa móvil y un cilindro de aire utilizado para accionar el movimiento de la placa móvil estén dispuestos en el cilindro 100, y la placa móvil se mueva de izquierda a derecha para realizar funciones de sellado y transporte; y la primera unidad de accionamiento 550 puede ser un motor para girar el cilindro de aire.

Procedimiento de trabajo: las baterías usadas pasan a través de la tolva de alimentación 810 y luego entran en la unidad de rodillos 700. En primer lugar, las baterías usadas pasan a través de una zona de rodillos, se fracturan o rompen bajo la acción de los rodillos de presión y luego entran en una zona de almacenamiento temporal; la primera unidad de sellado 200 se abre, de modo que las baterías trituradas por los rodillos caen a la unidad de craqueo 300, se introduce nitrógeno a través de la primera entrada de aire 320, y se activa el primer calentador 310, de modo que las baterías trituradas por los rodillos se calientan en nitrógeno para ser craqueadas; en el procedimiento de craqueo de las baterías, se pueden producir el gas craqueado, los productos craqueados sólidos y los productos no craqueables; el gas craqueado se descarga en la tubería 340 a través de la primera salida de gas 330, y la tubería 340 proporciona continuamente el gas craqueado al primer calentador 310 y precalienta el primer calentador 310, de modo que el primer calentador 310 se repone con el combustible, y luego se asegura que el primer calentador 310 caliente continuamente la batería triturada; después del craqueo, la segunda unidad de sellado 400 se abre para permitir que los productos craqueados sólidos y los productos no craqueables caigan en la unidad de pirólisis 500, luego la primera unidad de sellado 200 y la segunda unidad de sellado 400 se cierran para sellar la unidad de craqueo 300, y al mismo tiempo, la unidad de craqueo 300 craquea el siguiente lote de baterías usadas, de modo que se asegura la producción continua del gas craqueado, y luego se asegura el suministro de combustible al primer calentador 310 y al segundo calentador 510; se introduce oxígeno en la unidad de pirólisis 500 a través de la segunda entrada de aire 520, y se ponen en marcha al mismo tiempo el segundo calentador 510 y la primera paleta agitadora 540, de modo que los productos craqueados sólidos y los productos no craqueables dan vueltas continuamente en un estado que contiene oxígeno, de modo que los productos craqueados producidos generados después del craqueo de las baterías usadas se descomponen por completo; y el gas de cola después de la pirólisis se descarga de la unidad de pirólisis 500 a través de un puerto de escape, y las baterías pirolizadas se descargan y enfrían a través de la tercera unidad de sellado 600 y luego entran en el siguiente procedimiento de tratamiento.

Para el aparato de craqueo al vacío para la batería de energía según las realizaciones de la presente descripción, la primera unidad de sellado, la segunda unidad de sellado y la tercera unidad de sellado están instaladas para aislar la unidad de craqueo 300 de la unidad de pirólisis 500 y ser capaces de realizar la transmisión de material y el aislamiento de gas sin interferencias entre sí, de modo que se evita la agitación de gas entre una zona anaeróbica y una zona aeróbica, se aumenta el rendimiento del gas craqueado y se evita eficazmente al mismo tiempo la producción de subproductos dañinos tales como dioxinas; y combinando el craqueo de baterías con la pirólisis de baterías, se utilizan plenamente las ventajas tanto del craqueo de baterías como de la pirólisis de baterías, y se superan las desventajas del craqueo de baterías y de la pirólisis de baterías, por ejemplo, las baterías se craquean para evitar el daño de producir las dioxinas mediante el procedimiento de pirólisis tradicional; la pirólisis se lleva a cabo después del craqueo, y el alquitrán y los coques producidos después del craqueo se descomponen completamente por medio de la pirólisis aeróbica, de modo que el problema del aumento del consumo de ácido y álcali, los residuos de desechos sólidos y la dificultad del tratamiento de aguas residuales y similares causados por los subproductos del procedimiento de craqueo único tradicional para el procedimiento posterior se resuelven; y utilizando el gas craqueado descargado después del craqueo como combustible para el craqueo y la pirólisis o el precalentamiento de la unidad de pirólisis, se utilizan completamente los recursos.

