

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 804 539**

51 Int. Cl.:

C10B 49/14	(2006.01) C22B 7/00	(2006.01)
C10B 53/00	(2006.01) B29B 17/04	(2006.01)
A62D 3/32	(2007.01) B09B 3/00	(2006.01)
B03B 9/06	(2006.01) F23G 7/00	(2006.01)
B03B 5/28	(2006.01) B03B 5/36	(2006.01)
B29B 17/02	(2006.01) B03B 5/44	(2006.01)
H05K 3/22	(2006.01)	
H01M 6/52	(2006.01)	
H01M 10/54	(2006.01)	
C10B 53/07	(2006.01)	

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **14.04.2014 PCT/EP2014/057536**
- 87 Fecha y número de publicación internacional: **16.10.2014 WO14167139**
- 96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **14.04.2014 E 14725017 (9)**
- 97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **11.03.2020 EP 2984153**

54 Título: **Procedimiento y sistema para reciclar baterías y placas de circuito impreso de desecho en sales fundidas o metales fundidos**

30 Prioridad:

12.04.2013 IE 20130126
05.02.2014 GB 201401990

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
08.02.2021

73 Titular/es:

RIEDEWALD, FRANK (100.0%)
Ashgrove, 19 Wallaces Avenue
Ballinlough, Cork City, IE

72 Inventor/es:

RIEDEWALD, FRANK

74 Agente/Representante:

LINAGE GONZÁLEZ, Rafael

ES 2 804 539 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

Procedimiento y sistema para reciclar baterías y placas de circuito impreso de desecho en sales fundidas o metales fundidos

5

Campo

La invención se refiere a un sistema y a un procedimiento para reciclar compuestos químicos a partir de baterías de desecho y placas de circuito impreso de desecho y similares.

10

Antecedentes

En 2009, se vendieron en Europa aproximadamente 5 mil millones de baterías portátiles (excluyendo las baterías de plomo-ácido). De ellas, las baterías alcalinas tuvieron una cuota de mercado de alrededor del 70%, seguido por las baterías de cinc-cloro con una cuota de mercado de aproximadamente el 20%, siendo el resto otros tipos de baterías, incluyendo las baterías recargables. Estas baterías normalmente son los tamaños AAA, AA, C, D y 9V. Sin embargo, otras baterías para dispositivos tales como teléfonos móviles, audífonos, reproductores MP3, relojes, herramientas eléctricas y ordenadores portátiles a menudo son baterías prismáticas, pilas de botón o baterías de polímero u otras, es decir, baterías de diseño a medida. Estas baterías, incluyendo las baterías de diseño a medida, son más difíciles de tratar, ya que son de tamaños poco habituales. Aproximadamente el 8% de todas las baterías vendidas en Europa son recargables. Sin embargo, al igual que con todas las baterías, las baterías recargables también tienen una vida útil limitada y se añaden a la corriente de desechos en algún momento.

15

20

25

Debido al gran número de baterías producidas cada año, las baterías de desecho son un posible recurso para metales tales como tierras raras, cinc y otros productos químicos.

30

Además, las preocupaciones medioambientales de fugas de baterías de desecho, el cambio hacia el reciclaje, el aumento del coste de los materiales de partida y la legislación, por ejemplo, la Directiva Europea de Baterías, son todos ellos factores que conducen a mayores niveles de reciclaje de baterías.

En Europa se ha logrado una tasa de reciclaje de más del 95% para las baterías de plomo-ácido. Por tanto, las baterías de plomo-ácido ya no constituyen un tema de debate.

35

Las placas de circuito impreso (PCB) se usan para soportar mecánicamente y conectar eléctricamente componentes electrónicos usando trayectorias conductoras. Las PCB están presentes en casi todos los aparatos eléctricos y electrónicos, tales como televisores, ordenadores, teléfonos móviles, herramientas eléctricas y equipos médicos.

40

La Directiva Europea de Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos (RAEE) estipula que los estados miembros de la UE reutilizan, reciclan y recuperan componentes de aparatos eléctricos y electrónicos en lugar de desecharlos en vertederos. Pero a pesar de la legislación, la tasa de reciclaje todavía es pequeña. Por ejemplo, en 2002, solo se recicló el 15% de las 50.000 toneladas de las PCB producidas en el Reino Unido. Solo en Europa se desechan cada año aproximadamente 400.000 toneladas de PCB de desecho, lo que presenta una gran cantidad de desechos y una posible pérdida de recursos valiosos.

45

50

Las PCB contienen metales, tales como oro, paladio, plata, níquel, cobre, hierro, cinc, estaño y otros procedentes de los componentes eléctricos y la soldadura usada para unir los componentes eléctricos a las PCB. A menudo, las concentraciones de oro, paladio y otros metales preciosos en las PCB superan la concentración en minerales naturales, lo que hace de las PCB de desecho un recurso rico. Además, las PCB pueden contener fibra de vidrio, papel y resina.

55

En la bibliografía se describen varios procedimientos diferentes para el reciclaje de baterías de desecho. Revisiones recientes del estado actual de la técnica de procedimientos de reciclaje de baterías se facilitan en: (1) Review of the Literature Regarding Disposal of Household Batteries, prepared for the National Electrical Manufacturers Association, 1300 North 17th Street, Suite 1752, Rosslyn, Virginia 22209 EE.UU., diciembre de 2007; (2) A.M. Bernardes, D.C.R. Espinosa, J.A.S. Tenório, Recycling of batteries: a review of current processes and technologies, Journal of Power Sources 130 (2004) 291-298. Se proporciona información más detallada sobre baterías de uso único o múltiple por D. Linden, T.B. Reddy (Eds.), Handbook of Batteries, 3ª ed., McGraw-Hill, Nueva York, 2002.

60

65

La patente estadounidense 5.632.832 da a conocer un procedimiento de pirólisis para la recuperación de baterías. Preferentemente, las baterías se clasifican según el tipo para garantizar que el producto de pirólisis sólido esté compuesto por un tipo de metal o mezcla de metales, lo que facilita la recuperación de los componentes individuales mediante otros procedimientos. Las baterías se alimentan mediante un tornillo sin fin a una machacadora, lo que reduce las baterías a un tamaño de malla de aproximadamente ½". El material

machacado se transfiere mediante otro tornillo sin fin a una cámara de pirólisis, que se mantiene a una presión por debajo de la atmosférica. En la cámara de pirólisis, el material de batería se piroliza a temperaturas de entre 350 y 650°F. Los vapores de pirólisis se condensan para dar un líquido para el procesamiento adicional y los vapores no condensables se envían para el tratamiento adicional. Los materiales sólidos restantes se descargan mediante otro tornillo sin fin en un contenedor como producto que va a enviarse a otros procedimientos. Los inconvenientes de este procedimiento incluyen el gran número de tornillos sin fin que mueven el material, ya que pueden ser propensos a fallo mecánico y la incapacidad de este procedimiento para segregar los diversos componentes sólidos durante la etapa de pirólisis. Además, las baterías deben machacarse hasta dar un polvo fino y deben clasificarse según el tipo para mejorar la calidad de los productos.

El documento WO 2009/028795 A3 da a conocer un procedimiento para el reciclaje de baterías de cinc-carbono y alcalinas. En primer lugar, implica machacar las baterías de desecho, en segundo lugar, separar los metales con un separador de metales y, en tercer lugar, pulverizar el material restante antes de introducirlo en un horno de pirólisis para recuperar materiales tales como dióxido de manganeso. Los posibles inconvenientes de este procedimiento incluyen que sólo pueden tratarse baterías alcalinas y de cinc-carbono y las altas necesidades de energía de los procedimientos de pulverización. Además, este procedimiento requiere un gran número de operaciones unitarias.

El número de publicación de patente estadounidense US2012/0227589 A1 da a conocer un procedimiento en el que en primer lugar se trituran las baterías de desecho para dar una materia prima. Esta materia prima se seca a temperaturas elevadas en un horno de túnel rotatorio equipado con una paleta espiral para garantizar un mezclado y un secado adecuados. El material seco se tamiza. La sección más fina compuesta de óxido de cinc, óxido de manganeso y otros materiales se recupera como un producto terminado que va a alimentarse a otros procedimientos. La fracción más gruesa, también conocida como *fluff*, está compuesta por carcasas de acero, latón, papel, plástico y otros materiales triturados. El acero se separa mediante un separador magnético y se vende. El resto del *fluff* compuesto por plásticos y papel puede quemarse para generar calor. Los posibles inconvenientes de este procedimiento incluyen las altas necesidades de energía de la pulverización. Además, este procedimiento requiere un gran número de operaciones unitarias. Por tanto, desde un punto de vista económico, sería mejor minimizar el número de operaciones unitarias y evitar la pulverización.

La patente canadiense 2 793 142 da a conocer un método de reciclaje de baterías pirometalúrgicas. Las baterías de desecho se clasifican en primer lugar según el tipo y se retiran las baterías de pila de botón, en segundo lugar, las baterías se cortan o se machacan para dar trozos de aproximadamente un cuarto de pulgada o menos, para producir una materia particulada fina. En una tercera etapa, se retira el hierro mediante separadores magnéticos y, por último, se recuperan los materiales reutilizables mediante un procedimiento de refinado o fundición. Un posible problema con este procedimiento es que las baterías de desecho deben clasificarse según el tipo, lo que en general requiere la intervención humana. Además, una operación de fundición es cara, ya que se requieren altas temperaturas de funcionamiento.

El documento EP 2 450 991 A1 da a conocer un procedimiento hidrometalúrgico para tratar las baterías de hidruro metálico de litio y níquel de desecho. Dado que este procedimiento es un procedimiento hidrometalúrgico, está diseñado específicamente para los tipos de baterías mencionados anteriormente, no puede tratar baterías alcalinas y de cinc-carbono. Por tanto, estas últimas baterías deben retirarse de la corriente de baterías de desecho entrantes. Pero la clasificación de las baterías según el tipo es laboriosa. Además, las baterías alcalinas y de cinc-carbono representan la mayor parte de las baterías; por tanto, desde un punto de vista económico, sería mejor incluir tales baterías en un procedimiento de reciclaje.

Dos problemas generales están asociados con el tratamiento de baterías mediante métodos químicos o hidrometalúrgicos. En primer lugar, los productos químicos recuperados son de escaso valor y, en segundo lugar, hay que hacer frente a una corriente de aguas residuales.

El documento US 5.888.463 da a conocer otro procedimiento hidrometalúrgico para la recuperación de litio en forma de diversas sales de litio. En primer lugar, las baterías que contienen litio se enfrían criogénicamente en nitrógeno líquido para reducir la reactividad del litio, en segundo lugar, las baterías enfriadas se trituran y, en tercer lugar, se hace reaccionar la masa con agua que contiene LiOH para reducir el metal de litio que todavía está contenido en las baterías a sales de litio. Las sales se precipitan mediante la adición de carbonato de sodio y mediante sobresaturación. La suspensión resultante puede bombearse para tratarla adicionalmente. Dado que este procedimiento es un procedimiento hidrometalúrgico, está diseñado específicamente para baterías que contienen litio; no puede tratar, por ejemplo, baterías alcalinas y de cinc-carbono. Además, las baterías alcalinas y de cinc-carbono representan la mayor parte de las baterías; por tanto, desde un punto de vista económico, puede ser mejor incluir tales baterías en un procedimiento de reciclaje. Además, el enfriamiento criogénico de las baterías es caro en cuanto a energía.

