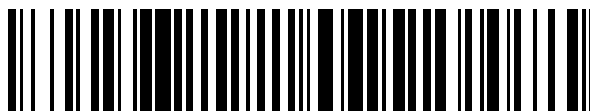


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 702 800**

51 Int. Cl.:

C02F 11/10	(2006.01)
C10L 9/08	(2006.01)
F23G 5/027	(2006.01)
F23G 7/00	(2006.01)
B01F 3/04	(2006.01)
C02F 1/38	(2006.01)
C02F 3/22	(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **03.06.2016 PCT/EP2016/062698**
- 87 Fecha y número de publicación internacional: **08.12.2016 WO16193460**
- 96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **03.06.2016 E 16728897 (6)**
- 97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **19.09.2018 EP 3152166**

54 Título: **Reactor de carbonización hidrotermal con mezcla optimizada de lodo y vapor**

30 Prioridad:

05.06.2015 FR 1555142

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

05.03.2019

73 Titular/es:

**SUEZ INTERNATIONAL (100.0%)
16 Place de l'Iris - Tour CB 21
92040 Paris la Défense Cedex, FR**

72 Inventor/es:

**PARDO, PIERRE EMMANUEL y
BOURDAIS, JEAN-LOUIS**

74 Agente/Representante:

ILLESCAS TABOADA, Manuel

ES 2 702 800 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

Reactor de carbonización hidrotermal con mezcla optimizada de lodo y vapor

Campo técnico

La presente invención se refiere a un reactor de tratamiento.

- 5 El campo de la invención es más particularmente, pero de manera no limitativa, el del tratamiento de lodos muy cargados de materia orgánica, por ejemplo, procedentes de procesos de tratamiento de aguas residuales urbanas o industriales, o de operaciones de limpieza de redes. Dicho tratamiento tiene como objetivo reducir el volumen de lodos, estabilizarlos tanto biológica como fisicoquímicamente y producir subproductos valorizables.

- 10 La invención se refiere más particularmente al campo del reactor de tratamiento continuo de lodos cargados de materiales orgánicos, en particular mediante carbonización hidrotermal.

Estado de la técnica anterior

El estado de la técnica ha desarrollado dos familias de tratamientos:

- hidrólisis térmica,
- carbonización hidrotermal.

- 15 La técnica de hidrólisis térmica de lodos fue puesta a punto por Porteous a principios del siglo XX. Esta técnica utiliza reactores presurizados que funcionan en secuencia. El lodo se bombea a un primer reactor en el que el vapor producido por una caldera se inyecta hasta la obtención de una temperatura de aproximadamente 180 °C para una presión de 1,5 MPa. La temperatura se mantiene entonces durante 30 minutos y luego los lodos se descargan por su propia presión a través de un intercambiador de calor. Este intercambiador de calor se utiliza para recuperar el calor de los lodos que salen del primer reactor y para calentar los lodos que entran en un segundo reactor. Desde entonces, se han realizado muchos cambios y mejoras para mejorar la productividad y garantizar un funcionamiento continuo. Los lodos hidrolizados se someten a continuación a tratamientos biológicos, por ejemplo, digestión anaerobia para reducir la cantidad de lodos produciendo biogás.

- 20 La técnica de carbonización hidrotermal (HTC) está cerca de la hidrólisis térmica, pero no está diseñada para preparar lodos para su digestión. Su objetivo es preparar lodos para su transformación en biocarbón de gran calidad, recurriendo al calor y a una presión generalmente más elevada que en la hidrólisis térmica, y durante más tiempo que para la hidrólisis térmica (algunas horas) y generalmente en presencia de un reactivo.

- 25 La técnica de HTC también produce biocarbón, un producto similar al humus, que se puede usar para abonar suelos agrícolas y almacenar CO₂. El proceso de carbonización hidrotermal fue descrito en 1913 por Friedrich Bergius, y le valió el Premio Nobel de Química en 1931.

- 30 Estos tratamientos se llevan a cabo en reactores, ya sea en modo secuencial (discontinua), más sencillo de realizar o, más recientemente, de manera continua.

- 35 Es conocida, en el estado de la técnica, la patente FR3010403 que describe un procedimiento y un dispositivo para la hidrólisis térmica de lodos que comprende un reactor tubular de hidrólisis térmica que tiene una primera parte vertical directamente prolongada por una segunda parte vertical. La entrada del reactor está prevista en la parte superior de dicha primera parte vertical. La salida de dicho reactor está prevista en la parte inferior de dicha segunda parte vertical, o viceversa. La entrada del reactor es alimentada por al menos un inyector-mezclador dinámico primario que tiene una salida de mezcla uniforme primaria. Los lodos a tratar que contienen materia orgánica se introducen en este inyector-mezclador dinámico primario que también comprende medios para suministrar vapor vivo a un inyector-mezclador dinámico secundario.

- 40 La patente WO2014135734 describe una planta de hidrólisis que tiene dos secciones de circulación conectadas en serie para hacer circular la materia orgánica a tratar, y medios para alimentar continuamente una primera sección de circulación con materia orgánica, para transferir la materia orgánica desde esta primera sección de circulación a una segunda sección de circulación y para extraer la materia orgánica de la segunda sección de circulación. El vapor y la materia orgánica, típicamente lodos, se inyectan en el mismo lugar, como en la patente FR3010403. Otro ejemplo de una solución conocida de la técnica anterior se describe en la patente WO2010092040.

Desventajas de las soluciones de la técnica anterior

- 45 Las soluciones de la técnica anterior no son completamente satisfactorias porque implican un suministro significativo de vapor durante la inyección en el reactor. Esto se traduce en un consumo de energía mal controlado y altos costes operativos, así como una sequedad degradada.

Las soluciones de la técnica anterior son adecuadas para tratamientos en condiciones de presión y temperatura intermedias, típicamente de 0,6 MPa y 150 °C, para tiempos de residencia relativamente cortos del orden de 30 minutos. Se relacionan específicamente con los tratamientos de hidrólisis térmica, para preparar los lodos para una etapa posterior de digestión anaerobia.

- 5 Además, los lodos introducidos en un reactor pueden contener residuos sólidos, incluidos agregados minerales que pueden obstruir la entrada del reactor o dañar las estructuras internas del reactor. Las soluciones de la técnica anterior no permiten reducir estos elementos en el reactor.

Finalmente, los inyectores-mezcladores necesarios para homogeneizar la mezcla de vapores de lodo son equipos costosos y frágiles.

- 10 El objeto de la presente invención es resolver al menos uno de los problemas o desventajas mencionados anteriormente.

