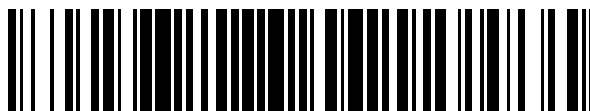


19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 390 496**

51 Int. Cl.:  
**C12M 1/24** (2006.01)  
**C02F 1/02** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 96 Número de solicitud europea: **09727008 .6**  
96 Fecha de presentación: **31.03.2009**  
97 Número de publicación de la solicitud: **2274412**  
97 Fecha de publicación de la solicitud: **19.01.2011**

54 Título: **Aparato y procedimiento de hidrólisis térmica continua de material biológico**

30 Prioridad:  
**31.03.2008 EP 08153824**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:  
**13.11.2012**

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:  
**13.11.2012**

73 Titular/es:  
**VEOLIA WATER SOLUTIONS & TECHNOLOGIES  
SUPPORT (100.0%)  
1 Place Montgolfier Immeuble L'Aquarène  
94410 Saint-Maurice, FR**

72 Inventor/es:  
**HØJSGAARD, SØREN JOHANNES**

74 Agente/Representante:  
**CARPINTERO LÓPEZ, Mario**

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).

ES 2 390 496 T3

## DESCRIPCIÓN

Aparato y procedimiento de hidrólisis térmica continua de material biológico

### **Campo de la invención**

5 La presente invención versa acerca de un procedimiento y un aparato para llevar a cabo una hidrólisis térmica continua de material biológico.

### **Antecedentes de la invención**

En la mayor parte del planeta, las aguas residuales de casas, de procesos industriales y de agricultura son tratadas biológicamente antes de su vertido en arroyos, riachuelos y ríos. Esto se lleva a cabo para evitar que ciertos contenidos biológicos contaminen dichos arroyos, riachuelos y ríos.

10 Tal tratamiento puede ser una degradación biológica en la que se degradan las partículas biológicas. Sin embargo, ciertas partículas biológicas son más difíciles de degradar que otras y, por lo tanto, se conoce que se puede acelerar el proceso de degradación al tratar el material biológico calentando el material biológico que comprende el material biológico y manteniéndolo a una temperatura de aproximadamente 140-160 grados Celsius durante un periodo predeterminado de tiempo, tal como durante al menos media hora. Tal procedimiento es conocido como hidrólisis  
15 térmica y produce material biológico que presenta una dependencia de una degradación biológica para ser convertido en material que sea fácilmente degradable.

Tal hidrólisis térmica se lleva a cabo normalmente en un tratamiento por tandas en el que se someten a tandas de lodo a una hidrólisis térmica y subsiguientemente son introducidos en un digestor. Sin embargo, es deseable poder llevar a cabo la hidrólisis térmica en un procedimiento continuo.

20 En el documento EP 1 198 424 se da a conocer un ejemplo de tal procedimiento continuo que divulga un procedimiento en el que se introduce lodo con un contenido en sólidos secos de un 1-20% dentro de un reactor. Se mantiene el lodo en el reactor durante un periodo de 5-60 minutos a una temperatura de 130-180 grados Celsius y a una presión de 300-1000 kPa.

25 Subsiguientemente, se enfría el material biológico tratado por medio de un intercambiador de calor, de forma que se garantice que la temperatura del lodo sea suficientemente baja como para evitar que las bacterias sean destruidas en el digestor. Para recuperar energía, el intercambiador de calor está dispuesto habitualmente para precalentar el lodo antes de que sea introducido dentro del reactor.

Se puede encontrar técnica antecedente adicional en los documentos WO 96/09882, WO 2006/027062, WO 92/06925 y WO 2004/096866.

30 Un objeto de una realización de la presente es proporcionar un sistema para una hidrólisis térmica continua adaptado para tratar lodo con un contenido en sólidos secos de al menos un 20%.

Además, un objeto de una realización de la presente invención es proporcionar un sistema para una hidrólisis térmica continua en el que no se necesita ningún intercambiador de calor para enfriar el lodo.

35 Además, un objeto de una realización de la presente invención es proporcionar un sistema en el que el enfriamiento del material biológico provoca poca deposición, o ninguna, de partículas sobre las superficies internas del reactor de tubo.

Además, un objeto de otra realización más de la presente invención es proporcionar un sistema adaptado para evitar la deposición de partículas en tuberías de suministro tales como tuberías de suministro de vapor, conectadas a un reactor para una hidrólisis térmica.

### 40 **Descripción de la invención**

En un PRIMER aspecto, la presente invención versa acerca de un procedimiento para llevar a cabo una hidrólisis térmica continua de lodo que comprende material orgánico en un reactor de tubo continuamente al:

- introducir el material orgánico en una zona de introducción del reactor, de forma que se aumente la presión y se permita una temperatura superior a 100 grados Celsius sin que bulla el material orgánico;
- 45 - introducir vapor en el reactor en una zona de introducción de vapor, de forma que se aumente la temperatura hasta una temperatura superior a 100 grados;
- mantener la presión en el reactor durante un periodo predeterminado de tiempo,
- introducir agua dentro del reactor en una zona de enfriamiento, de forma que se reduzca la temperatura hasta una temperatura inferior a 100 grados, y

- sacar el material orgánico en una zona de salida.

Una ventaja del sistema según la presente invención es que se produce poca deposición, o ninguna, de sustancias tales como vivianita y/o estruvita. Tal deposición se produce normalmente cuando se enfría el material biológico hasta un cierto grado, lo que causa que la concentración de una sustancia química dada sea sobresaturada debido a la reducción de la solubilidad con la temperatura decreciente. La sobresaturación tendrá normalmente como resultado la deposición de una cantidad de la sustancia química suficiente para provocar que la sustancia alcance su nuevo nivel de saturación.

En la presente invención, se enfría el lodo inyectando agua de enfriamiento y, por lo tanto, se enfría el material biológico dentro del reactor de tubo y no a lo largo de sus superficies internas. En los sistemas convencionales, se enfría el material biológico por medio de un intercambiador de calor que está adaptado para enfriar una o más superficies internas del reactor de tubo, por lo que se enfría el lodo que hace contacto con dicha o dichas superficies. Sin embargo, según que se enfrían las superficies internas, el lodo colocado en el área de dichas superficies internas más frías, o que hace contacto con las mismas, depositará las partículas sobre dichas superficies según se enfría el material biológico y supera la temperatura mencionada anteriormente. La consecuencia es que tales sistemas deben ser limpiados frecuentemente para que funcionen de forma apropiada.