El documento US 7.820.317 B2 da a conocer otro procedimiento hidrometalúrgico para tratar baterías de ánodo de litio de desecho. En primer lugar, las baterías se trituran en una atmósfera inerte para impedir que el litio reaccione con el aire. En segundo lugar, la carcasa de metal, el papel, los plásticos y el cobre se retiran mediante

tratamiento físico, es decir, separación magnética y densificación, y, en tercer lugar, el litio y el cobalto se precipitan a través de diversos tratamientos químicos y electrolíticos. Estos tratamientos van seguidos por hidrólisis para recuperar litio y electrólisis para recuperar cobalto. Dado que este procedimiento es un procedimiento hidrometalúrgico, está diseñado específicamente para baterías de litio; no puede tratar, por ejemplo, baterías alcalinas y de cinc-carbono. Además, las baterías alcalinas o de cinc-carbono son las más comunes; por tanto, desde un punto de vista económico, puede ser mejor incluir tales baterías en un procedimiento de reciclaje.

El documento EP 1454376 B1 da a conocer otro procedimiento hidrometalúrgico que tiene como objetivo recuperar cinc y manganeso de baterías alcalinas. De nuevo, en primer lugar, se trituran las baterías, en segundo lugar, se retira la carcasa metálica mediante un separador magnético. En tercer lugar, la masa resultante se tamiza para retirar materiales de papel y plástico y la fracción fina se lava con ácido sulfúrico ayudado por ultrasonidos. La disolución se trata para separar cinc y manganeso. Este procedimiento tiene desventajas similares a los otros procedimientos hidrometalúrgicos descritos anteriormente.

Aunque la trituración supera algunas dificultades del procedimiento para manejar un material voluminoso de tamaño variable, aumenta en gran medida las necesidades de capital y energía de estos procedimientos. Por tanto, sería deseable desde un punto de vista económico si solo fuera necesario cortar las baterías en lugar de triturarse o pulverizarse. También sería deseable evitar clasificar las baterías según el tipo y reducir el número de operaciones unitarias antes de obtener un/unos producto(s).

Por tanto, parece que falta un procedimiento rentable que pueda manejar todos los tipos y formas de baterías domésticas, que pueda de recuperar compuestos químicos valiosos.

En la bibliografía se describen varios procedimientos diferentes para el reciclaje de placas de circuito impreso (PCB) basados en procedimientos mecánicos, hidrometalúrgicos y pirometalúrgicos o combinaciones de los mismos. Recientes revisiones del estado actual de la técnica de procedimientos de reciclaje de PCB y otra información general se proporcionan en: (1) I. de Marco, B.M. Caballero, M.J. Chomón, M.F. Laresgoiti, A. Torres, G. Fernández, S. Armaiz, Pyrolysis of electrical and electronic wastes, *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis* 82 (2008) 179-183; (2) Goosey M, Kellner R., A scoping study: end-of-life printed circuit boards, RU: Intellect and the Department of Trade and Industry, 2002; (3) Hugo Marcelo Veit, Andréa Moura Bernardes, Jane Zoppas Ferreira, Jorge Alberto Soares Tenório, Célia of Fraga Malfatti; Recovery of copper from printed circuit boards scraps by mechanical processing and electrometallurgy; *Journal of Hazardous Materials B137* (2006) 1704-1709; (4) J. Molto, R. Font, A. Gálvez, J.A. Conesa, Pyrolysis and combustion of electronic wastes, *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis* 84 (2009) 68-78; (5) Jirang Cui, Eric Forsberg, Mechanical recycling of waste electric and electronic equipment: a review, *Journal of Hazardous Materials B99* (2003) 243-263; (6) F.O. Ongondo, I.D. Williams, T.J. Cherrett, How are WEEE doing? A global review of the management of electrical and electronic wastes, *Waste Management* 31 (2011) 714-730; (7) Nuria Ortuño, Julia Moltó, Silvia Egea, Rafael Font, Juan A. Conesa, Thermogravimetric study of the decomposition of printed circuit boards from mobile phones, *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis* 103 (2013) 189-200; (8) J. Li, P. Shrivastava, Z. Gao, H-C Zhang, Printed Circuit Boards Recycling: A State-of-the-Art Survey, *IEEE Transactions on Electronics Packaging Manufacturing*, Vol. 27, n.º 1 enero de 2004; (9) L. Flandinet, F. Tedjar, V. Ghetta, J. Fouletier, Metals recovering from waste printed circuit boards (WPCB) using molten salts, *Journal of Hazardous Materials*, 213-214, (2012) 485-490 y (9) William J. Hall, Paul T. Williams, Separation and recovery of materials from scrap waste printed circuit boards, *Resources, Conservation and Recycling* 51 (2007) 691-709. Puede encontrarse más información sobre las PCB, su diseño, fabricación, material de soldadura, etc., en: Clyde Coombs (editor), *Printed Circuits Handbook*, McGraw Hill, 6ª edición, 2007.

Debido a su naturaleza compuesta (metales, resina, papel, plásticos, partes electrónicas, etc.), las PCB de desecho son difíciles de reciclar.

Una tecnología prometedora de reciclaje de PCB es la pirólisis, por ejemplo, tal como se da a conocer en los documentos US 5 085 738 A y JP2003 211140 A. Esto implica el uso de calor en ausencia de oxígeno para descomponer las PCB en gas de pirólisis, líquido de pirólisis, vidrio y metales. La química de la pirólisis de las PCB de desecho está bien establecida. En promedio, los productos de pirólisis de las PCB están compuestos por ~ el 70% en peso de residuos (metales, vidrio, etc.), ~ el 23% en peso de aceite de pirólisis y ~ el 6% en peso de gas. Este gas puede quemarse para hacer que el procedimiento de reciclaje de PCB sea autosuficiente.

Las PCB se clasifican en tres categorías dependiendo de su metal precioso, es decir, el contenido de oro, platino y paladio:

- El material de baja calidad comprende placas de televisores, impresoras, calculadoras de bolsillo y unidades de fuente de alimentación y restos laminados. Tales PCB contienen menos de 100 ppm de oro.
- Las PCB de chatarra de calidad media normalmente proceden de PC, ordenadores portátiles, etc.

- El material de alta calidad, tal como teléfonos móviles, PC, etc., comprende PCB con concentraciones de oro, platino y paladio más altas que el mineral natural, lo que hace que el reciclaje de estos metales a partir de las PCB sea interesante desde el punto de vista económico mediante métodos tradicionales. Tales PCB contienen más de 200 ppm de oro.

Debido al bajo contenido de metales preciosos de las PCB de valor bajo o medio, generalmente no resulta económico reciclar tales PCB.

Los métodos de reciclaje industrial actuales se centran en la recuperación de los metales valiosos, mientras que el resto se deposita en vertederos. Los metales valiosos que pueden recuperarse de las PCB de desecho son los diversos metales, especialmente los metales preciosos. En promedio, la PCB contiene entre otros los siguientes metales: el 11-35% de cobre; 1.000-3.000 ppm de plata; el 1,5-4,5% de plomo; 200-1.000 ppm de oro; el 0,8-2,0% de estaño; 300-1.000 ppm de paladio. Además, las PCB pueden contener platino, antimonio, cobalto, indio, cinc y estaño. Las PCB de alta calidad pueden contener una mayor concentración de oro y paladio que el mineral natural, lo que hace que el reciclaje de estos metales a partir de las PCB sea interesante desde el punto de vista económico. Además, la concentración de cobre con el 11-35% es alta.

La pirometalurgia es una tecnología tradicional para recuperar metales no ferrosos de las PCB de desecho. La pirometalurgia incluye incineración, fundición, fusión y reacciones en fase gaseosa a altas temperaturas (normalmente > 1.000°C). Sin embargo, tales procedimientos son caros debido a las altas temperaturas de funcionamiento y solo resultan económicos para las PCB de alta calidad.

La hidrometalurgia es otra tecnología tradicional para la recuperación de metales preciosos de PCB de desecho. Las principales etapas en la hidrometalurgia consisten, en primer lugar, en una serie de lixiviados ácidos o cáusticos, en segundo lugar, en procedimientos de separación y purificación, tales como precipitación de impurezas, extracción con disolventes, adsorción e intercambio iónico para aislar y concentrar los metales de interés y, en tercer lugar, en un procedimiento de electrorrefino, reducción química o cristalización para la recuperación de metales.

Las desventajas de los procedimientos hidrometalúrgicos incluyen que producen líquidos y lodos de desecho, que deben eliminarse. Además, los procedimientos hidrometalúrgicos tienden a ser prolongados y complicados. Por tanto, el coste total de estos procedimientos puede ser grande. Por tanto, desde un punto de vista económico, sería deseable un procedimiento más sencillo.

El documento US 2004/01779985 A1 da a conocer un procedimiento hidrometalúrgico para recuperar metales valiosos de las PCB al poner en contacto las PCB con una fase de lixiviación basada en ácido cúprico y un cloruro alcalino para disolver los metales en aproximadamente de 1 a 3 horas. Este procedimiento recupera cobre, plata, níquel, estaño, etc. de una disolución y oro mediante filtración. Las desventajas de este procedimiento incluyen tiempos de procesamiento prolongados y las desventajas generales de los procedimientos hidrometalúrgicos.

El documento DE 197 153 319 A1 da a conocer un procedimiento mediante el cual los metales presentes en las PCB se recuperan mediante tres operaciones unitarias hidrometalúrgicas consecutivas. Antes del tratamiento, las PCB se trituran para que los metales estén disponibles para los productos químicos de los procedimientos hidrometalúrgicos. Las desventajas de este procedimiento incluyen el número de operaciones unitarias, la trituración de las PCB, lo que se añade a los costes de funcionamiento y las desventajas generales de los procedimientos hidrometalúrgicos.

El documento US 5.683.040 da a conocer un procedimiento que requiere retirar en primer lugar de las baterías, conmutadores de mercurio y algunos condensadores antes de que las PCB se descompongan mecánicamente en trozos más pequeños. Entonces los trozos se fragilizan criogénicamente con nitrógeno líquido y se desmenuzan en un molino de martillos. Las partículas de hierro pueden retirarse posteriormente de manera magnética, mientras que otros metales pueden retirarse mediante separadores de corona-rodillo. Las desventajas de este procedimiento incluyen el enfriamiento criogénico de las PCB, ya que consume mucha energía. Además, el uso de un molino de martillos y las diversas operaciones unitarias de separación de metales aumentan los costes de funcionamiento y de capital.

El documento WO 00/43574 da a conocer otro procedimiento hidrometalúrgico para la disolución selectiva de estaño y/o aleaciones que contienen plomo o estaño a partir de las PCB con una disolución ácida para formar diversas sales metálicas. Después de la disolución, una etapa de reducción electrolítica regenera y recupera los metales. Las desventajas de este procedimiento incluyen tiempos de disolución prolongados, el manejo de productos químicos y el número de operaciones unitarias.

El documento US 2009/0288956 A1 da a conocer un procedimiento en el que, en primer lugar, se pirolizan las PCB de desecho para formar una ceniza. Los metales se separan de la ceniza mediante separación por

densidad. Los metales adoptan la forma de un electrodo en suspensión y se colocan en un baño de electrolitos para someter a electrorrefino los metales dando lugar a barras. Las desventajas de este procedimiento incluyen el gran número de operaciones unitarias que aumentan los costes de capital.

