

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 697 346**

51 Int. Cl.:

C22B 1/00 (2006.01)

H01M 10/54 (2006.01)

H01M 6/52 (2006.01)

C22B 7/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **15.03.2017** **E 17161150 (2)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **15.08.2018** **EP 3312922**

54 Título: **Procedimiento de reciclado para el tratamiento de baterías usadas, de forma particular baterías recargables e instalación de procesamiento de baterías**

30 Prioridad:

20.10.2016 DE 102016120046

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

23.01.2019

73 Titular/es:

DUESENFELD GMBH (100.0%)

Rothbergstraße 8

38176 Wendeburg, DE

72 Inventor/es:

HANISCH, CHRISTIAN

74 Agente/Representante:

LOZANO GANDIA, José

ES 2 697 346 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 DE RECICLADO PARA EL TRATAMIENTO DE BATERÍAS USADAS, DE FORMA PARTICULAR BATERÍAS RECARGABLES E INSTALACIÓN DE PROCESAMIENTO DE BATERÍAS

5 La invención se refiere a un procedimiento para el tratamiento de baterías usadas, de forma particular baterías de litio usadas, por ejemplo baterías de iones de litio, según el concepto de la reivindicación 1.

10 Según un segundo aspecto la invención se refiere a una instalación de procesamiento de baterías para el tratamiento de baterías usadas, de forma particular para el tratamiento de baterías de litio usadas, según el concepto de la reivindicación 9.

15 Del documento US 2005/0241943 A1 se conoce un procedimiento para el procesamiento de baterías usadas, en el que se calientan las baterías antes de la etapa de trituración, de modo que se destruyan los componentes de plástico de las baterías. Es desventajoso en un proceso de este tipo que los componentes que quedan de las baterías puedan impurificarse con productos residuales del plástico.

20 Del documento DE 10 2012 024 876 A1 se conoce un sistema para transferir celdas electrolíticas de transporte crítico trituradas en primer lugar en gas inerte y luego se pulverizan con un polvo de desactivación para evitar una autoinflamación del material electroquímicamente activo. En esto es desventajoso que el material que se genera posee en consecuencia un potencial de riesgo comparativamente alto y porque el polvo para espolvoreo representa propiamente un riesgo de explosión y porque no se pueda excluir la formación de una atmósfera inflamable y explosiva en el recipiente de transporte.

25 Del documento DE 10 2011 110 083 A1 se conoce un procedimiento para la recuperación de material activo de una celda galvánica, en el que las celdas galvánicas se Trituran en primer lugar mecánicamente, luego se secan y a continuación se clasifican. Finalmente se destruye el aglutinante en un horno. Un dispositivo de este tipo es muy adecuado para el reciclado eficiente de mayores cantidades de elementos galvánicos. Sin embargo para el accionamiento de la carga parcial se constituye esta instalación de modo comparativamente complejo. Se ha evidenciado adicionalmente que pueden formarse compuestos fluoroorgánicos de alta toxicidad y fluorhídrico, que solo son desechables con gran coste.

30 En el documento WO 2010/102377 A1 se describe un procedimiento en el que las baterías que se van a reciclar, por ejemplo baterías de litio, se calienta en un horno tubular rotativo y se succionan los gases que se generan. En este procedimiento es desventajoso que el electrolito solo se puede reutilizar de forma difícilmente y se generan grandes cantidades de fluorhídrico así como compuestos fluoroorgánicos.

35 En el documento post-publicado WO 2016/174156 A1 se describe un procedimiento en el que baterías usadas se desactivan en primer lugar descentralizadamente y se descargan en un recipiente para transporte. Tras transporte del material triturado hasta el lugar de procesamiento central se reprocesaron los fragmentos celulares desactivados.

La invención se basa en el objetivo de evitar las desventajas del estado de la técnica.

40 La invención resuelve el problema mediante un procedimiento genérico, en el que el secado se realiza a una presión como máximo de 300 hPa, preferiblemente al menos temporalmente por debajo de 50 hPa y como máximo a 80° C. De forma particular se realiza la inactivación también mediante secado del material triturado. Según un segundo aspecto la invención resuelve el problema mediante una instalación de procesamiento genérica, en la que está conectada una instalación de vacío con el dispositivo de secado para la generación de un vacío en el dispositivo de secado de al menos 300 hPa y el dispositivo de secado está configurado para el secado a una temperatura como máximo de 80° C.

45 Es ventajoso en la invención que mediante el secado se pueda retirar del material triturado tanto electrolito que ya no sea posible una reacción electroquímica o solo en una pequeña dimensión despreciable. Adicionalmente no se forma fase gas inflamable o explosiva sobre los fragmentos de baterías, ya que de estos se retiran particularmente los carbonatos orgánicos volátiles. El material triturado es por tanto bastante inerte y puede ser transportado o reprocesado de forma más segura si se envasa a vacío.

50 Una ventaja adicional es que para la inactivación del material triturado no se tiene que incorporar material adicional alguno. Esto reduce el gasto en el procesamiento de las baterías, reduce el peso del material triturado inactivado y aumenta la limpieza en las siguientes etapas de separación y reciclado. De forma particular en etapas de procesamiento hidrometalúrgicas potenciales siguientes es ventajoso una alta unidad de producto sin entrada de iones extraños.

60 Además es ventajoso que se pueda excluir la formación en cantidades relevantes de fluorofosfatos, fluorhídrico, monóxido de carbono, dibenzodioxinas polifluorados y dibenzofuranos, óxidos de nitrógeno, fluoruro de carbonilo

y/o cianhídrico. Los fluorofosfatos son con frecuencia fuertes venenos nerviosos, cuya formación se debe evitar de forma segura. Además se asegura que debido al menor contenido en electrolito no se llega la desprendimiento de calor progresivamente autoreforzado, desprendido por una reacción electroquímica. Se ha evidenciado que se pueden formar fluorhídrico y fluorofosfatos ya a temperaturas comparativamente bajas de 80° C en cantidades significativas.

Es además ventajoso que la separación del electrolito sea posible con menor consumo de energía. Además se puede reutilizar en gran medida el electrolito.

La condensación prevista según una forma de realización preferida del electrolito evaporado conduce además a una reutilización de baja emisión de baterías de litio.

Con la instalación de procesamiento de baterías de acuerdo con la invención se pueden conseguir cuotas de reciclado en sustancia por encima de 80%, lo que no se puede conseguir con las instalaciones actuales.

En el marco de la presente descripción se entiende con el secado de forma particular la separación al menos de un disolvente de sal conductora. De forma particular se lleva a cabo el secado de modo que se separa el éster dimetilico de ácido carbónico y/o éster etilmetílico de ácido carbónico en al menos 90 por ciento en peso.

Con una batería de litio se entiende de forma particular un acumulador, en el que está implicada la reacción electroquímica de litio y/o iones de litio y/o un compuesto de litio.

Con una instalación de procesamiento de baterías se entiende de forma particular también una instalación de procesamiento Akku para el procesamiento de acumuladores.

Con el recipiente de transporte se entiende de forma particular también uno o un envase de transporte. Preferiblemente se sella el envase para transporte por soldadura a vacío. Es muy adecuado como envase para transporte de forma particular láminas compuestas de aluminio.

Con la unidad de trituración se entiende de forma particular un dispositivo, que tritura en la operación las baterías. A modo de ejemplo la unidad de trituración (i) es una unidad de trituración por presión, en la que las baterías son presionadas entre dos superficies de herramienta, (ii) una unidad de trituración por golpeo, en la que las baterías se disponen sobre una superficie de herramienta y se destrozán mediante golpeo con una segunda herramienta en movimiento, (iii) una unidad de trituración por cizallamiento, en la que las baterías se Trituran mediante dos superficies de herramienta que se mueven opuestamente, (iv) una unidad de trituración por corte, en la que las baterías con cortadas mediante dos cuchillas en dos partes y/o (v) una trituración por rebote, en la que las baterías se lanzan contra una pared, rebotan contra una herramienta en movimiento o chocan dos partículas una contra otra. Evidentemente la unidad de trituración puede actuar también mediante dos o más de los mecanismos de trituración citados.

La unidad de trituración es según una forma de realización preferida parte de un dispositivo de trituración, que presenta un recipiente en el que está dispuesta la unidad de trituración.

Las temperaturas y presiones indicadas se refieren en todo caso a la temperatura de la atmósfera en el respectivo dispositivo. De este modo se entiende de forma particular con la característica de que el secado se realiza a una presión como máximo de 300 hPa y como máximo de 80° C, que la temperatura alcanza en la atmósfera del secador como máximo 80° C. Que la temperatura pueda ser mayor localmente es irrelevante.

Es favorable que el secado se realice tras la trituración de las baterías. En concreto es posible y representa una forma de realización de la invención que se expongan las baterías en estado no triturado a un vacío, de modo que al menos se vaporicen partes del electrolito, fugándose el gas que se genera bien por una válvula de seguridad en el acumulador o se destruye la batería mediante la diferencia de presión entre el entorno exterior y la presión interior, de modo que pueda retirarse electrolito vaporizado. Debido a que el electrolito se presenta al menos entre capas estrechamente enrolladas o aplicadas y prensadas de electrodos y separadores y en sus poros y se presenta compuesto con otros componentes, este planteamiento puede ser sin embargo intensivo en tiempo. Es por tanto frecuentemente más favorable y representa una forma de realización preferida de la invención que las baterías se destruyan mecánicamente, por ejemplo mediante corte, cizallamiento, efecto de choque, aplastamiento y/o exprimido. De este modo se encuentra disponible para la transición a la fase gas una mayor superficie límite.

