

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 649 288**

51 Int. Cl.:

F26B 3/20 (2006.01)

F26B 7/00 (2006.01)

F26B 9/08 (2006.01)

F26B 25/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **01.04.2008 PCT/CH2008/000144**

87 Fecha y número de publicación internacional: **16.10.2008 WO08122137**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **01.04.2008 E 08714794 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **30.08.2017 EP 2140217**

54 Título: **Procedimiento para secar un material húmedo**

30 Prioridad:

04.04.2007 CH 548072007

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

11.01.2018

73 Titular/es:

**LEHMANN, MARKUS (100.0%)
REBENWEG 5
5610 WOHLLEN, CH**

72 Inventor/es:

**BRAENDLI, MARK y
LEHMANN, MARKUS**

74 Agente/Representante:

CARPINTERO LÓPEZ, Mario

ES 2 649 288 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 para secar un material húmedo

Ámbito técnico

5 La presente invención se refiere a un procedimiento para secar un material húmedo pastoso, en particular lodo, que comprende una sustancia seca, mediante el uso de un sistema de recipiente hermético al gas, resistente a la sobrepresión y/o a la presión negativa, que comprende un recipiente de secado con el material húmedo, que puede ser atemperado, un condensador para condensar el líquido convertido en vapor para formar un condensado, así como una cámara de vapor que conecta el recipiente de secado y el condensador.

Estado de la técnica

10 Se conocen instalaciones de secado para lodos, por ejemplo, lodos de clarificación. En las instalaciones de este tipo, el lodo que se va a secar se somete a un secado previo en una etapa previa con centrifugas, hasta que el lodo presenta una sustancia seca TS de aproximadamente 20-40 %. Este material inicial es pastoso y muy pegajoso, lo que dificulta su manejo. Este material húmedo puede ser incinerado entonces en una instalación de incineración, lo que conlleva un elevado coste. Esto se efectúa a una temperatura de aproximadamente 400 °C y representa un
15 procedimiento muy indeseable, ya que a través del mismo se liberan sustancias nocivas tales como metales pesados.

Otra posibilidad para el secado del material inicial pastoso es el uso de un así llamado secador en lecho fluidizado, que seca la masa empleando un soplador de aire caliente con mezcla constante del material. Los problemas en este tipo de instalaciones son las fuertes adherencias de material en las superficies de las piezas de equipo, así como la
20 intensa emisión de olores al entorno circundante de la planta, lo que representa una limitación sustancial de la calidad de vida.

En el documento WO 02/09837 se describe una instalación de destilación, que es apropiada, por ejemplo, para la destilación de medios fangosos mediante procedimientos conocidos. Una desventaja de este procedimiento es el alto consumo de energía requerido para el proceso.

Exposición de la invención

25 El objetivo de la presente invención consiste en proveer un procedimiento con poco consumo de energía para secar un material húmedo, que no perjudique el medio ambiente con emisiones de olores o sustancias tóxicas.

Este objetivo se logra a través de un procedimiento que se describe en la reivindicación independiente.

30 La idea subyacente a la invención consiste en que el vapor en la cámara de vapor se encuentre libre de gas extraño, excepto por una pequeña cantidad residual tolerada. Esto se logra debido a que la presión en la cámara de vapor se vigila y se regula de tal manera que el secado siempre se efectúa en el alcance próximo a la presión de vapor de saturación del líquido que se va a destilar. Para esto, debe determinarse constantemente la presión y la temperatura en la cámara de vapor. Con una presión demasiado alta, la misma se reduce de tal manera que con ello se remueve principalmente gas extraño. Esto promueve la eficiencia del condensador y, por lo tanto, el rendimiento de la
35 instalación de secado con un reducido consumo de energía. Además, la diferencia de temperatura entre el recipiente de secado y el condensador se puede mantener reducida.

Otras formas de realización ventajosas se derivan de las reivindicaciones subordinadas.

Breve descripción de los dibujos

La presente invención se describe más detalladamente a continuación con referencia a los dibujos. En las figuras:

40 La Fig. 1 es una representación esquemática de una instalación de secado de acuerdo con la presente invención.

La Fig. 2 es otra representación esquemática de una instalación de secado de acuerdo con la presente invención.

45 La Fig. 3 muestra un diagrama de presión-temperatura con la presión de vapor de saturación del líquido que se va a evaporar.

La Fig. 4 es una representación esquemática de una disposición de varias instalaciones de secado de acuerdo con la presente invención.

Formas de realización de la invención

50 La Fig. 1 muestra una forma de realización simple de una instalación de secado de acuerdo con la presente invención. Ésta comprende un sistema de recipientes 1 que está subdividido en zonas que comprenden el recipiente

de secado 2, el condensador 3 y la cámara de vapor 6, y el sistema de recipientes 1 debe ser resistente a la sobrepresión y/o a la presión negativa. En el recipiente de secado 2 se encuentra el material húmedo 4, que comprende el líquido que se va a destilar F_d y que puede ser atemperado. El condensador 3 recoge el condensado 5 igualmente atemperable, que se forma por la destilación después de la condensación. El material húmedo 4 y el condensado 5 también se pueden atemperar en el exterior del sistema de recipientes 1.

La cámara de vapor 6 conecta el recipiente de secado 2 con el condensador 3. La misma está rellena con el vapor D_k que se va a destilar. Este vapor D_k se forma por la evaporación del líquido destilado F_d desde el recipiente de secado 2. La cámara de vapor 6 está equipada con un sensor de presión 7 para medir la presión de mezcla p_m que se ha formado en la cámara de vapor 6, así como con un sensor de temperatura 8 para medir la temperatura de mezcla T_m que se ha formado en la cámara de vapor 6, y con un regulador de presión 9 para ajustar, en particular para reducir la presión de mezcla p_m en la cámara de vapor 6.