Otra ventaja de la presente invención es que el contenido en sólidos secos del material biológico introducido dentro del sistema puede ser mayor, dado que el material biológico es diluido en una entrada de alimentación de lodo en un punto corriente abajo. Debido al mayor nivel del contenido en sólidos secos, la capacidad del sistema de la presente invención es grande con respecto a sistemas conocidos que comprenden un intercambiador de calor para enfriar el material biológico hasta una temperatura adecuada para procesar en un digestor subsiguiente.

Otra ventaja más de la presente invención puede ser que la temperatura elevada y la mayor presión pueden dar lugar a reacciones químicas deseadas, tales como una hidrólisis enzimática de moléculas de carbono de cadena larga.

En el contexto de la presente invención, se comprenderá la expresión "material biológico" como cualquier material de origen biológico y que contiene material orgánico. Ejemplos son desechos de procesos industriales, desechos de procesos en agricultura/ganadería (incluyendo estiércol y desechos de mataderos) y lodo obtenido del tratamiento de aguas residuales de casas, industrias y/o agricultura/ganadería.

En la mayor parte de las realizaciones, el reactor de tubo será alargado, de forma que permita que el material biológico sea introducido en un extremo a una velocidad predeterminada y sea movido progresivamente dentro del reactor de tubo mientras que mantiene la temperatura y la presión del proceso. Se apreciará que para una tasa de introducción dada (masa por unidad de tiempo), el tiempo de retención es más prolongado para un reactor de tubo más grueso que para un reactor más delgado —siempre que la longitud del reactor sea la misma—. Además, se apreciará que para una tasa de introducción dada, el grosor (diámetro) y la longitud del reactor determinan el tiempo de retención.

El reactor de tubo puede comprender al menos una parte horizontal en la que el material biológico fluye en una dirección horizontal, y/o al menos una parte vertical en la que el material biológico fluye en una dirección vertical. Como ejemplo, todo el reactor de tubo puede extenderse en una dirección horizontal o todo el reactor de tubo puede extenderse en una dirección vertical.

En una realización, se proporciona una parte vertical corriente arriba a una parte horizontal y se proporciona la zona de introducción de vapor en la parte inferior de la parte vertical. Debido a la flotabilidad del vapor con respecto al material biológico, la provisión de la zona de introducción de vapor en la parte inferior de la parte vertical provoca que el vapor y el material biológico se mezclen mejor que cuando se proporciona la zona de introducción de vapor en una parte horizontal. La razón es que cuando se proporciona la zona de introducción de vapor en una parte horizontal, el vapor y el material biológico puede tener una tendencia a separarse en dos capas —una superior que comprende el vapor, y una inferior que comprende el material biológico—.

En el contexto de la presente invención, la expresión "parte vertical" del reactor de tubo designará cualquier parte del reactor que tenga un componente geométrico vertical. En consecuencia, la parte vertical se extenderá en una dirección transversal a la dirección horizontal.

En una realización particular, concretamente cuando la parte vertical está dispuesta exactamente de forma vertical, la "parte vertical" solo tiene un componente geométrico vertical y ningún componente geométrico horizontal. En otras realizaciones, la parte vertical puede estar proporcionada con un ángulo distinto de 0 y 90 grados con respecto a la orientación vertical. Ejemplos son 30 grados con respecto a la orientación vertical, tal como 45 grados, tal como 60 grados.

En el contexto de la presente invención, la expresión "parte horizontal" del reactor de tubo designará cualquier parte del reactor que tenga un componente geométrico horizontal. En consecuencia, la parte vertical se extenderá en una dirección transversal a la dirección vertical.

- 5 En una realización particular, concretamente cuando la parte horizontal está dispuesta exactamente de forma horizontal, la "parte horizontal" solo tiene un componente geométrico horizontal y ningún componente geométrico vertical. En otras realizaciones, se puede proporcionar la parte horizontal con un ángulo distinto de 0 y 90 grados con respecto a la orientación horizontal. Ejemplos son 30 grados con respecto a la orientación vertical, tal como 45 grados, tal como 60 grados.
- 10 Se pueden proporcionar mezcladores estáticos o dinámicos en el área de la zona de introducción de vapor, o corriente abajo desde la misma, de forma que se mejore la mezcla del vapor y del material biológico. Un efecto es que se homogeniza la temperatura. Se apreciará que tales mezcladores estáticos o dinámicos son muy ventajosos cuando se proporciona la zona de introducción de vapor en una parte horizontal. Además, se apreciará que la provisión de mezcladores estáticos o dinámicos en una parte vertical provoca que se mezclen el vapor y el material biológico de forma mejorada.
- 15 Se puede proporcionar la zona de introducción de vapor en la mitad inferior de una parte vertical, tal como en el tercio inferior, tal como en el cuarto inferior, tal como en el quinto inferior. En una realización, se proporciona la zona de introducción de vapor en la parte inferior de la parte vertical.
- 20 En una realización, se proporciona una pluralidad de mezcladores estáticos y/o dinámicos entre la zona de introducción de vapor y la zona de enfriamiento. Tales mezcladores pueden estar distribuidos uniformemente (es decir, separados de forma sustancialmente equidistante) o se pueden proporcionar los mezcladores en grupos. La pluralidad de mezcladores puede comprender dos mezcladores, o tres mezcladores, o cuatro mezcladores, o cinco mezcladores, o seis mezcladores, o diez mezcladores. En una realización, el reactor de tubo está diseñado de forma que se mezcla el contenido del tubo a lo largo de toda la longitud del tubo. Esto puede conseguirse al proporcionar una pluralidad de mezcladores que están separados una pequeña distancia tal como 10 cm, tal como 20 cm, tal como 30 cm, tal como 40 cm, tal como 50 cm, tal como 1 metro.
- 25 El reactor puede estar adaptado para evitar un reflujo del agua de enfriamiento en una dirección corriente arriba del reactor. Esto puede conseguirse al proporcionar una válvula unidireccional corriente arriba de la zona de enfriamiento. De forma alternativa, o de forma complementaria, se puede proporcionar una restricción tal como una pared vertical corriente arriba de la zona de enfriamiento en una parte horizontal del reactor. Se puede proporcionar la restricción en la parte inferior del reactor. De forma alternativa, o de forma complementaria, el reactor puede formar una parte vertical corriente arriba de la zona de enfriamiento.
- 30 En una realización, el reactor comprende partes verticales primera y segunda entre las cuales se proporciona una parte horizontal, de forma que se proporciona la primera parte vertical corriente arriba de la parte horizontal y se proporciona la segunda parte vertical corriente abajo de la parte horizontal. En esta realización, se puede proporcionar la zona de introducción de vapor en la parte inferior de la primera parte vertical y se puede proporcionar la zona de enfriamiento en la segunda parte vertical, por ejemplo en la parte inferior de la misma. En una realización alternativa, se puede proporcionar una parte horizontal adicional corriente abajo de la segunda parte vertical y la zona de enfriamiento proporcionada es esta parte horizontal adicional.
- 35 En una realización la longitud del reactor de tubo se encuentra en el intervalo de 5 a 50 metros, tal como en el intervalo de 10-40 metros, tal como en el intervalo de 20-30 metros. En una realización, el diámetro del reactor de tubo se encuentra en el intervalo de 50-500 mm, tal como en el intervalo de 100-400 mm, tal como en el intervalo de 200-300 mm.
- 40 En el contexto de la presente invención, se comprenderá la expresión "hidrólisis térmica continua" como un procedimiento en el que se emprende una hidrólisis térmica mientras que se introduce nuevo material biológico sin procesar en el sistema mientras que al mismo tiempo sale del sistema material biológico procesado.
- La presión del vapor introducido dentro del reactor de tubo puede ser superior a 200 kPa, tal como superior a 500 kPa, tal como superior a 1000 kPa, tal como superior a 1500 kPa, o tal como superior a 2000 kPa.
- 45 En una realización, el reactor de tubo está diseñado de forma que permita que el tiempo predeterminado de retención sea superior a 5 minutos, tal como superior a 20 minutos, tal como superior a 30 minutos, tal como superior a 45 minutos, tal como superior a 60 minutos, tal como superior a 90 minutos, tal como superior a 180 minutos.
- 50 En una realización, el procedimiento comprende la etapa de introducir un agente químico en al menos una zona de introducción de productos químicos del reactor. En una realización, se proporciona una zona de introducción de productos químicos corriente arriba de una zona de introducción de vapor. De forma alternativa, se puede proporcionar una zona de introducción de productos químicos corriente abajo de una zona de introducción de vapor. En otra realización más, se proporciona una zona de introducción de productos químicos corriente arriba de una zona de enfriamiento y/o se proporciona una zona de introducción de productos químicos corriente abajo de una zona de enfriamiento. El producto químico inyectado puede ser un álcali tal como NaOH, que puede ser inyectado de forma que potencie la reacción de hidrólisis de compuestos orgánicos de cadena larga (tales como componentes lignocelulósicos de biomasa y componentes de pared celular microbiana). De forma alternativa, o de forma
- 55