En algunas realizaciones de la presente descripción, como se muestra en la Fig. 1, la unidad de craqueo 300 incluye además un primer tornillo 350 dispuesto transversalmente, una segunda unidad de accionamiento 351, un cuerpo de cilindro 360, una hélice 370, una tercera unidad de accionamiento 371 y una primera placa inferior 380. La segunda unidad de accionamiento 351 se utiliza para accionar el primer tornillo 350 para que gire, la tercera unidad de accionamiento 371 se utiliza para accionar la hélice 370 para que gire, el cuerpo de cilindro 360 está instalado debajo del primer tornillo 350, la primera placa inferior 380 está instalada debajo del cuerpo de cilindro 360, y la hélice 370 se encuentra en el cuerpo de cilindro 360 y está instalada sobre la primera placa inferior 380; el diámetro del cuerpo del cilindro 360 es más pequeño que el del cilindro 100, una abertura del cuerpo del cilindro 360 mira hacia abajo y se forma un espacio libre 361 entre la abertura del cuerpo del cilindro 360 y la primera placa inferior 380; y un husillo 372 de la hélice 370 es hueco, donde el material craqueado cae sobre la segunda unidad de sellado 400 a través de la parte hueca del husillo 372. Por ejemplo, durante el funcionamiento, la segunda unidad de accionamiento 351 se pone en marcha para permitir que el primer tornillo 350 gire, la segunda unidad de sellado 400, la primera unidad de calentamiento y la tercera unidad de accionamiento 371 se abren para permitir que las baterías usadas trituradas caigan sobre el primer tornillo 350, y el primer tornillo 350 empuja las baterías usadas para que se muevan para caer sobre la primera placa inferior 380 desde un espacio entre la pared interior del cilindro 100 y la superficie exterior del cuerpo del cilindro 360, las baterías usadas son calentadas por el primer calentador 310 en el proceso de caída, la batería usada en la parte inferior es elevada a la parte superior de la hélice 370 por la hélice giratoria 370, y puesto que el husillo 372 de la hélice 370 es hueco, la batería usada en la parte superior cae en el husillo 372 y espera a que se abra la segunda unidad de sellado 400; puesto que las baterías usadas se calientan por primera vez en el proceso

de caída y son elevadas por la hélice 370 para un calentamiento secundario, se logra el craqueo en gradiente y el craqueo completo de las baterías usadas, y así se produce el gas craqueado con un alto valor calorífico; el gas craqueado con el alto valor calorífico se conduce al segundo calentador 510 a través de la tubería 340 para permitir que el segundo calentador 510 sea precalentado por el gas craqueado con el alto valor calorífico, de modo que se reduce el tiempo de precalentamiento de la unidad de pirólisis 500 y se aumenta la velocidad de pirólisis; y la segunda unidad de accionamiento 351 y la tercera unidad de accionamiento 371 pueden ser motores y cilindros giratorios, una rueda helicoidal está conectada con el husillo 372, el tornillo sinfín 233 está conectado con la rueda helicoidal y un tornillo sinfín 233 está conectado con el motor.

En un ejemplo adicional de la presente descripción, como se muestra en la Fig. 1, tanto el husillo 372 como el cuerpo del cilindro 360 están provistos de agujeros de guía de aire 362 respectivamente para descargar el gas de pirólisis en el husillo 372 y el gas de pirólisis en el cuerpo del cilindro 360.

En un ejemplo adicional de la presente descripción, como se muestra en las Figs. 1 y 2, la primera paleta mezcladora 540 incluye un primer eje 541 y una pluralidad de grupos de palas 542, la pluralidad de grupos de palas 542 están distribuidos en el primer eje 541 a intervalos, cada grupo de palas 542 incluye una pluralidad de primeras palas 5421, y la pluralidad de primeras palas 5421 están dispuestas circunferencialmente en la superficie exterior del primer eje 541 a intervalos. Por ejemplo, la primera paleta mezcladora 540 está dispuesta transversalmente, la pluralidad de grupos de palas 542 están dispuestos secuencialmente sobre el primer eje 541 de izquierda a derecha a intervalos, cada grupo de palas 542 incluye una pluralidad de primeras palas 5421, y la pluralidad de primeras palas 5421 toman el primer eje 541 como el centro y están dispuestas circunferencialmente sobre la superficie exterior del primer eje 541 a intervalos. Específicamente, la cantidad de la pluralidad de grupos de palas 542 puede ser dos, tres o más, y la cantidad de la pluralidad de primeras palas 5421 puede ser dos, tres o más. Cuando hay cuatro primeras palas 5421, las cuatro primeras palas 5421 están dispuestas en forma de cruz. La pluralidad de grupos de palas 542 están dispuestos para agitar continuamente los productos de pirólisis para evitar la acumulación de producto y refinar los productos, de modo que un producto refinado reaccione con el segundo calentador 510 y oxígeno, y entonces aumenta la velocidad de pirólisis del producto; y las primeras palas 5421 del grupo de palas 542 situadas en el medio del primer eje 541 tienen forma de "Y", y las primeras palas 5421 de los otros grupos de palas 542 tienen forma de "T", de modo que los productos de pirólisis en la parte inferior se agitan convenientemente.