- 5 El documento US 4.874.486 da a conocer un procedimiento de reciclaje por pirólisis de PCB de desecho, que va seguido por un procedimiento de electrólisis húmeda, es decir, un procedimiento hidrometalúrgico. La pirólisis se ejecuta a temperaturas de entre 450 y 650°C. La escoria de pirólisis resultante se somete posteriormente a electrólisis húmeda. Tras esta etapa, los productos de electrólisis cristalizan y se separan. Las desventajas de este procedimiento incluyen el número de operaciones unitarias, tiempos de procesamiento prolongados que
10 aumentan los costes de funcionamiento y de capital.

- El documento US 3.899.322 da a conocer un procedimiento que recupera metales valiosos de chatarra que contiene metales. La chatarra que contiene metal, que puede ser PCB, se introduce en un horno que contiene una sal fundida para descomponer pirolíticamente la chatarra y formar metal recuperable. Las desventajas
15 incluyen que las PCB de chatarra deben cortarse en trozos pequeños para permitir la alimentación mediante un alimentador de tipo tornillo. Además, las temperaturas de funcionamiento son muy altas (por ejemplo, de 1.000 a 1.100°C para la recuperación de plata) ya que los metales objetivo se recuperan en forma fundida, lo que aumenta los costes de funcionamiento y de capital.

- 20 El documento US 6.089.479 da a conocer un procedimiento para el tratamiento de las PCB de desecho con una sal fundida. Las PCB se machacan dentro del horno y se carbonizan, es decir, se pirolizan. Se pretende que la resina de vidrio y las partes de resina carbonizada se separen hacia la parte superior de la sal fundida, mientras que el cobre se separe hacia la parte inferior de la sal. Los residuos de plástico se raspan y el vidrio se raspa de la superficie de la sal, mientras que el cobre se retira de la parte inferior mediante un dispositivo de retirada
25 ubicado en la parte inferior. Las desventajas del procedimiento incluyen que la machacadora se expone a altas temperaturas de funcionamiento, al igual que los separadores de la parte inferior y la parte superior, lo que hace que sean caros y posiblemente susceptibles de fallo mecánico. Además, puede haber un problema de procedimiento: la densidad de la mayoría de las sales fundidas (por ejemplo, LiCl-KCl a 450°C: $\rho = 1.600 \text{ kg/m}^3$) es tal que el vidrio ($\rho = 2.400 - 2.800 \text{ kg/m}^3$) se separará en la parte inferior y no en la parte superior de la sal fundida tal como se reivindica. Se dispone de sales de mayor densidad, pero pueden ser caras, no benignas desde el punto de vista medioambiental, tóxicas, inestables a temperaturas más altas o combinaciones de las mismas. Por tanto, este procedimiento puede no funcionar según lo previsto o puede no ser económico. Las propiedades físicas de diversas sales se proporcionan en G.J. Janz, C.B. Allen, N.P. Bansal, R.M. Murphy y R.P.T. Physical Properties Data Compilations Relevant to Energy Storage. II Molten Salts: Data on Single and
30 Multi-Component Salt Systems, Tech. Rep. NSRDS-NBS61-II, Departamento de Comercio de los Estados Unidos, 1979.

- El documento US 8.308.843 B2 da a conocer un procedimiento en el que se pirolizan las PCB de chatarra en un reactor lleno con sal fundida. Este reactor funciona en modo discontinuo. El aire se retira del reactor mediante
40 inyección de agua. Las desventajas de este procedimiento incluyen que es una operación discontinua en lugar de continua, el número requerido de partes móviles, es decir, la tapa y la disposición de sellado del reactor y la retirada del aire (oxígeno) por vapor de agua que puede no ser suficiente en todo momento. Además, el agua resulta onerosa de evaporar, puede dar como resultado problemas de corrosión, contaminará el aceite de pirólisis del que puede tener que retirarse y puede dar como resultado una corriente de aguas residuales. En resumen, pueden formularse preocupaciones de seguridad, de funcionamiento y económicas en contra de este
45 procedimiento.

- La patente suiza CH 705 803 A1 da a conocer un procedimiento con el objetivo principal de recuperar las partes electrónicas de las PCB de chatarra. El procedimiento utiliza un líquido, por ejemplo, aceite orgánico o sales fundidas, que puede funcionar a temperaturas de entre 100-350°C. Esta temperatura de funcionamiento es inferior a la temperatura de pirólisis o destrucción de la resina de las PCB. Por tanto, este procedimiento solo funde las PCB. Si se usa una sal fundida, los componentes eléctricos de las PCB se recogen en la parte inferior, mientras que las PCB tratadas y vacías se segregan a la parte superior de la sal fundida al igual que los plásticos fundidos. Las desventajas de este procedimiento incluyen que el procedimiento no es autosuficiente. En cambio,
50 se requiere calor adicional para fundir los componentes eléctricos de las PCB y mantener la sal fundida. Además, las partes eléctricas recuperadas mediante este procedimiento se contaminan con sal y se exponen a altas temperaturas, lo que puede reducir su valor de reventa debido a posibles problemas de calidad. Además, las partes eléctricas tendrán que clasificarse manualmente, lo que también puede ser caro. Además, se utiliza un tornillo para retirar los componentes eléctricos de la sal fundida. Este tornillo puede ser propenso a fallo mecánico y corrosión, especialmente cuando el metal fundido (soldadura) se recogen en la parte inferior.
60

- Los documentos WO2013/094879 y WO2013/094878 dan a conocer un procedimiento para la destrucción de diversos materiales utilizando metal fundido. En este procedimiento, el metal fundido se hace circular mediante una bomba y se pulveriza sobre la materia prima. La línea de recirculación de metal fundido puede contener un
65 filtro para separar algunos materiales del metal fundido. Las desventajas de estos procedimientos incluyen la naturaleza altamente corrosiva del metal fundido en movimiento (recirculado y pulverizado) que requiere

materiales de construcción especiales, lo que por tanto puede dar como resultado un procedimiento poco económico para el reciclaje de baterías y PCB.

5 Un problema general con los procedimientos mecánicos, pirometalúrgicos e hidrometalúrgicos empleados actualmente para el tratamiento de PCB y baterías de desecho es que la concentración de metales valiosos tales como oro, paladio, plata o *mischmetal* (aleación de elementos de tierras raras) es baja. Por tanto, en términos generales, solo se reciclan las PCB y baterías con altas concentraciones de los elementos objetivo. Como resultado, sería deseable un procedimiento que pueda aumentar la concentración de los elementos objetivo (metales).

10 Por tanto, un objeto es proporcionar un sistema y un método para el reciclaje de baterías, PCB y otros materiales o corrientes de desecho que superen al menos uno de los problemas mencionados anteriormente.

Sumario

15 Según la invención, se proporciona un sistema de reciclaje de materiales de alimentación compuestos de desecho tales como placas de circuito impreso (PCB), baterías, teléfonos móviles y similares, según la reivindicación 1.

20 En una realización, dicho material de alimentación se corta o se trocea o ambos antes de entrar en dicho recipiente (1, 30) de carga.

En una realización, dicha cámara (8) de separación/pirólisis comprende una estructura sustancialmente en forma de U.

25 En una realización, dicha cámara (8) de separación/pirólisis comprende una o más patas interconectadas, pero al menos dos patas (A, B), de modo que al menos una pata (B) puede abrirse a la atmósfera sin emitir dichos vapores de producto a la atmósfera desde dicha pata (B) cuando la superficie de dicho líquido (7) de separación/pirólisis en dicha pata (B) se expone a la atmósfera.

30 En una realización, dicha cámara (8) de separación/pirólisis comprende una parte inferior inclinada de entre 10 y 60 grados, de modo que dichos productos sólidos pesados se recogen en el punto bajo de dicha cámara (8) de separación/pirólisis.

35 En una realización, dicha inclinación de dicha cámara (8) de separación/pirólisis cambia su grado al menos una vez.

En una realización, dicho extractor (22) comprende una lanza u otros medios de extracción.

40 En una realización, se proporcionan medios para separar dichos vapores de producto y dichos productos sólidos ligeros en un ciclón (24).

En una realización, dicha cámara (8) de separación/pirólisis comprende una pluralidad de dichos puntos bajos.

45 En una realización, dicha cámara (8) de separación/pirólisis está equipada con una pluralidad de drenajes ubicados en o cerca de dichos puntos bajos.

En una realización, dicho dispositivo (15, 16, 17) de retirada de sólidos comprende una pluralidad de dispositivos de retirada de sólidos que o bien son móviles o bien son estacionarios.

50 En una realización, dicho dispositivo (15, 16 o 17) de retirada de sólidos retira dichos productos sólidos pesados de uno o una pluralidad de puntos bajos de dicha cámara (8) de pirólisis.

55 En una realización, dicho recipiente (1, 30) de carga está equipado con un transportador (31) o un sistema de ariete diseñado para cargar dicho material de alimentación en dicha cámara (8) de separación/pirólisis.

En una realización, dicho recipiente (1, 30) de carga se instala en vertical, en horizontal o inclinado entre 90 y cero grados o combinaciones de los mismos.

60 En una realización, dicho recipiente (1, 30) de carga comprende una pluralidad de recipientes.

En una realización, se usa un tornillo sin fin para retirar dichos productos de pirólisis ligeros de dicha cámara (8) de separación/pirólisis.

65 En una realización, dichos productos de pirólisis ligeros y dichos vapores de pirólisis se retiran de dicha cámara (8) de pirólisis a través de una sola o una pluralidad de ranuras ubicadas en la pared lateral de dicha cámara (8)

de pirólisis.

En una realización, dicho filtro (40) comprende una pluralidad de filtros instalados en serie o en paralelo o combinaciones de los mismos.

5

En una realización, dicho ciclón (24) comprende filtros, ciclones, cedazos en zig-zag o separadores de flujo turbulento instalados en serie o en paralelo o combinaciones de los mismos.

10

En una realización, se usa uno o una pluralidad de émbolos (35) para sumergir materiales pesados que flotan sobre la superficie de dicho líquido (7) de separación/pirólisis.

Según la invención, se proporciona un método de reciclaje de materiales de alimentación compuestos de desecho tales como placas de circuito impreso (PCB), baterías, teléfonos móviles o similares, según la reivindicación 13.

15

En una realización, se proporciona la etapa de separar dichos vapores de producto y dichos productos sólidos ligeros en un ciclón (24).

20

En la realización en la que dicho líquido (7) de separación/pirólisis es un metal no ferroso fundido, se selecciona de al menos uno de cinc, estaño, aluminio, plomo, cobre o aleaciones de los mismos.

En la realización en la que dicho líquido (7) de separación/pirólisis es una sal fundida, puede ser LiCl, KCl, KOH, NaOH, cianuros, nitratos, nitritos o combinaciones de los mismos.

25

En una realización, dicho líquido (7) de separación/pirólisis es un líquido orgánico con un punto de ebullición mayor de 150°C.

30

En una realización, la etapa de hacer recircular dicho líquido (7) de separación/pirólisis a través de un filtro (40) para retirar dichos productos sólidos ligeros suspendidos.