complementaria, se puede inyectar el álcali de forma que permita que la hidrólisis tenga lugar a una temperatura reducida (tal como a 120 grados Celsius) y/o a una presión reducida (tal como a 700 kPa).

El álcali puede ser añadido cuando se utiliza el aparato para una hidrólisis previa de desechos grasos tal como el desecho graso procedente de la industria alimentaria o procedente de la actividad municipal.

- 5 En otra realización, se añade un producto químico de acidificación para la eliminación de metales pesados del material biológico. La hidrólisis en condiciones ácidas puede solubilizar metales absorbidos en el material biológico, por ejemplo, de una planta de tratamiento de aguas residuales industriales. Después de la hidrólisis térmica, se puede separar la fase líquida de la fracción sólida, de forma que se permita una precipitación y una eliminación separada del metal del líquido y de forma que se permita que la fase sólida sea enviada a un digestor anaeróbico después de una neutralización del pH.

- 10 En otra realización más, el producto químico inyectado es un agente oxidante tal como H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> u O<sub>3</sub> o ácido peracético. El agente oxidante puede comprender o no un ácido mineral o un álcali para el ajuste del pH. La provisión de un agente oxidante puede reducir el efecto de toxicidad de algunos compuestos orgánicos tales como BTEX (benceno, tolueno, etilbenceno, xileno) o componentes clorados como PCB (bifenilos policlorados). En consecuencia, se puede destoxificar el material biológico que no sea aceptable para esparcirlo por tierras agrícolas debido a compuestos orgánicos nocivos tales como PCB, por medio del aparato y/o el procedimiento según la presente invención.

En una realización se introduce agua dentro del reactor en la zona de enfriamiento, de forma que se cumple al menos uno de:

- 20 - reducir la temperatura del material biológico hasta una temperatura inferior a 100 grados Celsius, y  
 - conseguir un contenido deseado en sólidos secos del material biológico tratado.

- En una realización, se introduce el agua en la zona de enfriamiento de forma que diluya la concentración para conseguir un contenido predeterminado en sólidos secos que es adecuado para el tratamiento subsiguiente en el digestor. Tal contenido predeterminado en sólidos secos puede ser un contenido en sólidos secos inferior al 15%, tal como inferior al 12%, tal como inferior al 9%, tal como inferior al 6%. Se apreciará que el contenido ideal en sólidos secos del material biológico depende del digestor subsiguiente y que el contenido en sólidos secos en la mayoría de realizaciones debe ser escogido de forma que se evite el riesgo de envenenamiento por amoníaco del digestor.

- 25 En una realización predeterminada, se introduce agua de enfriamiento en la zona de enfriamiento, de forma que diluya el material biológico hasta un contenido en sólidos secos de aproximadamente un 9%.

- 30 Se debería hacer notar que la adición de vapor en la zona de introducción de vapor también provoca que el nivel/porcentaje del contenido en sólidos secos caiga con respecto al nivel/porcentaje del material biológico que es introducido en el reactor de tubo en la zona de introducción.

- En una realización, se introduce el agua de enfriamiento en la zona de enfriamiento de forma que se reduzca la temperatura hasta una temperatura inferior a 100 grados Celsius, tal como inferior a 80 grados Celsius, tal como inferior a 60 grados Celsius, tal como inferior a 50 grados Celsius, tal como inferior a 40 grados Celsius.

- 35 El agua introducida en la zona de enfriamiento puede estar en el intervalo de 1 a 100 grados Celsius, tal como en el intervalo de 10 a 50 grados Celsius. El agua introducida en el sistema puede ser agua de grifo y/o agua procesada, por ejemplo, agua residual tratada.

- 40 Se apreciará que en la mayor parte de realizaciones se proporciona la zona de introducción de vapor corriente arriba de la zona de enfriamiento, de forma que se permita que se aumente la temperatura del lodo antes de que sea enfriado.

- 45 En una realización, el reactor comprende más de una zona de enfriamiento, por ejemplo, proporcionadas una a continuación de la otra. Como ejemplo, se pueden proporcionar dos o más zonas de enfriamiento en una parte vertical del reactor, tal como la segunda parte vertical descrita anteriormente. Además, el reactor puede comprender más de una zona de introducción de vapor, por ejemplo, proporcionadas una a continuación de la otra. Como ejemplo, se pueden proporcionar dos o más zonas de introducción de vapor en una parte vertical del reactor, tal como en la primera parte vertical descrita anteriormente.