Para efectuar el secado, primero el recipiente de secado 2 con el material húmedo 4 se lleva a una primera temperatura T_1 y el condensador 3 se lleva a una segunda temperatura más baja T_2 . Después se mide la presión de mezcla p_m y la temperatura de mezcla T_m . A partir de la temperatura de mezcla medida T_m se puede determinar la presión de vapor de saturación p_s del líquido F_d con la temperatura T_m .

La presión de vapor de saturación es una propiedad de un líquido. Ella describe la presión de vapor máxima a una determinada temperatura y muchas veces se denomina de forma abreviada como presión de vapor. Por ejemplo, desde los líquidos puros escapan átomos/moléculas a la fase gaseosa hasta que en ésta se presente una presión dependiente del tipo de sustancia y de la temperatura de equilibrio. Esta presión es la presión de vapor de saturación. Ella prevalece cuando el gas se encuentra en equilibrio termodinámico con el líquido. En este estado, la evaporación del líquido desde el punto de vista cuantitativo es igual a la condensación del gas. Ninguna de las fases aumenta a costas de la otra, por lo que ambas pueden coexistir de manera estable. Por esta razón, también se habla de un equilibrio dinámico.

En la Fig. 3 se indica un ejemplo de una curva de presión de vapor de saturación 10 de un material como función de una presión sobre la temperatura, en la que la fase líquida del material está presente en la zona superior izquierda de la curva y la fase gaseosa está presente en la zona inferior derecha de la curva. El cambio de fase se presenta en el alcance de la curva de presión de vapor de saturación 10. Las curvas de presión de vapor de saturación de los materiales de uso corriente son conocidas y pueden consultarse en manuales correspondientes o interpolarse a través de fórmulas.

Después de determinar la presión de vapor de saturación p_s se calcula un alcance de presión nominal 11. En este alcance de presión nominal 11 debería encontrarse preferentemente la presión de mezcla p_m en la cámara de vapor 6, a la temperatura de mezcla correspondiente T_m , para que la destilación y por ende el secado puede desarrollarse de manera óptima, es decir, con el menor consumo de energía y de la manera más eficiente posible.

El alcance de presión nominal 11 se encuentra por encima de la curva de presión de vapor de saturación, ya que incluye la medida de gas extraño que aumenta la presión. La misma está delimitada por un límite de presión inferior p_1 y un límite de presión superior p_2 , como se representa en la Fig. 2. El límite de presión inferior p_1 se encuentra a por lo menos un 0,1 % por encima de la presión de vapor de saturación p_s y el límite de presión superior p_2 se encuentra como máximo a un 6 % por encima de la presión de vapor de saturación p_s .

Primero se compara la presión de mezcla p_m con el alcance de presión nominal 11. Al comenzar el proceso, la presión de mezcla p_m estará muy por encima del alcance de presión nominal 11.

En este caso, la presión de mezcla p_m se reduce por medio del regulador de presión 9 durante exactamente el tiempo necesario hasta que se haya alcanzado el límite de presión inferior p_1 . Esto se efectúa preferentemente con el regulador de presión 9, que puede ser una bomba. Tan pronto como se haya alcanzado el límite de presión p_1 , se desconecta el regulador de presión 9.

Ahora la destilación, y por ende el secado, funciona de manera autónoma hasta que el material húmedo 4 en el condensador alcance una temperatura T_1 que sea mayor que la temperatura de mezcla T_m . Debido a que el gas tiende a mantenerse en equilibrio termodinámico con el líquido, se promueve la evaporación del líquido F_d que se va a destilar. Debido a que también aquí se procura alcanzar un equilibrio termodinámico, se promueve la condensación mientras la temperatura T_2 del condensador sea menor que la temperatura de mezcla T_m .

Mientras la presión de mezcla p_m no aumente por encima del límite de presión p_2 , si se producen cambios de temperatura del medio que se va a evaporar o que se va a condensar, y sin que intervenga el regulador de presión 9, se ajustará automáticamente la presión de mezcla deseada, óptima para el proceso.

Durante el secado se vigila constantemente la temperatura de mezcla T_m y la presión de mezcla p_m , hasta que la presión de mezcla p_m haya alcanzado el límite de presión superior p_2 . La presión puede aumentar si, por ejemplo, el sistema de recipientes 1 u otro componente de la instalación presenta una pequeña fuga, por la que el gas extraño puede penetrar en la cámara de vapor 6, o debido a que se han desprendido gases extraños de otros materiales de la instalación o del material húmedo 4. Tan pronto como la presión de mezcla p_m haya alcanzado el límite de

presión inferior p1, puede volver a desconectarse el regulador de presión 9. Ahora el secado nuevamente funciona con parámetros óptimos. Estos procesos pueden continuar mientras se continúe suministrando material húmedo 4 y evacuando condensado 5.

5 La calidad de la condensación depende sustancialmente de la proporción de gas extraño. Una proporción de gas extraño en la cámara de vapor de unos pocos tantos por mil (‰) ya puede reducir la condensación por un 20 a 50 %. Por esta razón, la presión de mezcla se vigila constantemente y se compara con el alcance de presión nominal 11.