Breve descripción de los dibujos

35

En esta sección se detallan las características y las características ventajosas de la presente invención basándose en los dibujos adjuntos, facilitados como ejemplo no restrictivo, con referencia a los dibujos adjuntos en los que las figuras 4 a 8 no forman parte de la presente invención.

La figura 1 es un dibujo en sección transversal de la cámara de separación del procedimiento de reciclaje de baterías utilizando un metal fundido;

40

la figura 2 facilita un diagrama de flujo de procedimiento del procedimiento de reciclaje de baterías propuesto utilizando un metal fundido;

la figura 3 es un dibujo en sección transversal de la cámara de separación/pirólisis del procedimiento de reciclaje de PCB utilizando un metal fundido;

45

la figura 4 facilita un diagrama de flujo de procedimiento del procedimiento de reciclaje de PCB propuesto utilizando un metal fundido;

50

la figura 5 es un dibujo en sección transversal de la cámara de separación/pirólisis del procedimiento de reciclaje de baterías utilizando una sal fundida;

la figura 6 facilita un diagrama de flujo de procedimiento del procedimiento de reciclaje de baterías propuesto utilizando una sal fundida;

55

la figura 7 es un dibujo en sección transversal de la cámara de separación/pirólisis del procedimiento de reciclaje de PCB utilizando una sal fundida;

la figura 8 facilita un diagrama de flujo de procedimiento del procedimiento de reciclaje de PCB propuesto utilizando una sal fundida; y

60

la figura 9 es un dibujo de varios extractores diferentes.

Leyenda de los dibujos

65

1. Cámara de carga

ES 2 804 539 T3

2. Válvula fría de cámara de carga
3. Válvula caliente de cámara de carga
- 5 4. Nitrógeno
5. Bomba de vacío
- 10 6. Escape de bomba de vacío
7. Líquido de separación/pirólisis
8. Cámara de separación/pirólisis
- 15 9. Nivel de escoria superior en la pata A
10. Nivel de líquido de separación en la pata A
- 20 11. Calentador
12. Separador de pata A y B
13. Línea de vacío
- 25 14. Motor
15. Dispositivo de retirada de sólidos
- 30 16. Dispositivo de retirada de sólidos (cadena o similar)
17. Dispositivo de retirada de sólidos (cesta o similar)
18. Cubierta de la pata B
- 35 19. Drenaje superior
20. Drenaje medio
- 40 21. Drenaje inferior
22. Extractor
23. Línea de retirada de vapor/escoria superior
- 45 24. Ciclón
25. Válvula rotatoria de ciclón
- 50 26. Línea de retirada de sólidos
27. Línea de vapor
28. Ventilador
- 55 29. Vapores para procesamiento adicional
30. Recipiente de carga
- 60 31. Transportador
32. Dispositivo de retirada de escoria superior
33. Condensador
- 65 34. Condensado de aceite de pirólisis

35. Émbolo
36. Motor/caja de engranajes y tren de transmisión para émbolo
- 5 37. Tubería de succión de bomba
38. Bomba
39. Tubería de descarga de bomba
- 10 40. Filtro
41. Descarga de filtro
- 15 42. Compuerta
43. Mecanismo para hacer funcionar la compuerta

Descripción detallada

20 Las figuras 1 a 8, en las que las figuras 1 a 4 no forman parte de la presente invención, muestran baterías de desecho y PCB de desecho que han de tratarse. En las figuras, los mismos elementos o componentes de constitución están representados por los mismos números de referencia que se facilitan en la leyenda de los dibujos anterior.

25 Para los siguientes ejemplos no restrictivos, la presente invención se describe mediante el ejemplo de PCB y baterías domésticas de desecho. El procedimiento está caracterizado por una concentración de metales, separación por gravedad y un procedimiento de pirólisis ejecutado en una etapa. Los metales, tales como *mischmetal*, oro, paladio, níquel, plomo, o bien forman una aleación con el metal fundido, se separan como una

30 fase distinta o bien forman escoria superior o inferior, mientras que el plástico, la pintura y el papel se pirolizan. En los ejemplos siguientes, se supone que un líquido 7 de separación/pirólisis del ejemplo de reciclaje de baterías es un metal fundido, por ejemplo, cinc, mientras que para el ejemplo del procedimiento de reciclaje de PCB el líquido 7 de separación/pirólisis es una sal fundida, por ejemplo, la mezcla eutéctica (el 58,2% en moles de LiCl y el 41,8% en moles de KCl) o casi eutéctica de LiCl-KCl. La información específica sobre esta sal se proporciona en: A.S. Basin, A.B. Kaplun, A.B. Meshalkin y N.F. Uvarov, The LiCl-KCl Binary System, Russian Journal of Inorganic Chemistry, 2008, vol. 53, n.º 9, págs. 1509-1511). Se han usado otras sales, tales como las sales ternarias de nitrato-nitrito, por ejemplo, nitrato de sodio - nitrito de sodio - nitrato de potasio (NaNO₃ - NaNO₂ - KNO₃), por ejemplo, como medio de transferencia de calor a escala industrial en instalaciones de energía solar. Las propiedades físicas de estas y muchas otras sales pueden encontrarse en: G.J. Janz, C.B. Allen, N.P. Bansal, R.M. Murphy y R.P.T. Tomkins, Physical Properties Data Compilations Relevant to Energy Storage. II Molten Salts: Data on Single and MultiComponent Salt Systems, Tech. Rep. NSRDS-NBS61-II, Departamento de Comercio de los Estados Unidos, 1979.

45 El procedimiento de reciclaje de baterías de desecho funciona de la siguiente manera: En una primera etapa (véase la figura 2), las baterías de desecho recibidas se clasifican según el tamaño o según la máquina que las trocea. Las baterías hechas a medida y las baterías AAA, AA, C, D y 9V se cortan en rodajas de aproximadamente 0,5 a 1 cm de largo o más, mientras que las pilas de botón pueden no requerir corte o pueden cortarse en secciones de aproximadamente 0,5 cm o más cortas. Las baterías también pueden cortarse a lo largo de su eje longitudinal.

50 Las baterías cortadas o sin cortar se alimentan al recipiente 1 de carga (véase la figura 1; el recipiente 30 de carga no se usa en este ejemplo). Una vez que el recipiente 1 de carga está lleno, se cierra la válvula 2 fría de recipiente de carga; el aire en el recipiente se retira mediante la bomba 5 de vacío y posteriormente se descompone con nitrógeno 4 y se repite hasta que el recipiente 1 de carga se vuelve inerte.

55 Entonces se abre la válvula 3 caliente de cámara de carga y se cargan las baterías en el líquido 7 de separación/pirólisis. Debido a la alta temperatura del líquido 7 de separación/pirólisis (normalmente > 350°C), las baterías se descomponen fácilmente y se separan en vapor, escoria superior e inferior.

60 Se permite que los sólidos ligeros, denominados con frecuencia escoria superior, se acumulen en la cámara 8 de separación/pirólisis hasta un nivel hasta que la escoria superior debe retirarse o bien manualmente o bien mediante otros medios (véase la figura 1; dispositivo 32 de retirada de escoria superior) a través de la apertura de la sección superior de la cámara 8 de separación/pirólisis.

65 La escoria superior puede estar compuesta por grafito, óxido de cobalto, óxido de aluminio, óxido de cinc, óxido de manganeso y otros materiales menos densos que el líquido 7 de separación/pirólisis y pueden tratarse por

otros.

5 Los vapores y parte de la escoria superior se retiran de manera continua de la cámara 8 de separación/pirólisis mediante la línea 23 de retirada de vapor/escoria superior. Puede haber un extractor 22 que sobresale hacia el interior de la cámara 8 de separación/pirólisis. Los sólidos arrastrados en la corriente de vapor se retiran de la corriente de vapor mediante un ciclón 24. Los sólidos recogidos salen del sistema a través de la válvula 25 rotatoria de ciclón y la línea 26 de retirada de sólidos para su procesamiento adicional. Los vapores también se encaminan para su procesamiento 29 adicional o pueden proporcionar energía 11 para el procedimiento. La fuerza impulsora de succión para la retirada de vapor la proporciona el ventilador 28.

10 Los compuestos pesados, tales como las tierras raras o el *mischmetal*, el cobalto, el níquel, el manganeso, el acero inoxidable y el óxido de cadmio, se separan hacia la parte inferior de la cámara 8 de separación/pirólisis y, debido a la inclinación de esta pared, se acumulan en la zona D (véase la figura 1) donde pueden retirarse mediante varios puntos 20, 21 de drenaje o mediante el dispositivo 15-17 de retirada de sólidos.

15 El plomo, el aluminio y otros metales pueden formar una aleación con el líquido 7 de separación/pirólisis. Estos materiales se retirarán una vez que se haya determinado que el líquido 7 de separación/pirólisis se ha agotado. Entonces, la masa fundida se retira a través de drenajes 20, 21 o mediante el dispositivo 15-17 de retirada de sólidos para su procesamiento adicional.

20 El producto inferior, es decir, las carcasas de acero inoxidable de las baterías gastadas pueden retirarse de la cámara 8 de separación/pirólisis (zona D) con el dispositivo 15-17 de retirada de sólidos. El cinc unido a las carcasas y a otras partes metálicas o de acero puede retirarse mediante otra operación unitaria.

25 Puede usarse un émbolo 35 para sumergir materiales pesados que flotan sobre la superficie del líquido 7 de separación/pirólisis.

30 La compuerta 42 puede cerrarse para garantizar que el tiempo de contacto o de reacción de las baterías con el líquido 7 de separación/pirólisis es suficientemente prolongado. Esto es importante para el procedimiento de modo que se logre la separación completa. La compuerta 42 puede abrirse periódicamente, de modo que las baterías tratadas pueden moverse por gravedad desde la pata A hasta la pata B.

35 Las baterías también pueden cargarse en la cámara 8 de separación/pirólisis a través del recipiente 30 de carga, que puede estar equipado con un transportador 31. El recipiente 30 de carga se vuelve inerte a través de nitrógeno 4 y la línea 13 de vacío.

40 En resumen, el procedimiento de reciclaje de baterías es un procedimiento de concentración de metales y separación por gravedad combinado con pirólisis que representa un nuevo enfoque para el reciclaje de baterías. Los metales preciosos y otros se recogen como escoria superior o inferior o forman una aleación con el cinc fundido en la cámara 8 de separación/pirólisis. Periódicamente, la aleación/mezcla de metales que se acumula en la cámara se drena y puede tratarse mediante otra operación unitaria. El capital y el coste de funcionamiento se reducen ya que no es necesario triturar o pulverizar las baterías.

45 El procedimiento de reciclaje de PCB dado a conocer es un procedimiento de concentración para metales preciosos y de bajo valor y, al mismo tiempo, un procedimiento de pirólisis para la resina epoxídica, el plástico, el papel y otros materiales. Como resultado, también pueden tratarse PCB de calidad baja y media de manera económica. El aceite de pirólisis también puede producirse mediante este procedimiento ofreciendo una fuente ingresos adicional para la recuperación de los metales.

