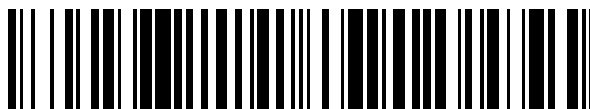


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 929 331**

51 Int. Cl.:

C02F 11/10 (2006.01)
C02F 11/18 (2006.01)
B01J 3/00 (2006.01)
B01J 19/18 (2006.01)
B01J 19/24 (2006.01)
C02F 11/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **28.06.2016** **E 20209051 (0)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **27.07.2022** **EP 3800165**

54 Título: **Reactor vertical continuo**

30 Prioridad:

29.06.2015 SE 1550903

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

28.11.2022

73 Titular/es:

C-GREEN TECHNOLOGY AB (100.0%)
Växlarevägen 31
170 63 Solna, SE

72 Inventor/es:

ÖHMAN, FREDRIK;
LUNDQVIST, FREDRIK y
ODÉN, ERIK

74 Agente/Representante:

CARVAJAL Y URQUIJO, Isabel

ES 2 929 331 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 vertical continuo

5 Campo técnico

La presente divulgación se refiere al campo de tratamiento de lodo.

Antecedentes

10

El lodo es lo que queda después del tratamiento de aguas residuales en las plantas de tratamiento municipales e industriales. Las plantas municipales tratan las aguas residuales de las ciudades en tanto que las plantas de tratamiento de aguas residuales industriales tratan los efluentes de agua de, por ejemplo, fábricas de pulpa y papel, etc. Las tecnologías de proceso de tratamiento de aguas residuales son principalmente las mismas, pero incluyen soluciones específicas que dependen, por ejemplo, del afluente que se va a tratar, el diseño básico, los requisitos previos locales y las preocupaciones ambientales. En las plantas más grandes de Suecia, el proceso de tratamiento de agua residual a menudo comprende el pretratamiento mecánico seguido por pasos de tratamiento primario (asentamiento) y secundario (aeróbico). En algunos casos, el tratamiento terciario también se aplica para remover las sustancias problemáticas restantes en el agua tratada. En plantas más pequeñas, una o más de estas etapas a menudo se omiten.

20

Todas las plantas en uso generan lodos que se necesitan manipular. El lodo se extrae directamente de la planta después de la deshidratación (lodo aeróbico) o se trata primero de manera anaeróbica para la producción de biogás cuando parte del lodo se digiere y el resto se extrae como lodo anaeróbico.

25

La composición exacta de los lodos depende de la composición del afluente de aguas residuales y del tipo de planta de tratamiento de aguas residuales. Los lodos con altas concentraciones de componentes orgánicos y/o biológicos son en general difíciles de deshidratar. El contenido de agua es tan alto que el valor de calentamiento neto si se incinera en una planta de energía es muy bajo o incluso negativo. Otros problemas son diversos contaminantes y patógenos, lo que limita la facilidad de uso de los lodos en otras aplicaciones.

30

Existen varias opciones para la manipulación de lodos en la actualidad, dependiendo de la legislación nacional. Los lodos se pueden verter en vertederos, ya sea directamente o después de un tratamiento anaeróbico. Las aplicaciones agrícolas son comunes cuando el lodo se utiliza como fertilizante en tierras de cultivo, ya sea directamente o después del compostaje donde el lodo se higieniza. La incineración de los lodos está en uso en varios países, ya sea directamente o después del secado.

35

La manipulación actual de lodos es costosa (hasta el 50% de los costos operativos totales para una planta de tratamiento de aguas residuales municipales), requiere grandes áreas de superficie para el compostaje e higienización de lodos y no utiliza el valor de energía de los lodos puesto que está demasiado húmedo para quemar eficientemente sin un secado previo que consume mucha energía. Tiene un impacto negativo en el medio ambiente debido al transporte de grandes volúmenes de agua, el uso de la tierra, los riesgos de liberación de metales pesados y toxinas orgánicas y las emisiones de metano fuerte gas de efecto invernadero.

40

Desde la década de 1960 en adelante, se ha desarrollado el proceso de Porteous y otros procesos similares para el tratamiento térmico de lodos para mejorar las propiedades de deshidratación en condiciones de carbonización hidrotérmica. Otros métodos, es decir, los "Exelys" de Veolia y el proceso de Cambi utilizan el tratamiento térmico antes del tratamiento anaeróbico del lodo para mejorar el rendimiento de biogás. Estos procesos utilizan temperaturas más bajas que en la carbonización hidrotérmica. También hay otros métodos de tratamiento térmico que utilizan procesos subcríticos y supercríticos (SCWO).

50

US 2010/162619 divulga la producción de un material y/o combustible a partir de biomasa de acuerdo con un método en el cual la biomasa se trata a una temperatura de más de 100 grados centígrados y una presión de más de 5 bar durante una duración de tratamiento de al menos 1 hora.

55

DE102010062833 divulga la carbonización hidrotérmica de biomasa en un reactor de árbol profundo que comprende: proporcionar una mezcla de inicio fluida, que comprende biomasa suspendida en agua y que comprende opcionalmente al menos un catalizador; suministrar la mezcla de inicio a un reactor de árbol profundo; y mantener las condiciones de reducción corriente abajo, en las cuales la carbonización hidrotérmica de la mezcla de inicio en el descendente permite que la biomasa forme compuestos ricos en carbono particulados, donde la mezcla de reacción resultante corriente arriba se adiciona con fluido que contiene oxígeno.

60

Breve descripción

65

Los presentes inventores se han dado cuenta de que la manipulación de los lodos de las plantas de tratamiento de aguas residuales ha sido ineficiente, costosa y ambientalmente cuestionable. Por ejemplo, los lodos de las plantas de tratamiento de aguas residuales municipales suecas se han transportado al norte de Suecia y se han tirado en minas subterráneas

abandonadas. Debido al alto contenido de agua de los lodos, los costos y el impacto ambiental de esta manipulación son extensos. Además, los lodos de las plantas de tratamiento de aguas residuales (incluyendo los lodos aeróbicos y anaeróbicos) a menudo contienen patógenos y metales problemáticos y pueden poseer actividad farmacéutica, lo que impone restricciones hacia su utilización en la agricultura y en aplicaciones de mejora de suelo.

Los presentes inventores han observado que los procesos de técnica anterior para el tratamiento térmico del lodo se asociaron con una cantidad de problemas significativos, tal como tecnología para calentamiento, taponamiento de intercambiadores de calor, corrosión y retorno de sustancias orgánicas refractarias a la planta de tratamiento de aguas residuales. Por ejemplo, la mayoría de los procesos de Porteous anteriores se cerraron debido a razones técnicas y económicas. Las soluciones técnicas y selecciones de materiales no fueron óptimas en las condiciones que prevalecían en ese momento. Además, los procesos de tratamiento térmico de técnica anterior se llevaron a cabo en grandes plantas construidas dentro de las plantas de tratamiento de aguas residuales.

En los métodos de técnica anterior con base en condiciones subcríticas y supercríticas (SCWO), se adiciona oxígeno para destruir el material orgánico, lo que da por resultado que el valor de calor no se puede recuperar en combustible sólido. El oxígeno se puede suministrar ya sea desde una planta de oxígeno dedicada o a través del aire; sin embargo, ambos procedimientos adicionan capital y costos operativos.

Por lo tanto, un objeto de la presente divulgación es mejorar la manipulación de lodo de plantas de tratamiento de aguas negras.

La presente divulgación proporciona un reactor vertical continuo diseñado para tratar lodo acuoso presurizado que tiene una temperatura de al menos 150 °C, reactor que comprende una entrada superior de reactor arreglada en una sección superior del reactor, donde:

un primer canal se extiende hacia abajo desde la entrada superior de reactor para guiar el lodo desde la entrada superior de reactor hasta una sección inferior del reactor;
un segundo canal se extiende hacia arriba desde la sección inferior;
al menos una pared de separación, que preferentemente está esencialmente vertical, separa el primer canal del segundo canal; y
una abertura a través de la cual el lodo puede fluir desde el primer canal hacia el segundo canal se proporciona en la sección inferior del reactor,

y donde el reactor comprende además:

al menos una salida superior arreglada en el segundo canal para conectarse a un conducto de recirculación para la recirculación de una fracción del lodo tratado térmicamente, por lo que el reactor se diseña para permitir que el lodo fluya desde la abertura a través del segundo canal a la salida superior; y
al menos una salida inferior que se puede conectar a un arreglo para enfriar el lodo tratado térmicamente, que al menos una salida inferior se arregla por debajo de la por lo menos una salida superior.