10 El gas extraño se recoge al final de la ruta de condensación, ya que es arrastrado por la corriente de gas que fluye desde el material húmedo 4 a través de la cámara de vapor 6 hacia el condensado 5, pero que finalmente no se puede condensar. Por esta razón es ventajoso aspirar el vapor al final de la ruta de condensación en el condensador 3, directamente en el condensado 5. De esta manera, al reducirse la presión de mezcla pm se puede remover la mayor concentración posible de gas extraño fuera del sistema de recipientes 1. Por otra parte, deberá procurarse que el condensado que cae en forma de gotas no se introduzca directamente en la corriente de aspiración del regulador de presión o, respectivamente, de la bomba 9. Esto se puede lograr mediante un panel de protección 19.

15 El alcance de presión nominal 11 no debe ubicarse demasiado cerca de la curva de presión de vapor de saturación 10, ya que de lo contrario, al reducirse la presión de mezcla pm, una cantidad demasiado grande del vapor que se va a condensar Dk sería aspirada por la bomba 9. También se ha comprobado como ventajoso, si el límite de presión inferior p1 se selecciona preferentemente por lo menos 0,2 % y el límite de presión superior p2 preferentemente como máximo 4 % por encima de la presión de vapor de saturación ps.

20 De manera contraria a los procedimientos convencionales, el procedimiento de acuerdo con la presente invención vigila constantemente la presión de mezcla pm predominante en la cámara de mezcla 6 y la compara con el alcance de presión nominal 11, con el fin de regular correspondientemente la presión de mezcla pm según sea necesario. Los procedimientos convencionales casi siempre aspiran continuamente gas desde la cámara de presión, por lo que, por una parte, es necesario aportar una gran cantidad de energía y, por otra parte, se remueve de manera innecesaria de la cámara de vapor una gran cantidad de condensado energéticamente valioso. El procedimiento de
25 acuerdo con la presente invención, sin embargo, funciona la mayor parte del tiempo sin bomba de vacío, ya que ésta sólo tiene que ser conectada periódicamente por poco tiempo.

30 Con el procedimiento de acuerdo con la presente invención, la diferencia de temperatura T1-T2 entre el recipiente de secado 2 y el condensador 3 se puede seleccionar de manera particularmente reducida y preferentemente se ubica entre 1K y 10K, en el caso ideal entre 1K y 3K. Esto representa una enorme ventaja energética, porque de esta manera sólo se tiene que aportar poca energía para crear la diferencia de temperatura.

35 El secado y/o la condensación pueden promoverse aumentando las superficies del material húmedo 4 en el recipiente de secado 2 y/o la superficie del condensado 5 en el condensador 3. Una ampliación de la superficie se puede lograr, por ejemplo, a través de una fina pulverización del condensado 5. Una tobera fina diseñada para esto como parte de una unidad de pulverización 15 en el condensador 3 puede producir cada segundo una superficie de
40 varios metros cuadrados, en la que se puede condensar el vapor a ser condensado Dk. Ventajosamente, la pulverización se dispone direccionalmente orientada de tal manera que se produce una mezcla óptima del vapor en la cámara de vapor 6. Esto es importante para lograr una transición de calor tan grande como sea posible entre el material húmedo 4 y el vapor en la cámara de vapor 6. Con esto se promueve la eficiencia y la temperatura de
45 mezcla Tm se puede determinar de manera confiable. Alternativamente, o adicionalmente, en la cámara de vapor 6 se puede disponer un ventilador 16 para lograr la mezcla deseada del vapor. El accionamiento de este ventilador 16 se puede efectuar a través de la corriente de masa pulverizada del medio que se va a evaporar, o a través del condensado pulverizado. Una calefacción 13 en la zona del recipiente de secado 2 y una refrigeración 14 en la zona
de los conductos de alimentación 12 de la unidad de pulverización 15 en el lado del condensador 3 permiten
alcanzar las temperaturas nominales T1 y T2 en el recipiente de secado 2 y en el condensador 3. Obviamente, las unidades reguladoras de temperatura 13 y 14 también pueden disponerse directamente en el material húmedo 4 y en el condensado 5.

50 El aumento del tamaño de superficie también se puede lograr mediante la incorporación de un paquete de relleno poroso que aumenta el tamaño de superficie en el condensador 3. Esto permite lograr en el condensador una máxima compensación de temperatura entre el vapor de mezcla y el condensado.

55 El aumento de superficie del material húmedo 4 en el recipiente de secado 2 se puede lograr mezclando el material húmedo 4 con un material de soporte granulado 17. Este material de soporte 17 absorbe una parte del líquido del material húmedo 4, que por lo tanto se vuelve más seco y menos pegajoso. Esto es importante porque la pegajosidad del material húmedo 4 aquí descrito normalmente es tan elevada que se depositan todas las superficies e incluso hace que sea prácticamente imposible una limpieza.

El material de soporte 17 puede estar formado por la sustancia seca TS, que está contenida en el material húmedo pastoso 4. Esto tiene la ventaja de que el material seco ya no tiene que ser separado durante la extracción.

De manera ventajosa, el material de soporte 17 está formado por un material abrasivo, en particular virutas de

madera, plástico granulado o piedras en forma de guijarros. De esta manera se limpian constantemente todas las superficies de la instalación. Muchas veces, la sustancia seca TS ya es abrasiva por sí misma. Por lo tanto, el uso de un material extraño para el material de soporte 17 no es indispensable. Se ha demostrado que es apropiado un tamaño de grano de entre 0,5 y 30 mm.

- 5 Preferentemente, el material de soporte 17 se mezcla con el material húmedo 4 en estado precalentado. Este precalentamiento se puede efectuar dentro o fuera del recipiente de secado 2.