50 El procedimiento de reciclaje de PCB funciona de la siguiente manera: las PCB de desecho se cargan sin pretratamiento mecánico, es decir, por lo general intactas, en el recipiente 30 de carga (véanse las figuras 7 y 8 para un diagrama de flujo de bloques del procedimiento; no se usa el recipiente 1 de carga en este ejemplo) el aire se retira mediante la bomba 5 de vacío y se descompone con nitrógeno 4. Las PCB se cargan con la cinta 31 transportadora en el líquido 7 de separación/pirólisis. Debido a la alta temperatura del líquido 7 de separación/pirólisis, las PCB se descomponen fácilmente y se separan en vapor, escoria superior e inferior.

60 Los sólidos ligeros, tales como el vidrio y algunos metales, pueden recogerse en la cámara 8 de separación/pirólisis por encima del metal recogido, es decir en la zona C por encima del nivel D (véase la figura 7) desde donde este material se retira periódicamente mediante el dispositivo 15-17 de retirada de sólidos.

65 El dispositivo 15-17 de retirada de sólidos puede funcionar de manera discontinua. Durante los momentos en que 15-17 está inactivo, el dispositivo 15-17 de retirada de sólidos puede retirarse de la cámara 8 de separación/pirólisis. La parte superior de la pata B puede cerrarse con las cubiertas 18 para minimizar las pérdidas de calor y por motivos de seguridad.

Los vapores y parte de la escoria superior se retiran de manera continua de la cámara 8 de separación/pirólisis

mediante la línea 23 de retirada de vapor/escoria superior. Puede haber o no un extractor 22 que sobresale hacia el interior de la cámara 8 de separación/pirólisis. Los sólidos arrastrados en la corriente de vapor se retiran de la corriente de vapor mediante el ciclón 24 o mediante otros medios, por ejemplo, un filtro de bolsa. Los sólidos recogidos salen del sistema a través de la línea 26 de retirada como producto o para su procesamiento adicional.

5 Los vapores también se encaminan para su procesamiento 29 adicional o pueden proporcionar energía 11 para el procedimiento. La fuerza impulsora de succión para la retirada de vapor la proporciona el ventilador 28.

Algunos de los compuestos pesados, tales como el acero inoxidable, el cobre, el oro o el paladio, pero también metales fundidos a la temperatura de funcionamiento tal como el cinc, el estaño o el plomo, se separan hacia la parte inferior de la cámara 8 de separación/pirólisis y, debido a la inclinación de esta pared, se acumulan en la zona D donde pueden retirarse mediante varios puntos 20 o 21 de drenaje o mediante el dispositivo 15-17 de retirada de sólidos.

10

La escoria inferior o producto inferior, tal como el acero inoxidable, el cobre, el metal fundido y el vidrio puede retirarse de la cámara 8 de separación/pirólisis (zona C, D) con el dispositivo 15-17 de retirada de sólidos.

15

El émbolo 35 puede usarse para sumergir materiales pesados que flotan sobre la superficie del líquido 7 de separación/pirólisis.

La compuerta 42 puede cerrarse para garantizar que el tiempo de contacto o de reacción de las PCB con el líquido 7 de separación/pirólisis el suficientemente prolongado. Esto es importante para el procedimiento de modo que se logre la separación completa. La compuerta 42 puede abrirse periódicamente, de modo que las PCB tratadas pueden moverse por gravedad desde la pata A hasta la pata B.

20

El dispositivo 15-17 de retirada de sólidos puede funcionar de manera discontinua. Durante los momentos en que 15-17 está inactivo, el dispositivo 15-17 de retirada de sólidos puede retirarse de la cámara 8 de separación/pirólisis. La parte superior de la pata B puede cerrarse con las cubiertas 18 para minimizar las pérdidas de calor y por motivos de seguridad.

25

Dado que la presión dentro de la cámara 8 de separación/pirólisis es solo ligeramente superior a la atmosférica (generalmente no más de 100 mbar), el nivel de líquido de la pata B es casi igual que el nivel de líquido en la pata A. Esto se debe al principio de estática de fluidos de las patas A y B que se llenan con un fluido continuo.

30

También puede formarse algo de escoria superior encima de la pata B. Esta escoria también se retiraría periódicamente mediante la eliminación de escoria de la superficie del líquido 7 de separación/pirólisis.

35

Algunas partículas pueden no separarse como escoria inferior o escoria superior. En cambio, algunas partículas pueden permanecer suspendidas dentro del líquido 7 de separación/pirólisis. Estas partículas se retiran mediante el filtro 40. La bomba 38 se usa para bombear la sal fundida a través del filtro 40 y de vuelta a la cámara 8 de separación/pirólisis.

40

En resumen, este procedimiento de reciclaje de PCB proporciona un procedimiento de concentración de metales y separación por gravedad combinado con pirólisis que representa un nuevo enfoque para el reciclaje de PCB. Los metales preciosos y otros se recogen como escoria superior o inferior o forman una aleación en la cámara 8 de separación/pirólisis. Periódicamente, la escoria superior e inferior se retiran de la cámara 8 de separación/pirólisis y la aleación/mezcla de metales pueden venderse, por ejemplo, a una tercera parte o puede tratarse en una operación unitaria de seguimiento.

45

La figura 9 ilustra varias realizaciones diferentes que pueden usarse como extractor, donde "a" muestra un extractor de tipo lanza sencillo, "b" un extractor de lanza con abertura más amplia en un extremo, y "c" un extractor de tipo colector adaptado para retirar los vapores de pirólisis y los productos de pirólisis sólidos ligeros de la superficie del líquido 7 de separación/pirólisis.

50

Una característica deseable de la presente invención es que todos los tipos de baterías secas pueden tratarse con este sistema, eliminando la necesidad de clasificar las baterías según los tipos. Otra característica deseable de la presente invención es que no es necesario que las baterías se machaquen o se pulvericen o se sequen, reduciendo las necesidades de energía en comparación con otros procedimientos. Otra característica deseable de la presente invención es que las carcasas de batería de acero inoxidable se recuperan como chatarra, lo que aumenta la economía del procedimiento.

55

Otra característica deseable de la presente invención es que pueden reciclarse PCB de bajo valor de manera económica, ya que el procedimiento concentra los metales y también puede generar aceite de pirólisis. Otra característica deseable de la presente invención es que no es necesario que las PCB se trituren antes del procesamiento, lo que minimiza las necesidades de energía de este procedimiento.

60

Otra característica deseable de la presente invención es que no se producen emisiones de COV desde la cámara

65

8 de separación/pirólisis (véanse las figura 5, 7). Por tanto, esta parte de la cámara 8 de separación/pirólisis puede abrirse a la atmósfera sin producir emisiones de COV que de otro modo podrían tener que reducirse. Otra característica deseable de la presente invención es que el procedimiento es fácilmente escalable.

5 Se apreciará que la invención puede aplicarse a placas de circuito impreso (PCB), baterías, catalizadores, plástico, materiales compuestos de plástico tales como materiales de envasado de alimentos, por ejemplo Tetra Pak®, colchones, discos compactos (CD, DVD), residuos de trituradora de automóviles (ASR), desechos de cables eléctricos, paneles de pantalla líquida, mangueras y otro material compuesto, por ejemplo materiales de silicio recubiertos con platino, materiales compuestos de carbono, teléfonos móviles o combinaciones de los
10 anteriores.

En la memoria descriptiva, se considera que los términos “comprender, comprende, comprendido y que comprende” o cualquier variación de los mismos y los términos “incluir, incluye, incluido y que incluye” o cualquier
15 variación de los mismos son totalmente intercambiables y todos deben tener la interpretación más amplia posible y viceversa.

REIVINDICACIONES

1. Sistema de reciclaje de materiales de alimentación compuestos de desecho tales como placas de circuito impreso (PCB), baterías, teléfonos móviles y similares, comprendiendo el sistema:
 - 5 medios para cargar dichos materiales de alimentación a partir de un recipiente (1, 30) de carga en una cámara (8) de separación y pirólisis en el que la cámara (8) de separación y pirólisis comprende un líquido (7) de separación y pirólisis en el que el líquido (7) de separación y pirólisis es una sal fundida o un metal no ferroso fundido;
 - 10 medios para permitir que los productos sólidos pesados y ligeros asociados con dicho material de alimentación se separen dentro de dicho líquido (7) de separación y pirólisis;
 - 15 medios para retirar los vapores de producto y una primera porción de dichos productos sólidos ligeros a través de una línea (23) de retirada de vapor y escoria superior o un extractor (22) o ambos de la superficie de dicho líquido (7) de separación y pirólisis;
 - 20 medios para retirar dichos productos sólidos pesados de la parte inferior o de algún lugar entre la superficie líquida de dicho líquido (7) de separación y pirólisis y la parte inferior del líquido (7) de separación y pirólisis con un dispositivo (15, 16, 17) de retirada de sólidos o alternativamente mediante un drenaje (20, 21); y
 - 25 medios para retirar una segunda porción de dichos productos sólidos ligeros a través de un dispositivo (32) de retirada de escoria superior de la superficie de dicho líquido (7) de separación y pirólisis; en el que dicha cámara (8) de separación y pirólisis está equipada con una compuerta (42) configurada para garantizar que el tiempo de contacto o de reacción del material de alimentación con el líquido (7) de separación y pirólisis es una duración de tiempo suficiente de modo que se logre la separación completa.
- 30 2. Sistema según la reivindicación 1, caracterizado porque dicho material de alimentación se corta o se trocea o ambos antes de entrar en dicho recipiente (1, 30) de carga y/o en el que el material de alimentación comprende al menos uno o más de: catalizadores, plástico, materiales compuestos de plástico tales como materiales de envasado de alimentos, por ejemplo Tetra Pak®, colchones, discos compactos (CD, DVD), residuos de trituradora de automóviles (ASR), desechos de cables eléctricos, paneles de pantalla líquida, mangueras y otro material compuesto, por ejemplo materiales de silicio recubiertos con platino, materiales compuestos de carbono.
- 35 3. Sistema según cualquier reivindicación anterior, caracterizado porque dicha cámara (8) de separación y pirólisis comprende una estructura sustancialmente en forma de U y/o comprende una o más patas interconectadas, pero al menos dos patas (A, B) y/o comprende una parte inferior inclinada de entre 10 y 60 grados y/o en el que dicha inclinación de dicha cámara (8) de separación y pirólisis cambia su grado al menos una vez.
- 40 4. Sistema según cualquier reivindicación anterior, en el que dicho extractor (22) comprende una lanza u otros medios de extracción.
- 45 5. Sistema según cualquier reivindicación anterior, que comprende medios para separar dichos vapores de producto y dichos productos sólidos ligeros en un ciclón (24) y/o en el que dicho ciclón (24) está compuesto por filtros, ciclones, cedazos en zig-zag o separadores de flujo turbulento instalados en serie o en paralelo o combinaciones de los mismos.
- 50 6. Sistema según cualquier reivindicación anterior, caracterizado porque dicha cámara (8) de separación y pirólisis comprende una pluralidad de puntos bajos y/o está equipada con una pluralidad de drenajes asignados en o cerca de dichos puntos bajos.
- 55 7. Sistema según cualquier reivindicación anterior, caracterizado porque dicho dispositivo (15, 16, 17) de retirada de sólidos comprende una pluralidad de dispositivos de retirada de sólidos que o bien son móviles o bien son estacionarios, y/o dicho dispositivo (15, 16 o 17) de retirada de sólidos retira dichos productos sólidos pesados de uno o una pluralidad de puntos bajos de dicha cámara (8) de pirólisis.
- 60 8. Sistema según cualquier reivindicación anterior, caracterizado porque dicho recipiente (1, 30) de carga está equipado con un transportador (31) o un sistema de ariete diseñado para cargar dicho material de alimentación en dicha cámara (8) de separación y pirólisis y/o dicho recipiente (1, 30) de carga se instala en vertical, en horizontal o inclinado entre 90 y cero grados o combinaciones de los mismos.
- 65 9. Sistema según cualquier reivindicación anterior, caracterizado porque se usa un tornillo sin fin para

retirar dichos productos de pirólisis ligeros de dicha cámara (8) de separación y pirólisis.