La presente divulgación proporciona además un contenedor adaptado para transportarse por un camión, cuyo contenedor comprende un sistema para el tratamiento de lodo, cuyo sistema se arregla en el contenedor y comprende:

una entrada de lodo para recibir un lodo;
un reactor vertical continuo como se describe anteriormente que comprende un arreglo para el tratamiento térmico del lodo, cuyo reactor se arregla corriente abajo de la entrada de lodo;
un arreglo para enfriar lodo tratado en el reactor, cuyo arreglo se arregla corriente abajo del reactor; y
un arreglo de separación para separar el lodo enfriado en una primera fracción y una segunda fracción, donde el contenido de sólidos suspendidos es más alto en la primera fracción que en la segunda fracción.

La presente divulgación también proporciona un método de tratamiento de lodo, cuyo método se lleva a cabo en un contenedor adaptado para transportarse por un camión y comprende:

precalentar un lodo para obtener un lodo precalentado;
calentar adicionalmente el lodo precalentado a una temperatura de 150-250 °C utilizando un reactor vertical continuo como se describe anteriormente para obtener un lodo tratado térmicamente;
enfriar el lodo tratado térmicamente para obtener un lodo enfriado;
separar el lodo enfriado en una primera fracción y una segunda fracción, donde el contenido de sólidos suspendidos es más alto en la primera fracción que en la segunda fracción.

Breve descripción de las figuras

La figura 1 es un esquema simplificado de una realización de un contenedor de acuerdo con la presente divulgación que comprende un arreglo de vaporización instantánea y un tanque de asentamiento.

La figura 2 es un esquema simplificado de otra realización de un contenedor de acuerdo con la presente divulgación que comprende un arreglo para el intercambio de calor indirecto y un tanque de asentamiento.

La figura 3 es un esquema simplificado de otra realización de un contenedor de acuerdo con la presente divulgación que comprende un arreglo de vaporización instantánea y un arreglo de separación sin un tanque de asentamiento.

La figura 4 ilustra una realización de un reactor vertical para el tratamiento térmico de lodo.

Descripción detallada

El lodo de la presente divulgación se puede obtener de plantas de tratamiento de aguas residuales municipales o industriales. Por consiguiente, el lodo de la presente divulgación puede ser lodo municipal o lodo industrial. Además, el lodo de la presente divulgación puede ser lodo anaeróbico o lodo aeróbico.

El contenido de sólidos secos (también conocido como "Sólidos totales") del lodo es habitualmente de 1-35 %, tal como 2-35 %, tal como 3-32 %. Si el lodo es un lodo anaeróbico, el contenido de sólidos secos es normalmente de 13-32 %. Si el lodo es lodo aeróbico, el contenido de sólidos secos es habitualmente de 5-15 %. El contenido de cenizas es habitualmente de 15-75 tal como 30-50%, del peso seco del lodo. El valor de calentamiento más alto (HHV) del lodo es habitualmente 3,5-21 MJ/kg, tal como 6-17 MJ/kg (peso seco).

La composición de lodo puede variar en gran medida dependiendo de las aguas residuales entrantes y los métodos de tratamiento aplicados. Los lodos industriales, por ejemplo, de la industria de la pulpa y papel, pueden tener composiciones que difieren de los lodos municipales. Además, las fuerzas de impulsión para el tratamiento de los lodos pueden ser diferentes para los lodos industriales. Por ejemplo, la recuperación de fósforo puede ser menos interesante en el caso del lodo industrial.

Una realización interesante se refiere al fósforo en el lodo, puesto que la presente divulgación facilita la separación de este. Por lo tanto, el lodo de la presente divulgación comprende preferentemente fósforo (P), por ejemplo, en una cantidad de 0,5-9% del peso seco del lodo, tal como 1-9% del peso seco del lodo, tal como 1,5-9% del peso seco del lodo.

Además, el lodo tratado se puede utilizar como un combustible. Por lo tanto, el lodo de la presente divulgación comprende preferentemente carbono (C), por ejemplo, en una cantidad de 9-46 % del peso seco del lodo, tal como 20-46 % del peso seco del lodo.

Como un primer aspecto de la presente divulgación, se proporciona un sistema para el tratamiento de lodo, cuyo sistema se arregla en al menos un contenedor. Preferentemente, el sistema se arregla en un contenedor individual.

El contenedor de la presente divulgación se adapta preferentemente para transportarse por un camión. El contenedor puede ser un contenedor intermodal opcionalmente modificado (también conocido como un contenedor de ISO), que es una caja de acero reutilizable estandarizada. Los contenedores intermodales se utilizan normalmente para almacenar y mover materiales y productos de manera eficiente y seguramente en el sistema mundial de transporte de carga intermodal de contenedores. "Intermodal" indica que el contenedor se puede utilizar a través de varios modos de transporte, (de barco a ferrocarril a camión) sin descargar y volver a cargar su contenido. Las longitudes de los contenedores intermodales, que cada uno tiene una marca de reporte de ISO 6346 única, varían de 8 a 56 pies (2,438 a 17,069 m), en tanto que las alturas varían de 8 pies (2,438 m) a 9 pies 6 pulgadas (2,896 m). Un ancho habitual es de 8 pies (2,438 m).

Los contenedores más pequeños normalmente no proporcionan suficiente espacio para el sistema del primer aspecto. Por consiguiente, la longitud del contenedor de la presente divulgación es preferentemente 5-18 m, tal como 6-18 m, tal como 9-18 m. Se puede utilizar la altura y el ancho normales. Por consiguiente, la altura del contenedor de la presente divulgación puede ser de 2-3 m, tal como 2,4-2,9 m. Además, el ancho del contenedor de la presente divulgación puede ser de 2-3 m, tal como 2,2-2,7 m.

El sistema comprende una entrada de lodo para recibir lodo. Un conducto se puede arreglar para conducir lodo desde la entrada de lodo a un silo arreglado en el contenedor para recolectar lodo.

El sistema comprende además un reactor para el tratamiento térmico del lodo, cuyo reactor se arregla corriente abajo de la entrada de lodo. Si se incluye el silo, el reactor también se arregla corriente abajo del silo. El reactor comprende preferentemente un arreglo de calentamiento eléctrico. Sin embargo, también es posible calentar el lodo de otra manera, tal como con vapor de una caldera o una fuente de vapor externa. El reactor se describe adicionalmente más adelante con referencia a la figura 4.

El sistema comprende además un arreglo para enfriar el lodo tratado en el reactor, cuyo arreglo se arregla corriente abajo del reactor.

En una realización, el arreglo para enfriamiento es un arreglo intermitente para enfriar lodo tratado en el reactor y que proporciona al menos una fracción de vapor. En este caso, el sistema comprende además un arreglo de encaminamiento

de vapor capaz de encaminar la por lo menos una fracción de vapor desde el arreglo de vaporización instantánea para precalentar el lodo transportado desde la entrada de lodo hasta el reactor.

El arreglo de vaporización instantánea puede, por ejemplo, comprender al menos un tanque separador, tal como al menos dos depósitos separadores, tal como al menos tres depósitos separadores. Cada tanque separador comprende normalmente una salida de vapor conectada al arreglo de encaminamiento de vapor.

En el caso de al menos dos depósitos separadores, los depósitos separadores se pueden arreglar en serie. Por consiguiente, se pueden arreglar para proporcionar fracciones de vapor de diferentes presiones.

Como se entiende a partir del análisis anterior, el sistema puede comprender un conducto para conducir lodo desde la entrada de lodo o el silo hasta el reactor. Por consiguiente, se puede arreglar al menos una bomba en el conducto. Además, se puede arreglar un intercambiador de calor para precalentar el lodo en el conducto.

El conducto comprende preferentemente al menos un mezclador de vapor por medio del cual la por lo menos una fracción de vapor se mezcla en el lodo. Si se incluye el intercambiador de calor mencionado anteriormente, el por lo menos un mezclador de vapor se arregla corriente abajo del intercambiador de calor. El por lo menos un mezclador de vapor puede ser, por ejemplo, al menos un mezclador de vapor venturi o al menos un recompresor mecánico con mezclador de boquilla de vapor. La primera alternativa se considera que se implementa más fácilmente en el sistema.

En otra realización, el arreglo para enfriar el lodo tratado en el reactor es un arreglo para el intercambio de calor indirecto en el que el calor se transfiere de la fracción de lodo tratada térmicamente al lodo sin contacto directo. Este arreglo para el intercambio de calor indirecto puede comprender una serie de intercambiadores de calor indirectos, tal como dos, tres o cuatro intercambiadores de calor indirectos arreglados en serie. Ejemplos de intercambiadores de calor indirectos son los intercambiadores de calor tubulares y los intercambiadores de calor de placas.

El sistema comprende además un arreglo de separación para separar el lodo enfriado del arreglo para enfriarse en una primera fracción y una segunda fracción, donde el contenido de sólidos suspendidos es más alto en la primera fracción que en la segunda fracción.

El arreglo de separación puede comprender, por ejemplo, un arreglo de asentamiento, tal como un tanque de asentamiento y/o una unidad de separación de sólido/líquido, tal como una prensa de filtro. Además, el arreglo de separación puede comprender un filtro de membrana arreglado corriente abajo del tanque de asentamiento y/o la unidad de separación de sólido/líquido. El corte del filtro de membrana de la presente divulgación es habitualmente 1-300 kDa y preferentemente 3-30 kDa, tal como 5-15 kDa.