Preferiblemente el secado se realiza durante al menos 50% del tiempo de secado a una presión como máximo de 30 hPa. De forma alternativa o adicional una presión mínima en el secado alcanza como máximo 50 hPa. De este modo se separa una mayor proporción del electrolito. Con la presión mínima se entiende de forma particular la menor presión atmosférica en el dispositivo de secado, que se encuentra durante al menos un minuto.

Es posible según una forma de realización preferida además que el secado se realice de forma simultánea con la trituración, en otras palabras se establece en un dispositivo de trituración, en el que se trituran las baterías, un vacío con una presión como máximo de 300 hPa. En esto es ventajoso que la energía mecánica incorporada en la trituración ayude en la evaporación del electrolito. Por tanto es innecesario incorporar energía térmica adicional para la evaporación del electrolito en el material triturado (aunque esto sea posible y esté comprendido por la invención) Además es innecesario enfriar el material triturado en la trituración (aunque esto sea posible y esté comprendido por la invención). La unidad de trituración provoca además una circulación del material triturado, lo que acelera el secado.

Es favorable que el secado se realice con agitación y/o circulación del material triturado. De este modo se separan unos de otros los elementos galvánicos del ánodo, separado y cátodo. Se evita una obstrucción de la vaporización por láminas adheridas. Se incorpora energía mecánica para la separación de láminas colectoras de corriente y recubrimiento y el calor de fricción resultante alimenta al sistema calor para la evaporación.

Antes de la trituración se desmontan preferiblemente las baterías usadas. Esto significa que mayores sistemas de baterías se desmontan en sus bloques de menor tamaño, los módulos o piezas, o incluso las celdas, que contiene el material de actividad electroquímica, separándolas de la electrónica de control. La electrónica de control comprende por ejemplo elementos constituyentes de semiconductores y/o sensores y sirve para el control de carga de baterías.

El secado se realiza a vacío. Según su sentido más amplio la invención resuelve el problema mediante un procedimiento genérico, en el que se selecciona el vacío de magnitud tal que se supera la presión de vapor de éster dimetilico de ácido carbónico a 80° C, de forma particular a 70° C. Es especialmente favorable sin embargo que el secado se realice bajo una presión como máximo de 300 hPa, de forma particular como máximo de 100 hPa. Con presiones tan bajas se evaporan componentes esenciales de la mayor parte de los electrolitos, de forma particular dimetilico de ácido carbónico y éster etilmetílico de ácido carbónico, ya a temperaturas inferiores a 80° C. Las bajas temperaturas tienen la ventaja de que se previene la formación de fluorhídrico y compuestos fluoroorgánicos. Ambos representan un riesgo potencial para la instalación de procesamiento de batería así como para el entorno. Por tanto es favorable evitar su generación.

Preferiblemente se realiza el secado a una temperatura que se encuentra por debajo de una temperatura de degradación. Con la temperatura de degradación se entiende de forma particular la menor temperatura para la que se da la circunstancia que tras mantener el material triturado a esta temperatura durante una hora se degrade al menos el 80 por ciento en masa del aglutinante de baterías de litio en componentes en forma de gas. La temperatura de degradación se puede medir de forma que la temperatura del material triturado aumente sucesivamente y se detecte cuando conlleve una pérdida de masa, de forma particular por desprendimiento de gas debido a una degradación del aglutinante, y cumpliéndose el criterio determinado. Dado el caso se debe llevar a cabo el estudio respectivamente varias veces con una nueva muestra de material triturado respectivamente con mayor temperatura.

Según una forma de realización preferida el procedimiento comprende la condensación de gases que se generan en el secado. Esto se realiza preferiblemente a presión ambiental, siendo posible una desviación de ± 50 hPa. Es válido que la temperatura alcance en la condensación al menos 0° C. Esto reduce la capacidad de refrigeración y evita la formación de hielo. Preferiblemente la capacidad de refrigeración alcanza al menos 4 kilovatios y como máximo 40 kilovatios referido a una tonelada por hora de baterías procesadas. De forma alternativa la temperatura en la condensación es menor de 0° C de modo que se elimina de la atmósfera agua por formación de hielo. Es posible que el condensador presente dos o más zonas de distinta temperatura. Preferiblemente la temperatura en una de las dos zonas es tan alta que se suprime la formación de hielo, y es tan baja en la otra zona que el agua se elimina como hielo.

Es válido que la temperatura en la condensación es como máximo de 50° C, preferiblemente como máximo de 30° C, de forma particular como máximo de 20° C. De este modo se recuperan los carbonatos orgánicos de baterías casi por completo. Además apenas se generan gases y el consumo de energía para la condensación es bajo.

La trituración de las baterías se lleva a cabo preferiblemente de modo que al menos 90% en peso de los componentes del material triturado presenta una dimensión de tamiz como máximo de 50 mm, de forma particular como máximo de 30 mm, preferiblemente como máximo de 20 mm. En lo sucesivo se entiende que el 90% en peso de los componentes se encuentran en un tamiz que presenta una anchura de malla de 50 mm (o bien la otra anchura indicada respectivamente). Mediante una trituración de este tipo se evitan microcortocircuitos y de este modo se aumenta la seguridad de transporte, el almacenamiento y el posterior procesamiento.

Es válido que el secado se realice en una atmósfera en la que la presión parcial del agua es menor de 50 Pa, de forma particular menor de Pa. Una presión parcial de agua menor conduce a una menor velocidad de reacción

de compuestos de litio en hidróxido de litio y con ello a un menor desprendimiento de hidrógeno. Esto impide la formación de mezclas de hidrógeno-oxígeno inflamables y contribuye a la seguridad de la instalación.

5 Es válido además que la presión parcial de oxígeno en el secado alcance como máximo 30 milibares, de forma particular como máximo 10 milibares. La reacción de oxígeno con componentes oxidables de las baterías se restringe en gran medida. Es posible conseguir la baja presión parcial de oxígeno mediante una baja presión en el secado. De forma alternativa o adicional se puede realizar el secado en una atmósfera de gas inerte.

10 Según una forma de realización preferida el procedimiento comprende las etapas de una detección continua de una concentración de vapor de agua en la trituración y/o en el secado y de una reducción de la concentración de vapor de agua, si se supera un valor umbral predeterminado. Con la concentración de vapor de agua se entiende de forma particular una proporción de vapor de agua referida a la totalidad de los componentes de la atmósfera. De forma particular se entiende con la concentración de vapor de agua también una presión parcial de vapor de agua. Esta disminución de la concentración de vapor de agua puede comprender por ejemplo una reducción de la presión y/o una alimentación de gas inerte. El valor umbral para la concentración de vapor de agua se selecciona preferiblemente de modo que por debajo del valor umbral no es posible una formación de cantidades reseñables de fluorhídrico mediante degradación de la sal conductora, por ejemplo LiPF_6 , así como una reacción del agua con litio metálico en dimensión reseñable. Estos criterios se cumplen en con un punto de rocío de -40°C . Es posible, pero no necesario, que la concentración de vapor de agua se mida directamente, por ejemplo por espectroscopia, de forma particular espectroscopia por infrarrojo. Es también posible por ejemplo determinar la suma de concentraciones en gas inerte, oxígeno y compuestos orgánicos y suponer que el resto se compone de vapor de agua.

25 Según una forma de realización preferida el procedimiento comprende las etapas de una detección continua de una concentración de oxígeno en la trituración y/o en el secado y de una reducción de la concentración de oxígeno, si se supera un valor umbral predeterminado. Con la concentración de oxígeno se entiende de forma particular una proporción de oxígeno referida a la totalidad de los componentes de la atmósfera. De forma particular se entiende con la concentración de oxígeno también una presión parcial de oxígeno. Esta disminución de la concentración de oxígeno puede comprender por ejemplo una reducción de la presión y/o una alimentación de gas inerte. El valor umbral para la concentración de oxígeno se selecciona preferiblemente de modo que por debajo del valor umbral no sea posible una explosión. Es posible, pero no necesario, que la concentración de oxígeno se mida directamente, por ejemplo por sonda de Nernst, sonda de Lambda, con sensores paramagnéticas o con una sonda de resistencia. Es también posible a modo de ejemplo determinar las concentraciones de oxígeno mediante la medida de gases asociados al oxígeno en aire, como por ejemplo dióxido de carbono, asumiendo que el oxígeno se presenta en la misma relación de mezcla respecto al gas medido que en el aire.

40 De forma particular el procedimiento comprende las etapas (i) monitorización de forma continua en el secado de una concentración de carbonatos orgánicos en la atmósfera del dispositivo de secado y (ii) finalización del secado ya cuando se quede por debajo de un límite de explosión inferior. El límite de explosión inferior es la concentración de componentes orgánicos, para el que es válido que tras llenado del material de trituración en un recipiente en aire a 23°C en 1013 hPa y 80% de humedad una inflamación no conduce a explosión alguna, pero probablemente una mayor concentración. Si no se queda por debajo de este límite de explosión inferior prosigue el secado.

45 La concentración de gas inerte se establece preferiblemente al menos 90% en peso, de forma particular al menos 95% en peso, preferiblemente al menos 97% en peso. La medida de la concentración se realiza por ejemplo por espectroscopia.

50 De forma alternativa o adicional se detecta un parámetro de progreso, que describe el progreso del secado, y finaliza el secado si el parámetro de progreso alcanza un valor umbral del parámetro de progreso predeterminado. El parámetro de progreso es al comienzo del secado bajo y aumenta con el progreso del secado. Equivalente a esto es el caso de que el parámetro de progreso es al comienzo del secado grade y aumenta con el progreso del secado.