- 5 10. Sistema según cualquier reivindicación anterior, caracterizado porque dichos productos de pirólisis ligeros y dichos vapores de pirólisis se retiran de dicha cámara (8) de pirólisis a través de una sola o una pluralidad de ranuras ubicadas en la pared lateral de dicha cámara (8) de pirólisis.
- 10 11. Sistema según cualquier reivindicación anterior, caracterizado porque se usa uno o una pluralidad de émbolos (35) para sumergir materiales pesados que flotan sobre la superficie de dicho líquido (7) de separación y pirólisis.
- 15 12. Sistema según cualquier reivindicación anterior, que comprende medios para hacer recircular dicho líquido (7) de separación y pirólisis a través de un filtro (40).
- 20 13. Método de reciclaje de materiales de alimentación compuestos de desecho tales como placas de circuito impreso (PCB), baterías, teléfonos móviles o similares, comprendiendo el método:
 cargar dichos materiales de alimentación a partir de un recipiente (1, 30) de carga en una cámara (8) de separación y pirólisis en el que la cámara (8) de separación y pirólisis comprende un líquido (7) de separación y pirólisis en el que el líquido (7) de separación y pirólisis es una sal fundida o un metal no ferroso fundido;
 permitir que los productos sólidos pesados y ligeros asociados con dicho material de alimentación se separen dentro de dicho líquido (7) de separación y pirólisis;
- 25 retirar los vapores de producto y una primera porción de dichos productos sólidos ligeros a través de una línea (23) de retirada de vapor y escoria superior o un extractor (22) o ambos de la superficie de dicho líquido (7) de separación y pirólisis;
- 30 retirar dichos productos sólidos pesados de la parte inferior o de algún lugar entre la superficie líquida de dicho líquido (7) de separación y pirólisis y la parte inferior del líquido (7) de separación y pirólisis con un dispositivo (15, 16, 17) de retirada de sólidos y/o mediante un drenaje (20, 21); y
- 35 retirar una segunda porción de dichos productos sólidos ligeros a través de un dispositivo (32) de retirada de escoria superior de la superficie de dicho líquido (7) de separación y pirólisis; en el que dicha cámara (8) de separación y pirólisis está equipada con una compuerta (42) configurada para garantizar que el tiempo de contacto o de reacción del material de alimentación con el líquido (7) de separación y pirólisis es una duración de tiempo suficiente de modo que se logre la separación completa.
- 40 14. Método según la reivindicación 13, caracterizado porque dicho líquido (7) de separación y pirólisis es un metal no ferroso fundido seleccionado de al menos uno de cinc, estaño, aluminio, plomo, cobre o aleaciones de los mismos o es una sal fundida tal como LiCl, KCl, KOH, NaOH, cianuros, nitratos, nitritos o combinaciones de los mismos.
- 45 15. Método según la reivindicación 13 o la reivindicación 14, caracterizado porque dicho líquido (7) de separación y pirólisis es un líquido orgánico con un punto de ebullición mayor de 150°C.