De acuerdo con la presente invención, la mezcla del material de soporte 17 y del material húmedo 4 con la cantidad de energía óptima se efectúa, por ejemplo, de la siguiente manera: El recipiente de secado 2 dispone de una calefacción 13 en su camisa y está relleno con el material de soporte 17, que puede ser la sustancia seca y que se lleva a la temperatura deseada. A través de un sistema transportador 21 se suministra el material húmedo 4 y mediante un sistema transportador 21 adicional se transporta al interior del recipiente de secado 2. Uno o varios transportadores de tornillo sin fin, o en particular transportadores de tornillo sin fin con calefacción 22, mezclan entonces de forma continua algo de material húmedo 4 con el material de soporte 17 que se provee en abundancia. Dentro del tornillo sin fin se efectúa la mezcla y unión del material, hasta que la mezcla con la proporción de humedad reducida se descarga en el recipiente de secado 2. Las condiciones de temperatura y presión promueven entonces el secado, por lo que la mezcla se seca muy rápidamente. Para optimizar el procedimiento en lo referente al consumo de energía, la energía térmica introducida en el material de soporte 17 debería corresponder a aquella energía que se requiere para el secado del material húmedo 4. El control de la curva de refrigeración previene que se empape el material. Por otra parte, la energía no usada queda almacenada en el material de soporte 17.

Debido a que la proporción seca sólo representa aproximadamente un 20-40 % del material húmedo 4 introducido, se puede introducir una gran cantidad de material húmedo 4 hasta que el recipiente de secado 2 se haya llenado, ya que el líquido Fd se transfiere al condensador 3. A intervalos se extrae una parte del contenido del recipiente de secado 2. De manera correspondiente, el recipiente de secado 2 también se puede llenar a intervalos. El contenido extraído posteriormente se separa en la sustancia seca TS y el material de soporte 17, en caso de que no se trate de los mismos materiales. Una instalación clasificadora luego puede separar la sustancia seca TS en masas utilizables y no utilizables, por ejemplo, en base al tamaño de granos. Una parte de la sustancia seca TS o de material especialmente separado, por ejemplo polvo, luego puede volver a mezclarse con el material inicial húmedo. También el material de soporte 17 puede volver a introducirse en el sistema después de la extracción.

El procedimiento se puede desarrollar en un modo de funcionamiento continuo, como se representa en la Fig. 2. El contenido seco del recipiente de secado 2 se hace pasar por un sistema de transporte y esclusa 23 y al mismo tiempo se lleva a la temperatura deseada por medio de una calefacción 13. Debido a que este material está seco, no se produce ninguna evaporación durante el calentamiento del mismo. Este material se puede almacenar en un recipiente de almacenamiento 24 hasta el momento de su uso. Según sea necesario, el material vuelve a suministrarse al recipiente de secado 2 por medio del sistema de transporte y esclusa. Esto es el caso, por ejemplo, si la temperatura en el recipiente de secado 2 es demasiado baja. A través de este sistema con los dispositivos de transporte y esclusa 23, también se puede emplear una calefacción externa de manera adicional o como alternativa a la calefacción interior del recipiente de secado.

Una gran ventaja de la instalación descrita y el procedimiento descrito consiste en que con el calentamiento del material seco se puede introducir calor que no sólo se puede usar inmediatamente para el secado, sino también en algún momento posterior. Por lo tanto, se puede aportar calor permanentemente a lo largo de las 24 horas del día para el proceso de secado, lo que resulta en una mayor productividad de secado en comparación con otros procedimientos que dependen de la presencia de un personal operario o que están sujetos a tiempos de secado limitados. Además, el procedimiento descrito, realizado en la instalación descrita, puede reaccionar rápidamente y sin mermas en la calidad del secado a cambios en la composición del lodo (contenido de agua, pegajosidad), la temperatura de calefacción y la potencia calorífica, ya que las magnitudes determinantes sólo son el gradiente de temperatura T1-T2 entre el recipiente de secado 2 y el condensador 3 y la energía térmica almacenada.

Otra gran ventaja adicional de la instalación descrita y el procedimiento descrito es que el procedimiento entero no produce ninguna emisión de olores, ya que los circuitos están cerrados. Únicamente cuando funciona la bomba de vacío 9 se emite algo de olor. Sin embargo, esto no puede compararse de ninguna manera con una instalación como se describe en el estado de la técnica. Por una parte, los gases ya están lavados y contienen pocas sustancias odoríferas, y por otra parte las cantidades liberadas son muy pequeñas. Por lo tanto, en la vecindad de una instalación de este tipo no se generan molestias por malos olores.

Como se representa en la Fig. 4, un mejoramiento adicional de la instalación se puede lograr si el procedimiento se efectúa en dos o más de tales sistemas de recipientes 1 en los que los alcances de temperatura T1, T2 de los diferentes sistemas de recipiente 1 difieren de tal manera que limitan entre sí. En un primer sistema de recipientes 1, el procedimiento se efectúa, por ejemplo, con las temperaturas T1 = 90 °C y T2 = 80 °C, y en la cámara de vapor se presenta una temperatura de mezcla de, por ejemplo, 85 °C. En el segundo sistema de recipientes 1' se ajustan entonces las temperaturas T1' = 80 °C y T2' = 70 °C, en el tercer sistema de recipientes 1'' se ajusta en las temperaturas T1'' = 70 °C y T2'' = 60 °C, etc., y en el último sistema de recipientes 1''' se ajusta en las temperaturas T1''' = 40 °C y T2''' = 30 °C.

Preferentemente, la temperatura para atemperar un recipiente de secado 2 o un condensador 3 se obtiene por lo menos parcialmente de manera directa o indirecta mediante intercambiadores de calor a partir de la energía de otro recipiente de secado 2 o condensador 3, cuya temperatura se ha de cambiar.