55 A modo de ejemplo el parámetro de progreso es la concentración en electrolito en forma de gas en el gas succionado. Es posible, pero no necesario, que se mida directamente la concentración en electrolito en forma de gas, de forma particular carbonatos orgánicos, por ejemplo por espectroscopia, de forma particular espectroscopia infrarroja. De forma alternativa o adicional es posible que el parámetro de progreso de la corriente de condensado (medido por ejemplo en volumen, masa, peso o cantidad de sustancia por unidad de tiempo) de componentes de gas condensados se encuentre en un condensador disponible cualquiera. A su vez es alternativa el parámetro de progreso de la presión en el recipiente de secado o de la corriente de gas del recipiente de secado. Con potencia de bombeo constante la presión depende en buena aproximación solo del progreso del secado y de la temperatura del material triturado. Si el electrolito se vaporiza en gran medida, cae la presión. Adicionalmente baja la corriente de gas.

65

Según una forma de realización preferida se reprocesa directamente el material triturado tras el secado. Con esto se entiende de forma particular que el material triturado tras el secado no se descargue en un recipiente de transporte. De forma particular se transporta el material triturado tras el secado mediante un transportador de avance continuo o discontinuo hasta el posterior procesamiento, por ejemplo un dispositivo de separación. Por ejemplo son transportadores de avance continuo transportadores de cadena tubo estancos al polvo preferiblemente con dos desplazadores de salida regulables, cintas transportadoras, artesas transportadoras, transportadores de tornillo, transportadores de tazas o transportadores semi-continuos.

Se prefiere un procedimiento en el que el secado del material triturado se complete ya cuando tras finalizar el secado no se pueda formar ya mezcla de gas inflamable o explosiva alguna sobre el material triturado descargado y/o el material triturado esté tan seco que en el recipiente de transporte o durante el procesamiento posterior no pueda resultar una mezcla de gas inflamable o explosiva. Con la característica de que se finalice el secado, si tras finalizar el secado no puede formarse mezcla alguna de gas inflamable o explosivo sobre el material triturado cargado, se entiende de forma particular, que se llena en un recipiente de transporte en forma de un recipientes de 50 litros, que se llena hasta la mitad (referido a su volumen) con el material triturado, formando dentro de una semana a 50° C y 1013 hPa ninguna mezcla de gas inflamable. Si se cumple el criterio se determina en estudios previos. Si se forma una mezcla de gas inflamable se debe el secado debe llevarse a cabo más prolongadamente y/o a baja presión. Los experimentos previos se repiten hasta que se determine una duración de secado y/o una presión de secado, en los que se cumpla la característica en un ensayo de tres recipientes de transporte para cada uno de los tres recipientes de transporte.

Preferiblemente se seca el material triturado hasta que un contenido en electrolito en el material triturado sea tan pequeño que no sea posible una reacción electroquímica. En otras palabras si el contenido en electrolito es menor que un valor umbral, seleccionándose el valor umbral de modo que la tensión de celda por debajo de este valor umbral se reduzca hasta como máximo un cuarto. Este valor umbral se determina por ejemplo de modo que la tensión de celda de una batería se determine en función del contenido en electrolito. Poco antes de alcanzar el valor umbral colapsa la tensión de celda, esto significa que bajo en al menos el 75%. Si el valor umbral no se supera, la batería contiene tan poco electrolito que con buena aproximadamente ya no es posible reacción electroquímica alguna.

Preferiblemente se seca el material triturado hasta que una cantidad de 50 kg de material triturado, que está contenido compactado en un recipiente de 50 litros, no muestre o solo muy poco desprendimiento de calor, por lo que se excluye una transmisión térmica, por ejemplo un reacción en cadena inducida térmicamente, durante al menos dos meses y desarrolla un desprendimiento de gases eventual tan bajo que después de dos semanas no se produce sobrepresión alguna, cuando comienza a regir una depresión de 500 hPa.

Es válido que el material triturado se seque hasta que el contenido del electrolito en componentes orgánicos, que son volátiles a 50° C, es como máximo de 3% en peso, como máximo de forma particular de 2% en peso, con especial preferencia como máximo de 1,5% en peso.

Preferiblemente se lleva a cabo el secado hasta que el contenido acumulado de carbonatos orgánicos del electrolito, que son volátiles a 80° C, se encuentra un 3% en volumen por debajo en la atmósfera por encima del material triturado.

De forma particular se lleva a cabo el secado hasta que el contenido en éster dimetílico de ácido carbónico se encuentre por debajo del 4% en volumen, de forma particular 3% en volumen, y/o el contenido en ciclohexilbenceno se encuentra por debajo del 1% en volumen, de forma particular 0,5% en volumen.

Preferiblemente el secado se realiza inmediatamente tras la trituración. En lo sucesivo se entiende de forma particular que entre el comienzo de la trituración de las baterías y el momento en el que al menos una parte del material triturado generado en esta comienza a secar, va como máximo cinco minutos, de forma particular como máximo un minuto. Mediante el secado rápido tras la trituración se mantiene baja la masa de material que podría reaccionar potencialmente electroquímicamente, adicionalmente se mantiene a nivel bajo el tiempo de reacción electroquímica de reacciones exotérmicas potenciales. Esto reduce el riesgo para la instalación y el entorno.

Según una forma de realización preferida se mueve el material triturado en el dispositivo de secado, de forma particular en la extracción del dispositivo de secado, mediante un agitador. El agitador puede tratarse de una unidad de trituración pero no necesariamente. El agitador sirve de forma particular para impedir obstrucciones y/o para la entrada de energía térmica en el material triturado y/o la separación de láminas recubiertas de modo que no se vea impedida estéricamente la evaporación de electrolito. Adicionalmente la incorporación de energía mecánica provoca un desprendimiento parcial del recubrimiento de las láminas colectoras de energía. De este modo se generan otras superficies libres de fragmentos de recubrimiento, que favorece el secado y facilita la separación siguiente del recubrimiento y láminas. Preferiblemente el agitador presenta una potencia de al menos 1 kW por metro cúbico de volumen de secado. Es válido que el agitador presente al menos una pala de agitación tal que se disponga de modo que el material triturado se mueva hacia arriba.

Preferiblemente mediante el agitador se alimenta más de 35%, de forma particular al menos 50%, de un calor de evaporación necesario para el secado del material triturado. En otras palabras en el caso ideal es prescindible un calentamiento adicional para el calentamiento del material triturado. Si se dispone un calentamiento de este tipo su potencia es preferiblemente menor que la potencia del agitador. El aporte de energía al material triturado por el agitador presenta la ventaja de que se llega a una separación por ejemplo del recubrimiento y lámina portadora y otros componentes de la batería.

El agitador presenta preferiblemente una potencia de al menos 1 kilovatio por metro cúbico de volumen del dispositivo de secado.

Preferiblemente el dispositivo de secado posee un calentamiento que obtiene el calor del aporte térmico de la al menos una bomba de vacío y/o del condensador. Mediante la condensación del electrolito en el condensador se genera calor de condensación. Por tanto en el condensador puede regir una temperatura de al menos 60° C. El calor se transmite por ejemplo mediante un fluido de transmisión térmica, de forma particular de un gas o de un líquido. A modo de ejemplo el fluido de transmisión térmica se usa para el calentamiento de una pared exterior del dispositivo de secado.

Un objeto independiente de la presente invención es un procedimiento para el tratamiento de baterías de litio usadas con las etapas de (a) trituración de baterías, de modo que se obtiene el material triturado, y (b) secado del material triturado, de modo que se evapora el electrolito de baterías, (c) incorporándose para el calor de evaporación al menos 50% mediante energía mecánica en el material triturado. De forma particular se incorpora la energía mecánica mediante una unidad de trituración y/o un agitador al material triturado. Es particularmente favorable que se realice el secado con una presión como máximo de 300 hPa y como máximo de 80° C, pero no necesario. Las formas de realización preferidas citadas en la descripción se refieren también a este aspecto de la invención.

Preferiblemente se lleva a cabo la trituración y el secado en solo un recipiente, de forma particular del dispositivo de trituración. En otras palabras la trituración y el secado tienen lugar en depresión simultáneamente en un recipiente. Es ventajoso en esto que la energía mecánica, que se alimenta a la trituración y que se transforma en energía térmica, se recoge en la evaporación del electrolito y se elimina de este modo. De este modo se impide por un lado un calentamiento por exceso del material triturado, por otro lado es innecesario un calentamiento para el secado.

Es particularmente favorable que se genere el vacío desde una presión absoluta como máximo de 300 hPa mediante una bomba de chorro. Son bombas de chorro, de forma particular en elección adecuada del medio de chorro, en gran medida insensible frente a gases de achique agresivos. Es favorable que el agente de chorro, que es un líquido, presenta un valor de pH de al menos 8, de forma particular de al menos 9, por ejemplo al menos 12. En este caso pueden degradarse componentes indeseables del gas que se bombea, o al menos reaccionar dando sustancias dañinas. De este modo se succionan por ejemplo éster dimetilico de ácido carbónico y/o éster etilmetílico de ácido carbónico mediante una reacción de esterificación. Eventualmente en el agente de chorro el fluorhídrico contenido se puede hacer reaccionar en medio básico en una reacción ácido-base dando una sal inocua.