Explicación de la invención

Para superar estos inconvenientes, la invención propone un reactor de tratamiento, en particular mediante carbonización hidrotermal, de lodos cargados con materias orgánicas, que comprende:

- 15 - un recinto que comprende una cámara interior dispuesta para recibir los lodos y para constituir una trayectoria de circulación de lodos capaz de permitir una circulación de lodos,
- una entrada de lodos dispuesta para introducir los lodos en una zona de introducción de lodos de la cámara interior,
- una salida de lodos dispuesta para evacuar al menos una parte de los lodos contenidos en la cámara interior, y
20 - una entrada de vapor dispuesta para inyectar vapor en una zona de inyección de vapor de la cámara interior siguiendo un sentido de inyección de vapor, siendo el sentido de inyección de vapor diferente de un sentido de circulación de los lodos en la zona de inyección de vapor a lo largo de la trayectoria de circulación, estando separada la zona de inyección de vapor de la zona de introducción de lodos.

- 25 Preferentemente, la cámara interior es de dimensión vertical L (definiéndose la vertical de acuerdo con la gravedad terrestre), pudiendo estar separada la zona de inyección de vapor de la zona de introducción de lodos por una distancia mayor que L/12, preferentemente mayor que L/8, más preferentemente mayor que L/4. Esta distancia se considera la distancia más corta entre dos puntos de la entrada de lodos y la entrada de vapor, respectivamente.

El sentido de inyección de vapor es a contracorriente (preferentemente opuesta) al sentido de la circulación de los lodos (en promedio) en la zona de inyección de vapor. Dicha inyección de vapor a contracorriente de los lodos optimiza las turbulencias creadas por esta inyección.

- 30 El reactor comprende además un circulador dispuesto para hacer circular los lodos en la cámara interior siguiendo la trayectoria de circulación.

La trayectoria de circulación comprende al menos un bucle cerrado.

En este documento, los términos "inferior", "superior", "alto", "bajo", "ascendente", "descendente", "arriba", "abajo" o incluso "superado" se refieren a la vertical definida por la gravitación terrestre.

- 35 El reactor puede comprender, en una parte superior de la cámara interior, un volumen de desgasificación configurado para recoger los efluentes gaseosos contenidos en los lodos, pudiendo comprender el reactor además al menos un conducto de ventilación dispuesto para evacuar estos efluentes gaseosos.

Preferentemente, el reactor puede comprender al menos un orificio dispuesto para inyectar ácido en el recinto.

- 40 De acuerdo con la invención, el recinto comprende una pared configurada para separar dos partes de la trayectoria de circulación que tiene sentidos (medios) de circulación de lodos opuestos.

De acuerdo con la invención, la pared forma un tubo y la cámara interior comprende un espacio interior situado en el interior del tubo y un espacio exterior situado en el exterior del tubo, estando configurado el reactor:

- de modo que la zona de inyección de vapor esté situada en una región inferior del espacio interior del tubo, comprendiendo la región inferior un primer extremo del tubo,
45 - de modo que el circulador esté situado, al menos en parte, en una región superior del espacio interior del tubo, comprendiendo la región superior un segundo extremo del tubo opuesto al primer extremo, y
- de modo que la zona de introducción de lodos esté situada entre la región inferior y la región superior del espacio interior del tubo.

Siguiendo una segunda configuración, no cubierta por las reivindicaciones, el reactor está dispuesto:

- de modo que la zona de introducción de lodos esté situada en una región inferior del espacio interior del tubo, comprendiendo la región inferior un primer extremo del tubo,
- 5 - de modo que el circulador esté situado, al menos en parte, en una región superior del espacio interior del tubo, comprendiendo la región superior un primer extremo del tubo, y
- de modo que la zona de inyección de vapor esté situada entre la región inferior y la región superior del espacio interior del tubo.

De acuerdo con una opción de la invención, compatible con múltiples combinaciones de las características descritas anteriormente, el recinto comprende un revestimiento interior dispuesto para delimitar, al menos en parte, la trayectoria de circulación de manera que constituye:

- una vía ascendente en un paso anular comprendido entre una cara interna de la cámara interior y el revestimiento,
- una vía descendente en un conducto cilíndrico formado por el revestimiento,
- una sección transversal superior configurada para permitir una circulación de lodos desde la vía ascendente hacia la vía descendente,
- 15 - una sección transversal inferior configurada para permitir la circulación de los lodos desde la vía descendente hacia la vía ascendente.

De forma alternativa, el revestimiento interior puede estar configurado para delimitar, al menos en parte, la trayectoria de circulación de manera que constituye:

- una vía descendente en un paso anular comprendido entre una cara interna de la cámara interior y el revestimiento,
- 20 - una vía ascendente en un conducto cilíndrico formado por el revestimiento,
- una sección transversal superior configurada para permitir la circulación de lodos desde la vía ascendente hacia la vía descendente,
- una sección transversal inferior configurada para permitir la circulación de los lodos desde la vía descendente hacia la vía ascendente.

25 Siguiendo todavía otra configuración, no cubierta por las reivindicaciones, la trayectoria de circulación se delimita, al menos en parte, por:

- un primer tubo que define una trayectoria ascendente,
- un segundo tubo que define una trayectoria descendente,
- 30 - un primer conducto transversal configurado de modo que el primer y el segundo tubos desemboquen en sus partes superiores en este primer conducto transversal, comprendiendo el reactor, en una parte superior del primer conducto transversal, un volumen de desgasificación configurado para recoger los efluentes gaseosos contenidos en los lodos, y
- un segundo conducto transversal dispuesto de modo que el primer y el segundo tubos desemboquen, en sus partes inferiores, en este segundo conducto transversal.

35 De acuerdo con una opción de la configuración mencionada anteriormente, no cubierta por las reivindicaciones, el reactor comprende un circulador que está configurado para generar la circulación de lodos en el segundo conducto transversal.

El reactor puede comprender además un hidrociclón configurado para eliminar selectivamente las partículas (pesadas) contenidas en los lodos en circulación en el recinto.

40 **Descripción de las figuras y del modo de realización**

Otras ventajas y particularidades de la invención aparecerán al leer la descripción detallada de las implementaciones y del modo de realización que no son limitativos, y los siguientes dibujos adjuntos:

- la figura 1 representa una vista esquemática transversal de un reactor de acuerdo con un modo de realización de la invención,

- la figura 2 representa una vista esquemática transversal de un reactor de acuerdo con una segunda configuración de la invención, no cubierta por las reivindicaciones,
 - la figura 3 representa una vista esquemática transversal de un reactor de acuerdo con una tercera configuración de la invención, no cubierta por las reivindicaciones,
- 5 - la figura 4 representa una vista esquemática transversal de un hidrociclón compatible con el reactor de la figura 3.