La separación en un arreglo de asentamiento de acuerdo con la presente divulgación es con base en la gravedad o el movimiento centrífugo. El equipo para esta separación es bien conocido por la persona experta. El arreglo de asentamiento de acuerdo con la presente divulgación se puede arreglar para manejar lodo tratado térmicamente presurizado y generar una fracción clara presurizada. La presión de esta fracción clara puede impulsar al menos parcialmente a una filtración de membrana corriente abajo de la fracción clara.

Una primera configuración del arreglo de separación comprende un arreglo de asentamiento, tal como un tanque de asentamiento, para separar el lodo enfriado del arreglo para enfriarse en una fracción clara y una fracción de sedimento. Este arreglo de asentamiento se arregla corriente abajo del arreglo para enfriamiento. Un beneficio del arreglo de asentamiento es que el lodo de temperatura y presión relativamente altas se puede tratar en el mismo y que la fracción clara resultante puede tener una presión que facilita una operación de separación adicional y una temperatura que facilita el intercambio de calor eficiente en energía con el lodo entrante.

Una realización de la primera configuración comprende un filtro, tal como una membrana, arreglada corriente abajo del arreglo de asentamiento para separar la fracción clara en un producto filtrado y un producto retenido. El corte de una membrana en esta posición es preferentemente 5-15 kDa. Esta realización puede comprender además un conducto para recircular el producto retenido al lodo transportado desde la entrada de lodo al reactor. También puede comprender un intercambiador de calor arreglado para transferir calor desde el producto filtrado al lodo desde la entrada de lodo. Este intercambiador de calor puede ser el intercambiador de calor arreglado en el conducto para precalentar el lodo analizado anteriormente. Se puede proporcionar una salida de producto filtrado conectable a la planta de tratamiento de aguas negras tal que el producto filtrado se pueda retornar.

Una realización de la primera configuración comprende una unidad de separación de sedimento, tal como una prensa de filtro, arreglada corriente abajo del arreglo de asentamiento para separar la fracción de sedimento en una fracción de sólidos y una fracción de líquido. Esta realización puede comprender además un conducto para fusionar al menos parte de la fracción de líquido de la unidad de separación de sedimentos con la fracción clara del arreglo de asentamiento, preferentemente corriente arriba del filtro. Por lo tanto, los compuestos orgánicos de alto peso molecular y las partículas de la fracción clara y la fracción de líquido pueden tener otra oportunidad de aglomerarse en el reactor. Además, se impide que COD refractaria formada salga del sistema a través de la salida de producto filtrado. Por consiguiente, se puede evitar que la COD refractaria formada llegue a la planta de tratamiento de agua residual. Además, la primera configuración

puede comprender un conducto para fusionar al menos parte de la fracción de líquido de la unidad de separación de sedimento con la fracción de sedimento del arreglo de asentamiento. Este conducto puede comprender un enfriador para disminuir la temperatura del material separado en la unidad de separación de sedimento.

5 Una segunda configuración del arreglo de separación comprende una unidad de separación de sólido/líquido, preferentemente una prensa de filtro que separa el lodo enfriado del arreglo para enfriarse en una fracción de sólidos y una fracción de líquido. Se puede arreglar un enfriador corriente arriba de la unidad de separación de sólido/líquido para enfriar adicionalmente el lodo enfriado del arreglo para enfriamiento. Por ejemplo, un enfriador para enfriar el lodo enfriado antes de la unidad de separación de sólido/líquido se puede arreglar corriente arriba de la unidad de separación de sólido/líquido y corriente abajo del arreglo de vaporización instantánea analizada anteriormente. Además, se puede
10 arreglar un conducto para conducir el lodo enfriado desde el arreglo para enfriarse al enfriador mediante el intercambiador de calor arreglado en el conducto para precalentar el lodo analizado anteriormente.

15 En la segunda configuración, el lodo tratado térmicamente del reactor se puede enfriar en tres pasos: primero en el arreglo para enfriamiento, entonces en el intercambiador de calor arreglado en el conducto para precalentar el lodo y finalmente en el enfriador.

La separación de sólido/líquido de la segunda configuración comprende normalmente una entrada de agua para el agua de lavado. Se puede arreglar un conducto de fracción de líquido para conducir la fracción de líquido de la unidad de separación de sólido/líquido a una unidad de filtro de membrana para separar la fracción de líquido en un producto filtrado y un producto retenido. El conducto de fracción de líquido puede comprender una bomba para impulsar la separación en la unidad de filtro de membrana. Se puede arreglar un conducto de producto retenido para recircular el producto retenido tal que se combine con el lodo corriente arriba del reactor. Además, se puede arreglar un conducto de producto filtrado para conducir el producto filtrado desde la unidad de filtro de membrana a una salida de producto filtrado, que se puede
20 conectar a la planta de tratamiento de aguas negras tal que el producto filtrado se pueda retornar.

El reactor del primer aspecto es un reactor continuo. Además, el reactor es un reactor vertical. En una realización, el reactor vertical se extiende a través de una abertura en una pared superior del contenedor en un modo de operación. Además, el reactor vertical se puede arreglar tal que tenga una orientación en general horizontal en un modo de transporte. Por consiguiente, el reactor vertical se puede elevar para penetrar la abertura en la pared superior del contenedor en el sitio, por ejemplo, después del transporte al sitio. Por ejemplo, el reactor vertical se puede unir a manera de bisagra al contenedor para permitir que se eleve desde una posición de transporte a una posición de operación.
30

En una realización, el reactor comprende al menos una salida conectada al arreglo para enfriamiento y al menos un conducto de recirculación en el cual se arregla el arreglo de calentamiento eléctrico. En esta realización, el reactor se puede adaptar para proporcionar una fracción de salida para salir del reactor a través de la por lo menos una salida conectada al arreglo para enfriamiento (por ejemplo, el arreglo de vaporización instantánea) y una fracción de recirculación para recirculación en el conducto de recirculación, donde el tamaño de partícula promedio es más grande en la fracción de salida que en la fracción de recirculación.
35

40 Como se menciona anteriormente, el reactor es el reactor descrito a continuación con referencia a la figura 4.

El sistema de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores puede comprender además una unidad de separación de fósforo para separar el fósforo de la primera fracción, la fracción de sedimento o la fracción de sólidos. Sin embargo, esta unidad de separación de fósforo también puede ser una unidad separada arreglada fuera del contenedor.
45

Como un segundo aspecto de la presente divulgación, se proporciona un método de tratamiento de lodo. El método, que preferentemente es un método continuo, se lleva a cabo en al menos un contenedor, preferentemente en un contenedor solamente. Además, el método se puede llevar a cabo en el sistema del primer aspecto.
50

El método comprende precalentar un lodo para obtener un lodo precalentado. La temperatura del lodo precalentado puede, por ejemplo, ser de al menos 90 °C, tal como 90-150 °C. En una realización, el precalentamiento comprende la adición de al menos una fracción de vapor al lodo. La por lo menos una fracción de vapor se analiza adicionalmente más adelante. En otra realización, el precalentamiento comprende intercambio de calor indirecto (que también se analiza más adelante).
55

El método comprende además calentar el lodo precalentado a una temperatura de 150-250 °C para obtener un lodo tratado térmicamente. Preferentemente, el lodo precalentado se calienta a una temperatura de 150-220 °C, 170-250 °C o 170-240 °C. A estas temperaturas, la presión del lodo es habitualmente de 3-50 bar. Se puede utilizar calefacción eléctrica, calefacción con vapor u otro método de calentamiento. Se prefiere el calentamiento eléctrico.
60

El método comprende además enfriar el lodo tratado térmicamente para obtener lodo enfriado.

En una realización, el enfriamiento es enfriamiento instantáneo tal que la al menos una fracción de vapor utilizada para el precalentamiento se obtenga además del lodo enfriado.
65

En otra realización, el enfriamiento es un intercambio de calor indirecto para lograr este precalentamiento. Por lo tanto, el calor se puede transferir del lodo tratado térmicamente desde el paso de calentamiento al lodo que va al paso de calentamiento por medio de intercambiadores de calor indirectos.

- 5 El método comprende además separar el lodo enfriado en una primera fracción y una segunda fracción, donde el contenido de sólidos suspendidos es más alto en la primera fracción que en la segunda fracción.

Aunque las realizaciones del primer aspecto analizado anteriormente se aplican *mutatis mutandis* al segundo aspecto, unas pocas realizaciones del segundo aspecto se analizan más adelante en cierto detalle.