Preferiblemente el agente de chorro contiene una sustancia precipitada de flúor. Por ejemplo el agente de chorro puede contener carbonato de sodio, carbonato de potasio o carbonato de calcio. Las sales que se generan en la reacción con un compuesto de flúor, de forma particular fluorhídrico, se separan preferiblemente, de forma particular se separan por filtración o por sedimentación. De este modo se impide al menos en gran medida que el fluorhídrico u otros compuestos que contienen flúor venenosos se puede emitir al entorno.

Preferiblemente se realiza el secado a una temperatura como máximo de 80° C. En este caso a penas se genera fluorhídrico. Esto aumenta la duración de vida útil de la instalaciones de procesamiento de baterías y reduce el riesgo ambiental.

Según una forma de realización preferida el procedimiento comprende las etapas de la condensación de componentes de electrolitos mediante enfriamiento y/o aumentos de presión, generándose un condensado de electrolito. A modo de ejemplo se lleva a cabo la condensación en una zona que en relación al flujo de gas se encuentra entre el secador y la bomba de vacío. Los gases que provienen del secador deben atravesar por tanto en este caso en primer lugar un condensador, antes que puedan alcanzar la bomba de vacío. Esto conduce a que se genere electrolito en forma de gas, que está presente en el gas, que se genera en el secado, separándose al menos en una porción principal en el condensador, antes de que el gas que quede llegue a la bomba. De este modo puede recuperarse el electrolito. Además se disminuye la corriente de gas mediante la bomba de vacío, lo que prolonga su vida útil y reduce su consumo de energía.

Según una forma de realización preferida el procedimiento comprende alternativa la etapa de limpieza del gas mediante absorción de componentes orgánicos volátiles en un filtro de carbono activo antes o después de la unidad de compresión.

Preferiblemente el procedimiento de acuerdo con la invención comprende de forma alternativa o adicional la etapa de una limpieza del gas, que se genera en el secado, antes de que ese alcance la bomba de vacío. Esto puede realizarse por ejemplo también de modo que el gas atraviesa un filtro de carbono activo y/o un filtro, en el que están contenidas sustancias que reaccionan con fluorhídrico, por ejemplo una sal de calcio como carbonato de calcio o una sal de potasio como carbonato de potasio.

Preferiblemente se lleva a cabo el secado a alta temperatura, en el que se degrada el aglutinante, sin mezclarse los gases de degradación que se generan con los gases que se generan en el secado a baja temperatura. Es posible que el secado a alta temperatura y el secado a baja temperatura se realice a presiones diferentes. A modo de ejemplo puede realizarse el secado a alta temperatura a presión normal.

Con el material activo se entiende la sustancia que reacciona electroquímicamente en el funcionamiento de las baterías. Con el soporte para el material activo se entiende de forma particular una lámina soporte sobre la que se aplica el material activo en forma de partículas. A modo de ejemplo la lámina soporte se trata de una lámina de aluminio o de una aleación de aluminio. El aglutinante en la sustancia que une el material activo con el soporte, contiene por ejemplo el aglutinante poli(fluoruro de vinilideno).

Es favorable que en la trituración de las baterías se añada nitrógeno líquido. Esto enfría la máquina de trituración y el material triturado y desplaza adicionalmente oxígeno y vapor de agua de la atmósfera.

Es favorable que si la trituración se realiza en el punto de rocío de -40°C y/o una presión parcial de oxígeno como máximo de 40 hPa, de forma particular como máximo de 15 hPa.

Según una forma de realización preferida el procedimiento comprende las etapas de una separación de piezas duras y/o una separación de material activo del soporte, de forma particular mediante una segunda etapa de trituración y/o tamices de chorro de aire, de modo que se generan una fracción de material activo y una fracción de soporte, y un envase separado de la fracción de material activo y fracción de soporte en recipientes de transporte respectivos. Es favorable que estos recipientes de transporte estén diseñados estancos al aire. Mediante la separación de la fracción de material activo y fracción de soporte es posible un transporte por lo general directamente. Una ventaja adicional es que fracciones separadas de este tipo representan poco riesgo.

La retirada del material triturado del recipiente de transporte se realiza preferiblemente un vacío y/o con protección de gas.

Es posible, pero no necesario, que el material triturado se descargue a vacío en el recipiente de transporte. Es favorable que el recipiente de transporte sea un recipiente a vacío, de forma particular un recipiente a vacío evacuado, de modo que en el recipiente de transporte rige tras el cierre una depresión o vacío. De forma alternativa se puede rellenar el recipiente de transporte con un gas inerte.

Según una forma de realización preferida se lleva a cabo el procedimiento de modo que no se supere una presión de 100 hPa durante al menos un minuto.

En una instalación de procesamiento de baterías preferidas están dispuesta la unidad de separación y el dispositivo de secado en un contenedor convencional conjunto. Esto presenta la ventaja de que la instalación de procesamiento de baterías se puede transportar de forma especialmente sencilla.

El dispositivo de secado está diseñado para el secado del material de trituración durante el tiempo necesario para que el contenido en electrolito sea tan pequeño que no sea posible una reacción electroquímica. Si el dispositivo de secado se opera en funcionamiento de carga, lo que representa una posible forma de realización, entonces se lleva a cabo el secado por ejemplo durante un periodo de tiempo predeterminado. De forma alternativa o adicional se mide de forma continua el contenido de sustratos orgánicos, por ejemplo en carbonatos orgánicos, en la atmósfera en el dispositivo de secado y se finaliza el secado, si no se supera una concentración umbral predeterminada.

Según una forma de realización preferida comprende la instalación de procesamiento de baterías, de forma particular la instalación de vacío, un condensador, que está diseñado para la condensación de componentes orgánicos de la atmósfera en el secador, de forma particular de carbonatos orgánicos, por ejemplo de carbonato de dimetilo, carbonato de etilmetilo y/o carbonato de etileno. El condensador se puede designar también como dispositivo de condensación o como licuador. Preferiblemente el condensador está dispuesto en la dirección de flujo del material tras una bomba de vacío, mediante la que se evacua el secador. Es favorable que el condensador esté frío, preferiblemente a una temperatura como máximo de 90°C , preferiblemente como máximo de 80°C , de forma particular como máximo de 70°C . Para mantener bajo el gasto de enfriamiento se enfría el condensador, en tanto este se enfríe, a una temperatura de al menos -10°C de forma particular al menos 10°C .

Es favorable que el dispositivo de secado presente un agitador, por ejemplo un agitador de ancla o un agitador de varilla, cuyas varillas agitadoras pueden fijarse transversalmente a un eje de agitación. De forma alternativa o adicional el agitador es un agitador externo que mueve el secador en su totalidad.

5 La instalación de procesamiento de baterías posee una instalación de vacío, que está conectada con el dispositivo de secado para la generación de un vacío en el dispositivo de secado. Es especialmente favorable que la instalación de vacío esté dispuesta en el contenedor convencional. El contenedor convencional se trata preferiblemente de un contenedor según la norma ISO 668, preferiblemente de un contenedor de 40 pies o de un contenedor de 20 pies.

10 A modo de ejemplo la instalación de vacío comprende una bomba de chorro en la que se usa un agente de chorro para la generación de la depresión.

15 Es favorable que la unidad de trituración esté dispuesta en el dispositivo de secado. En otras palabras existe en este caso un recipiente, en el que las baterías se trituran y en él se seca el material triturado. Ambos procesos discurren simultáneamente y a vacío. En este caso es prescindible un agitador.

20 Preferiblemente la instalación de procesamiento de baterías comprende un dispositivo de separación de metal duro y/o un dispositivo de separación de fracciones ligeras, un dispositivo de separación, de forma particular un dispositivo de clasificación, para la separación de material activo de soportes, de forma particular mediante una segunda etapa de trituración y/o tamices por chorro de aire, de modo que se genera una fracción de material activo y una fracción de soportes, y preferiblemente un segundo dispositivo de descarga para la descarga por separado de fracción de material activo y fracción soporte. Es favorable que este dispositivo de descarga para la descarga con depresión y/o con gas inerte esté configurado al menos de forma estanca al polvo.

25 Con un dispositivo de separación de metal duro se entiende de forma particular un dispositivo para la separación de fragmentos de componentes periféricos del sistema de accionamiento, de la envoltura de celda y de los contactos de corriente. A modo de ejemplo el dispositivo de separación de metal duro comprende un dispositivo de separación por imanes y/o un clasificador, de forma particular un clasificador por corriente transversal y/o un clasificador de zigzag. Con el dispositivo separador se entiende de forma particular un dispositivo para la separación de las láminas de separación.

30 El dispositivo de separación de fracción ligera comprende preferiblemente un clasificador de zigzag y/o un separador de aire, siendo favorable conducir el aire en el circulación. Esto reduce la exposición al polvo del ambiente con polvo dañino para la salud.

35 Preferiblemente están dispuestos el segundo dispositivo de descarga y los dispositivos de separación en un contenedor convencional conjunto, por ejemplo en el primer contenedor convencional descrito, o un segundo contenedor convencional. Es favorable que el contenedor se encuentre encapsulado de forma estanca al polvo.

40 Preferiblemente la instalación de procesamiento de baterías comprende una esclusa entre la unidad de trituración y el dispositivo de inactivación, de forma particular el dispositivo de secado. A modo de ejemplo se trata de una esclusa de rueda celular o de una compuerta plana. Mediante la esclusa se impide la entrada de gas en el dispositivo de inactivación, de forma particular el dispositivo de secado. La esclusa está confirmada preferiblemente como esclusa de dosificación. De este modo se puede evacuar la unidad de inactivación durante la operación de la unidad de trituración.