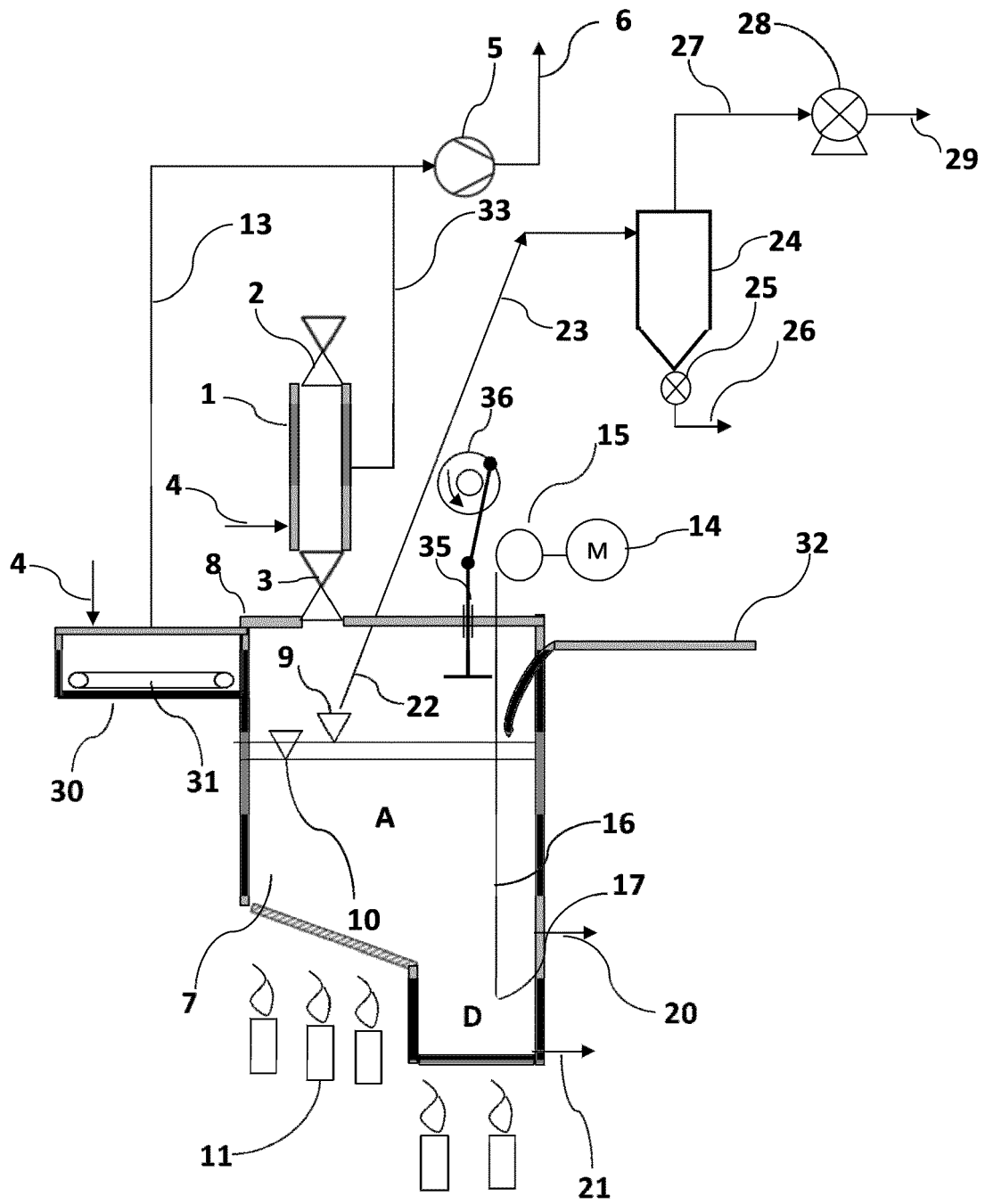


Fig.1

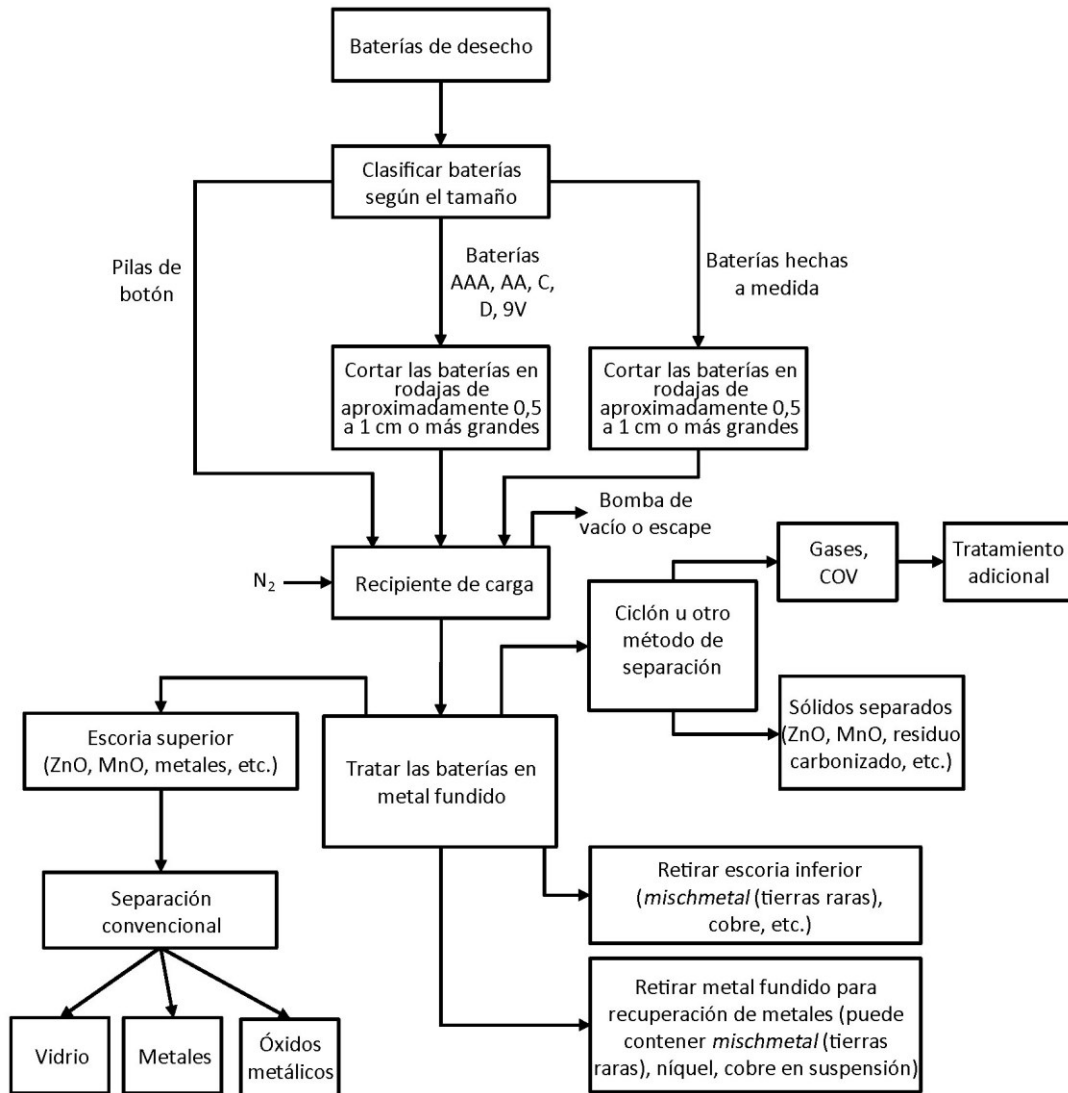


Fig.2

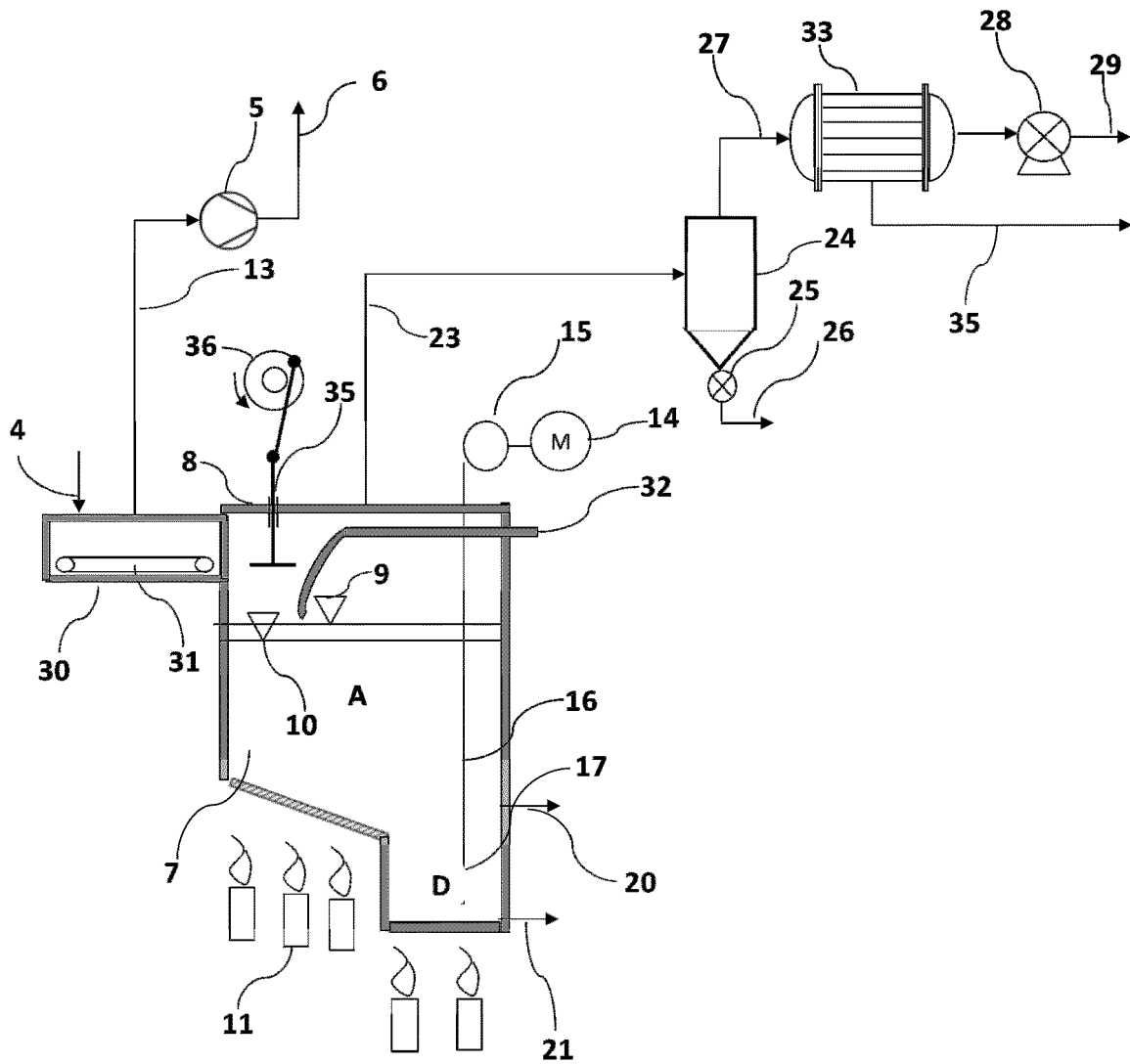


Fig.3

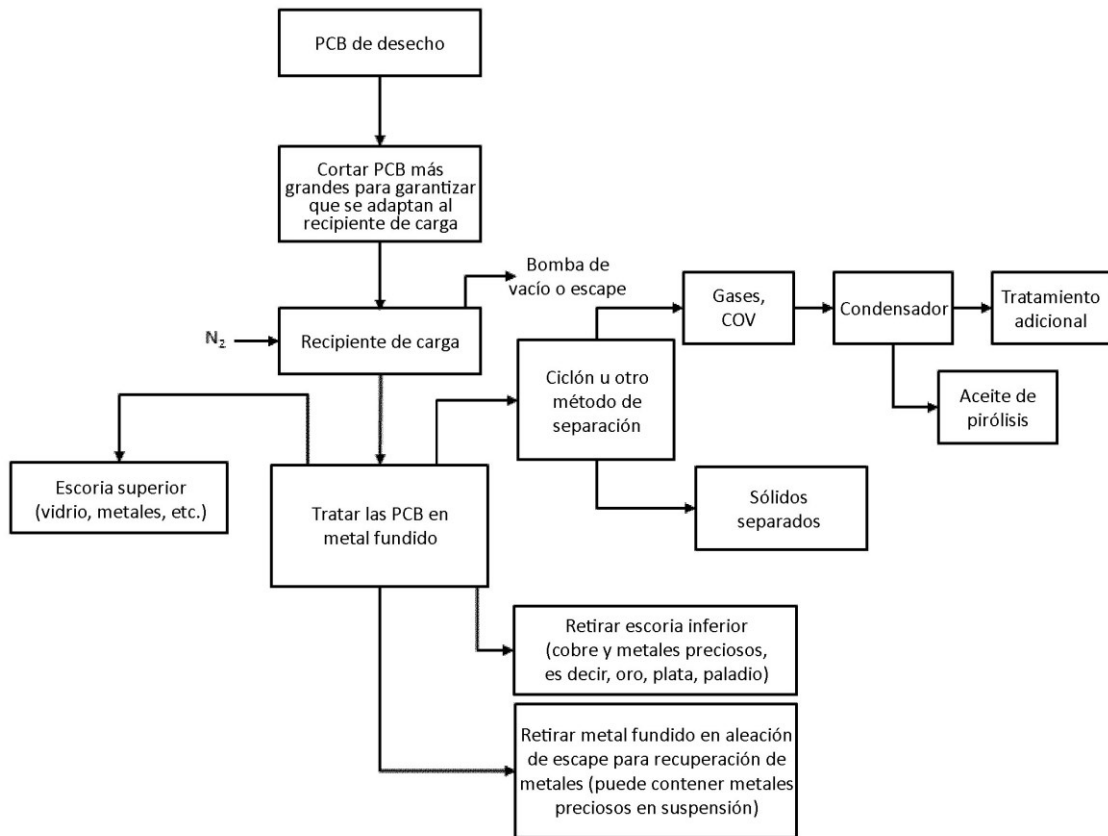


Fig.4

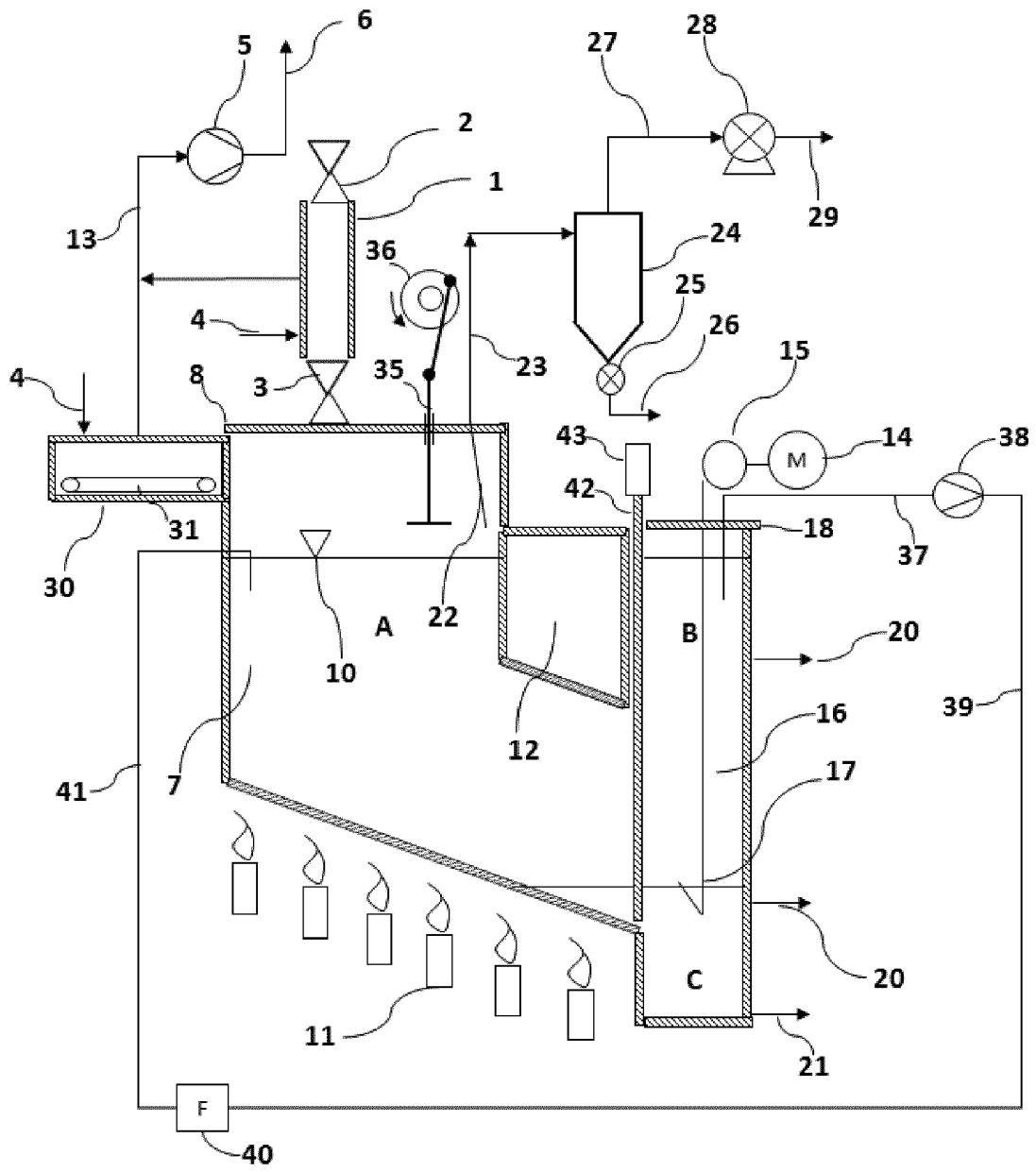