10

Por consiguiente, en una realización del segundo aspecto, el lodo precalentado se calienta adicionalmente en un reactor en el que el lodo se separa en una fracción de recirculación que se recircula al reactor y una fracción de salida que se somete a enfriamiento (por ejemplo, enfriamiento rápido). En esta realización, el tamaño de partícula promedio es preferentemente más grande en la fracción de salida que en la fracción de recirculación. Para lograr esta separación con base en el tamaño de partícula, la separación en el reactor puede comprender fluidización o sedimentación de partículas del lodo.

15

El reactor es un reactor vertical (descrito adicionalmente más adelante con referencia a la figura 4). Cuando se utiliza este reactor, el lodo se puede alimentar a una entrada en la parte superior del reactor y guiar hacia abajo a través de un primer canal en el reactor y entonces hacia arriba a través de un segundo canal en el reactor. Además, la fracción de recirculación se puede retirar del reactor en una posición que se ubica más alto en el segundo canal que una posición en la que se retira la fracción de salida.

20

Cuando el enfriamiento es un enfriamiento rápido, al menos dos, tal como al menos tres fracciones de vapor de diferentes temperaturas se pueden obtener y usar secuencialmente en el precalentamiento. Por consiguiente, el lodo se puede precalentar primero con la fracción de vapor de la temperatura más baja.

25

La separación del lodo enfriado en una primera fracción y una segunda fracción puede comprender, por ejemplo, asentamiento y/o prensado de filtro. Además, la separación puede comprender filtración de membrana.

30

En una realización, la separación comprende asentamiento para obtener una fracción clara y una fracción de sedimento. En esta realización, la fracción clara se puede someter a filtración, tal como filtración de membrana, para obtener un producto filtrado y un producto retenido. El producto retenido se puede recircular, por ejemplo, tal que se combine con el lodo y se trata térmicamente. Además, el producto filtrado se puede utilizar, por ejemplo, para calentar el lodo corriente arriba del precalentamiento en una operación de intercambio de calor. Por lo tanto, el lodo se puede calentar primero por el producto filtrado y entonces por la por lo menos una fracción de vapor o el calor indirecto que se intercambia en su camino al reactor. La fracción de sedimento de la asentamiento se puede separar, por ejemplo, en una fracción de sólidos y una fracción de líquido, preferentemente por medio de una prensa de filtro. Al menos parte de la fracción de líquido entonces se puede fusionar con la fracción clara de la asentamiento y, por lo tanto, someterse a la filtración. Al menos parte de la fracción de líquido también se puede fusionar con la fracción de sedimento.

35

40

En otra realización (que corresponde a la segunda configuración del arreglo de separación del primer aspecto), la separación comprende la separación del lodo enfriado por filtración, tal como el prensado de filtro (sin asentamiento previo) en una fracción de sólidos y una fracción de líquido. El lodo enfriado se puede someter a enfriamiento adicional antes de esta filtración. Este enfriamiento adicional se puede llevar a cabo en un enfriador. De manera alternativa o complementaria, el lodo enfriado se puede enfriar adicionalmente por intercambio de calor con el lodo entrante antes del precalentamiento. La fracción de líquido puede someterse a filtrado de membrana tal que se obtenga un producto filtrado y un producto retenido. El producto retenido se puede reciclar y, por lo tanto, combinarse con el lodo antes del calentamiento adicional y preferentemente también antes del precalentamiento.

45

50

Una realización del método comprende además la separación de fósforo de la primera fracción, la fracción de sedimento o la fracción de sólidos. Sin embargo, esta separación también se puede llevar a cabo fuera del contenedor en un método separado del método del segundo aspecto.

55 Ejemplos

La figura 1 ilustra una realización de un contenedor 100 para el tratamiento de lodo de una planta de tratamiento de aguas negras. Como todos los contenedores estandarizados, el contenedor 100 tiene un alojamiento 101 que comprende una pared inferior horizontal, una pared superior horizontal y dos pares de paredes laterales verticales opuestas. Las paredes se componen normalmente de acero. Además, el contenedor 100 se adapta para cargarse dentro y fuera de un camión capaz de transportar el contenedor 100. Por ejemplo, el contenedor 100 se puede transportar convenientemente desde el sitio donde se produce/monta al sitio de la planta de tratamiento de aguas negras. Por consiguiente, el formato de contenedor permite la producción/montaje estandarizado. Además, el contenedor 100 se puede recoger convenientemente en el sitio de la planta de tratamiento de aguas negras para su servicio, si es necesario. En este caso, el camión que recoge el contenedor 100 puede traer un contenedor de reemplazo 100, que minimiza la interrupción de la operación.

60

65

- El contenedor 100 comprende una entrada de lodo 102a. Por ejemplo, se puede arreglar en el alojamiento 101. La entrada de lodo 102a se puede conectar a una salida de lodo de la planta de tratamiento de aguas negras. Dentro del alojamiento 101 del contenedor 100, un silo de lodo 102 se arregla para recolectar lodo alimentado al contenedor 100 desde la planta de tratamiento de aguas negras mediante la entrada de lodo 102a. El silo de lodo 102 se conecta a un conducto 103 para conducir lodo desde el silo de lodo 102 a un reactor vertical 104 (más detalles del reactor vertical se describen a continuación con referencia a la figura 4).
- Al menos una bomba 105 se arregla en el conducto 103. Además, un intercambiador de calor 106 para precalentar el lodo se puede arreglar en el conducto 103. El conducto 103 comprende al menos un mezclador de vapor 107 por medio del cual se mezcla al menos una fracción de vapor en el lodo para (además) precalentarlo. Si se incluye el intercambiador de calor 106, el por lo menos un mezclador de vapor 107 se arregla corriente abajo del intercambiador de calor 106. El por lo menos un mezclador de vapor 107 puede ser, por ejemplo, al menos un mezclador de vapor de venturi o al menos un compresor mecánico con mezclador de boquilla de vapor. La primera alternativa se considera que se implementa más fácilmente en el sistema. La temperatura del lodo después del por lo menos un mezclador de vapor es preferentemente por lo menos 90 °C, tal como 90-150 °C.
- Se puede arreglar una bomba de refuerzo 103b en el conducto 103 entre el por lo menos un mezclador de vapor 107 y el reactor vertical 104. El efecto de esta bomba 103B puede ser incrementar adicionalmente la presión en el conducto para superar la presión más alta en el reactor.
- En la parte superior del reactor vertical 104, se arregla una entrada superior de reactor 108. El conducto 103 se conecta a la entrada superior de reactor 108. El reactor vertical 104 comprende además un conducto de recirculación 109 en el que se arregla un calentador eléctrico 110. Sin embargo, el calentador eléctrico se puede omitir si la composición del lodo y las condiciones en el reactor son tal que las reacciones exotérmicas proporcionen calor suficiente. El extremo corriente abajo del conducto 103 y la entrada superior de reactor 108 pueden ser parte del conducto de recirculación 109. Por consiguiente, el conducto 103 puede comprender una entrada de conducto de recirculación 111 arreglada corriente abajo del por lo menos un mezclador de vapor 107.
- En el reactor vertical 104, el lodo se trata térmicamente, preferentemente en condiciones de carbonización hidrotérmica, lo que significa que no se adiciona oxígeno y que la temperatura es 150-250 °C, preferentemente 170-240 °C. Durante el tratamiento térmico, las partículas en el aglomerado de lodo se aglomeran para formar partículas más grandes, cuya aglomeración facilita la separación corriente abajo de sólidos suspendidos. El reactor vertical 104 comprende una salida de conducto de recirculación 112 a través de la cual se conduce una fracción de recirculación desde el reactor vertical 104 hacia el conducto de recirculación 109. El reactor vertical 104 comprende además al menos una salida de lodo de reactor 113 a través de la cual se alimenta una fracción de lodo tratada térmicamente (también conocida como una "fracción de salida") a un arreglo de vaporización instantánea 114. La salida del conducto de recirculación 112 se arregla preferentemente por encima de la por lo menos una salida de lodo 113. En este caso, se pueden utilizar principios de fluidización o sedimentación tal que la partícula promedio sea más grande en la fracción de lodo tratada térmicamente que en la fracción de recirculación. Además, las partículas más pequeñas de la fracción de recirculación pasan el reactor vertical 104 nuevamente y tienen otra oportunidad de aglomerarse. Además, los componentes refractarios en la fracción de recirculación se reciclan en el reactor 104, lo que disminuye sus concentraciones en la fracción de salida.
- El conducto de recirculación puede comprender un conducto de alimentación inferior 109a, que se conecta a una entrada inferior de reactor 109C arreglada en la parte inferior del reactor vertical 104. Cuando se incluye este conducto de alimentación inferior 109a, encamina al menos parte de la fracción de recirculación a la parte inferior del reactor vertical 104, lo que puede mejorar la fluidización en el reactor vertical.
- Es posible reemplazar el reactor vertical 104 con otro reactor que también es capaz de tratar térmicamente el lodo en condiciones de carbonización hidrotérmica. Por lo tanto, la realización de la figura 1, así como las realizaciones de las figuras 2 y 3 analizadas a continuación, no se limitan necesariamente al reactor vertical 104 analizado anteriormente.
- El arreglo de vaporización instantánea 114 comprende preferentemente al menos un tanque separador 115 en el que se enfría el lodo tratado térmicamente por una reducción de presión también conocida como "vaporización instantánea" y se produce la por lo menos una fracción de vapor adicionada al lodo en el por lo menos un mezclador de vapor 107. Cuando el arreglo de vaporización instantánea 114 comprende más de un tanque separador 115, se arreglan preferentemente en serie (la figura 1 muestra tres depósitos separadores 115 arreglados en serie).
- El contenedor comprende además un arreglo de encaminamiento de vapor 116 para encaminar la por lo menos una fracción de vapor del arreglo de vaporización instantánea 114 al por lo menos un mezclador de vapor 107. Preferentemente, el arreglo de encaminamiento de vapor 116 comprende al menos un conducto de vapor 117, donde cada conducto de vapor 117 conecta un tanque separador 115 a un mezclador de vapor 107. En este caso, un conducto de vapor 117 puede conectar el tanque separador 115 arreglado más lejos corriente arriba al mezclador de vapor 107 arreglado más lejos corriente abajo y otro conducto de vapor 117 puede conectar el tanque separador 115 arreglado más lejos corriente abajo al mezclador de vapor 107 arreglado más lejos corriente arriba. Por consiguiente, se obtiene una secuencia de precalentamiento eficiente.