Dado que el modo de realización descrito a continuación no es en modo alguno limitante, será posible considerar variantes de la invención que no comprendan más que una selección de características descritas, aisladas de otras características descritas (aun cuando esta selección esté aislada dentro de una oración que comprenda estas otras características), si esta selección de características es suficiente para conferir una ventaja técnica o para diferenciar la invención del estado de la técnica anterior. Esta selección comprende al menos una característica, preferentemente funcional sin detalles estructurales, o con solo una parte de los detalles estructurales si esta parte sola es suficiente para conferir una ventaja técnica o para diferenciar la invención del estado de la técnica anterior.

En la presente descripción del modo de realización y variantes, el vapor es por defecto vapor de agua.

En la presente descripción, el término "circulación" de lodos, de una mezcla o de un líquido en el reactor designa cualquier movimiento de estos lodos, de esta mezcla o de este líquido en el reactor.

En la presente descripción, el término "trayectoria de circulación" designa la trayectoria a lo largo de la cual se lleva a cabo este movimiento en el reactor.

El reactor de acuerdo con la invención es típicamente capaz de producir un tratamiento por carbonización hidrotermal de lodos cargados de materias orgánicas.

La figura 1 representa una vista transversal de un reactor de acuerdo con el modo de realización de la invención que comprende:

- un recinto 100 que comprende una cámara interior configurada para recibir los lodos y constituir una trayectoria de circulación de lodos capaz de permitir la circulación de lodos, estando representado el sentido medio de la circulación de los lodos a lo largo de la trayectoria por las flechas 2 y 4 en la figura 1, que define en este caso un sentido descendente 2 y un sentido ascendente 4,
- una entrada de lodos 1 configurada para introducir los lodos en una zona de introducción de lodos de la cámara interior,
- una salida de lodos 11 configurada para evacuar al menos una parte de los lodos contenidos en la cámara interior, y
- una entrada de vapor 3 configurada para inyectar vapor en una zona de inyección de vapor de la cámara interior siguiendo un sentido de inyección de vapor, siendo el sentido de inyección de vapor diferente de un sentido medio de circulación de los lodos 2 en la zona de inyección de vapor a lo largo de la trayectoria de circulación, estando separada la zona de inyección de vapor de la zona de introducción de lodos.

Se observa que la entrada de vapor 3 no está enrasada con una cara interna de la cámara interior del recinto 100, sino que desemboca en el corazón de la cámara interior del recinto 100, de modo que la entrada de vapor 3 está rodeado por la mezcla de lodo + vapor incluida en la cámara interior del recinto 100.

En este modo de realización, por circulación de lodos se entiende típicamente un desplazamiento relativo de los lodos definiéndose una velocidad promedio de desplazamiento de lodos V_d dentro del recinto 100 típicamente de 0,1 a 3 m/s, una velocidad promedio de inyección de lodos V_e en la entrada de lodos 1 típicamente de 0,005 a 0,1 m/s, o una relación V_d/V_e típicamente de 5 a 100.

En el ejemplo de la figura 1, el recinto 100, representado en sección transversal, es un recinto cerrado (es decir, cuyo interior no está constantemente al aire libre). El recinto 100 tiene una forma sustancialmente cilíndrica alrededor de una dirección vertical (dirección arriba-abajo o abajo-arriba en la figura 1), estando este recinto cilíndrico 100 cerrado por una superficie inferior 108 y una superficie superior 109 de forma sustancialmente hemisférica. (superficies cóncavas).

La cámara interior es de dimensión vertical L, definiéndose la vertical de acuerdo con la gravedad terrestre. En el reactor de la figura 1, la gravedad terrestre se ejerce a lo largo de dicha dirección vertical.

La dimensión vertical L corresponde aquí a la altura de la cámara interior del recinto 100 medida a lo largo de dicha dirección vertical, y conectando un plano horizontal que pasa a través del punto más bajo de la superficie inferior 108 (cóncava vista desde el interior del recinto) a un plano horizontal que pasa a través del punto más alto de la superficie superior 109 (cóncava vista desde el interior del recinto).

Tal como se ilustra en la figura 1, la zona de inyección de vapor es distinta de la zona de introducción de lodos. Preferentemente, estas zonas están separadas por una distancia mayor que $L/12$, preferentemente mayor que $L/8$, más preferentemente mayor que $L/4$, considerándose esta distancia la distancia más corta entre dos puntos de la entrada de lodos 1 y de entrada de vapor 3, respectivamente.

- 5 Además, el sentido de inyección de vapor es a contracorriente (preferentemente opuesta) al sentido de la circulación de los lodos en la zona de inyección de vapor.

En la presente descripción, por la expresión "contracorriente" se entiende que, para un sentido de circulación (en promedio) de los lodos en la zona de inyección de vapor de acuerdo con una dirección principal (vertical hacia abajo en el caso de la figura 1), el sentido de inyección de vapor tiene al menos un componente opuesto (vertical hacia arriba) a la dirección principal. En otras palabras, para un sentido de circulación (en promedio) de los lodos en la zona de inyección de vapor de acuerdo con una dirección principal, el sentido de inyección de vapor forma un ángulo con la dirección principal comprendido entre $\pi/2$ y $3\pi/2$ radianes. Preferentemente, este ángulo es de π radianes (vectores opuestos).

15 Por lo tanto, se ve en la figura 1 que la entrada de vapor 3 realiza una inyección del vapor por una perforación prevista en el fondo del recinto, de modo que la entrada de vapor 3 desemboca en la cámara interior en una zona 2b en la que los lodos se desplazan siguiendo el sentido descendente 2 y de modo que esta inyección de vapor se realiza sustancialmente hacia arriba (representada por las flechas 3a, 3b, 3c y 3d). De este modo, el vapor se inyecta a contracorriente de la circulación de los lodos (representada por las flechas 2 en esta zona 2b). El vapor se puede inyectar por una boquilla central, o incluso por varias boquillas 3a, 3b, 3c, 3d. La boquilla o boquillas 3a, 3b, 3c, 3d pueden estar asociadas a uno o más deflectores o difusores (no representados) para aumentar las turbulencias.

En el modo de realización de la figura 1, la entrada de vapor 3 y la entrada de lodos 1 están dispuestas de modo que el vapor se inyecta a una altitud A1 menor que la altitud A2 a la que se introducen los lodos.

25 Se produce una mezcla intensa entre el vapor que tiende a elevarse por el recinto 100 y los lodos de baja reología, próxima al agua, que tienden a descender hacia la parte inferior del recinto 100. Esta mezcla rompe los posibles granos de lodos que aún no están licuados. Además, esta mezcla intensifica la condensación del vapor que rápidamente proporciona su calor al medio ambiente.

El recinto 100 del reactor de la figura 1 comprende un revestimiento interior 101 dispuesto para delimitar la trayectoria de circulación de manera que constituye:

- 30 - una vía ascendente 4b en un paso anular comprendido entre una cara interna de la cámara interior y el revestimiento 101,
- una vía descendente 2b en un conducto cilíndrico formado por el revestimiento 101,
- una sección transversal superior 21 configurada para permitir la circulación de lodos desde la vía ascendente 4b hacia la vía descendente 2b,
- 35 - una sección transversal inferior 22 configurada para permitir la circulación de los lodos desde la vía descendente 2b hacia la vía ascendente 4b.