En una realización, se introduce continuamente el material orgánico desde la zona de introducción hasta la zona de salida pasando por la zona de introducción de vapor y la zona de enfriamiento.

- 50 En una realización, el reactor está diseñado y controlado de forma que pasa un periodo predeterminado de tiempo cuando se introduce el material orgánico desde la zona de introducción de vapor hasta la zona de enfriamiento. El tiempo predeterminado puede ser de al menos 20 minutos, tal como al menos 30 minutos, tal como al menos 45

minutos, tal como al menos 60 minutos. En una realización, el tiempo predeterminado puede estar en el intervalo de 20 a 120 minutos, tal como en el intervalo de 30 a 60 minutos.

5 El sistema puede comprender un controlador para controlar una o más de la velocidad de introducción, de la temperatura y la presión del vapor introducido en el sistema, de la temperatura y la presión del agua de enfriamiento introducida en el sistema de forma que se enfríe el material biológico.

En una realización particular, se ajusta la cantidad de vapor inyectado al flujo entrante de material de desecho/lodo, de forma que se obtenga la temperatura deseada.

10 Como se ha mencionado anteriormente, la presente invención proporciona un sistema en el que se puede introducir material biológico con un gran contenido en sólidos secos dentro del sistema, por ejemplo, de forma que el material orgánico proporcione un contenido en sólidos secos del 1-50%, tal como un 10-40 por ciento en el lodo introducido en la zona de introducción. En otra realización, el material biológico define al menos un 20 por ciento del lodo, tal como al menos un 25 por ciento, tal como al menos un 30 por ciento, tal como al menos un 35 por ciento, tal como al menos un 40 por ciento.

15 Se apreciará que tras la inyección del vapor, se reduce ligeramente el porcentaje del contenido en sólidos secos biológicos.

En una realización particular, el lodo líquido puede —tras un procesamiento en el reactor de tubo— entrar en un digestor con un contenido en sólidos secos de aproximadamente un 9 por ciento. Una vez ubicado en el digestor, el lodo puede tener un tiempo de retención de al menos una semana, tal como al menos dos semanas, tal como al menos cuatro semanas.

20 En una realización, se proporciona un medio para mantener la presión dentro del reactor de tubo en el área de la salida del reactor de tubo. Dicho medio para mantener la presión está adaptado para permitir que el material biológico salga del reactor de tubo por medio de la salida mientras que mantiene la presión deseada. En otras palabras, el medio para mantener la presión está adaptado para permitir que el material biológico salgan del reactor de tubo sin que caiga la presión por debajo de la presión mínima necesaria para que tenga lugar el proceso en el reactor de tubo. El medio para mantener la presión puede adoptar la forma de una válvula de presión, por ejemplo, que comprende un elemento empujado por resorte que provoca que se cierre la válvula a no ser que la presión esté por encima de un nivel predeterminado. En una realización alternativa, el medio para mantener la presión adopta la forma de una bomba de tipo de cavidad helicoidal continua dispuesta para girar de forma que provoque que el material biológico sea sacado del reactor de tubo mientras que mantiene la presión mínima deseada.

30 En un SEGUNDO aspecto la presente invención versa acerca de un aparato para una hidrólisis continua de lodo que comprende un material orgánico, comprendiendo el aparato un reactor de tubo con:

- al menos una entrada para introducir lodo al interior del reactor en una zona de introducción del mismo,
- al menos una entrada para introducir vapor en el interior del reactor en una zona de introducción de vapor del mismo,
- 35 - al menos una entrada para introducir agua de enfriamiento al interior del reactor en una zona de enfriamiento del mismo, y
- al menos una salida para permitir que salga el lodo procesado del reactor.

La invención según el segundo aspecto puede comprender cualquier combinación de características y/o elementos de la invención según el primer aspecto.

40 Como ejemplo, el aparato puede comprender una unidad de control que está adaptada para controlar la introducción de vapor en la zona de introducción de vapor, de forma que aumente la presión y permita una temperatura superior a 100 grados Celsius sin que el material biológico bulla en el reactor de tubo.

45 Como otro ejemplo, el reactor puede comprender mezcladores estáticos o dinámicos como se ha descrito en el primer aspecto de la invención. Como otro ejemplo más, el reactor puede comprender partes horizontales y/o verticales como se ha descrito en el primer aspecto.

De forma alternativa, o de forma complementaria, la unidad de control está adaptada para controlar la introducción de agua de enfriamiento en la zona de enfriamiento, de forma que se reduzca la temperatura hasta un punto inferior a 100 grados Celsius.

50 En una realización, el reactor comprende una entrada para introducir un agente químico dentro del reactor en una zona de introducción de productos químicos del mismo.

En una realización, el reactor está adaptado para evitar el reflujó del agua de enfriamiento en una direcci3n corriente arriba del reactor.

Los ejemplos descritos anteriormente del primer aspecto que tambi3n se aplican al segundo aspecto de la invenci3n son solo ejemplos y cualquier característica y/o elemento del primer aspecto se aplica al segundo aspecto.

- 5 En un tercer aspecto, la presente invenci3n versa acerca del uso del procedimiento y/o del aparato seg3n los aspectos primero y segundo, respectivamente, para preparar material biol3gico para la fabricaci3n de un bioproducto, tal como biocombustible, productos bioquímicos o biopolímeros.

10 Cuando se fabrican tales productos, puede ser difícil convertir la biomasa bruta en productos de valor y, por lo tanto, generalmente una primera etapa en la fabricaci3n de tales productos puede ser una hidrólisis térmica de la biomasa bruta. Tal uso de los componentes de hidrólisis térmica del material biol3gico en bruto hace que sean más susceptible a una transformaci3n química y/o biológica en un bioproducto final.

15 Este procedimiento de hidrólisis puede ser emprendido a una temperatura en el intervalo de 100-200 grados Celsius, y/o a una presi3n de 100-1200 kPa y/o en un periodo predeterminado de tiempo tal como 0-5 horas. Adem3s, el procedimiento puede ser emprendido con o sin la adici3n de tratamientos químicos acuosos y con la concentraci3n mencionada anteriormente de sólidos del material biol3gico.

En un cuarto aspecto, la presente invenci3n versa acerca del uso del procedimiento y/o del aparato seg3n los aspectos primero y segundo, respectivamente, para la pasteurizaci3n del material biol3gico.

20 En una realizaci3n, el procedimiento de pasteurizaci3n comprende una etapa de calentar el material biol3gico hasta una temperatura predeterminada tal como una temperatura superior a 70 grados Celsius. Adem3s, el procedimiento de pasteurizaci3n puede comprender una etapa de mantener la temperatura durante un periodo predeterminado de tiempo, tal como una hora.