Un tanque de asentamiento 118 para separar el lodo enfriado del arreglo de vaporización instantánea 114 en una fracción clara y una fracción de sedimento se arregla corriente abajo del arreglo de vaporización instantánea 114. El tanque de asentamiento 118 se puede presurizar, lo que significa que la presión del lodo enfriado del arreglo de vaporización instantánea 114 aún está por encima de la atmósfera cuando llega al tanque de asentamiento. Una unidad de filtro de membrana 119 se puede arreglar corriente abajo del tanque de asentamiento 118 para separar la fracción clara en un producto filtrado y un producto retenido. La unidad de filtro de membrana 119 puede comprender una bomba 120 para impulsar la separación. Si se presuriza el tanque de asentamiento, se puede reducir la entrada de energía en la bomba 120. Si la presión en el tanque de asentamiento 118 es suficientemente alta, la bomba 120 se puede omitir.

Un conducto de producto retenido 121 se puede arreglar para recircular el producto retenido a una entrada de producto retenido 122 en el conducto 103. Por lo tanto, el producto retenido se puede combinar con lodo no tratado y tratado térmicamente nuevamente, lo que significa que los compuestos orgánicos de alto peso molecular y las pequeñas partículas del producto retenido, que son relativamente pequeñas, pueden tener otra oportunidad de aglomerarse. La combinación del producto retenido con el lodo no tratado puede, por lo tanto, incrementar el rendimiento global de material sólido y reducir la cantidad de COD que sale del sistema. Además, un conducto de producto filtrado 123 se puede arreglar para conducir el producto filtrado desde la unidad de filtro de membrana 119 al intercambiador de calor 106, en el que precalienta el lodo entrante. Una salida de producto filtrado 124 se puede arreglar corriente abajo del intercambiador de calor 106. La salida de producto filtrado 124 puede ser conectable a la planta de tratamiento de aguas negras tal que el producto filtrado se pueda retornar.

Se puede arreglar un conducto de sedimento 125 para conducir la fracción de sedimento desde el tanque de asentamiento 118 a una unidad de separación de sólido/líquido, preferentemente una prensa de filtro 126, que separa la fracción de sedimento en una fracción de sólidos y una fracción de líquido. La prensa de filtro 126 normalmente comprende una entrada de agua 126a para el agua de lavado. Un primer conducto de fracción de líquido 127 se puede arreglar para fusionar una primera parte de la fracción de líquido de la prensa de filtro 126 con la fracción clara del tanque de asentamiento 118. Si se incluye la unidad de filtro de membrana 119, esta primera parte de la fracción de líquido y la fracción clara se fusionan corriente arriba de esta. Se puede recircular una segunda parte de la fracción de líquido de la prensa de filtro 126. Por ejemplo, un segundo conducto de fracción de líquido 128 se puede arreglar para fusionar la segunda fracción de líquido con la fracción de sedimento del tanque de asentamiento 118. Este segundo conducto de fracción de líquido 128 puede comprender un enfriador 128a para enfriar la segunda fracción de líquido.

El tanque de asentamiento 118, la unidad de filtro de membrana 119, la prensa de filtro 126 y los conductos asociados forman conjuntamente una realización de un arreglo de separación para separar el lodo enfriado del arreglo de vaporización instantánea 114 en una primera fracción (en esta realización la fracción de sólidos de la prensa de filtro 126) y una segunda fracción (en esta realización el producto filtrado de la unidad de filtro de membrana 119), donde el contenido de sólidos suspendidos es más alto en la primera fracción que en la segunda fracción.

Una salida de fracción de sólidos 129 se puede arreglar corriente abajo de la prensa de filtro 126. La fracción de sólidos de la salida de fracción de sólidos 129 se puede tratar adicionalmente en una unidad de separación de fósforo 130. Si la prensa de filtro 126 no se incluye, la fracción de sedimento del tanque de asentamiento 118 se puede tratar adicionalmente en la unidad de separación de fósforo 130.

La unidad de separación de fósforo 130 se puede arreglar dentro del alojamiento 101 del contenedor 100. Sin embargo, debido al espacio limitado disponible en el contenedor 100, se puede preferir que la unidad de separación de fósforo 130 esté separada del contenedor 100.

En cualquier caso, la unidad de separación de fósforo 130 puede comprender una primera unidad de mezcla 131, tal como un tanque agitado, para mezclar la fracción de sólidos con ácido y opcionalmente con agua para obtener un producto acidificado que preferentemente tiene un pH de 3-4, en el cual el fósforo se disuelve junto con parte del contenido de metales pesados de la fracción de sólidos entrantes. Por lo tanto, la unidad de mezcla 131 puede comprender una entrada de agua y una entrada de ácido. La entrada de agua y la entrada de ácido pueden ser la misma entrada o dos entradas diferentes. La unidad de separación de fósforo 130 comprende además una primera unidad de separación 132, tal como una prensa de filtro, arreglada corriente abajo de la unidad de mezcla 131. La función de la primera unidad de separación 132 es la separación del producto acidificado en una fracción de combustible y una fracción de líquido acidificada que comprende fosfatos disueltos. La primera unidad de separación 132 puede ser alternativamente la misma prensa de filtro que la unidad 126 y operar al deshidratar alternativamente y lavar la fracción de sedimento y la salida del tanque agitado 131. La fracción de combustible se recupera de la unidad de separación de fósforo 130 a través de una salida de fracción de combustible 133. La primera unidad de separación 132 puede comprender una entrada de agua 132a para el agua de lavado. Una segunda unidad de mezcla 134, tal como un tanque agitado, se arregla corriente abajo de la primera unidad de separación 132. En la segunda unidad de mezcla 134, se puede adicionar cal a la fracción de líquido acidificada tal que se obtenga una suspensión espesa neutralizada que comprende fosfatos precipitados. Para separar la suspensión espesa neutralizada en una fracción de sólidos que comprende fosfatos precipitados y una fracción de efluente líquido, se arregla una segunda unidad de separación 135 corriente abajo de la segunda unidad de mezcla 134. La fracción de efluente líquido, por ejemplo, se puede retornar a la planta de tratamiento de aguas negras y/o tratarse adicionalmente para la remoción separada de metales pesados disueltos. La fracción de sólidos que comprende fosfatos precipitados se

puede utilizar, opcionalmente después de la refinación, en la producción de un fertilizante.

Una unidad de tratamiento de gas 140 se puede arreglar en el contenedor 100 y uno o más conductos se pueden arreglar para conducir gases desde el silo de lodo 102, el reactor vertical 113 y/o el tanque de asentamiento 118 a la unidad de tratamiento de gas 140. La unidad de tratamiento de gas 140 puede comprender, por ejemplo, un condensador 141 para separar gases en una fracción condensada y una fracción gaseosa. Un conducto de fracción condensada 142 se puede arreglar para recircular la fracción condensada del condensador 141 al conducto 103. Por lo tanto, la fracción condensada se puede mezclar con el lodo entrante. La unidad de tratamiento de gas 140 puede comprender además un filtro de carbono 143 arreglado corriente abajo del condensador para purificar la fracción gaseosa. Se puede utilizar otro medio para remover hidrocarburos traza en lugar del filtro de carbono.