En algunos ejemplos de la presente descripción, como se muestra en las Figs. 1 y 2, cada una de la primera unidad de sellado 200, la segunda unidad de sellado 400 y la tercera unidad de sellado 600 incluye una columna circular 210, un tapón 220 y una cuarta unidad de accionamiento 230, donde la superficie exterior de la columna circular 210 está contigua a la superficie interior del cilindro 100, una ranura guía 211 está formada en la parte media de la columna circular 210, el tapón 220 se mueve hacia arriba y hacia abajo a lo largo de la ranura guía 211, la cuarta unidad de accionamiento 230 se utiliza para accionar el tapón 220 para que se mueva, y una pluralidad de ranuras de vertido 212 están formadas en la columna circular 210 y están conectadas con la ranura guía 211 y la parte inferior de la columna circular 210 respectivamente. Por ejemplo, la cuarta unidad de accionamiento 230 puede accionar el cilindro de aire, o puede estar diseñada de tal manera que el tapón 220 esté conectado con el tornillo 231, el tornillo 231 esté conectado con una rueda accionada, la rueda accionada esté conectada con una rueda de accionamiento a través de una cadena, y la rueda de accionamiento esté conectada con el motor. Durante el funcionamiento, la cuarta unidad de accionamiento 230 acciona el tapón 220 para que se mueva hacia arriba y hacia abajo en la ranura guía 211. El tapón 220 bloquea la entrada de las baterías usadas cuando se mueve a una posición más alta que las ranuras de vertido 212; y cuando el tapón 220 se mueve a una posición más baja que las ranuras de vertido 212, las baterías usadas fluyen a la posición debajo de la columna circular 210 a través de las ranuras de vertido 212. Específicamente, las ranuras de vertido 212 son ranuras en forma de "O", y la cantidad de la pluralidad de ranuras de vertido 212 puede ser una, dos o más.

En algunos ejemplos de la presente descripción, como se muestra en las Figs. 1 y 3, por cada dos rodillos de presión 710, los primeros dientes de fresado 711 del rodillo de presión superior 710 se corresponden con los segundos dientes de fresado 712 del rodillo de presión inferior 710, y los segundos dientes de fresado 712 del rodillo de presión superior 710 se corresponden con los primeros dientes de fresado 711 del rodillo de presión inferior 710. La unidad de triturado por rodillos 700 puede ser de dos dientes de fresado coincidentes entre sí accionados por un motor, o de tres dientes de fresado distribuidos triangularmente accionados por el motor. Por ejemplo, para los dos rodillos de presión 710, la manera de disposición de los primeros dientes de fresado 711 y los segundos dientes de fresado 712 en un rodillo de presión 710 es la siguiente: los primeros dientes de fresado 711, los segundos dientes de fresado 712, los primeros dientes de fresado 711, los segundos dientes de fresado 712, los primeros dientes de fresado 711, etc., mientras que la manera de disposición de los primeros dientes de fresado 711 y los segundos dientes de fresado 712 en el otro rodillo de presión 710 es la siguiente: los segundos dientes de fresado 712, los primeros dientes de fresado 711, los segundos dientes de fresado 712, los primeros dientes de fresado 711, los segundos dientes de fresado 712, etc., y los dos tipos de dientes de fresado coinciden mutuamente para permitir que las baterías usadas se rompan o fracturen entre los dos tipos de dientes de fresado. Específicamente, se puede ajustar un espacio entre cada dos dientes de fresado, el grado de craqueo y el tamaño de partículas de las baterías laminadas se controlan ajustando el espacio entre los dos dientes de fresado, y la unidad de rodillos 700 está provista además de una válvula de alivio de presión; y la quinta unidad de accionamiento 720 es un motor o un cilindro giratorio.

En algunos ejemplos de la presente descripción, como se muestra en las Figs. 1 y 5, una unidad de alimentación 800 está dispuesta por encima de la unidad de rodillos 700, está instalada sobre el cilindro 100 e incluye una tolva de alimentación 810, un puerto de descarga 820 y una sexta unidad de accionamiento 830. Una ranura de alimentación 811 está formada en la tolva de alimentación 810, la parte inferior de la ranura de alimentación 811 está conectada con el puerto de descarga 820, y el puerto de descarga 820 está conectado con el cilindro 100, un segundo tornillo 840 está dispuesto en la ranura de alimentación 811, y la sexta unidad de accionamiento 830 se utiliza para accionar el segundo tornillo 840 para que gire. Durante el funcionamiento, se pone en marcha la sexta unidad de accionamiento 830, las baterías usadas se ponen en la tolva de alimentación 810, caen a la ranura de alimentación 811 y son empujadas por el segundo tornillo 840 para moverse de manera que caen sobre la unidad de rodillos 700 a través del puerto de descarga 820; y la sexta unidad de accionamiento 830 puede ser un motor o un cilindro giratorio.