#### **Breve descripci3n de las figuras**

Se describirá la invenci3n ahora con más detalle con referencia a los dibujos, en los que:

25 La Fig. 1 da a conocer una realizaci3n del sistema para una hidrólisis térmica continua seg3n la presente invenci3n,

la Fig. 2 da a conocer un reactor de tubo seg3n la presente invenci3n, y

la Fig. 3 da a conocer una realizaci3n del reactor de tubo seg3n la presente invenci3n.

#### **Descripci3n detallada de las figuras**

30 La Fig. 1 da a conocer un sistema 100 de tratamiento de lodo para tratar material biol3gico. El sistema 100 de tratamiento de lodo comprende un dep3sito 102 que es adecuado para contener material biol3gico y que est3 conectado fluidamente a un sistema 104 de suministro de material biol3gico. La temperatura del material biol3gico puede estar en el intervalo de 0 a 100 grados Celsius. El material biol3gico puede tener un contenido en sólidos secos de material biol3gico de al menos un 20%. El sistema 100 de tratamiento de lodo comprende, adem3s, un reactor 106 de tubo, y un digestor 108. El dep3sito 102 est3 conectado fluidamente al digestor 108 por medio del reactor 106 de tubo y un enfriador 110 (que es opcional y no es necesario para que funcione el sistema). El reactor 106 de tubo comprende una entrada 112 de lodo a trav3s de la cual se puede introducir el lodo dentro del reactor 106 de tubo, y una salida 114 de lodo a trav3s de la cual el lodo sale del reactor 106 de tubo despu3s de un periodo predeterminado de tratamiento, tal como entre 5 minutos y 5 horas, tal como 30 minutos, tal como 60 minutos, tal como 2 horas, tal como 3 horas, tal como 4 horas.

40 En una realizaci3n, la longitud del reactor de tubo es de entre 5 y 50 metros, tal como 10 metros, tal como 20 metros, tal como 30 metros, tal como 40 metros. En una realizaci3n, el diámetro del reactor de tubo se encuentra en el intervalo de 50-500 mm, tal como 100 mm, tal como 200 mm, tal como 300 mm, tal como 400 mm. En una realizaci3n de la invenci3n, el diámetro del reactor de tubo es de un metro, tal como dos metros, tal como tres metros, tal como cuatro metros, tal como cinco metros. En una realizaci3n de la invenci3n, la longitud del reactor de tubo es de cien metros, tal como doscientos metros, tal como trescientos metros, tal como cuatrocientos metros, tal como quinientos metros.

Durante su uso, el lodo contenido en el dep3sito 102 es introducido en el interior del reactor 106 de tubo por medio de un alimentador 116 para introducir el lodo en el interior del reactor 106 de tubo por medio de la entrada 112 de lodo.

50 Se puede adaptar el alimentador 116 para forzar al lodo al interior del reactor 106 de tubo, de forma que aumente la presi3n dentro del reactor 106 de tubo. Se apreciará que cuando aumenta la presi3n dentro del reactor, se puede

elevar la temperatura del lodo dentro del reactor 106 de tubo hasta una temperatura superior a 100 grados Celsius sin causar que bulla el lodo.

5 El sistema 100 de tratamiento de lodo comprende una entrada 118 de introducción de vapor, a través de la cual se introduce vapor dentro del reactor 106 de tubo, de forma que aumente la temperatura hasta una temperatura superior a 100 grados Celsius. Dado que se ha aumentado la presión en el reactor 106 de tubo por medio del alimentador 116, se puede elevar la temperatura hasta un punto superior a 100 grados Celsius sin provocar que bulla el contenido del reactor 106 de tubo. En algunas realizaciones, el vapor introducido dentro del reactor 106 de tubo es introducido dentro del reactor 106 de tubo con una presión de al menos 1500 kPa.

10 En una realización, se utiliza al menos una parte del gas producido en el digestor 108 para calentar agua, de forma que se produzca el vapor. En consecuencia, se puede introducir al menos una parte del gas dentro de un generador 109 de vapor por medio de un sistema 111 de suministro de gas.

15 Debido a la válvula 120 de presión de salida, se puede mantener una presión predeterminada dentro del reactor de tubo mientras que se introduce el lodo desde la entrada 112 de lodo hacia la salida 114 del lodo. Dicha presión predeterminada debe ser una presión suficientemente elevada como para evitar que bulla, dado que la ebullición del contenido del reactor 106 de tubo dañaría el reactor.

Además, el reactor 106 de tubo comprende un medio para aislar térmicamente el reactor 106 de tubo con respecto a la temperatura ambiente. En consecuencia, el lodo puede mantener sustancialmente la misma temperatura durante su paso desde la entrada 112 del lodo hacia la salida 114 del lodo sin añadir más calor al proceso.

20 En la mayor parte de realizaciones, la presión corriente abajo de la válvula 120 de presión de salida es igual o sustancialmente igual a la presión atmosférica. En consecuencia, se apreciará que se debe reducir la temperatura del lodo antes de pasar a través de la válvula 120 de presión de salida, para evitar que bulla el lodo. Se apreciará que se debería reducir la temperatura hasta un punto inferior a la temperatura de ebullición a presión atmosférica en el sitio del sistema, es decir, 100 grados Celsius a nivel del mar.

25 Para reducir la temperatura del lodo, el sistema 100 de tratamiento de lodo comprende una o más entradas 122 de agua de enfriamiento para añadir agua de enfriamiento al lodo. Como se ha descrito anteriormente, una ventaja de añadir el agua de enfriamiento es que se puede reducir la temperatura. Otra ventaja es que el contenido en sólidos secos del lodo que entra en el reactor 106 de tubo puede ser superior que en sistemas convencionales en los que no se añade agua y en los que se enfría el lodo exclusivamente por medio de un intercambiador de calor.

30 El lodo introducido a través del sistema según la presente invención es enfriado añadiendo agua de enfriamiento, lo que provoca que el lodo sea diluido. En consecuencia, se apreciará que el contenido en sólidos secos debe ser necesariamente superior corriente arriba de las entradas 122 de agua de enfriamiento en el sistema según la presente invención. Por lo tanto, el experto se dará cuenta inmediatamente de que la concentración del lodo introducido en el sistema de la presente invención será superior que en sistemas convencionales para la misma concentración del contenido en sólidos secos en el lodo que sale del sistema respectivo.

35 Se apreciará que el agua de enfriamiento introducido en las entradas 122 de agua de enfriamiento puede ser agua de grifo, agua tratada o cualquier otro tipo de agua que no perturbe ni impida los procesos que normalmente tendrán lugar en el digestor 108.