La figura 2 ilustra otra realización de un contenedor 100 para el tratamiento de lodo de una planta de tratamiento de aguas negras. En la realización de la figura 2, el por lo menos un mezclador de vapor 107, el arreglo de vaporización instantánea 114 y el arreglo de encaminamiento de vapor 116 de la realización de la figura 1 se reemplazan con un arreglo 207 para el intercambio de calor indirecto. De otra manera, los componentes de la realización de la figura 2 son como en la realización de la figura 1. En el arreglo 207 para el intercambio de calor indirecto, el calor se transfiere desde la fracción de lodo tratada térmicamente hasta el lodo en el conducto 103 sin contacto directo. Por lo tanto, el lodo tratado térmicamente se mantiene separado del lodo conducido en el conducto 103.

El arreglo 207 para el intercambio de calor indirecto puede comprender una serie de intercambiadores de calor indirectos 207a, 207b, 207c, que se pueden seleccionar de intercambiadores de calor tubulares e intercambiadores de calor de placas.

La figura 3 ilustra otra realización de un contenedor 100 para el tratamiento de lodo de una planta de tratamiento de aguas negras. En la realización de la figura 3, el arreglo de separación para separar el lodo enfriado del arreglo de vaporización instantánea 114 en la primera fracción y la segunda fracción (donde el contenido de sólidos suspendidos es más alto en la primera fracción que en la segunda fracción) es diferente en comparación a la realización de la figura 1. De otra manera, los componentes de la realización de la figura 3 son como en la realización de la figura 1.

En la realización de la figura 3, el arreglo de separación comprende una unidad de separación de sólido/líquido 301, preferentemente una prensa de filtro, que separa el lodo enfriado del arreglo de vaporización instantánea 114 en una fracción de sólidos y una fracción de líquido. Antes de la unidad de separación de sólido/líquido 301, el lodo enfriado se puede someter a enfriamiento adicional. Por ejemplo, un enfriador 302 para enfriar el lodo enfriado antes de la unidad de separación de sólido/líquido 301 se puede arreglar corriente arriba de la unidad de separación de sólido/líquido 301 y corriente abajo del arreglo de vaporización instantánea 114. Además, un conducto 303 para el lodo enfriado se puede arreglar para conducir el lodo enfriado desde el arreglo de vaporización instantánea 114 al enfriador 302 mediante el intercambiador de calor 106. Por lo tanto, el lodo del reactor 104 se puede enfriar en tres pasos: primero en el arreglo de vaporización instantánea 114 (que puede comprender varias etapas de vaporización instantánea), entonces en el intercambiador de calor 106 y finalmente en el enfriador 302.

La unidad de separación de sólido/líquido 301 normalmente comprende una entrada de agua 301a para el agua de lavado. Un conducto de fracción de líquido 305 se puede arreglar para conducir la fracción de líquido de la unidad de separación de sólido/líquido 301 a una unidad de filtro de membrana 307 para separar la fracción de líquido en un producto filtrado y un producto retenido. El conducto de fracción de líquido puede comprender una bomba 306 para impulsar la separación en la unidad de filtro de membrana 307. Un conducto de producto retenido 308 se puede arreglar para recircular el producto retenido a una entrada de producto retenido en el conducto 103. Por lo tanto, el producto retenido se puede combinar con lodo no tratado y tratado térmicamente nuevamente, lo que significa que los compuestos orgánicos de alto peso molecular y las pequeñas partículas del producto retenido, que son relativamente pequeñas, pueden tener otra oportunidad de aglomerarse. Por lo tanto, la combinación del producto retenido con el lodo no tratado puede incrementar el rendimiento general de material sólido. Además, un conducto de producto filtrado 309 se puede arreglar para conducir el producto filtrado de la unidad de filtro de membrana 307 a una salida de producto filtrado 124, que se puede conectar a la planta de tratamiento de aguas negras tal que el producto filtrado se pueda retornar.

La figura 4 ilustra una realización de un reactor vertical continuo 404, que se diseña para tratar lodo acuoso presurizado que tiene una temperatura de al menos 150 °C. Preferentemente, el reactor se diseña para tratar el lodo que tiene una temperatura de 200-250 °C y una presión de 15-50 bar.

El reactor 404 comprende una entrada superior de reactor 408 arreglada en una sección superior 405 del reactor 404. Un primer canal 401 se extiende hacia abajo desde la entrada superior de reactor 408 para guiar el lodo desde la entrada superior de reactor 408 a una sección inferior 406 del reactor 404. Además, un segundo canal 402 se extiende hacia arriba desde la sección inferior 406. Al menos una pared de separación 403, que preferentemente está esencialmente vertical, separa el primer canal 401 del segundo canal 402. En la sección inferior 406 del reactor 404, se proporciona una abertura 407 a través de la cual el lodo puede fluir desde el primer canal 401 hacia el segundo canal 402.

El reactor 404 comprende al menos una salida superior 412 arreglada en el segundo canal 402 para conectarse a un conducto de recirculación 409 para la recirculación de una fracción del lodo tratado térmicamente (una "fracción de

recirculación"). Por lo tanto, el reactor 404 se diseña para permitir que el lodo fluya desde la abertura 407 a través del segundo canal 402 a la salida superior 412. El conducto de recirculación 409 comprende preferentemente un calentador, tal como un calentador eléctrico, para calentar la fracción de recirculación.

5 El reactor 404 comprende además al menos una salida inferior 413 que se puede conectar a un arreglo para enfriar lodo tratado térmicamente, tal como el arreglo de vaporización instantánea 114 de las figuras 1 y 3 o el arreglo 207 para el intercambio de calor indirecto de la figura 2.

10 La por lo menos una salida inferior 413 se arregla por debajo de la por lo menos una salida superior 412. Por consiguiente, el tamaño de partícula promedio será más alto en el lodo tratado térmicamente que sale del reactor 404 a través de la por lo menos una salida inferior 413 que en la fracción de recirculación en el conducto de recirculación 409. La razón de la diferencia en el tamaño de partícula es la fluidización obtenida en el segundo canal 402. Para ayudar a la fluidización, el reactor 404 puede comprender una entrada inferior 409c arreglada en la sección inferior 406 del reactor 404. La entrada inferior 409c se puede conectar, por ejemplo, al conducto de recirculación 409 tal que parte de la fracción de recirculación se pueda recircular a la entrada inferior 409c.

15 El reactor 404 puede comprender una pared externa 414 que también es una pared externa del segundo canal 402. Además, la pared de separación 403 puede constituir una pared interna del segundo canal 402 y una pared externa del primer canal 401. Por ejemplo, la pared de separación 403 puede ser un tubo que se extiende hacia abajo desde la entrada superior de reactor 408 hasta la sección inferior 406 del reactor 404. Este tubo puede tener una sección transversal esencialmente circular. Además, la pared externa 414 puede comprender una sección tubular 415 que tiene una sección transversal esencialmente circular. En este caso, el tubo y la sección tubular 415 pueden ser concéntricos. En una realización, la pared exterior tiene tres secciones principales: la sección tubular 415; una sección de pared inferior por debajo de la sección tubular 415 en la sección inferior 406 del reactor 404; y una sección de pared superior por encima de la sección tubular 415 en la sección superior 405 del reactor 404. La sección de pared inferior y/o la sección de pared superior pueden, por ejemplo, formarse como un cono, un cono truncado o una media esfera.

20 Una salida de gas 416 se puede arreglar en una sección superior 405 del reactor 404 para permitir que se purguen los gases formados en el reactor.