5 Para ahorrar energía, la liberación de gas extraño se puede efectuar a través de una bomba inyectora de vacío que es accionada o bien por el condensado 5 a ser pulverizado de la misma etapa o de una etapa más fría, o con el vapor de otra etapa o con aire ambiental.

10 En una disposición de este tipo, esto se puede lograr fácilmente si, por ejemplo, respectivamente un intercambiador térmico 20 se dispone entre un condensado 5 y un material húmedo 4 de un sistema de recipientes 1 posterior o de una serie de etapas previas, cuando deben tener las mismas temperaturas. Preferentemente, para esto se emplean intercambiadores térmicos de placas.

15 Los recipientes de secado 2 y/o los condensadores 3 de los diferentes sistemas de recipientes 1, 1',..., pueden disponerse en particular de forma superpuesta unos encima de otros. Particularmente apropiada es una disposición horizontal de los condensadores y una disposición vertical de los recipientes de secado. Las conexiones necesarias entre los distintos componentes de recipiente se realizan respectivamente mediante tuberías de vapor. La ventaja consiste en particular en el procedimiento de bajo consumo energético del secado, ya que la energía puede ser aprovechada óptimamente. Los intercambiadores térmicos (de placas) empleados pueden estar dispuestos dentro o fuera del sistema de recipientes 1. Razones para una disposición exterior es, ante todo, la mejor accesibilidad para la limpieza de los intercambiadores de calor.

20 Para que además de los costes operativos también se mantengan reducidos los costes de adquisición, los sistemas de recipientes 1 y/u otros componentes de la instalación pueden fabricarse enteramente o principalmente de un material plástico de bajo costo.

25 El sistema de recipientes 1 preferentemente sólo tiene que ser estable o bien a la sobrepresión o a la presión negativa, pero no ambas cosas. Esto permite una construcción económicamente favorable del sistema de recipientes 1. El sistema puede estar formado, por ejemplo, por una hoja de material plástico de calidad técnica, que se apoya en un armazón fijo dispuesto dentro o fuera de la hoja. Las presiones negativas no tienen que ser tan intensas. Para el agua, la presión de saturación de vapor absoluta a 50 °C todavía se ubica en 123 mbar (relativo - 877 mbar). Por esta razón, el requerimiento de resistencia a la rotura que debe presentar la hoja, todavía se ubica en un alcance en el que los materiales se pueden obtener a precios razonables.

30 Si se trabaja con temperaturas de más de 100 °C, es necesario generar una sobrepresión en el sistema de recipientes 1, para poner en marcha el secado de acuerdo con el procedimiento de la presente invención. En este caso, el armazón tendría que disponerse en el exterior de la hoja. El regulador de presión 9 en este caso es una válvula, a través de la que el gas puede ser descargado de la cámara de vapor al medio ambiente circundante cuando se debe reducir la presión. La sobrepresión se puede producir mediante una bomba o por calefacción.

35 El sistema de recipientes sólo tiene que ser estable simultáneamente a la sobrepresión y a la presión negativa, si se va a trabajar en el alcance alrededor de la presión normal, es decir, en el caso del agua alrededor de 100 °C.

Preferentemente, el recipiente de secado 2 se dispone inundado en el material húmedo y/o el condensador 3 se dispone inundado en el condensado del material húmedo o del condensado 5, respectivamente.

40 Preferentemente, el proceso descrito se efectúa en un recipiente estándar, preferentemente un contenedor ISO (contenedor normalizado de 20 o 40 pies), en el que se encuentra dispuesta la instalación y que puede formar parte de la instalación. Este tipo de contenedores se pueden adquirir a un precio económico, son excelentemente apropiados para el transporte y están disponibles en forma de construcciones estancas (sin fugas). De esta manera, el transporte desde la fábrica al sitio de uso de la instalación se puede efectuar de un modo fácil y económico por barco o por camión. Además se facilita el mantenimiento, puesto que, si la destilación se efectúa en un lugar alejado de la población civil, el contenedor puede transportarse cómodamente sobre un camión al respectivo sitio de mantenimiento.

Lista de caracteres de referencia

	1	Sistema de recipientes
	2	Recipiente de secado
	3	Condensador
50	4	Material húmedo
	5	Condensado
	6	Cámara de vapor
	7	Sensor de presión
	8	Sensor de temperatura
55	9	Regulador (bomba y/o válvula)
	10	Curva de presión de vapor
	11	Alcance de presión nominal

ES 2 649 288 T3

	12	Conductos
	13	Calefacción
	14	Refrigeración
	15	Unidad pulverizadora
5	16	Ventilador
	17	Material de soporte, granulado
	18	Mezclador
	19	Panel de protección
	20	Intercambiador de calor
10	21	Sistema transportador
	22	Transportador de tornillo sin fin con calefacción
	23	Sistema de transporte y esclusas
	24	Recipiente de almacenamiento
	pm	Presión de mezcla en la cámara de vapor
15	ps	Presión de vapor de saturación
	Tm	Temperatura de mezcla en la cámara de vapor
	T1	Temperatura en el recipiente de secado
	T2	Temperatura en el condensador
	Fd	Líquido que se va a destilar
20	Dk	Vapor que se va a condensar
	V	Bomba y/o válvula para regular la presión