40 En una realización, el contenido en sólidos secos del lodo introducido dentro del reactor 106 de tubo es de aproximadamente un 19 por ciento y se aumenta la temperatura hasta al menos 150 grados Celsius. En esta realización, el tiempo de retención (es decir, el periodo de tiempo durante el que se mantiene el lodo en el reactor 106 de tubo) está en el intervalo de media hora hasta una hora. En esta realización, el contenido en sólidos secos del lodo corriente abajo de las entradas 122 de agua de enfriamiento es de aproximadamente un 9 por ciento y la temperatura es de aproximadamente 80 grados Celsius.

45 En algunas realizaciones, el sistema comprende un enfriador 110 para reducir aún más la temperatura del lodo procesado. El enfriador 110 puede adoptar la forma de un intercambiador de calor que es utilizado para recuperar energía térmica del lodo, de forma que se pueda utilizar dicha energía térmica para calentar el lodo, por ejemplo, antes de que sea introducido en la entrada 112 de lodo.

La etapa final de procesamiento en el sistema es que se introduce el lodo dentro de un digestor 108 en el que se inician los procesos bacteriológicos, de forma que se degrade biológicamente el lodo.

50 Para mezclar el lodo procesado con el lodo ya contenido en el digestor 108, el sistema 100 de tratamiento de lodo puede comprender un agitador 124. De forma alternativa, o de forma complementaria, el sistema 100 de tratamiento de lodo puede comprender un sistema 126 de recirculación, que está adaptado para mezclar lodo ya presente en el digestor 108 con lodo que sale del reactor 106 de tubo.



Dado que la temperatura del lodo ya presente en el digestor 108 será normalmente menor que la temperatura del lodo que sale del reactor 106 de tubo, el sistema de recirculación también contribuirá a enfriar adicionalmente el lodo que sale del reactor 106 de tubo.

5 Como ejemplo, se pueden mezclar el lodo que sale del reactor 106 de tubo y el lodo ya presente en el digestor 108 con una relación de 1:19 (es decir, se mezcla cada unidad del lodo que sale del reactor 106 de tubo con 19 unidades del lodo ya presente en el digestor). Si la temperatura del lodo que sale del reactor 106 de tubo es de 80 grados Celsius y la temperatura del lodo reciclado del digestor 108 es de 55 grados Celsius, entonces la temperatura del lodo que entra en el digestor procedente del sistema de recirculación es de aproximadamente 56 grados Celsius, es decir, un grado más que el lodo ya presente en el digestor 108.

10 Se apreciará que para evitar que la temperatura del lodo en el digestor 108 aumente progresivamente debido a la mayor temperatura del lodo que entra en el digestor 108, el digestor 108 debe estar aislado en consecuencia, o se debe ajustar en consecuencia la temperatura del lodo que sale del reactor 106 de tubo.

15 Además, el sistema puede comprender un medio para evitar la deposición 128 (por ejemplo, de estruvita o vivianita o calcio) en las tuberías de suministro conectadas fluidamente al reactor 106 de tubo, es decir, en la entrada 118 de introducción de vapor y/o en la entrada 122 de agua de enfriamiento y/o en la entrada 112 de lodo. Tal deposición puede producirse durante el apagado del sistema. El medio 128 puede estar adaptado para bombear aceite tal como aceite vegetal en dichas entradas, de forma que cuando se despresuricen una o más de dichas entradas de introducción, el lodo no se replegará a dichas entradas y, por lo tanto, provoque posiblemente la deposición en dichas entradas cuando se enfríe el lodo. El medio 128 puede ser controlable automáticamente y/o controlable  
20 manualmente. Se apreciará que, debido al precio reducido del aceite mineral, el medio 128 proporciona una forma sencilla y barata de conservar las entradas más costosas.

25 La Fig. 3 da a conocer una realización del reactor 106 de tubo en la que el reactor 106 comprende una parte vertical 130 y una parte horizontal 132. En la realización de la Fig. 3 la parte vertical 130 está proporcionada corriente arriba de la parte horizontal 132. Además, en la realización de la Fig. 3, las dos partes 130, 132 están proporcionadas con un ángulo recto entre sí, de forma que la parte vertical no tiene ningún componente geométrico horizontal 134, y de forma que la parte horizontal no tienen ningún componente geométrico vertical 136.

El reactor de tubo comprende una entrada 112 de lodo a través de la cual se introduce el material biológico y dos entradas 118 de introducción de vapor, la inferior de las está proporcionada en el tercio inferior de la parte vertical 130 y la superior de las cuales está proporcionada en la mitad inferior de la parte vertical 130.

30 Además, el reactor 106 de tubo comprende una válvula 120 de presión de salida que está proporcionada corriente abajo de las entradas 122 de agua de enfriamiento. Para evitar un reflujo del agua de enfriamiento, se proporciona un medio para evitar el reflujo 138 corriente arriba de las entradas 122 de agua de enfriamiento. En la realización de la Fig. 3, el medio para evitar el reflujo 138 está proporcionado en forma de una barrera en la parte inferior del reactor 106 de tubo. Sin embargo, como se ha descrito anteriormente, se puede proporcionar el medio 138 como  
35 una válvula unidireccional.