En el ejemplo descrito, la introducción de lodos se lleva a cabo mediante una perforación 1 que desemboca en la vía descendente 2b. Para este propósito, un conducto de entrada de lodos pasa a través de la pared del recinto 100, así como el revestimiento interior 101, para desembocar en la vía descendente 2b.

40 El reactor de la figura 1 comprende además un circulador 6, por ejemplo, de palas, configurado para hacer circular los lodos (mezclados con vapor) en la cámara interior siguiendo la trayectoria de circulación, es decir, para crear o mantener directamente en el interior del reactor la circulación (es decir, el movimiento) los lodos (mezclados con vapor), independientemente de la amplitud y la dirección de la velocidad de introducción de lodos en el recinto 100 del reactor por la entrada de lodos 1.

De acuerdo con las variantes no representadas, el circulador 6 puede comprender:

- 45 - un agitador con una o más palas, y/o
- un tornillo, y/o
- una bomba, y/o
- un bucle de recirculación de lodos, y/o
- un burbujeo.

El circulador 6 está dispuesto preferentemente en una parte superior de la vía descendente 2b, debajo de la sección transversal superior 21 y encima de la zona de introducción de lodos.

5 En otras palabras, el recinto 100 de la figura 1 comprende una pared 101 (que corresponde al revestimiento interior 101 descrito anteriormente) configurada para separar dos partes de la trayectoria de circulación que tienen sentidos 2, 4 opuestos a la circulación de lodos. Por lo tanto, los lodos circulan en el sentido ascendente 4 en la vía ascendente 4b, y circulan en el sentido descendente 2 en la vía descendente 2b.

En este ejemplo, la pared 101 forma un tubo, comprendiendo la cámara interior del recinto 100 un espacio interior (vía descendente 2b) en el interior del tubo 101 y un espacio exterior (vía ascendente 4b) en el exterior del tubo. El tubo 101 corresponde al revestimiento interior 101 descrito anteriormente.

10 En este modo de realización, el reactor está configurado:

- de modo que la zona de inyección de vapor esté situada en una región inferior del espacio interior 2b del tubo 101, comprendiendo la región inferior un primer extremo del tubo (hacia la parte inferior de la figura 1),
- de modo que el circulador 6 esté situado, al menos en parte, en una región superior del espacio interior 2b del tubo 101, comprendiendo la región superior un segundo extremo del tubo (hacia la parte superior de la figura) opuesto al primer extremo, y
- de modo que la zona de introducción de lodos esté situada entre la región inferior y la región superior del espacio interior 2b del tubo 101.

20 De este modo, la trayectoria de circulación comprende al menos un bucle cerrado que, en el ejemplo de la figura 1, pasa a través del interior 2b y del exterior 4b del tubo 101. Cada bucle cerrado comprende además una bifurcación hacia la salida de lodos 11.

Idealmente, si se consideran líneas de flujo de lodos que circulan en el reactor, estas líneas de flujo diseñan al menos un bucle cerrado con una posible bifurcación hacia la salida de lodos 11.

25 El reactor comprende, en una parte superior de la cámara interior, por encima de la sección transversal superior 21, un volumen de desgasificación 8 configurado para recoger los efluentes gaseosos contenidos en los lodos, comprendiendo el reactor además al menos un conducto de ventilación 10 dispuesto para evacuar estos efluentes gaseosos.

Este volumen de desgasificación 8 está delimitado, en la figura 1, por un nivel N alcanzado por los lodos contenidos en el recinto 100, por dicha superficie superior 109 del recinto 100 y por una parte de la cara interna de la cámara interior del recinto 100, siendo esta cara interna de forma sustancialmente cilíndrica.

30 La delimitación del volumen de desgasificación 8 y los lodos contenidos en el recinto 100 por el nivel N es consecutiva, de modo que el reactor está bajo presión y los efluentes gaseosos recogidos en el volumen de desgasificación 8 empujan los lodos hacia abajo.

Los lodos contenidos en el recinto 100 del reactor típicamente circulan de manera continua para realizar varios ciclos (o pasos a lo largo de la misma trayectoria de circulación) antes de su evacuación a través de la salida de lodos 11.

35 Para ilustrar una implementación del reactor, se introduce un flujo entrante de lodos en la vía descendente 2b entre las palas del circulador 6 y las boquillas 3a, 3b, 3c, 3d de inyección de vapor 3. Entre estas dos zonas de introducción de lodos y de inyección de vapor, la mezcla constituida por los lodos y el vapor está sometida a fuertes turbulencias debido a la circulación a contracorriente del vapor y los lodos. Estas turbulencias aumentan las interacciones entre el vapor y los lodos, lo cual permite homogeneizar la mezcla. Los lodos pueden contener fibras, que se desintegran fuertemente en esta zona de interacción con el vapor, antes de alcanzar el circulador 6 siguiendo la trayectoria de circulación por la vía descendente 2b, la sección transversal inferior 22, la vía ascendente 4b, a continuación la sección transversal superior 21. Se reducen de este modo los problemas de enrollado las fibras en las palas del circulador 6.

40 Además, con dicha implementación, las partes minerales y los agregados contenidos en los lodos tienden a depositarse por gravedad en el fondo de la cámara interior del recinto 100 (en una cara interna de la superficie inferior 108), lo que reduce las interacciones de estas partes minerales y agregados con las palas del circulador 6.

El dimensionamiento del revestimiento interior 101 se realiza de tal manera que la velocidad de circulación promedio de los lodos en la vía ascendente 4b sea del mismo orden de magnitud que en la vía descendente 2b. Las relaciones de velocidades de circulación de lodos entre la vía ascendente 4b y la vía descendente 2b son del orden de 0,5 a 5. Típicamente, las velocidades en la vía ascendente 2b son de 0,1-3 m/s, típicamente 0,5-1,5 m/s.

50 En un modo de realización, se inyectan lodos fríos en la vía descendente 2b con una velocidad de inyección baja con respecto a la velocidad de circulación, típicamente del orden de 0,005 a 0,1 m/s. Debido al fenómeno del cizallamiento de los lodos por el vapor, los lodos fríos introducidos son impulsados rápidamente por los lodos calientes en una circulación mezclada uniformemente y, por lo tanto, su temperatura aumenta de manera relativamente rápida.

ES 2 702 800 T3

Debido al circulador 6, los lodos mezclados uniformemente por sus interacciones con el vapor inyectado son conducidos a la vía ascendente 4b donde continúan uniformándose.