45 Si se llevan a cabo la trituración y el secado en distintos recipientes, la instalación de procesamiento de baterías posee preferiblemente un dispositivo de transporte estanco al polvo, de forma particular estanco al gas, que conecta entre sí el dispositivo de trituración y el dispositivo de secado. Como estanco al polvo se contempla de forma particular un dispositivo de transporte que deja en el entorno como máximo un 5% en peso de todas las partículas con un diámetro de al menos 0,1 micrómetros

50 Para reducir el tiempo de secado entre el comienzo y el final es favorable que el dispositivo de secado comprende un calentamiento. El calentamiento puede tratarse de un calentamiento por conducción o por convección, que incorpora preferiblemente el calor de compresión de las bombas y el calor de condensación en el secador.

55 Se debe reseñar que la calidad del electrolito recuperado es especialmente alta si el dispositivo de secado presenta al menos una bomba de vacío de funcionamiento en seco, preferiblemente en exclusiva bombas de vacío de funcionamiento en seco.

60 La potencia de la bomba de la instalación de vacío se encuentra en 300 hPa al menos cinco veces el volumen del espacio interior del dispositivo de secado por hora. De este modo se puede mantener bajo el tiempo de secado.

65

El tiempo de secado puede reducirse adicionalmente si - como se prevé según una realización preferida - el dispositivo de secado presenta al menos dos bombas de vacío, que se diferencia en su caudal volumétrico a 400 hPa y en su presión mínima alcanzable máxima. De este modo la dos bombas de vacío presentan preferiblemente un alta potencia de caudal volumétrico (medido en litros por segundo a 400 hPa), pero una presión mínima inferior. La presión mínima que se puede conseguir como máximo es la menor presión que se puede alcanzar con la bomba. Es posible usar las bombas en su operación de funcionamiento óptima. Las primeras bombas en la dirección del flujo del material aseguran un caudal volumétrico alto a bajas presiones, mientras que las bombas posteriores comprimen pequeños caudales volumétricos respecto a la presión ambiental.

A modo de ejemplo la instalación de vacío posee una bomba de vacío Roots y/o al menos una bomba de vacío de tornillo de funcionamiento en seco.

La unidad de trituración posee preferiblemente un tamiz de fondo para la limitación del tamaño máximo del material triturado. Esto facilita el reprocesamiento del material triturado y reduce el riesgo de un calentamiento perjudicial y autoinflamación del material triturado por cortocircuito de fragmentos de baterías. Preferiblemente el tamiz de fondo presenta una anchura de malla como máximo de 35 mm.

Para la alimentación de gas inerte al dispositivo de secado este posee preferiblemente una válvula de admisión, que está conectada con un dispositivo de suministro de gas inerte para la alimentación de gas inerte a un espacio interior del dispositivo de secado. De forma particular se alimenta gas inerte licuado, en estado gaseoso por ejemplo a 22° C y 1013 hPa, con una temperatura como máximo de -30° C. Para el mismo fin el dispositivo de secado este posee de forma alternativa o adicional una válvula de admisión, que está conectada con un dispositivo de suministro de gas inerte para la alimentación de gas inerte a un espacio interior del dispositivo de secado. El dispositivo de suministro de gas inerte es preferiblemente para proporcionar gas inerte licuado.

Para la medida de una concentración de oxígeno, de forma particular para la determinación de si se supera un límite de explosión, la unidad de trituración posee un dispositivo de detección de oxígeno para la detección de una concentración de oxígeno en la unidad de trituración.

La instalación de procesamiento de baterías puede poseer un dispositivo de combustión para la combustión térmica o catalítica de componentes en forma de gas del electrolito. Esta se encuentra dispuesta preferiblemente en la dirección de flujo de material tras el condensador y/o antes de la abertura de escape. De este modo no se libera componente alguno del electrolito por la abertura de escape al entorno.

Preferiblemente la instalación de procesamiento de baterías posee un dispositivo de separación de partículas para la separación de partículas de la corriente de gas eliminada del dispositivo de secado. El dispositivo de separación de partículas puede comprender por ejemplo un ciclón y/o un filtro y/o carbono activo.

A continuación se explica más en detalle la invención mediante el dibujo adjunto. En este caso muestran

Figura 1 un diagrama de flujo de un procedimiento según la invención.

Figura 2 una sección transversal de una instalación de procesamiento de baterías según la invención y

Figura 3 una sección transversal de un componente opcional adicional de una instalación de procesamiento de baterías según la invención.

Figura 4 muestra un diagrama de flujo de un procedimiento según la invención de una segunda forma de realización.

Figura 1 muestra el diagrama de flujo de un procedimiento según la invención. En primer lugar se descargan a una unidad de descarga 12 las baterías 10.1, 10.2, ..., de forma particular sistema de baterías constituido por varios módulos de baterías o pilas de baterías, que a su vez se componen de varias celdas de baterías. Después se realiza en una estación de desmontaje 14 el desmontaje de las baterías 10, si esto es requerido, ya que el sistema de baterías de otro modo no se pueden transportar a la unidad de trituración por motivos geométricos o gravimétricos. A tal fin se abren los sistemas de baterías y se desmontan en tanto los módulos/pilas se pueden separar individualmente. Dado el caso se pueden separar también celdas de la electrónica de control. Las subunidades que se generan (módulos/pilas) y/o celdas 16.1, 16.2, Se alimentan a una unidad de trituración 18, que comprende por ejemplo unas tijeras de rotor con un rotor y un triturador con estatores o varios rotores, o un molino de corte con un rotor y varios rotores.

La unidad de trituración 18 tritura las baterías 10 en gas protector 20, que se toma ejemplo de una botella de gas protector. De forma alternativa o adicional se puede rociar nitrógeno líquido de una fuente de nitrógeno líquido 19. El gas protector puede tratarse por ejemplo de nitrógeno, un gas noble, dióxido de carbono, gas de la risa o un gas de este tipo, preferiblemente no tóxico.

En la trituración se genera material triturado 24, que se alimenta a un dispositivo de inactivación en forma de un dispositivo de secado 26. Entre la unidad de trituración 18 y el dispositivo de secado 26 se dispone una esclusa 28, que es estanca de modo que el dispositivo de presión 26 está separado de forma estanca de la proximidad de la unidad de trituración 18.

El dispositivo de secado 26 está conectado con una instalación de vacío 29, que presenta una bomba de vacío 30 y genera un vacío. En el dispositivo de secado 26 se establece una presión p_{26} de $p_{26} \approx 100$ hPa, a veces inferior a 50 hPa. Se debe prestar atención a que en el marco de la presente descripción con una bomba de vacío se entiende de forma particular muy en general un dispositivo que genera un vacío. A este respecto es posible y preferible, pero no necesario, que la bomba de vacío actúa simultáneamente como compresor, de modo que desde este se suministra gas con una presión que es mayor que la presión ambiental.

El caso mostrado en la Figura 1 la bomba de vacío se trata de un compresor que succiona y comprime el gas 31 que está presente en el dispositivo de secado 26. De forma alternativa o adicional la instalación de vacío 28 puede presentar una bomba de chorro, en la que se conduce un agente de chorro en forma de un líquido con mayor velocidad por la boquilla venturí. El agente de chorro es alcalino y presenta un valor de pH de al menos pH 13 y es por ejemplo una solución de hidróxido de potasio al 10%.

La instalación de vacío 29 comprende un dispositivo de limpieza de gas 32, que está dispuestos entre el dispositivo de secado 26 y la bomba de vacío 30 y que en el presente caso comprende un condensador 34 y/o un filtro de carbono activo 36. El condensador se opera a una temperatura de -10°C , de modo que condensan éster dimetilico de ácido carbónico y éster etilmetílico de ácido carbónico y se pueden suministrar a un recipiente de condensado 38. Además se congela eventualmente el agua presente. Está configurada una válvula de control 40 para la apertura. cuando la presión p_{26} llega a ser demasiado grande y para acceder, cuando el circuito de bombas y el recipiente de secado deben estar desacoplados.

Preferiblemente el material secado se mueve durante el secado. Esto puede suceder por ejemplo mediante agitación con un agitador 41, como un agitador de ancla o un agitador de varilla con varillas aplicadas perpendicularmente al eje del agitador. De forma alternativa mediante un recipiente de secado en movimiento.

Mediante el secado del material triturado se genera material triturado 42 inactivado que se alimenta a un dispositivo de descarga 44. Ahí se descarga el material triturado 42 inactivado a vacío y/o en gas protector al recipiente de transporte 46. El recipiente de transporte 46 es preferiblemente estanco a gas. Es posible, pero no necesario, que el recipiente de transporte 46 antes del transporte se llena con gas inerte, de modo que se encuentra a presión normal. De forma alternativa es también posible que el recipiente de transporte se cierre a vacío y se transporte. Es posible que de forma alternativa al recipiente de transporte se seleccione una lámina soldada a vacío, por ejemplo una lámina compuesta de aluminio.

Mediante un conducto de lavado 48 se alimenta a la unidad de trituración 18 gas protector 20 desde la bomba de vacío 30. Si la bomba de vacío 30 opera como en el presente caso, que representa una forma de realización preferida, además como compresor, se puede obtener el gas protector de una botella de gas a presión 50. De forma alternativa o adicional se puede evacuar el gas protector 20, dado el caso tras limpieza adicional, al entorno.