En un ejemplo adicional de la presente descripción, como se muestra en la Fig. 2, la cuarta unidad de accionamiento 230 incluye un tornillo 231, una rueda helicoidal 232, un tornillo sinfín 233 y un primer motor 234. Un agujero pasante 221 está formado en la parte media del tapón 220 y está provisto de roscas, el tapón 220 está conectado con el tornillo 231, el tornillo 231 está conectado con la rueda helicoidal 232, la rueda helicoidal 232 está conectada con el tornillo sinfín 233, y el tornillo sinfín 233 está conectado con el primer motor 234. Durante el funcionamiento, el primer motor 234 se pone en marcha para accionar el tornillo sinfín 233 para que gire, el tornillo sinfín 233 acciona la rueda helicoidal para que gire, la rueda helicoidal acciona el tornillo 231 para que gire, y luego el tornillo 231 acciona el tapón 220 para que se mueva hacia arriba y hacia abajo; la rueda helicoidal y el tornillo sinfín 233 están acoplados con el tornillo 231 para soportar el impacto de la caída de las baterías usadas usando las características de autobloqueo de la rueda helicoidal 232 y el tornillo sinfín 233.

En un ejemplo adicional de la presente descripción, como se muestra en la Fig. 2, la superficie del extremo superior de la columna circular 210 tiene una forma cónica para guiar las baterías usadas para que converjan en la parte media de la columna circular 210 para facilitar la transmisión de las baterías usadas.

En un ejemplo adicional de la presente descripción, como se muestra en la Fig. 2, la forma de la vista principal de la pluralidad de grupos de palas 542 instalados en el primer eje 541 coincide con la forma de la superficie del extremo superior de la columna circular 210 de la tercera unidad de sellado 600. Específicamente, la superficie del extremo superior de la columna circular 210 tiene una forma cónica, y la primera paleta mezcladora 540 tiene una forma de "diamante" que coincide con la forma cónica; y con dicha estructura, los productos craqueados en la parte inferior de la primera paleta mezcladora 540 se agitan completamente.

En algunos ejemplos de la presente descripción, como se muestra en la Fig. 1, la superficie exterior del primer calentador 310 y la superficie exterior del segundo calentador 510 están ambas provistas de capas de aislamiento térmico 311 para evitar la pérdida de gas caliente y preservar el calor.

En algunos ejemplos de la presente descripción, como se muestra en la Fig. 1, una unidad de descarga 900 está dispuesta debajo de la tercera unidad de sellado 600 e incluye un primer tope 910, un tercer tornillo 920, una abertura de descarga 930 y un segundo motor 940. El tercer tornillo 920 está dispuesto debajo del primer tope 910, la abertura de descarga 930 está situada debajo del primer tope 910 y debajo del tercer tornillo 920, y el segundo motor 940 se utiliza para accionar el tercer tornillo 920 para que gire. Específicamente, un extremo del primer tope 910 está dispuesto en un lado de la pared interior del cilindro 100, el otro extremo del primer tope 910 se extiende hasta la parte media del cilindro 100, y una forma del primer tope 910 es un triángulo rectángulo. Durante el funcionamiento, el material después de la pirólisis cae sobre el primer tope 910, cae sobre el tercer tornillo 920 a través de un plano inclinado del primer tope 910 y es empujado por el tercer tornillo 920 para ser descargado a través de la abertura de descarga 930.

A continuación se presentan en detalle el método de craqueo al vacío y el aparato de craqueo para la batería de energía proporcionados por la presente descripción. En este documento, se aplican realizaciones específicas para ilustrar el principio y las implementaciones de la presente descripción. Las descripciones de las realizaciones anteriores solo se utilizan para ayudar a comprender el método y la idea central de la presente descripción, incluido el mejor modo, y también permiten que cualquier experto en la técnica ponga en práctica la presente descripción, incluida la fabricación y el uso de cualquier aparato o sistema y la implementación de cualquier método combinado.

REIVINDICACIONES

1. Un método de craqueo al vacío para baterías de energía, que comprende las siguientes etapas:

(1) alimentar baterías de energía usadas desde una tolva de alimentación para entrar en una prensa de rodillos para el tratamiento por los rodillos para obtener un material triturado;

5 (2) transportar el material triturado a la unidad de craqueo para precalentar, luego calentar y craquear el material triturado en una atmósfera inerte o al vacío para obtener gas craqueado, productos craqueados sólidos y productos no craqueables; y

10 (3) transportar los productos craqueados sólidos y los productos no craqueables a una unidad de pirólisis para la pirólisis en una atmósfera aeróbica para obtener gas de pirólisis y productos no pirolizados, en donde el gas de pirólisis está compuesto principalmente de dióxido de carbono y vapor de agua, y dichos productos no pirolizados son principalmente polvo de material catódico, polvo de material anódico, polvo de cobre, polvo de hierro, polvo de aluminio y óxidos de cobre, hierro y aluminio.