5 La mezcla de lodos y vapor llega a continuación a la sección transversal superior 21, más calmada en términos de turbulencias. En esta sección transversal superior 21, las burbujas de gas incondensables se separan de los lodos y se elevan en el volumen de desgasificación 8 sin regresar hacia la parte inferior. El gas producido de este modo por la separación de las burbujas se elimina con regularidad por el conducto de ventilación 10, típicamente a través de una válvula (no representada) controlada por un regulador de presión (no representado).

10 Los lodos regresan a continuación a la vía descendente 2b a través del circulador 6. En esta etapa, los lodos se licuan, reduciéndose la mayoría de los granos de tal manera que ya no impiden el funcionamiento del circulador 6. Las reacciones de carbonización pueden tener lugar a continuación durante varios ciclos de circulación de lodos entre las vías descendente 2b y ascendente 4b sucesivamente (es decir, en el bucle cerrado).

Se puede instalar un sistema anti-vórtice, como las palas 7, sobre el circulador 6 para evitar la formación de trayectorias preferentes y remolinos de tipo vórtice en la vía descendente 2b del reactor.

15 El reactor de la figura 1 comprende un orificio 9 configurado para inyectar ácido en el recinto 100. El ácido se inyecta preferentemente en la vía descendente 2b, aguas abajo (en relación con la circulación de lodos) de la zona de introducción de lodos y aguas arriba de la zona de inyección de vapor. Esta inyección de ácido también se puede hacer de manera ascendente 4b o en una u otra de las secciones transversales superiores 21 o inferiores 22 (no representadas).

20 La evacuación de los lodos carbonizados, es decir, su extracción de la cámara interior del recinto 100 por la salida de lodos 11, se realiza preferentemente en la parte inferior del reactor, a nivel de la sección transversal inferior 22, por ejemplo, en el fondo del recinto 100 por una perforación hecha a través de la superficie inferior 108. Esta configuración permite el vaciado y la eliminación de sólidos no carbonizables, como la arena. Por lo tanto, estos sólidos se extraen preferentemente del reactor mientras el contenido orgánico de lodos, líquido, continúa circulando en la trayectoria de circulación.

25 Téngase en cuenta que, en caso de fallo del circulador 6, la inyección de vapor por la entrada de vapor 3 permite la mezcla del lodos en la vía descendente 2b y una circulación natural.

30 La figura 2 representa una segunda configuración de la invención, no cubierta por las reivindicaciones, en la que el reactor comprende los mismos constituyentes o dispositivos mecánicos que el reactor del modo de realización de la invención. Solo difiere la disposición de estos constituyentes o dispositivos mecánicos. Por lo tanto, la figura 2 se describe esencialmente de acuerdo con sus diferencias con la figura 1.

En esta segunda configuración, los lodos se introducen en la parte inferior de la vía ascendente 4bb.

La vía descendente 2bb ya no está situada en el espacio interior 4bb del tubo 101 como en la solución representada en la figura 1, sino en el espacio exterior 2bb en el tubo 101.

35 Por lo tanto, la vía ascendente 4bb está situada en el interior del revestimiento 101. Estas dos vías descendente 2bb y ascendente 4bb están conectadas, como en la solución descrita en la figura 1, por las secciones transversales superior e inferior 21 y 22.

La inyección de vapor se proporciona mediante una perforación que desemboca en la vía ascendente 4bb en el espacio interior del revestimiento 101.

La introducción de los lodos se realiza en la vía ascendente 4bb, en el espacio interior del tubo 101.

40 En esta segunda configuración de la figura 2, la entrada de vapor 3 y la entrada de lodos 1 están configuradas de modo que los lodos se introducen a una altura A3 menor que la altura A4 a la que se inyecta el vapor.

El reactor también comprende un sistema anti-vórtice 7 esta vez instalado debajo del circulador 6, es decir, aguas arriba del circulador 6 en relación con el sentido de circulación 4 de lodos similar al modo realización de la figura 1.

45 Cualquier otra configuración, por ejemplo, la disposición de la entrada de lodos 1 y/o la entrada de vapor 3 para introducir los lodos y/o inyectar vapor en la vía ascendente 4b (modo de realización de la figura 1) o la vía descendente 2bb (configuración de la figura 2) es posible, pero no confiere ventajas sustanciales sobre el modo realización y las configuraciones descritas en el presente documento.

Las figuras 3 y 4 muestran una tercera configuración en la que la trayectoria de circulación está delimitada por:

- un primer tubo que define una trayectoria ascendente 4bc,
- 50 - un segundo tubo que define una trayectoria descendente 2bc,

- un primer conducto transversal 5 dispuesto de modo que el primer y el segundo tubos desemboquen en sus partes superiores en este primer conducto transversal 5, comprendiendo el reactor, en una parte superior del primer conducto transversal 5, un volumen de desgasificación 8 dispuesto para recoger los efluentes gaseosos contenidos en los lodos, y

- 5 - un segundo conducto transversal 12 dispuesto de modo que el primer y el segundo tubos desemboquen, en sus partes inferiores, en este segundo conducto transversal 12.

De manera similar al modo de realización de la figura 1 y a la configuración de la figura 2, el volumen de desgasificación 8 está delimitado, en la figura 3, por el nivel N alcanzado por los lodos contenidos en el recinto 100, por la superficie superior 109 del recinto 100 y por una parte de la cara interna de la cámara interior del recinto 100.

- 10 Además, el circulador 6, por ejemplo, una bomba centrífuga, está configurado, en este ejemplo, para generar la circulación de lodos en el segundo conducto transversal 12.

En esta tercera configuración, la entrada de vapor 3 está configurada para inyectar el vapor por abajo de la trayectoria descendente 2bc, a contrasentido de la circulación de los lodos contenidos en el reactor.

- 15 La entrada de lodos 1 está configurada para introducir los lodos fríos por una perforación en la parte inferior de la trayectoria ascendente 4bc para permitir que los lodos circulen un tiempo máximo antes de su llegada al circulador 6 y su extracción del reactor a través de la salida de lodos 11.

El primer conducto transversal 5, en el que los lodos circulan a una velocidad más baja, permite la desgasificación de los incondensables hacia el volumen de desgasificación 8 y luego hacia una perforación de evacuación 10.

- 20 En esta tercera configuración, el ácido se puede inyectar, a través de una perforación 9, en la trayectoria ascendente 4bc (tal como se ilustra en la figura 3) o en la trayectoria descendente 2bc (no representada).

Una perforación de evacuación 11 está situada en el segundo conducto transversal 12 constituyendo la salida de lodos, preferentemente aguas arriba del circulador 6 (en relación con la circulación de lodos), de modo que las partículas minerales contenidas en los lodos sean evacuadas principalmente por gravedad o por medio de un hidrociclón 400 tal como se representa en la figura 4.