La Figura 2 muestra esquemáticamente una sección transversal del dispositivo de procesamiento de baterías 52 de acuerdo con la invención (véase la Figura 1), que presenta un contenedor 54 convencional, en el que están dispuestos la unidad de trituración 18, el dispositivo de secado 26 y el dispositivo de descarga 44. Tras la unidad de trituración 18 está dispuesto un primer transportador 56 estanco a gas, que comprende por ejemplo un transportador de tornillo o un transportador de cadena tubo. El primer transportador 56 transporta el material triturado 24 al dispositivo de secado 26, que está conectado con el dispositivo de generación de vacío no visible en la Figura 2. En la dirección de corriente de material tras el dispositivo de secado 26 se dispone un segundo transportador 58, que está configurado preferiblemente igualmente estanco a gas y puede contener un transportador de tornillo o un transportador de cadena tubo. El segundo transportador transporta el material triturado 42 inactivado hasta el dispositivo de descarga 44.

La Figura 3 muestra unidades de la instalación de procesamiento de baterías 52 según la invención presentes opcionalmente en la presente forma de realización (véase Figura 1), que comprende un triturador de desintegración 60 así como un clasificador 62. El triturador de desintegración 60 contiene un recipiente de transporte-dispositivo de vaciado 64, mediante el que se puede retirar del recipiente de transporte 46 material triturado 42 inactivado. El triturador de desintegración 60 genera material desintegrado 66, que se alimenta al clasificador 62. El clasificador puede tratarse por ejemplo de un clasificador de zigzag.

Preferiblemente la instalación de procesamiento de baterías 52 comprende un triturador, que se encuentra preferiblemente en el flujo de material antes del dispositivo de clasificación 74 y contiene una herramienta de trituración de movimiento rápido, siendo la velocidad periférica del rotor mayor de 1 m/s, preferiblemente mayor

de 10 m/s. Este triturador tritura el material triturado y lo solicita mecánicamente de modo que desprende el recubrimiento electroquímicamente activo al menos parcialmente del soporte. La presencia de un triturador de este tipo es por lo general característica preferida de una instalación de procesamiento de baterías según la invención.

En el clasificador se generan una fracción ligera con lámina separador y material de recubrimiento fino y una fracción de material pesado con láminas de soporte (aluminio y cobre) con recubrimiento adherido ligero de gran tamaño. Ambas fracciones se aportan respectivamente a un tamiz para la separación adicional en recubrimiento y lámina separadora o bien recubrimiento y láminas metálicas. Las fracciones que se generan se procesan posteriormente por separado.

El material desintegrado 66 se alimenta al clasificador 62 mediante un tercer transportador 68. Un cuarto transportador 70 conduce el material clasificado 72, de forma particular el material de la fracción ligera y el material de la fracción pesada, que abandona el clasificador 62, a uno o dos dispositivos de clasificación 74. El dispositivo clasificador 74 comprende preferiblemente un tamiz de chorro de aire, que funciona simultáneamente como dispositivo de separación en el caso de la fracción pesada para la separación del material activo del soporte. En el caso de la fracción ligera se separa el material activo del separador. Mediante la separación se genera una fracción de material activo 76, que se descarga en un recipiente de transporte 78.

Se genera además una fracción de soporte (material pesado) 80 y una fracción del separador (material ligero), que se alimenta en la presente forma de realización con un quinto transportador 82 a una unidad de descarga 84, que llena la fracción de soporte 80 en el recipiente 86. La unidad de descarga 84 es junto con una segunda unidad de descarga 88 parte de un segundo dispositivo de descarga.

La Figura 4 muestra un diagrama de flujo de una segunda instalación de procesamiento de baterías 52 según la invención que presenta dos dispositivos de secado 26.1, 26.2. Cada uno de los dispositivos de secado 26.1, 26.2 posee respectivamente un agitador 41.1 o 41.2. En la dirección de flujo del material antes de la unidad de trituración 18 se encuentra la esclusa 27 que en el presente caso está configurado como esclusa de dosificación y con la que se puede llenar la unidad de trituración 18, sin que se mezcle la atmósfera de gas en el triturador con aire del entorno. En la dirección de flujo del material tras la unidad de trituración 18 se encuentra la esclusa 28, que está configurada en el presente caso como esclusa de dosificación y mediante la que se pueden alimentar los dispositivos de secado 26.1, 26.2 individualmente o simultáneamente.

Cada uno de los agitadores 41.1, 41.2 posee una potencia de al menos 4 kW, en el presente caso 5 kW por metro cúbico de volumen del secador. La energía mecánica aplicada se transmite al respectivo dispositivo de secado 26.1, 26.2 material triturado 24 contenido. Una parte de la energía mecánica conduce a la separación de componentes del material triturado, por ejemplo a una separación de material de recubrimiento de la lámina soporte. La parte mayoritaria de la potencia mecánica se transforma sin embargo en energía térmica. Esta energía térmica se absorbe por los electrolitos evaporados, que es componente del material triturado 24.

Los gases que se generan en los dispositivos de secado 26i (i = 1, 2) se purifican en primer lugar mediante un dispositivo de separación de partículas 90 de partículas arrastradas. Las partículas se recogen en un recipiente 92 o se reprocesan directamente. El dispositivo de separación de partículas 90 puede tratarse por ejemplo de un filtro y/o un ciclón.

En la dirección de corriente tras el dispositivo de separación de partículas 90 se dispone la bomba de vacío 30. Es favorable que en la dirección de corriente de gas tras la bomba de vacío 30 o en paralelo a esta esté dispuesta al menos una segunda bomba de otro tipo.

Tras la bomba de vacío 30 se dispone el condensador 34, en el que se encuentra una presión p_{34} . La presión p_{34} corresponde esencialmente a la presión ambiente, esto significa, que esta se desvía por ejemplo como mucho en 100 hPa de la presión ambiente. Debido a que la presión p_{34} es claramente mayor que la presión p_{26} en los dispositivos de secado 26.1, 26.2 condensan de forma particular los ésteres de ácido carboxílico, de forma particular carbonato de dimetilo, carbonato de propileno, carbonato de dietilo, carbonato de etileno y carbonato de etilmetilo. El calor de condensación que se genera se evacua mediante enfriamiento. A este respecto es posible que el condensador se enfríe a una temperatura T_{34} , que se diferencia en menos de 20 Kelvin de la temperatura ambiente T_{Amb} . Esto presenta la ventaja de que el consumo de energía para el secado del material triturado 24 es comparativamente menor y al mismo tiempo se puede recuperar mucho electrolito.

En la dirección de flujo de material tras el condensador 34 puede estar dispuesto un filtro de carbono activo 36, pero que no es necesario. Además es posible que en la dirección de la corriente tras el condensador 34 esté dispuesto un dispositivo de oxidación 94, mediante el que se oxidan catalíticamente o térmicamente los restos que quedan de material oxidable, de forma particular de componentes orgánicos de electrolitos, de modo que se puede liberar desde el dispositivo de oxidación 94 gas desprendido sin riesgo al entorno.

Es posible que la instalación de procesamiento de baterías 52 presente un dispositivo de descarga 44, mediante el que se puede descargar el material triturado 24 seco en forma de material triturado 42 inactivo a un recipiente de transporte 46. Pero también es posible que la instalación de procesamiento de baterías 52 no presente tal dispositivo de descarga 44.

El dispositivo de secado 26.1, 26.2 (también es posible que la instalación de procesamiento de baterías presente en esta forma de realización solo un dispositivo de secado 26) posea respectivamente una esclusa de salida 96.1, 96.2 en forma de una esclusa de dosificación y desvío. El material triturado 42 inactivo se almacena intermedicamente por ejemplo en un silo 98 o se alimenta directamente a un separador de material pesado 100. El separador de material pesado 100 está configurado para la separación de material con una densidad de al menos 2,6 gramos por centímetro cúbico, de forma particular componentes de aluminio y/o hierro.

A continuación se tritura adicionalmente el material que queda en un triturador 102 y luego se clasifica en un clasificador 62 en material ligero 108 (separador y material de recubrimiento) y en material pesado 110 (láminas soporte y material de recubrimiento). Ambas fracciones se tamizan 74.1, 74.2. Se generan las láminas de aluminio y de cobre reutilizables en recipientes 88.3, una fracción de separador en recipientes 88.1, así como material de recubrimiento puro en recipientes 88.4 y 88.2, que se puede reprocesar debido a su gran pureza en sucesivas etapas de proceso metalúrgicas.