15 2. El método de craqueo al vacío para la batería de energía según la reivindicación 1, en donde en la etapa (1), el paso por los rodillos se realiza con una presión de 50-150 MPa, una velocidad de los rodillos de 0,5-2 m/s y una anchura del espacio entre rodillos de 5-50 mm.

3. El método de craqueo al vacío para la batería de energía según la reivindicación 1, en donde, en la etapa (2), el precalentamiento se realiza a una temperatura de 100-200°C.

4. El método de craqueo al vacío para la batería de energía según la reivindicación 1, en donde, en la etapa (2), el calentamiento se realiza a una velocidad de calentamiento de 3-10°C/min.

20 5. El método de craqueo al vacío para la batería de energía según la reivindicación 1, en donde, en la etapa (2), el craqueo es craqueo en gradiente con temperaturas de gradiente de 350-450°C, 450-550°C y 550-650°C y un tiempo de craqueo de 0,2-5 h.

6. El método de craqueo al vacío para la batería de energía según la reivindicación 1, en donde, en la etapa (2), el gas craqueado es una mezcla de alquenos y alcanos C3-C12.

25 7. El método de craqueo al vacío para la batería de energía según la reivindicación 1, en donde una unidad de sellado está dispuesta entre la unidad de craqueo en la etapa (2) y la unidad de craqueo en la etapa (3).

8. El método de craqueo al vacío para la batería de energía según la reivindicación 1, en donde, en la etapa (3), una temperatura de pirólisis es de 400-600°C, un tiempo de pirólisis es de 0,5-5 h y una presión de pirólisis es la presión atmosférica.

30 9. El método de craqueo al vacío para la batería de energía según la reivindicación 1, en donde, en la etapa (3), la atmósfera de pirólisis es aire u oxígeno.

10. El método de craqueo al vacío para la batería de energía según la reivindicación 1, en donde el gas de pirólisis en la etapa (2) es el combustible de pirólisis en la etapa (3).

35 11. El método de craqueo al vacío para la batería de energía según la reivindicación 1, en donde, en la etapa (3), el polvo de material catódico es uno de níquel-cobalto-litio-manganeso, litio-fosfato de hierro o litio-manganeso; y el polvo de material anódico es uno de grafito o titanato de litio.