**REIVINDICACIONES**

1. Un procedimiento para llevar a cabo una hidrólisis térmica continua de lodo que comprende material orgánico en un reactor de tubo continuamente al:
  - 5 - introducir el material orgánico en una zona de introducción del reactor, de forma que aumente la presión y permita una temperatura superior a 100 grados Celsius sin la ebullición del material orgánico;
  - introducir vapor dentro del reactor en una zona de introducción de vapor, de forma que aumente la temperatura hasta una temperatura superior a 100 grados;
  - mantener la presión en el reactor durante un periodo predeterminado de tiempo,
  - 10 - introducir agua dentro del reactor en una zona de enfriamiento, de forma que se reduzca la temperatura hasta una temperatura inferior a 100 grados, y
  - sacar el material orgánico en una zona de salida.
2. Un procedimiento según la reivindicación 1, que comprende la etapa de introducir un agente químico en una zona de introducción de productos químicos del reactor.
- 15 3. Un procedimiento según la reivindicación 1 o 2, en el que la temperatura del agua introducida en la zona de enfriamiento está entre 1 y 100 grados.
4. Un procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en el que el reactor de tubo comprende al menos una parte horizontal en la que fluye el material biológico en una dirección horizontal, y/o al menos una parte vertical en la que fluye el material biológico en una dirección vertical.
- 20 5. Un procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en el que se proporciona la zona de introducción de vapor corriente arriba de la zona de enfriamiento.
6. Un procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en el que se introduce continuamente el material orgánico desde la zona de introducción hasta la zona de salida pasando por la zona de introducción de vapor y la zona de enfriamiento.
- 25 7. Un procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en el que el reactor está diseñado y controlado de forma que pasa un periodo predeterminado mínimo de tiempo cuando se introduce el material orgánico desde la zona de introducción de vapor hasta la zona de enfriamiento.
8. Un procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones precedentes, que comprende, además, las etapas de:
  - 30 - aproximar el contenido en sólidos secos de material biológico introducido dentro del reactor de tubo, y
  - introducir agua en la zona de enfriamiento, de forma que se garantice que el contenido en sólidos secos del material biológico procesado que sale del reactor de tubo se encuentra a un nivel predeterminado.
9. Un procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en el que el material orgánico define un contenido en sólidos secos de un 1-50% en el lodo que es introducido en la zona de introducción.
- 35 10. Un procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en el que el material orgánico define un contenido en sólidos secos de al menos un 20% en el lodo que es introducido en la zona de introducción.
11. Un aparato para una hidrólisis continua de lodo que comprende un material orgánico, comprendiendo el aparato un reactor de tubo con:
  - 40 - una entrada para introducir lodo dentro del reactor en una zona de introducción del mismo,
  - una entrada para introducir vapor dentro del reactor en una zona de introducción de vapor del mismo,
  - una entrada para introducir agua de enfriamiento dentro del reactor en una zona de enfriamiento del mismo, y
  - una salida para permitir que el lodo procesado salga del reactor.
- 45 12. Un aparato según la reivindicación 11, en el que el reactor comprende una entrada para introducir un agente químico dentro del reactor en una zona de introducción de productos químicos del mismo.
13. Un aparato según la reivindicación 11 o 12, en el que el aparato comprende una unidad de control adaptada para controlar:
  - 50 - la introducción de lodo en la zona de introducción de lodo, de forma que se aumente la presión y permita una temperatura superior a 100 grados Celsius sin que el material biológico bulla en el reactor de tubo, y
  - la introducción de vapor en la zona de introducción de vapor, de forma que se aumente la temperatura.

- 5
14. Un aparato según la reivindicación 13, en el que el reactor está adaptado para evitar un reflujó del agua de enfriamiento en una dirección corriente arriba del reactor.
15. Un aparato según la reivindicación 13 o 14, en el que la unidad de control está adaptada para controlar la introducción de agua de enfriamiento en la zona de enfriamiento, de forma que se reduzca la temperatura hasta un punto inferior a 100 grados Celsius.
16. Un aparato según cualquiera de las reivindicaciones 11-15, en el que la entrada para vapor está proporcionada corriente arriba de la entrada para agua de enfriamiento.
- 10
17. Un aparato según cualquiera de las reivindicaciones 13-16, que comprende, además, un medio para determinar el contenido en sólidos secos de material biológico que entra en el reactor de tubo, y en el que la unidad de control está adaptada para introducir agua de enfriamiento en la zona de enfriamiento, de forma que se garantice que el material biológico que sale del reactor de tubo tiene un contenido predeterminado en sólidos secos.
- 15
18. Un aparato según cualquiera de las reivindicaciones 11-17, que comprende, además, un medio para evitar la deposición en una o más de las entradas del aparato, medio que está adaptado para introducir aceite en las entradas cuando está apagado el reactor.