30

REIVINDICACIONES

1. Un reactor vertical continuo (404) diseñado para tratar lodo acuoso presurizado que tiene una temperatura de al menos 150 °C, el reactor (404) que comprende una entrada superior de reactor (408) arreglada en una sección superior (405) del reactor (404), donde:
5 un primer canal (401) se extiende hacia abajo desde la entrada superior de reactor (408) para guiar el lodo desde la entrada superior de reactor (408) a una sección inferior (406) del reactor (404);
un segundo canal (402) se extiende hacia arriba desde la sección inferior (406);
10 al menos una pared de separación (403), que preferentemente es esencialmente vertical, separa el primer canal (401) del segundo canal (402); y
una abertura (407) a través de la cual el lodo puede fluir desde el primer canal (401) hacia el segundo canal (402) se proporciona en la sección inferior (406) del reactor (404),
15 y donde el reactor (404) comprende además:
al menos una salida superior (412) arreglada en el segundo canal (402) para conectarse a un conducto de recirculación (409) para la recirculación de una fracción del lodo tratado térmicamente, por lo que el reactor (404) se diseña para permitir que el lodo fluya desde la abertura (407) a través del segundo canal (402) a la salida superior (412); y
20 al menos una salida inferior (413) que se puede conectar a un arreglo para enfriar el lodo tratado térmicamente, que al menos una salida inferior (413) se arregla por debajo de la por lo menos una salida superior (412).
2. El reactor (404) de acuerdo con la reivindicación 1, que comprende además una entrada inferior (409c) arreglada en la sección inferior (406) del reactor (404).
25 3. El reactor (404) de acuerdo con la reivindicación 2, donde la entrada inferior (409c) se conecta al conducto de recirculación (409) tal que parte de la fracción del lodo tratado térmicamente se pueda recircular a la entrada inferior (409c).
30 4. El reactor (404) de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, donde la pared de separación (403) constituye una pared interna del segundo canal (402) y una pared externa del primer canal (401).
5. El reactor (404) de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, donde la pared de separación (403) es un tubo que se extiende hacia abajo desde la entrada superior de reactor (408) hasta la sección inferior (406) del reactor (404).
35 6. El reactor (404) de acuerdo con la reivindicación 5, donde el tubo tiene una sección transversal esencialmente circular.
7. El reactor (404) de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que comprende además una pared externa (414) que es también una pared externa del segundo canal (402).
40 8. El reactor (404) de acuerdo con la reivindicación 7, donde la pared externa (414) comprende una sección tubular (415) que tiene una sección transversal esencialmente circular.
9. El reactor (404) de acuerdo con la reivindicación 8 que comprende un tubo de acuerdo con la reivindicación 5 o 6, donde el tubo y la sección tubular (415) son concéntricas.
45 10. El reactor (404) de acuerdo con la reivindicación 8 o 9, donde la pared externa tiene tres secciones principales: la sección tubular (415); una sección de pared inferior por debajo de la sección tubular (415) en la sección inferior (406) del reactor (404); y una sección de pared superior por encima de la sección tubular (415) en la sección superior (405) del reactor (404).
50 11. El reactor (404) de acuerdo con la reivindicación 10, donde la sección de pared inferior y/o la sección de pared superior se forma como un cono, un cono truncado o una media esfera.
55 12. El reactor (404) de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que comprende además una salida de gas (416) arreglada en la sección superior (405) del reactor (404) para permitir que los gases formados en el reactor se purguen.
13. El reactor (404) de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que se diseña para tratar estos lodos que tienen una temperatura de 200-250 °C y una presión de 15-50 bar.
60 14. Un contenedor adaptado para transportarse por un camión, cuyo contenedor comprende un sistema (100) para el tratamiento de lodo, cuyo sistema se arregla en el contenedor y comprende:
65 una entrada de lodo (102a) para recibir un lodo;

un reactor vertical continuo (404) de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1-13 que comprende un arreglo (110) para el tratamiento térmico del lodo, cuyo reactor (404) se arregla corriente abajo de la entrada de lodo (102a); un arreglo (114, 207) para enfriar lodo tratado en el reactor, cuyo arreglo (114, 207) se arregla corriente abajo del reactor (404); y

5 un arreglo de separación para separar el lodo enfriado en una primera fracción y una segunda fracción, donde el contenido de sólidos suspendidos es más alto en la primera fracción que en la segunda fracción.

15. Un método de tratamiento de lodo, cuyo método se lleva a cabo en un contenedor adaptado para transportarse por un camión y comprende:

10

precalentar un lodo para obtener un lodo precalentado;

calentar adicionalmente el lodo precalentado a una temperatura de 150-250 °C utilizando un reactor vertical continuo (404) de acuerdo con la reivindicación 1 para obtener un lodo tratado térmicamente;

enfriar el lodo tratado térmicamente para obtener un lodo enfriado;

15 separar el lodo enfriado en una primera fracción y una segunda fracción, donde el contenido de sólidos suspendidos es más alto en la primera fracción que en la segunda fracción.