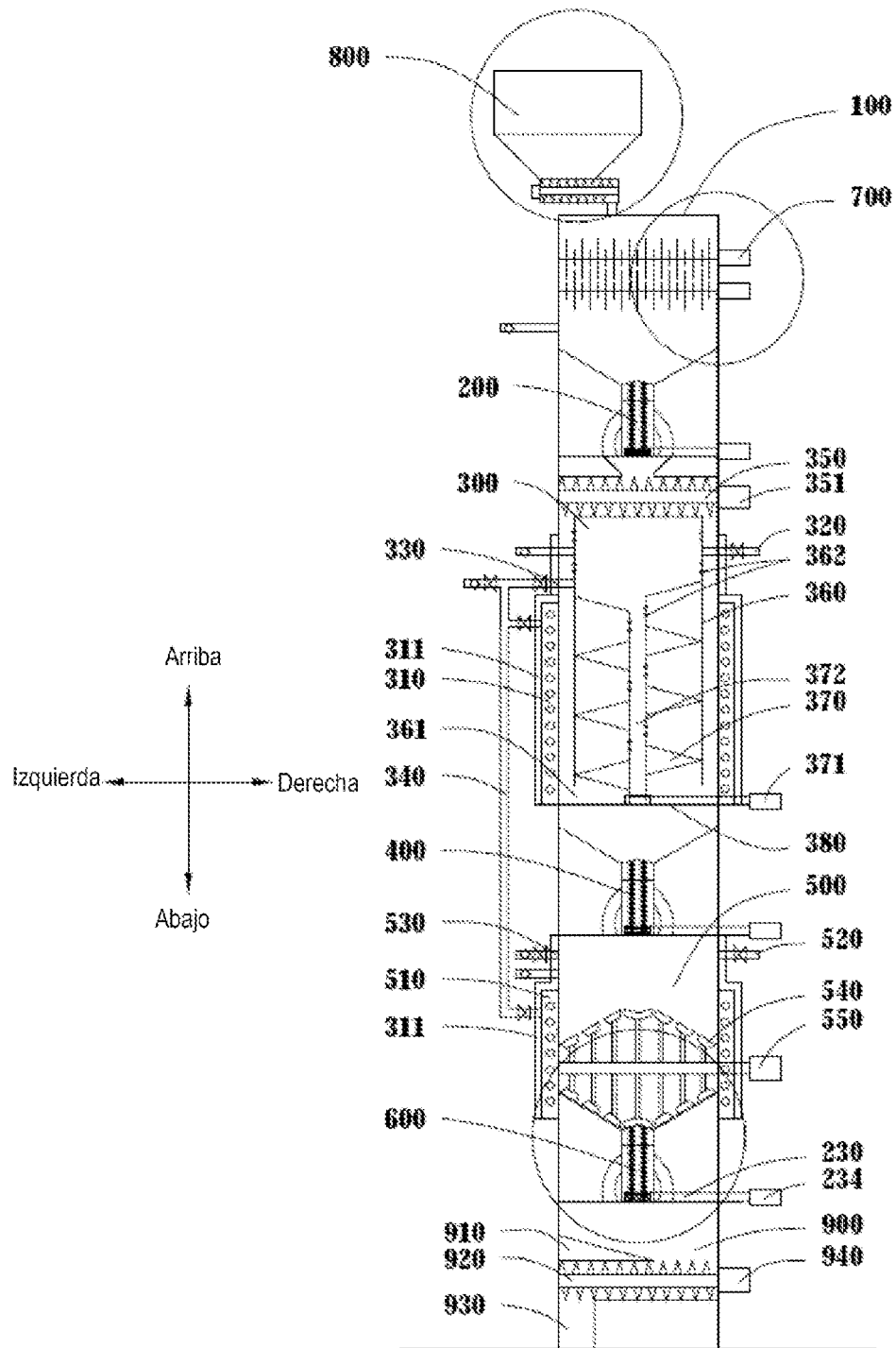
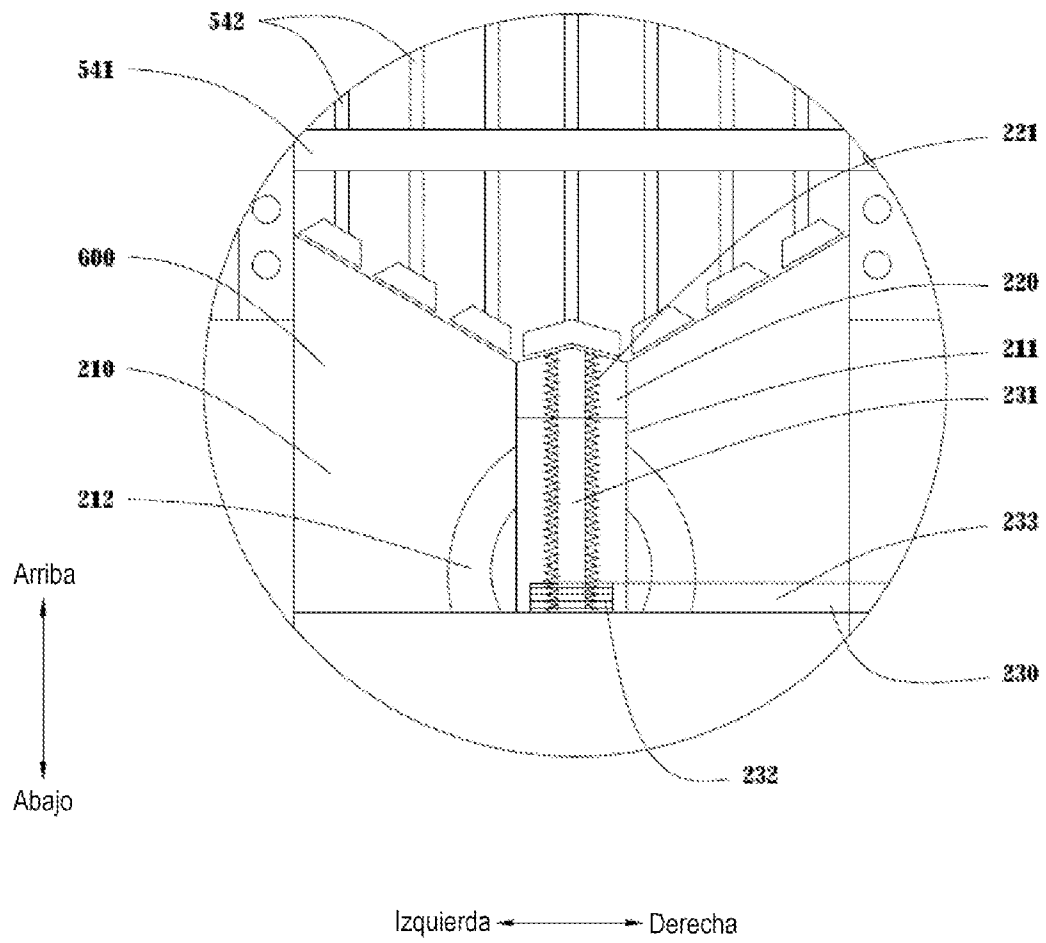