Lista de referencias

10	Batería	60	Triturador de desintegración
12	Unidad de descarga	62	Clasificador
14	Estación de demostración	64	Recipiente de transporte - dispositivo de vaciado
16	Celda	66	Material desintegrado
18	Unidad de trituración	68	Tercer transportador
19	Fuente de nitrógeno líquido		
20	Gas protector	70	Cuarto transportador
22	Botella de gas protector	72	Material clasificado
24	Material triturado	74	Dispositivo de clasificación
26	Dispositivo de secado	76	Fracción de material activo
27	Esclusa del triturador	78	Contenedor de transporte
28	Esclusa		
29	Instalación de vacío	80	Fracción de soportes
		82	Quinto transportador
30	36 Bomba de vacío	84	Unidad de descarga
31	Gas	86	Recipiente
32	Dispositivo de purificación de gas	88	Unidad de llenado adicional
34	Condensador		
36	Filtro de carbono activo	90	Dispositivo de separación de partículas
38	Recipiente de condensado	92	Recipiente
		94	Dispositivo de oxidación
40	Válvula de control	96	Esclusa de salida
41	Agitador	98	Silo
42	Material triturado inactivo		
44	Dispositivo de descarga	100	Separador de partículas pesadas
46	Recipiente de transporte	102	Triturador
48	Conducto de lavado	108	Material ligero
		110	Material pesado
50	Botella de gas a presión		
52	Instalación de procesamiento de p	Presión	

	baterías
54	Contenedor convencional
56	Primer transportador
58	Segundo transportador

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento para el tratamiento de baterías de litio (10) agotadas con las etapas:
5 (a) triturar las baterías (10), de modo que se obtenga material triturado (24), y
(b) secado como máximo a 80° C,
10 **caracterizado porque**
(c) el secado se realiza a una presión como máximo de 300 hPa y el material triturado (24) se inactiva mediante el secado, de modo que no es posible una reacción electroquímica, y
15 (d) el material triturado (42) inactivado tras el secado no es descargado en un recipiente de transporte.
2. Procedimiento según la reivindicación 1, caracterizado por las etapas de: condensación de los gases que se generan en el secado, de forma particular a presión ambiental y/o a una temperatura de más de 0° C y como máximo de 50° C.
- 20 3. Procedimiento según una de las reivindicaciones precedentes, caracterizado por las etapas de:
- control continuo en el secado de una concentración en carbonatos orgánicos en la atmósfera del dispositivo de secado, y
25 - finalización del secado solo cuando se baja de un límite de explosión inferior.
4. Procedimiento según una de las reivindicaciones precedentes, caracterizado porque
- el secado se realiza durante al menos 50% del tiempo de secado a una presión como máximo de 30 hPa y/o
30 - se alcanza una presión mínima en el secado como máximo de 50 hPa.
5. Procedimiento según una de las reivindicaciones precedentes, caracterizado porque
35 - el material triturado (24, 42) en el dispositivo de secado, de forma particular en la extracción del dispositivo de secado, se mueve por medio de un agitador y
- mediante el agitador se alimenta al menos 50%, de forma particular al menos 80%, de un calor de evaporación necesario para el secado del material triturado (24)
40
6. Procedimiento según una de las reivindicaciones precedentes, caracterizado porque
- en el secado se succionan gases generados y/o
45 - se lleva a cabo el movimiento mediante el agitador de modo que se succiona al menos 50% en peso del material de recubrimiento del material triturado (42).
7. Procedimiento según una de las reivindicaciones precedentes, caracterizado porque la trituración y el secado se lleva a cabo solo en un recipiente.
- 50 8. Instalación de procesamiento de baterías para el tratamiento de baterías, de forma particular baterías de litio usadas, con:
55 (a) una unidad de trituración (18) para la trituración de baterías (10), de modo que se obtiene material triturado (24),
(b) un dispositivo de inactivación en forma de un dispositivo de secado (26) para la inactivación del material triturado (24) y
60 (c) una instalación de vacío, que está conectada con el dispositivo de secado (26) para la generación de un vacío en el dispositivo de secado (26),
(d) estando configurado el dispositivo de secado (26) para el secado a una temperatura como máximo de 80° C,
65

caracterizado porque

- 5 (e) el dispositivo de secado (26) está configurado para la generación de un vacío de al menos 300 hPa y porque
- (f) en la dirección del flujo de material entre el dispositivo de secado y el condensador está dispuesto un separador de partículas.
- 10 **9.** Instalación de procesamiento de baterías según la reivindicación 8, **caracterizado porque** la unidad de trituración (18) está dispuesta en el dispositivo de secado.
- 10.** Instalación de procesamiento de baterías según una de las reivindicaciones 8 a 9, caracterizada por
- 15 un condensador para la condensación de electrolitos en forma de gas succionados desde el secador, estando dispuesto en la dirección del flujo de material entre el dispositivo de secado y la al menos una bomba un separador de partículas.
- 20 **11.** Instalación de procesamiento de baterías según una de las reivindicaciones 8 a 10, caracterizada por
- Un dispositivo de transporte estanco a gases, que conecta entre sí el dispositivo de trituración y el dispositivo de secado (26).
- 25 **12.** Instalación de procesamiento de baterías según una de las reivindicaciones 8 a 11, caracterizada por
- Una esclusa, que está dispuesta antes de la unidad de trituración (18) para la alimentación de baterías (10).
- 30 **13.** Instalación de procesamiento de baterías según una de las reivindicaciones 8 a 12, caracterizada porque el dispositivo de secado comprende un calentamiento, que obtiene el calor preferiblemente de eliminación de calor de las bombas de vacío y/o del condensador.
- 14.** Instalación de procesamiento de baterías según una de las reivindicaciones 8 a 13, caracterizada porque
- 35 el dispositivo de secado
- presenta al menos una bomba de vacío de funcionamiento en seco,
- 40 presenta de forma particular al menos dos bombas de vacío, que se diferencia en su caudal volumétrico a 400 hPa y en su máxima presión mínima alcanzable.
- 15.** Instalación de procesamiento de baterías según una de las reivindicaciones 8 a 14, caracterizada porque la unidad de trituración presenta un tamiz de fondo para la limitación del tamaño máximo del material triturado.
- 45