- 25 Una perforación de emergencia 11b se configura en la parte inferior de la trayectoria ascendente 4bc para evacuar cualquier posible acumulación de partículas pesadas que se produzca en esta ubicación. La apertura periódica de esta perforación de emergencia 11b permite la evacuación periódica de las partículas acumuladas.

- 30 La introducción de lodos puede llevarse a cabo de forma alternativa en la trayectoria descendente 2bc (no representada). En este caso, el circulador 6 está situado preferentemente en la trayectoria ascendente 4bc (no representada).

Cualquier otra configuración de las posiciones respectivas del circulador 6 y la entrada de lodos 1 es posible, pero no confiere ventajas sustanciales sobre el modo de realización y las configuraciones descritas en el presente documento.

- 35 Téngase en cuenta que, si el circulador 6 consiste en una bomba de tipo centrífugo que puede aceptar elementos sólidos, los lodos también se pueden inyectar directamente aguas arriba del circulador 6 para ser triturados en este último para una mejor homogeneización (no representado). Sin embargo, este procedimiento implica necesariamente el tratamiento previo de los lodos antes de la introducción en el reactor para garantizar que no tenga lugar el enrollamiento de fibras en el circulador 6.

La figura 4 ilustra un hidrociclón 400 que se puede montar en el reactor de la figura 3 en el segundo conducto transversal 12, a nivel de la perforación de evacuación 11.

- 40 Dicho hidrociclón 400 está configurado para eliminar selectivamente las partículas pesadas (arenas pesadas) contenidas en los lodos. El principio de centrifugación, conocido por los expertos en la técnica, hace posible eliminar arenas pesadas dejando que el material ligero licuado continúe su trayectoria circulando en el reactor.

La presencia de un hidrociclón 400 como se ilustra en la figura 4 en un reactor como se ilustra en la figura 3 hace posible que circule un mínimo de materiales abrasivos en la cámara interior del recinto 100 y en el circulador 6.

- 45 Por supuesto, la invención no se limita a los ejemplos que se acaban de describir y se pueden hacer numerosos ajustes a estos ejemplos sin apartarse del alcance de la invención. Por ejemplo, el hidrociclón de la figura 4 podría incorporarse al modo de realización de la figura 1 o a la configuración de la figura 2. Además, las diversas características, formas, variantes, configuraciones y el modo de realización de la invención pueden asociarse entre sí de acuerdo con diversas combinaciones en la medida en que no sean incompatibles o exclusivas entre sí.

50

REIVINDICACIONES

1. Reactor de tratamiento, en particular por carbonización hidrotermal, de lodos cargados de materia orgánica, que comprende:

- 5 - un recinto (100) que comprende una cámara interior configurada para recibir los lodos y para constituir una trayectoria de circulación de lodos apta para permitir una circulación de lodos,
- una entrada de lodos (1) configurada para introducir los lodos en una zona de introducción de lodos de la cámara interior,
- una salida de lodos (11) configurada para evacuar al menos una parte de los lodos contenidos en la cámara interior, y
- 10 - una entrada de vapor (3) configurada para inyectar vapor en una zona de inyección de vapor de la cámara interior siguiendo un sentido de inyección de vapor, siendo el sentido de inyección de vapor a contracorriente del sentido de circulación de los lodos en la zona de inyección de vapor a lo largo de la trayectoria de circulación, estando separada la zona de inyección de vapor de la zona de introducción de lodos,
- 15 - un circulador (6) configurado para hacer circular los lodos en la cámara interior siguiendo la trayectoria de circulación,

estando dicho reactor **caracterizado por que:**

el recinto (100) comprende una pared (101) que forma un tubo y está configurada para separar dos partes de la trayectoria de circulación que tienen sentidos opuestos de circulación de lodos (2, 4),

- 20 - la cámara interior comprende un espacio interior (2b) situado en el interior del tubo (101) y un espacio exterior (4b) situado en el exterior del tubo (101), estando configurado el reactor:
 - de modo que la zona de inyección de vapor esté situada en una región inferior del espacio interior (2b) del tubo (101), comprendiendo la región inferior un primer extremo del tubo (101),
 - de modo que el circulador (6) esté situado, al menos en parte, en una región superior del espacio interior (2b) del tubo (101), comprendiendo la región superior un segundo extremo del tubo (101) opuesto al primer extremo, y
 - 25 - de modo que la zona de introducción de lodos esté situada entre la región inferior y la región superior del espacio interior (2b) del tubo (101),

y **por que** la trayectoria de circulación comprende al menos un bucle cerrado que pasa a través del espacio interior (2b) y el espacio exterior (4b) del tubo (101).

30 **2.** Reactor de acuerdo con la reivindicación 1, **caracterizado por que** la cámara interior es de dimensión vertical L, y **por que** la zona de inyección de vapor está separada de la zona de introducción de lodos por una distancia mayor que L/12, preferentemente mayor que L/8, más preferentemente mayor que L/4.

35 **3.** Reactor de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 o 2, **caracterizado por que** comprende, en una parte superior de la cámara interior, un volumen de desgasificación (8) configurado para recoger los efluentes gaseosos contenidos en los lodos, comprendiendo además el reactor al menos un conducto de ventilación (10) configurado para evacuar estos efluentes gaseosos.

4. Reactor de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, **caracterizado por que** comprende al menos un orificio (9) configurado para inyectar ácido en el recinto (100).

40 **5.** Reactor de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, **caracterizado por que** el recinto (100) comprende un revestimiento interior (101) configurado para delimitar la trayectoria de circulación de modo que constituya:

- una vía ascendente (4b) en un paso anular comprendido entre una cara interna de la cámara interior y el revestimiento (101),
- una vía descendente (2b) en un conducto cilíndrico formado por el revestimiento (101),
- 45 - una sección transversal superior (21) configurada para permitir la circulación de lodos desde la vía ascendente (4b) hacia la vía descendente (2b),
- una sección transversal inferior (22) configurada para permitir la circulación de los lodos desde la vía descendente (2b) hacia la vía ascendente (4b).

6. Reactor de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, **caracterizado por que** comprende además un hidrociclón (400) configurado para eliminar selectivamente partículas pesadas contenidas en los lodos en circulación en el recinto (100).