FIG. 1



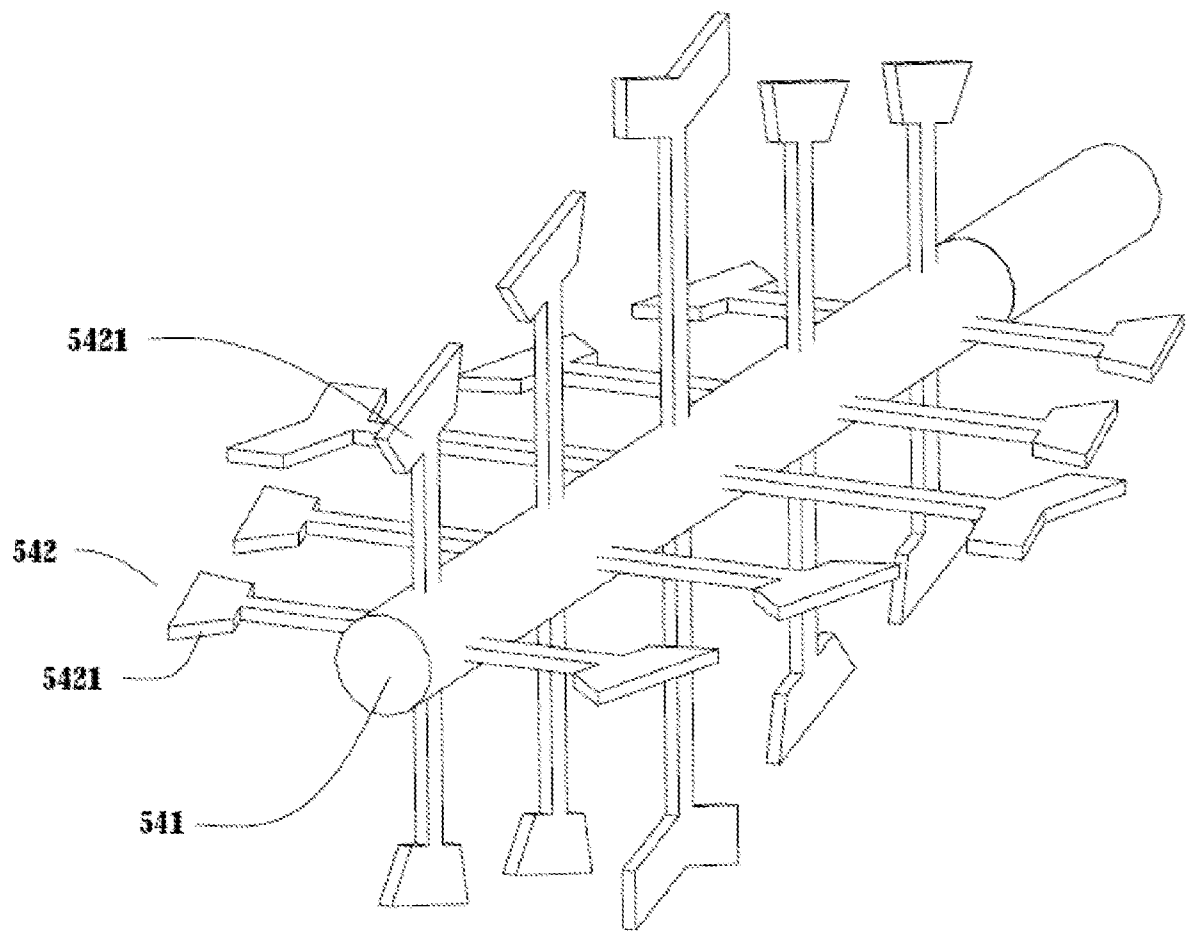


FIG. 3