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento para secar un material húmedo pastoso (4), en particular lodo, que comprende una sustancia seca TS mezclada con un líquido que se va a evaporar Fd, mediante el uso de un sistema de recipientes hermético al gas y resistente a la sobrepresión y/o a la presión negativa (1), que comprende un recipiente de secado (2) con el material húmedo (4), que puede ser atemperado, un condensador (3) para condensar el líquido Fd convertido en vapor para formar el condensado (5), así como una cámara de vapor (6) que conecta el recipiente de secado (2) con el condensador (3), en donde la cámara de vapor (6) está equipada con un sensor de presión (7) para medir la presión de mezcla pm que se establece en la misma, un sensor de temperatura (8) para medir la temperatura de mezcla Tm que se establece en la misma, así como con un regulador de presión (9), **caracterizado porque**
- 5 a) el recipiente de secado (2) con el material húmedo (4) se lleva a una primera temperatura T1 y el condensador (3) se lleva a una segunda temperatura más baja T2;
 b) se mide la presión de mezcla pm y la temperatura de mezcla Tm;
 c) se determina la presión de vapor de saturación ps del líquido Fd a la temperatura de mezcla medida Tm;
 d) se calcula un alcance de presión nominal (11) que está limitado por un límite de presión inferior p1, que se encuentra por lo menos a un 0,1 % por encima de la presión de vapor de saturación ps, y un límite de presión superior p2, que como máximo se encuentra a un 6 % por encima de la presión de vapor de saturación ps;
 e) la presión de mezcla pm se compara con el alcance de presión nominal (11);
 f) la presión de mezcla pm se reduce por medio del regulador de presión (9) durante el tiempo exacto hasta que se haya alcanzado el límite de presión inferior p1;
 g) se repiten las etapas b) hasta e) hasta que la presión de mezcla pm alcance el límite de presión superior p2;
 h) se repiten las etapas f) y g) hasta que se deba de tener el secado;
- 10 aspirándose durante la reducción de presión en la etapa f) gases al final de la ruta de condensación con el fin de remover la mayor cantidad posible de gas extraño del sistema de recipientes (1).
2. Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** se aumentan las superficies del material húmedo (4) en el recipiente de secado (2) y/o la superficie del condensado (5) en el condensador (3), preferentemente por pulverización del condensado (5).
- 25 3. Procedimiento de acuerdo con las reivindicaciones 2 o 3, **caracterizado porque** el aumento de la superficie del material húmedo (4) en el recipiente de secado (2) se logra mezclando el material húmedo (4) con un material de soporte granulado (17).
- 30 4. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 3, **caracterizado porque** el material de soporte (17) está formado por la sustancia seca TS, que está contenida en el material húmedo pastoso (4), o por un material abrasivo, en particular virutas de madera, material plástico granulado o piedras en forma de guijarros.
5. Procedimiento de acuerdo con las reivindicaciones 3 o 4, **caracterizado porque** el material de soporte (17) se mezcla en estado precalentado con el material húmedo (4), llevándose el material de soporte (17) preferentemente al estado precalentado dentro y/o fuera del recipiente de secado (2).
- 35 6. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 5, **caracterizado porque** la energía térmica introducida en el material de soporte (17) corresponde a aquella energía que se requiere para el secado del material húmedo (4).
7. Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones 3 a 6, **caracterizado porque** el material de soporte (17) se mezcla con el material húmedo (4) en uno o varios tornillos transportadores sin fin, en particular tornillos transportadores sin fin con calefacción (22).
- 40 8. Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** el procedimiento funciona en operación continua.
9. Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 6, **caracterizado porque** el recipiente de secado (2) se llena a intervalos y/o porque a intervalos se extrae una parte del contenido del recipiente de secado (2).
- 45 10. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 9, **caracterizado porque** el contenido extraído se separa en sustancia seca TS y material de soporte (17).
11. Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque los circuitos están cerrados**, por lo que el procedimiento entero no genera ninguna emisión de olor, **mientras no funcione la bomba de vacío**.
- 50 12. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 2, **caracterizado porque** el aumento de la superficie en el condensador (3) se logra introduciendo un relleno poroso que aumenta la superficie.
13. Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** la distribución del vapor en la cámara de vapor (6) se mezcla por medio de un ventilador (16), y el accionamiento del ventilador (16) preferentemente se efectúa por medio del caudal másico pulverizado del medio que se va a evaporar o por medio

del condensado pulverizado.

14. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 2, **caracterizado porque** la remoción del gas extraño en la etapa f) se efectúa por medio de una bomba inyectora de vacío, que se acciona con el condensado que se va a pulverizar (5) de la misma etapa o de una etapa más fría.

5 15. Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** el procedimiento se realiza en dos o más sistemas de recipientes de este tipo (1), en donde los intervalos de temperatura T1, T2 de los diferentes sistemas de recipientes (1) difieren de tal manera que limitan entre sí, y en donde preferentemente la energía para calentar el recipiente de secado (2) o el condensador (3) se obtiene por lo menos parcialmente de manera directa o indirecta por medio de intercambiadores de calor, en particular intercambiadores de calor de placas, a partir de la energía de otro recipiente de secado (2) o condensador (3), cuya temperatura se debe modificar.

10

16. Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** el sistema de recipientes (1) y la tubería están hechos enteramente o principalmente de material plástico.

15 17. Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** el recipiente de secado (2) se dispone de manera inundada en el material húmedo y/o el condensador (3) se dispone de manera inundada en el condensado en el material húmedo (4) o, respectivamente, en el condensado (5).

18. Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** el procedimiento se efectúa en un contenedor ISO.