Fig. 1

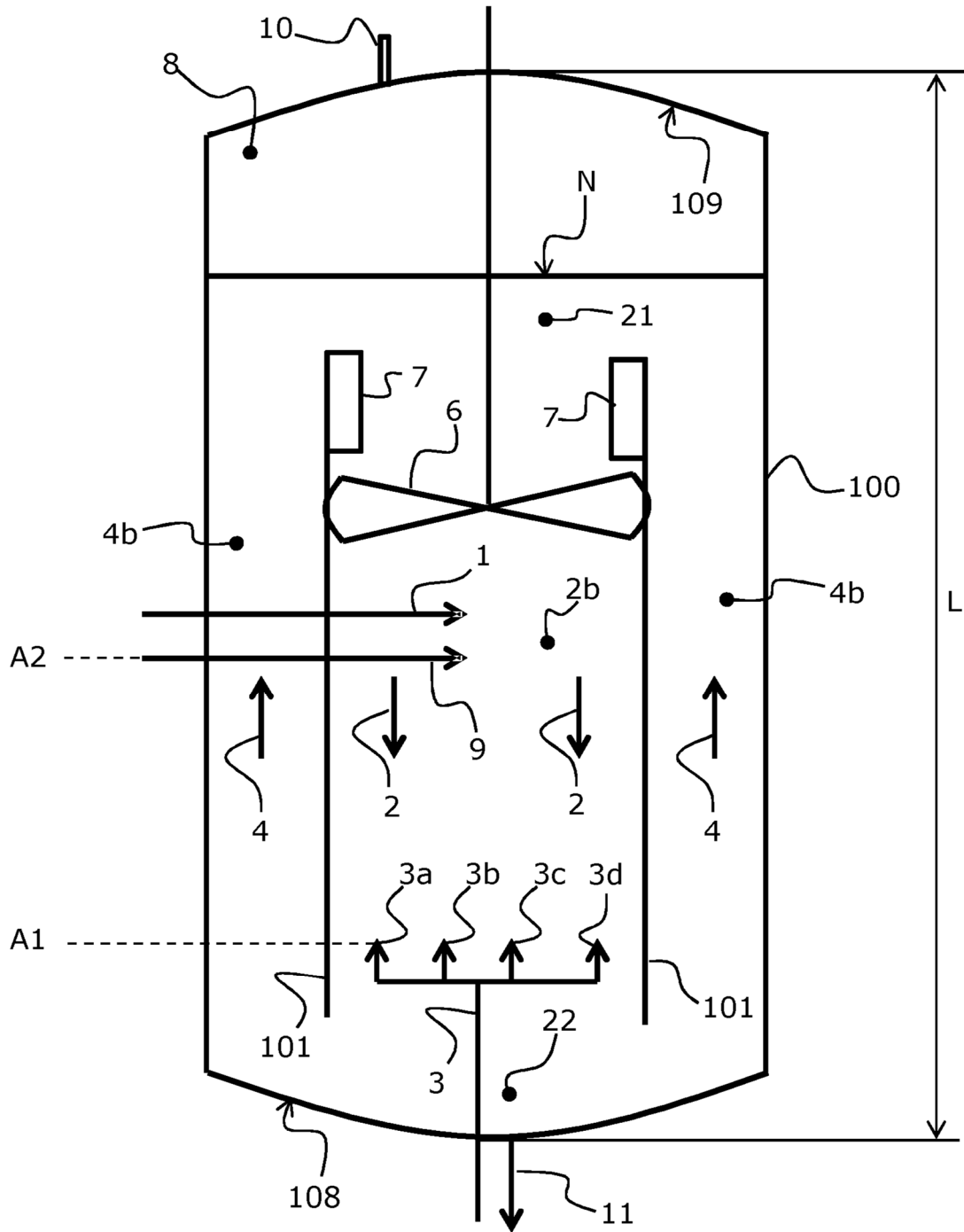


Fig. 2

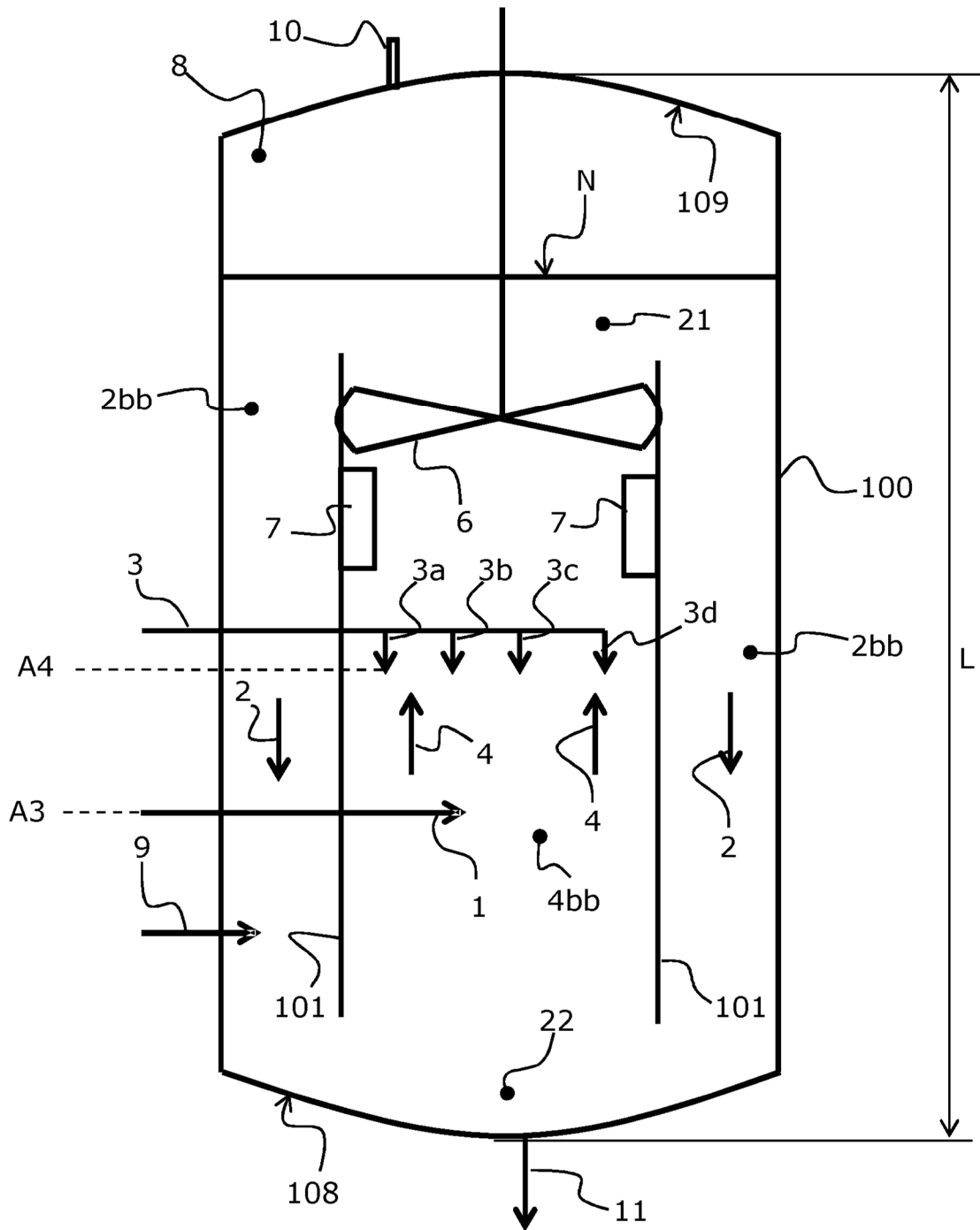


Fig. 3

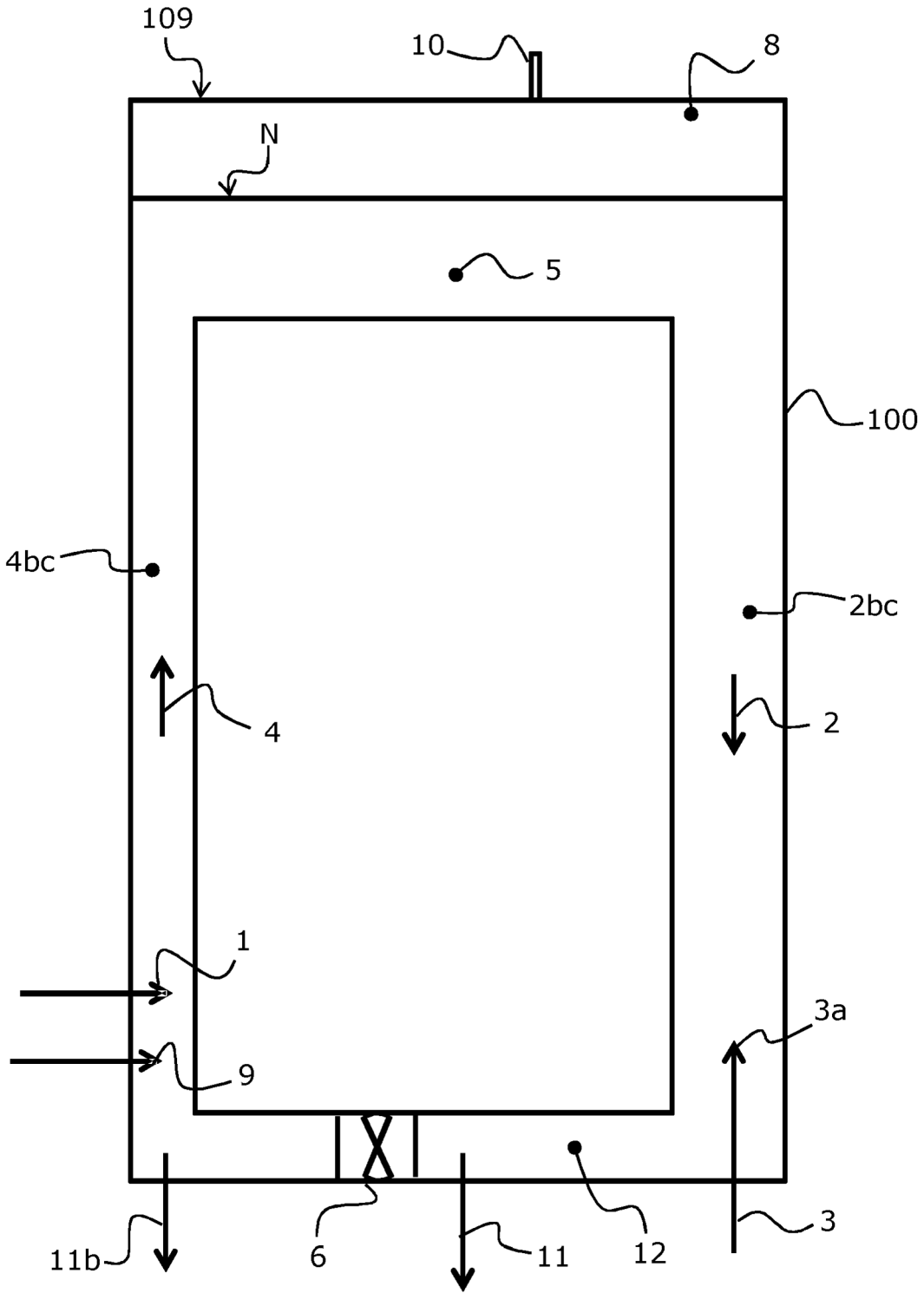
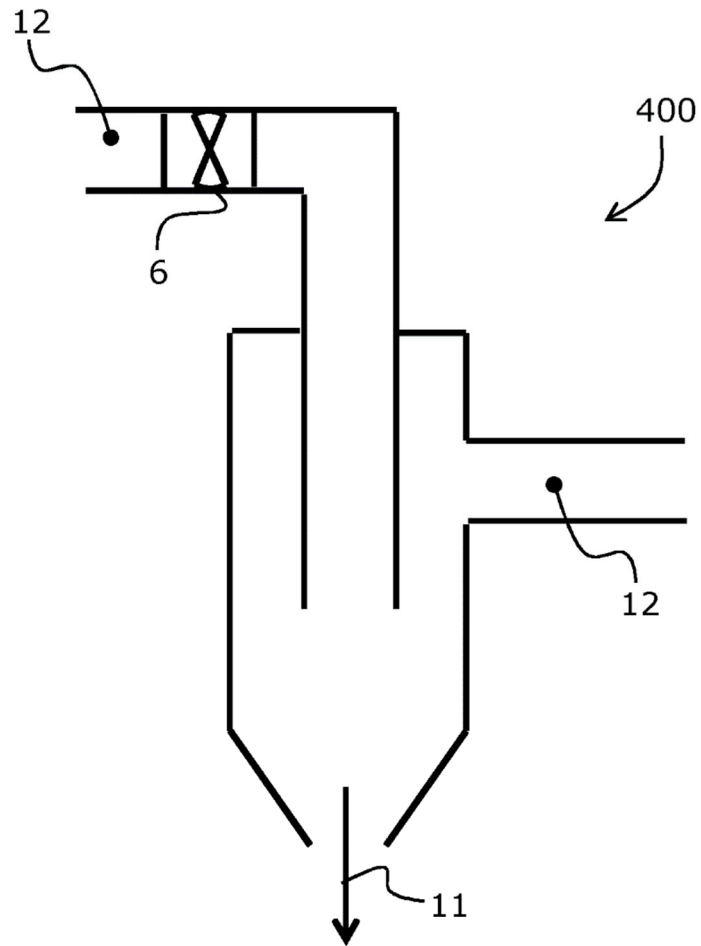


Fig. 4



REFERENCIAS CITADAS EN LA DESCRIPCIÓN

La lista de referencias citadas por el solicitante es para la conveniencia del lector solamente. No forma parte del documento de patente europea. Aunque se ha puesto gran cuidado para la recopilación de las referencias, no se puede excluir la existencia de errores u omisiones y la Oficina de Patentes Europea declina toda responsabilidad al respecto.

5

Documentos de patente citados en la descripción

- FR 3010403 [0009] [0010]
- WO 2014135734 A [0010]
- WO 2010092040 A [0010]