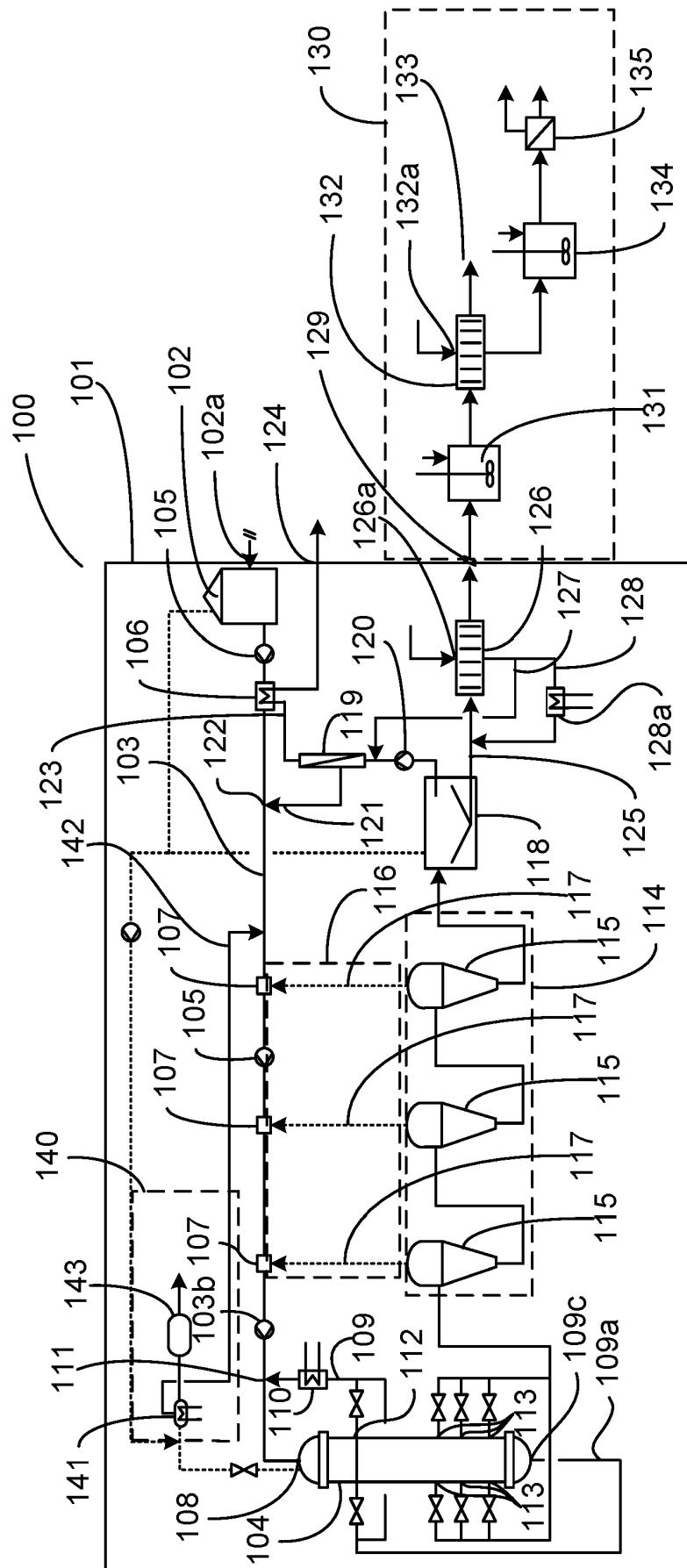


Figura 1

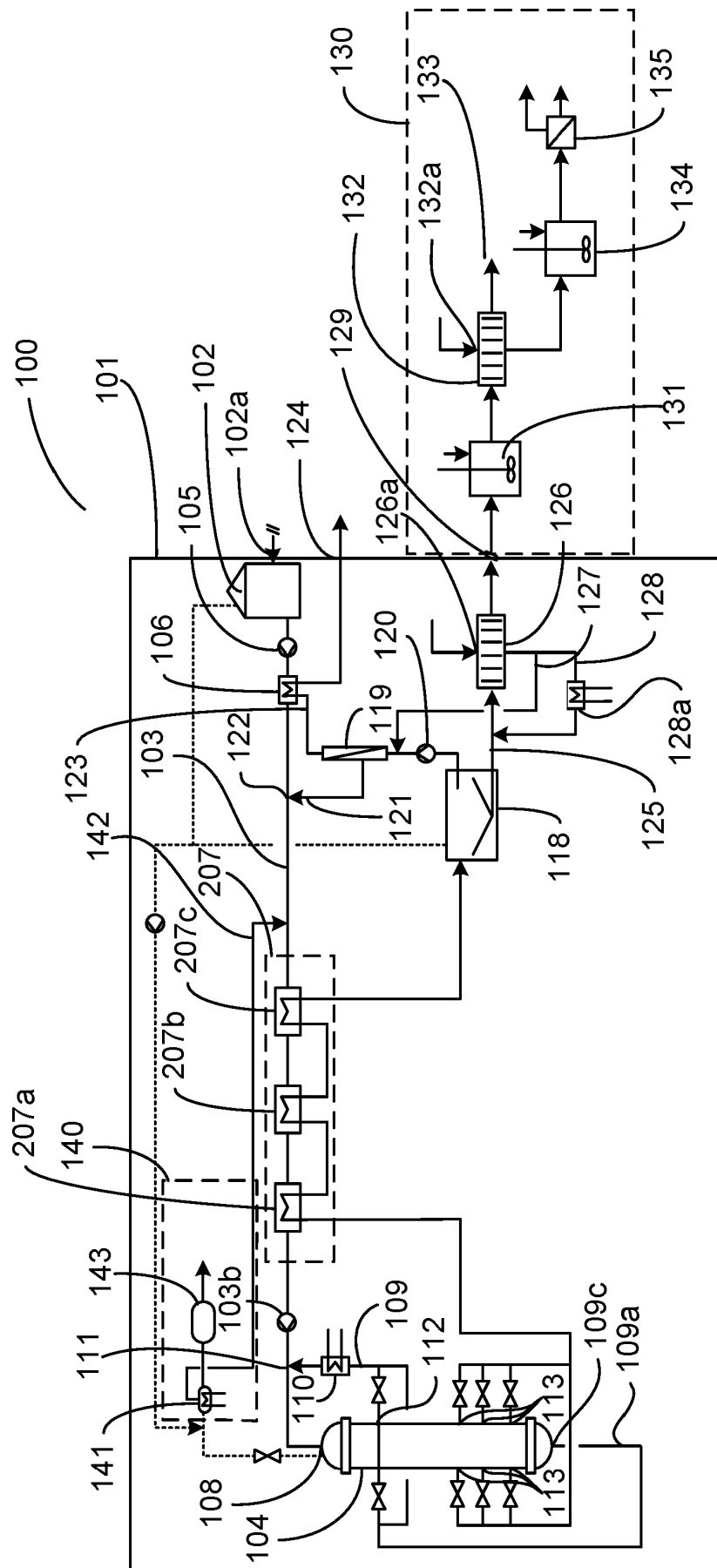


Figura 2

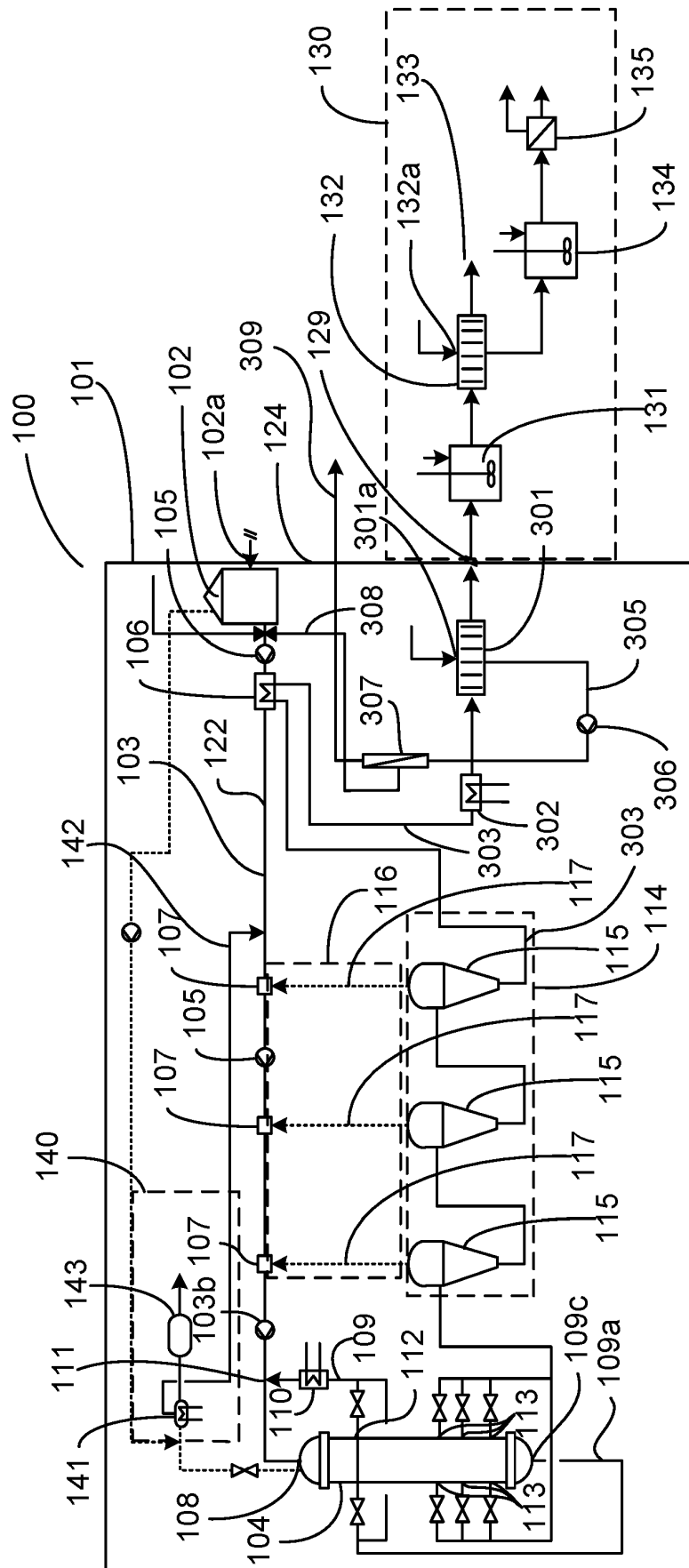


Figura 3

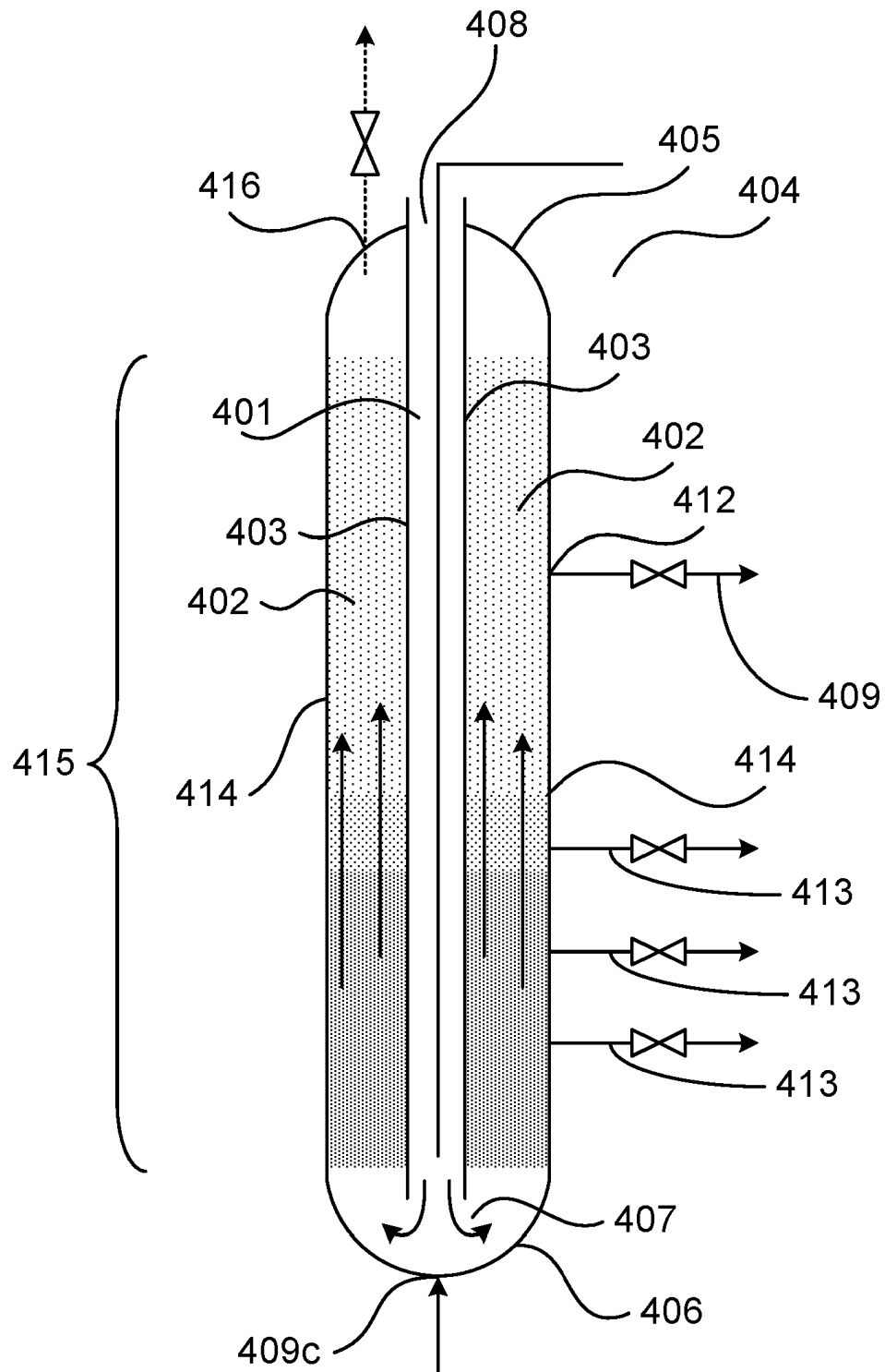


Figura 4