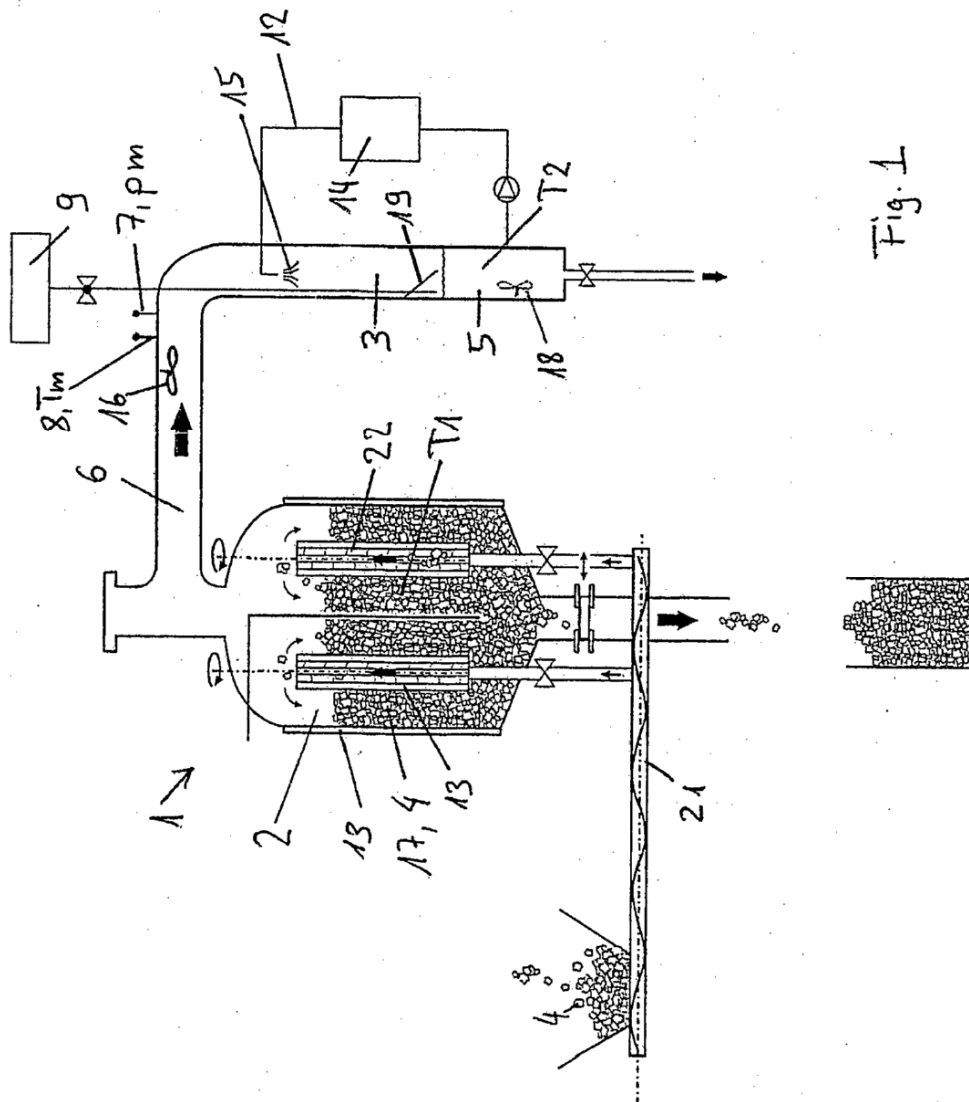


Fig. 1

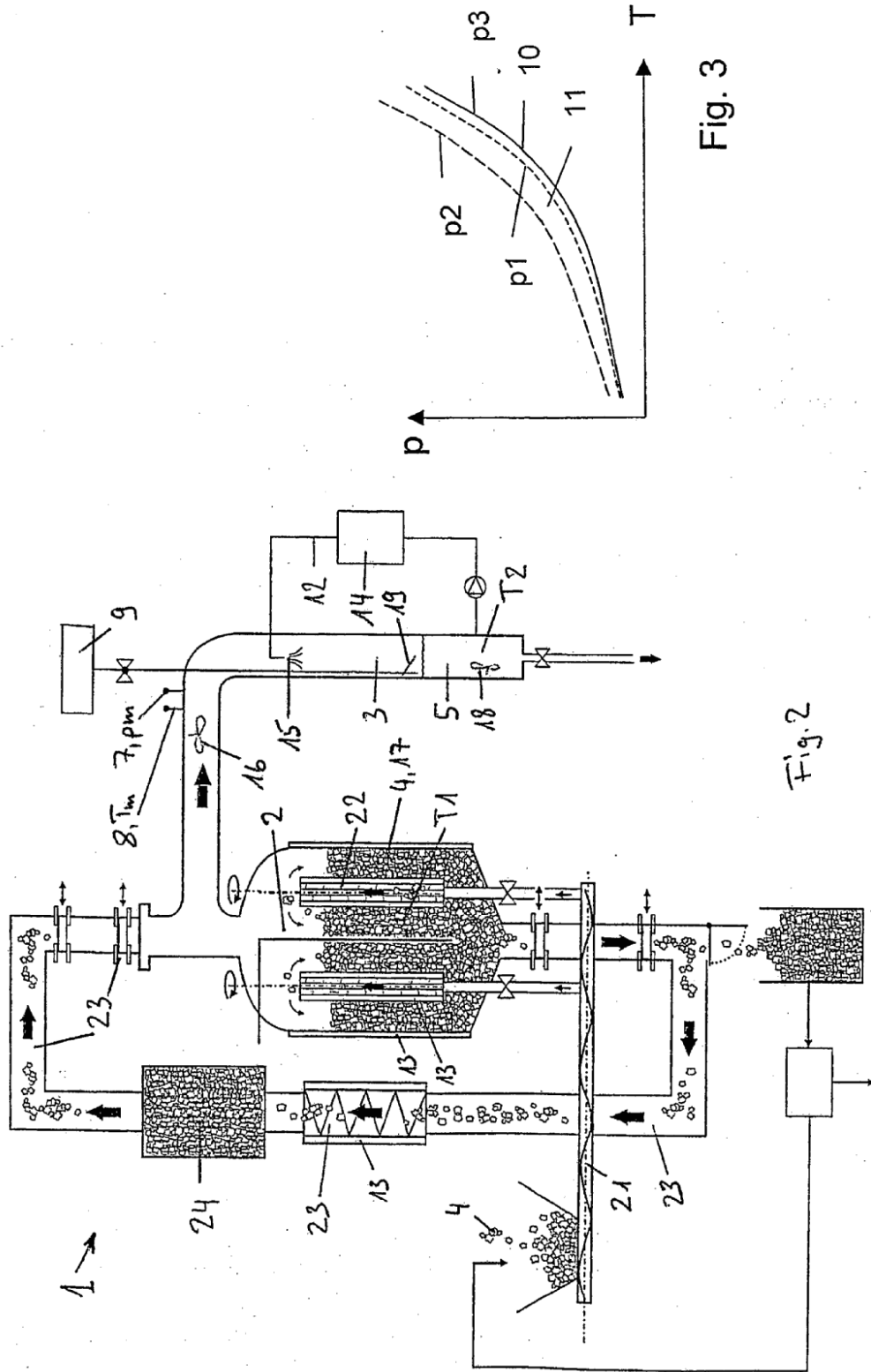