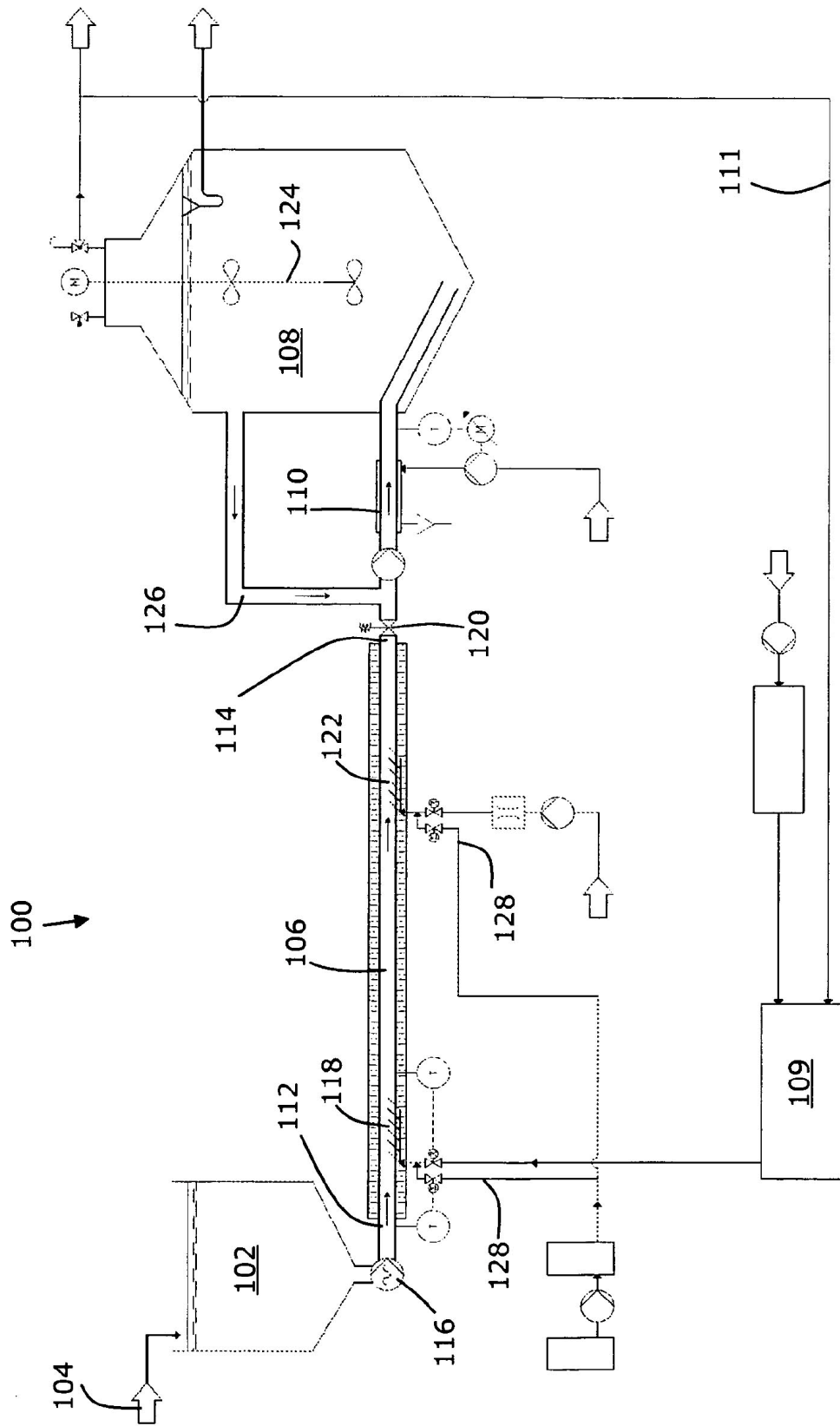


Fig. 1

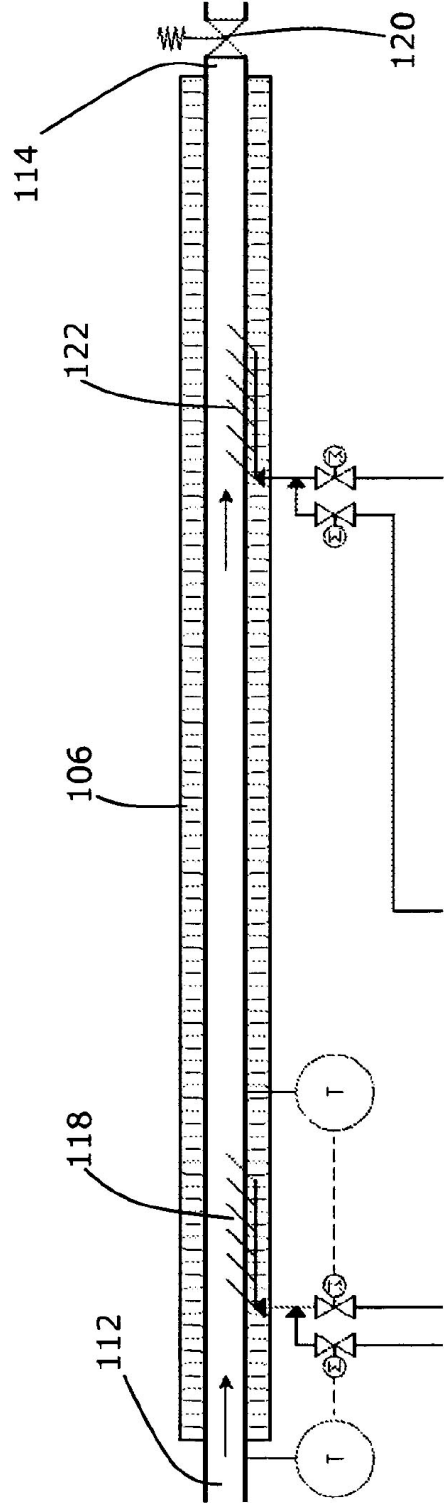


Fig. 2

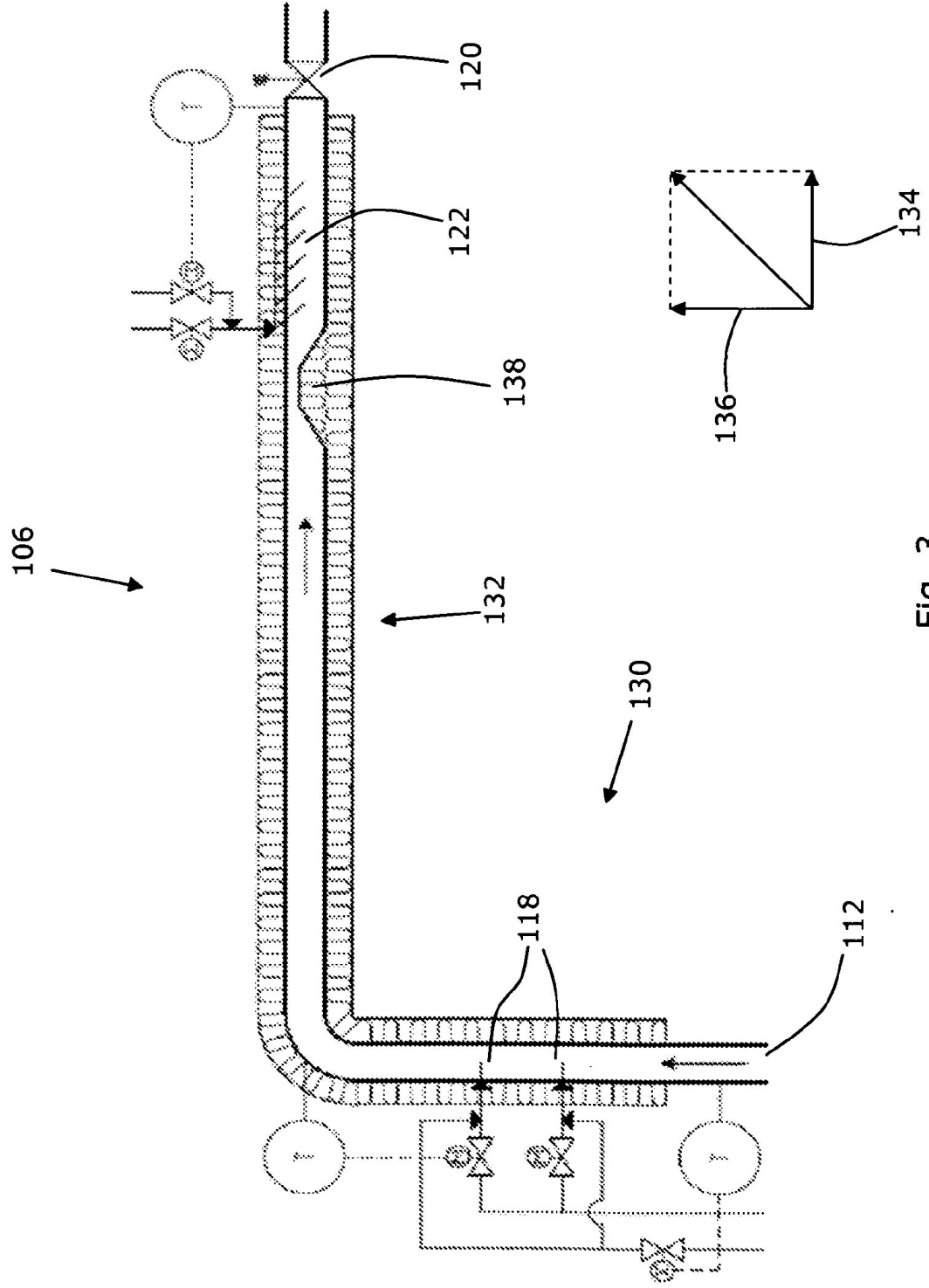


Fig. 3