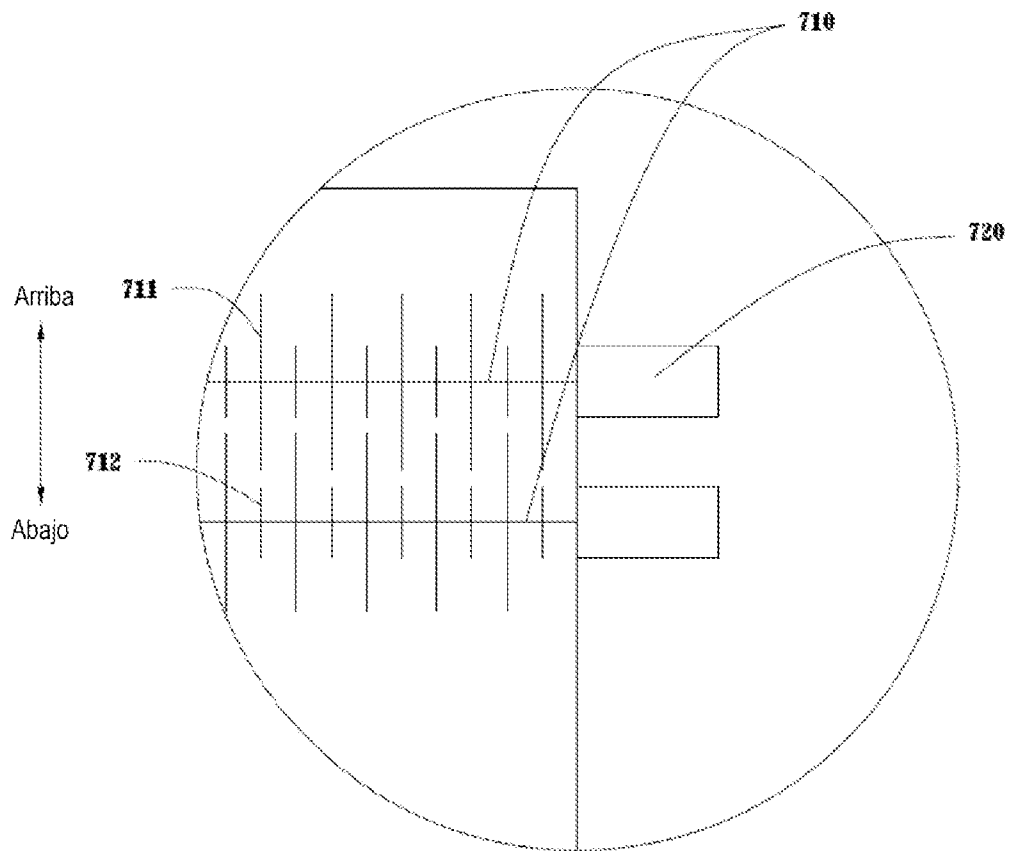


FIG. 4

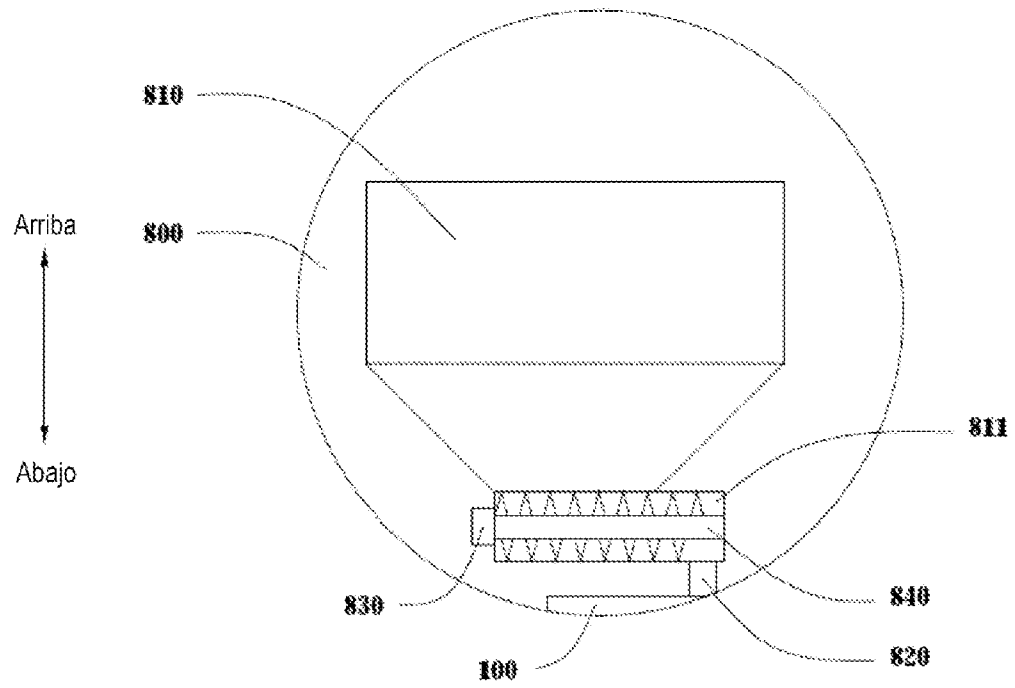


FIG. 5