Fig. 3

Fig. 2

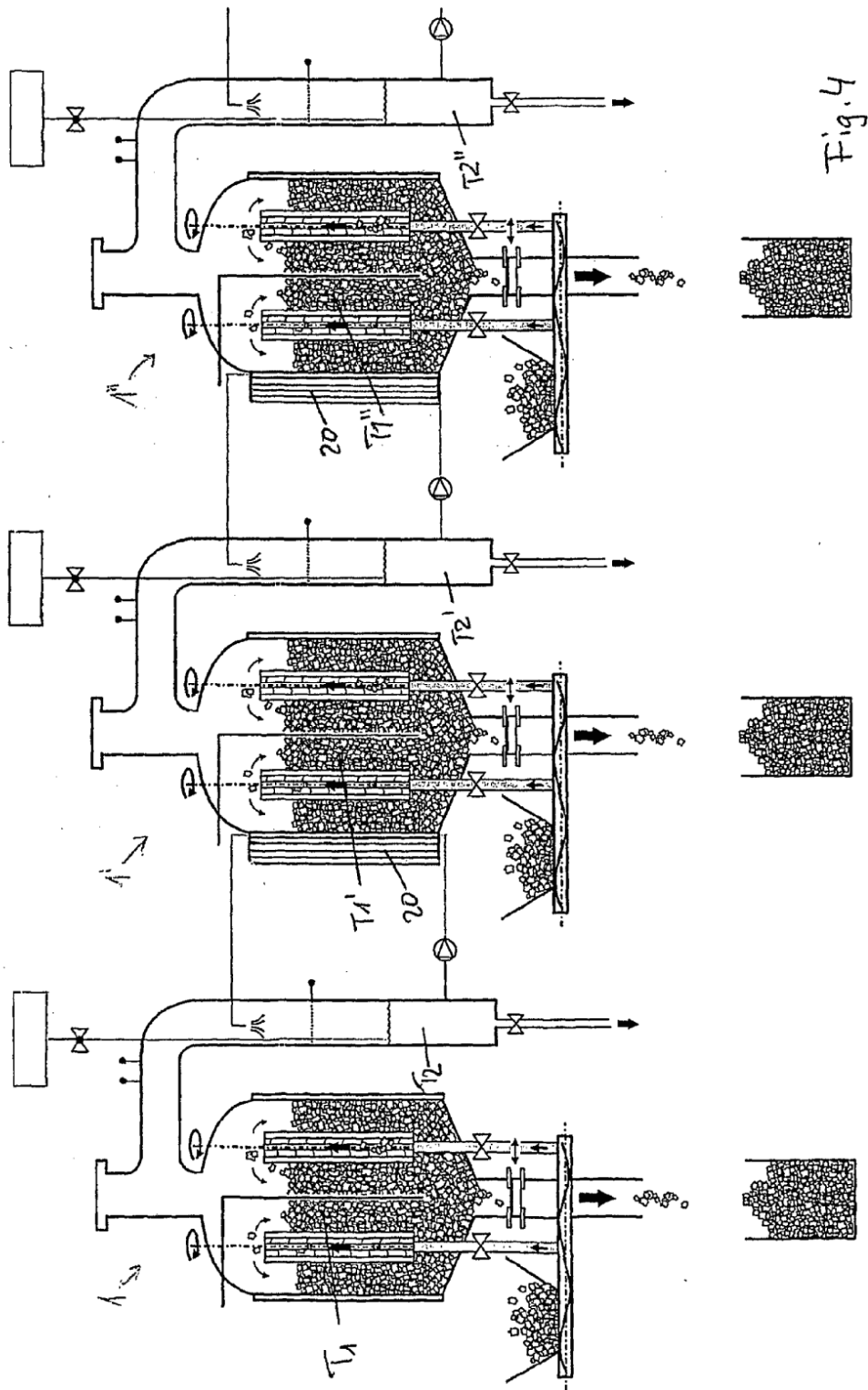


Fig. 4