Fig.5

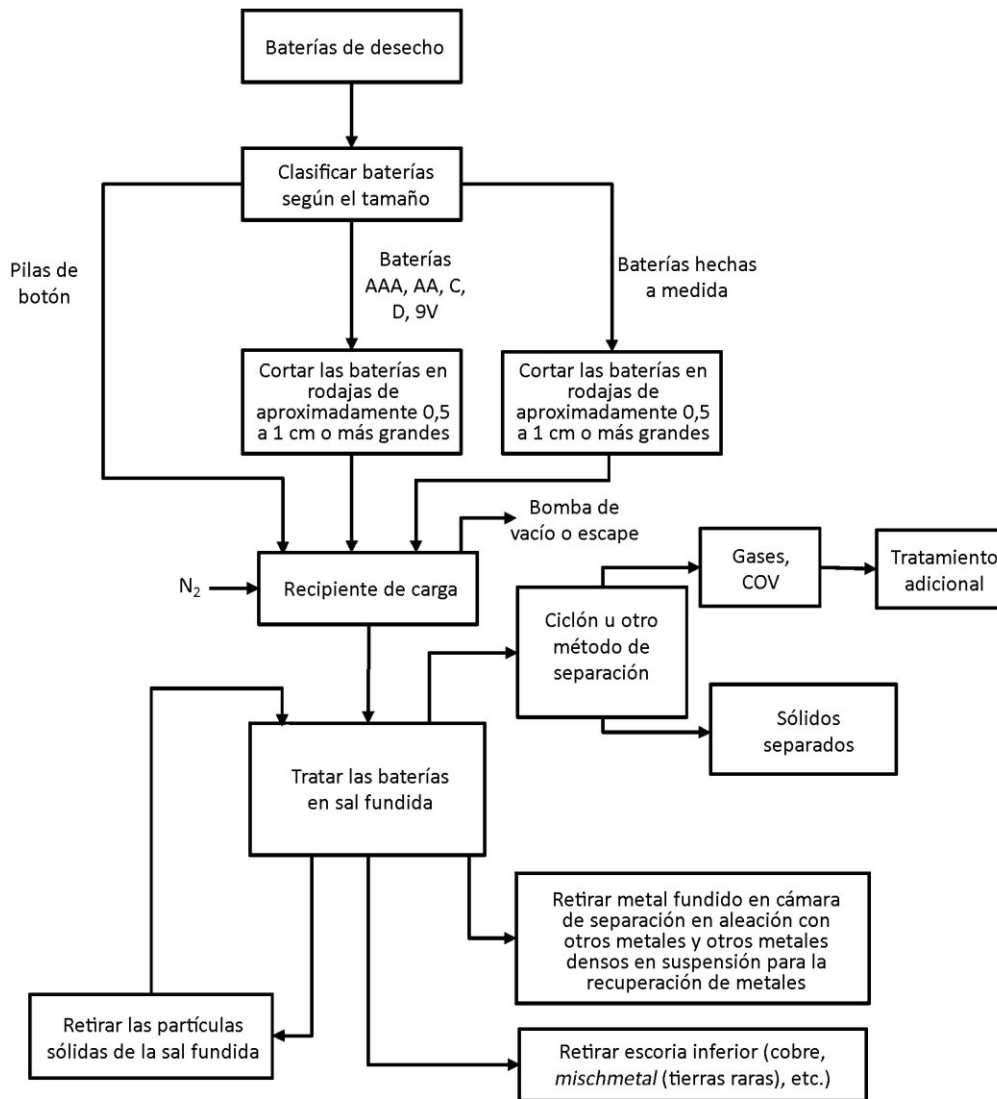


Fig.6

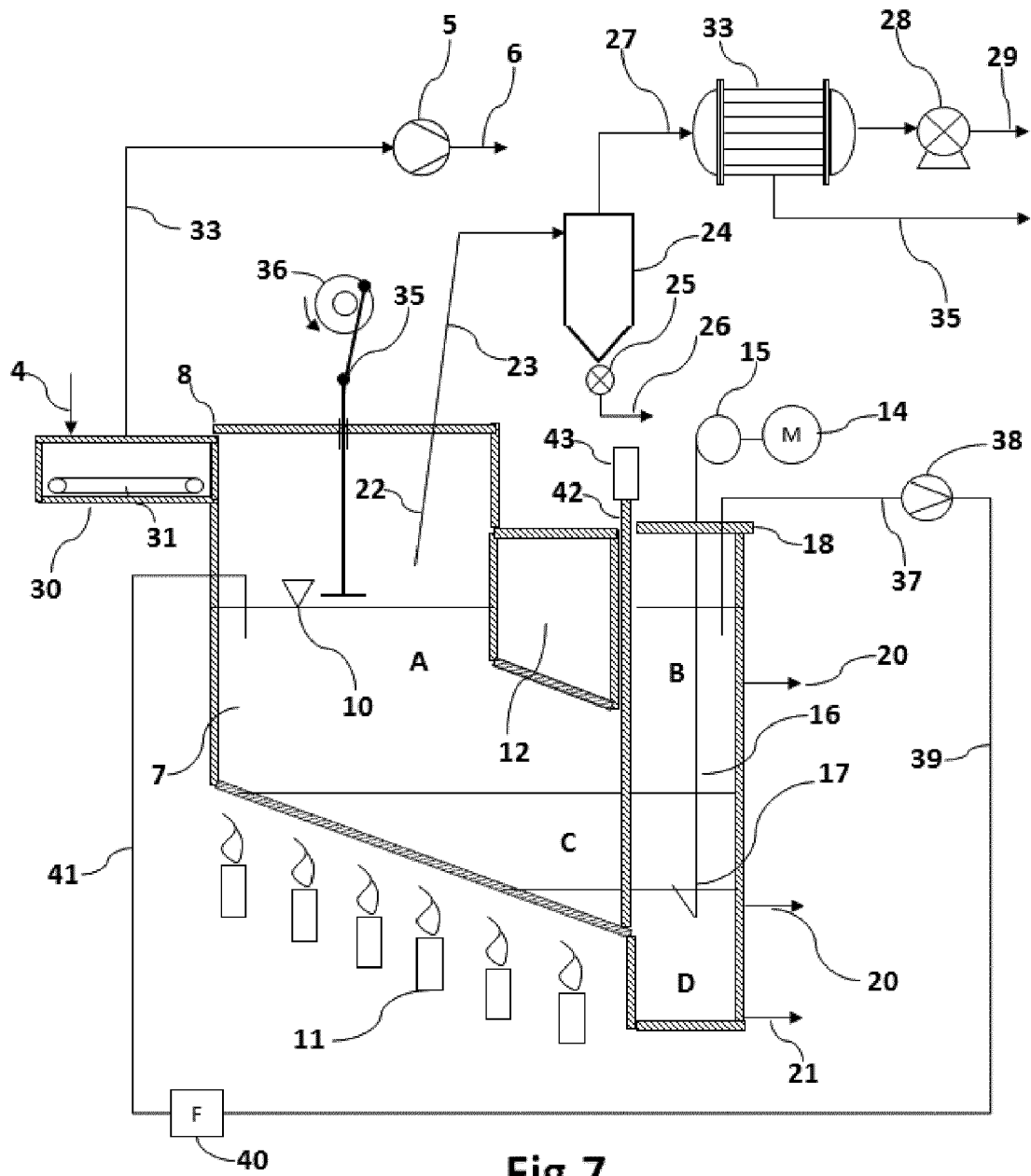


Fig.7

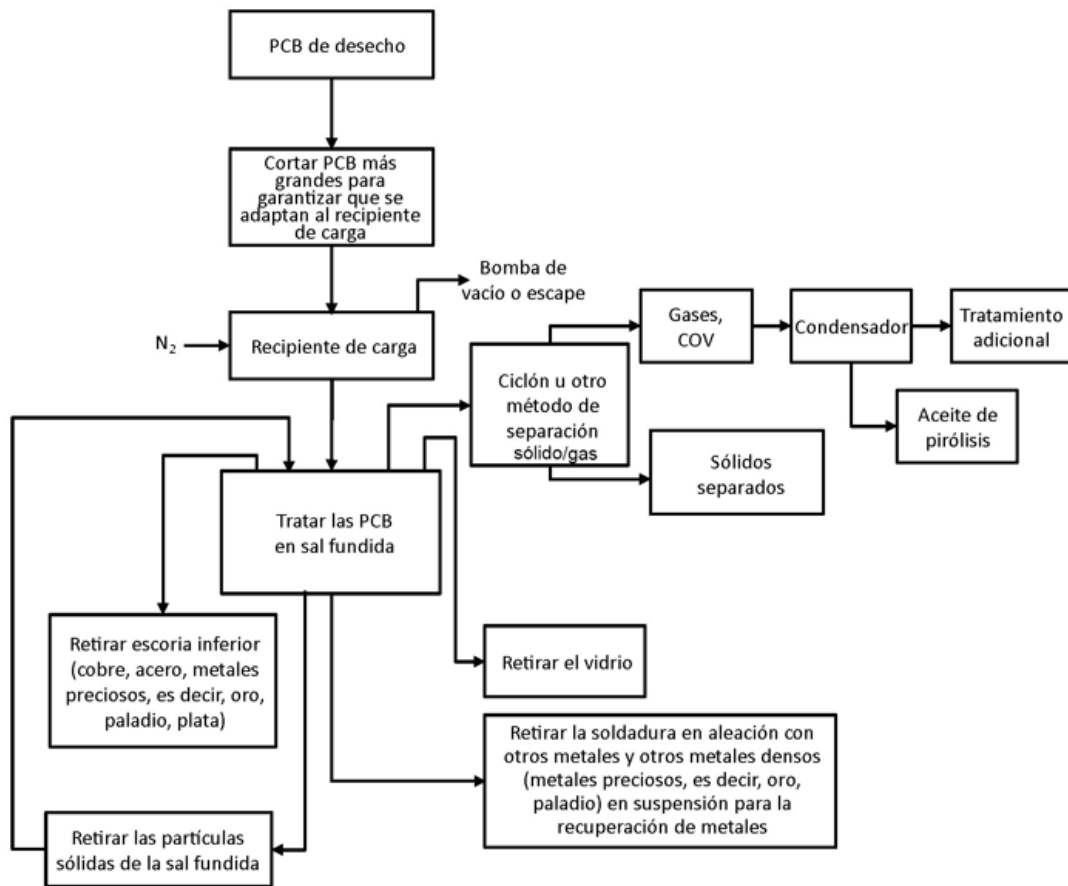


Fig.8

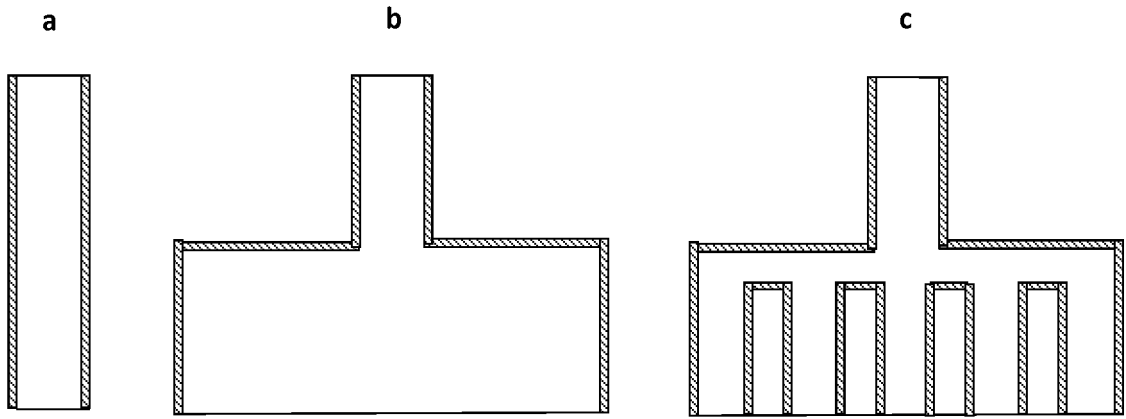


Fig.9