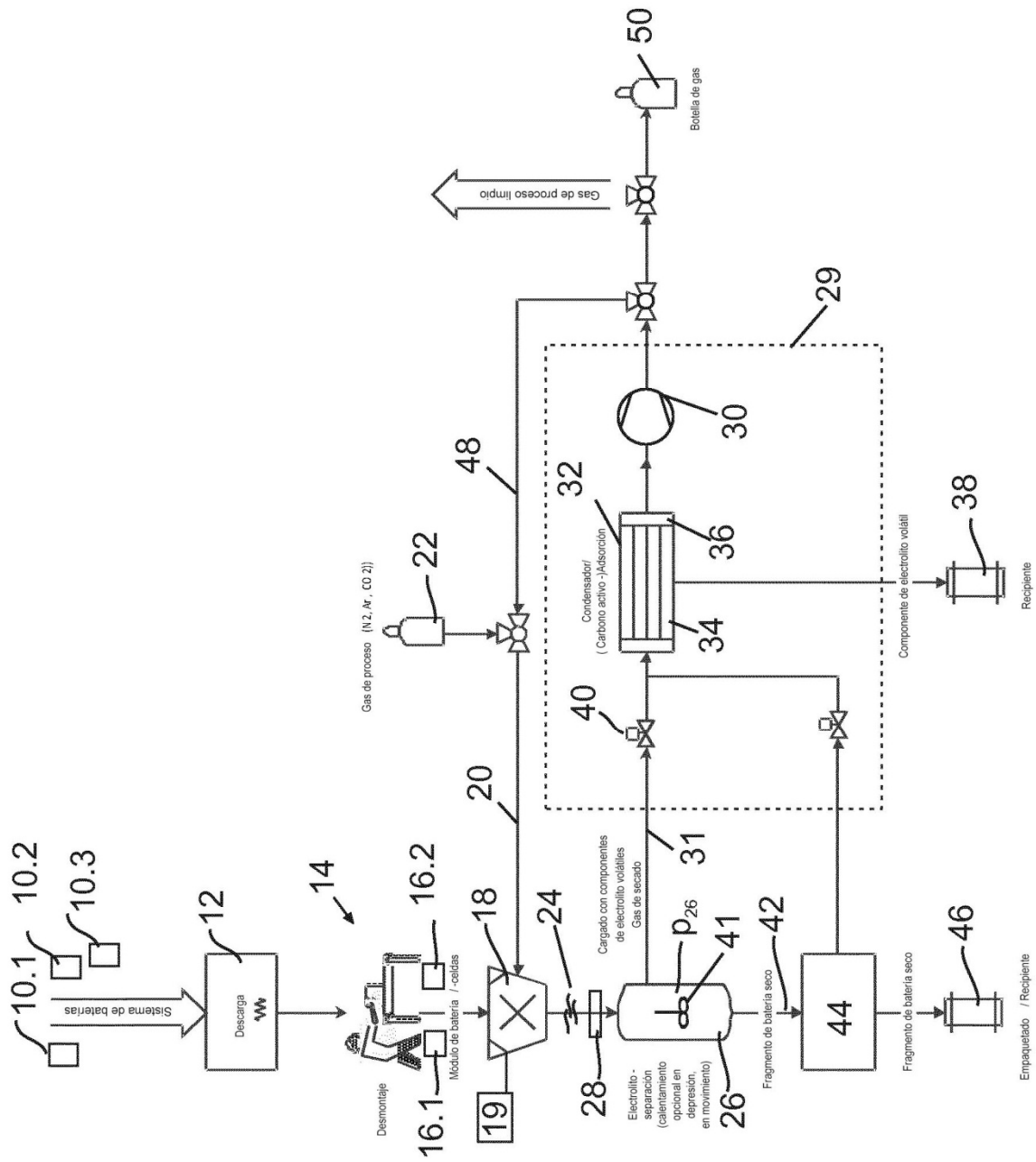


Fig. 1

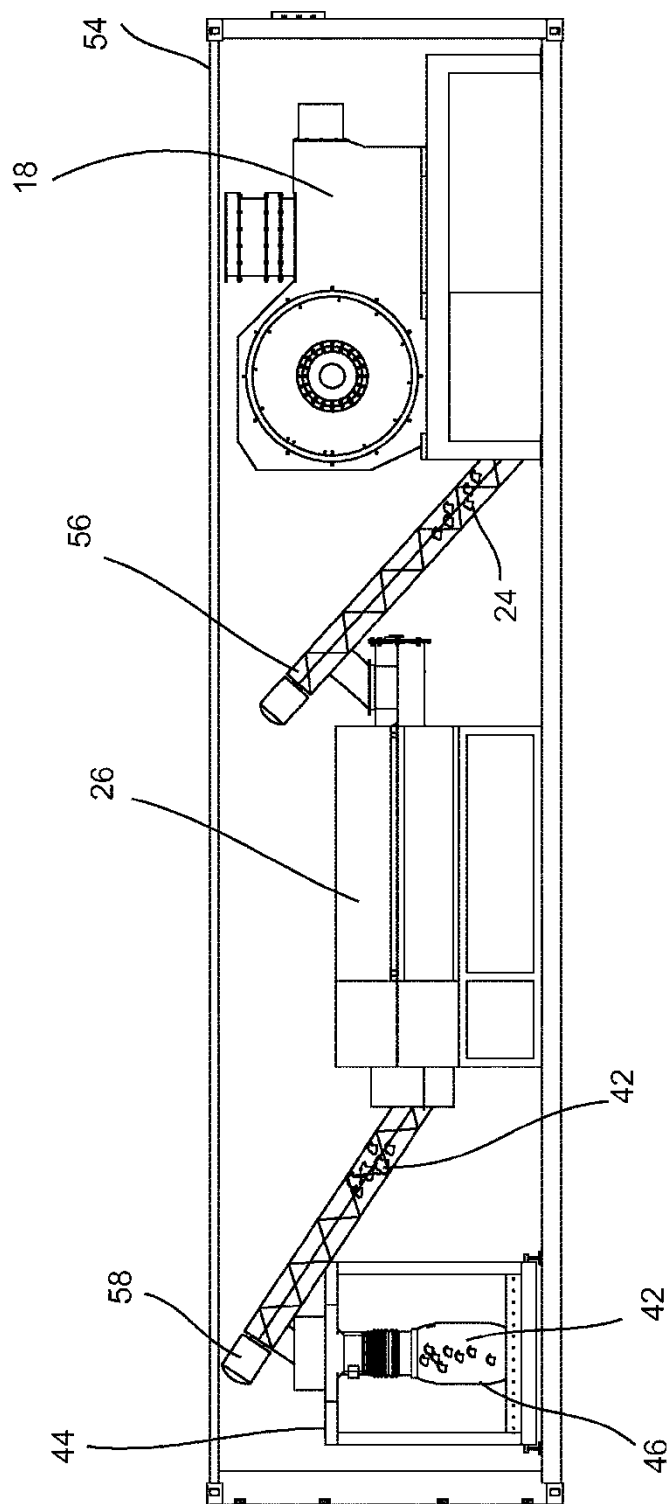


Fig. 2

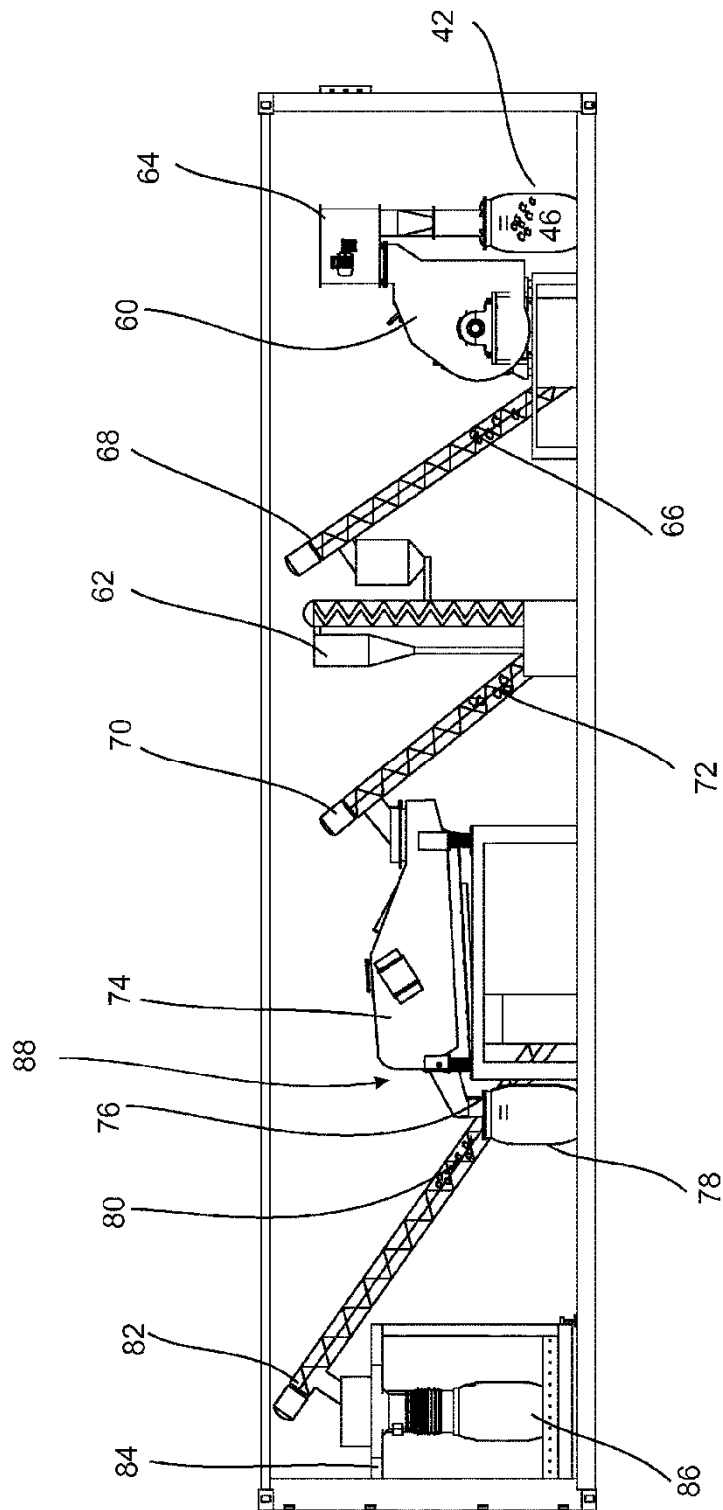


Fig. 3

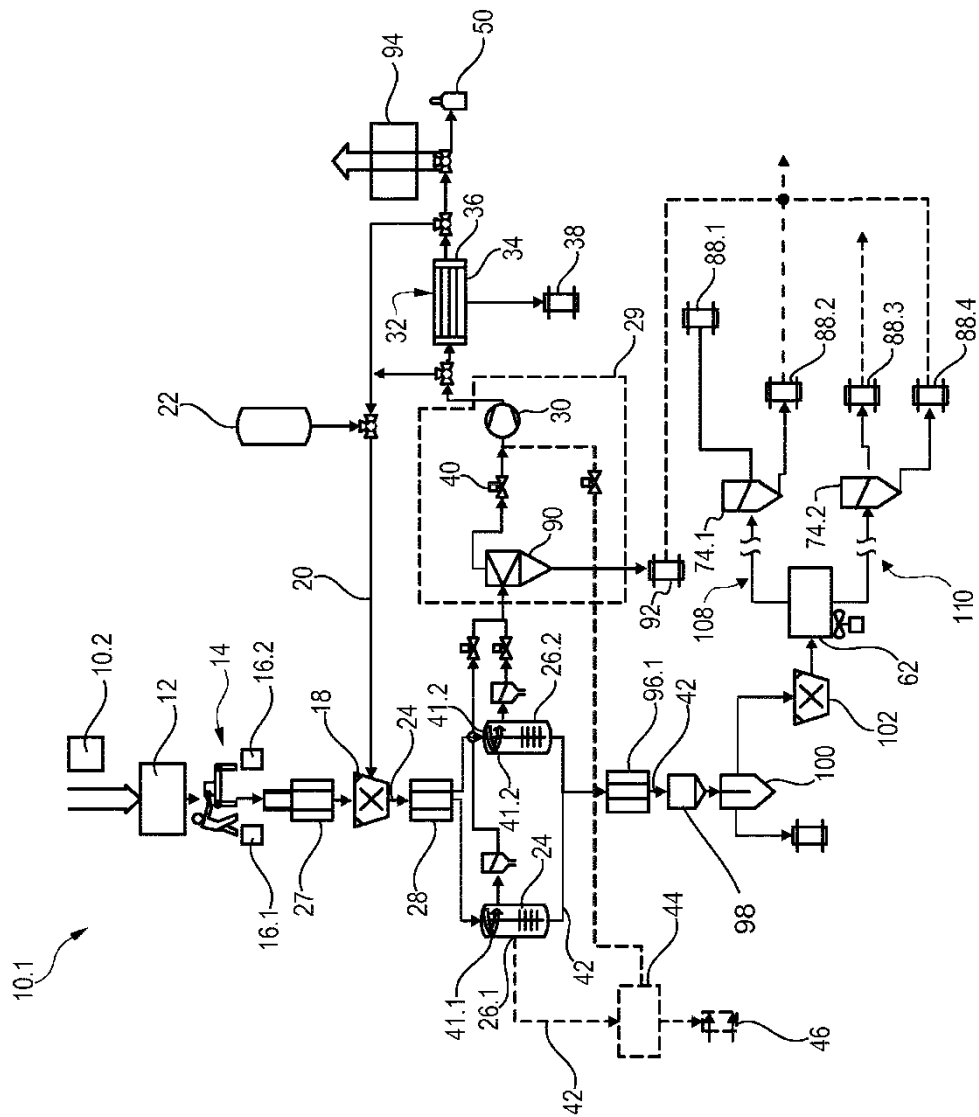


Fig. 4