(19) OFICINA ESPAÑOLA DE PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

(11) Número de publicación: **2 693 548**

(51) Int. Cl.:

C01B 32/05 (2007.01)
C02F 103/00 (2006.01)
C02F 1/00 (2006.01)
C02F 11/10 (2006.01)
F23G 5/027 (2006.01)

(12) TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA T3

(86) Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **02.11.2015** **PCT/IB2015/058468**

(87) Fecha y número de publicación internacional: **12.05.2016** **WO16071828**

(96) Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **02.11.2015** **E 15798220 (8)**

(97) Fecha y número de publicación de la concesión europea: **22.08.2018** **EP 3148719**

(54) Título: **Proceso de carbonización hidrotermal de una biomasa, y dispositivo asociado**

(30) Prioridad:

04.11.2014 FR 1460616

(45) Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
12.12.2018

(73) Titular/es:

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

(72) Inventor/es:

PARDO, PIERRE EMMANUEL y
BOURDAIS, JEAN-LOUIS

(74) Agente/Representante:

ILLESCAS TABOADA, Manuel

ES 2 693 548 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

Proceso de carbonización hidrotermal de una biomasa, y dispositivo asociado

Campo técnico

La presente invención se asocia al campo del tratamiento térmico y químico de una biomasa tal como el lodo proveniente del sector de tratamiento de aguas residuales.

La presente invención se refiere más particularmente a un proceso de carbonización hidrotermal de biomasa, así como a un dispositivo para poner en marcha dicho proceso.

Estado de la técnica anterior

Se conoce en la técnica anterior un proceso de carbonización hidrotermal que consiste típicamente en someter una biomasa a una temperatura próxima a 200 °C (por ejemplo, el documento US2006/096163) y una presión próxima a 20 bares.

La patente EP 2388305 A2 describe una instalación que comprende un recorrido de procesamiento en el que se pone una biomasa en circulación, comprendiendo este recorrido en particular un intercambiador de calor y un reactor. El intercambiador de calor está configurado para recalentar la biomasa que circula en el recorrido a través de un circuito de transferencia dentro del cual circula un fluido de transferencia. Después de haberse precalentado dentro de este intercambiador de calor, la biomasa se carboniza a continuación dentro del reactor en el que efectúa un tiempo de residencia promedio de aproximadamente 4 horas.

La patente EP 2 388 305 A2 se refiere además a los resultados de pruebas según los cuales la inyección de un aditivo tal como la glicerina en la biomasa permite reducir significativamente la viscosidad de dicha biomasa y favorecer significativamente el aumento de la temperatura de la mezcla que comprende la biomasa y el aditivo dentro del reactor.

Dicha instalación o dicho procedimiento de carbonización hidrotermal presenta varios inconvenientes:

- el reactor debe proporcionar energía para aumentar la temperatura de la biomasa,

- el tiempo de residencia de la biomasa dentro del reactor de biomasa implica dar movimiento a la biomasa dentro del reactor para asegurar el intercambio térmico y homogeneizar el calentamiento,

- el gradiente de temperatura entre la superficie de calentamiento del reactor y la biomasa favorece la sedimentación de la biomasa, lo que lleva a poner en marcha un mezclador-raspador a fin de eliminar la deposición de la biomasa en las paredes internas del reactor, implicando también el mezclador-raspador costes de mantenimiento y constituyendo además una parte de riesgo para el personal y una parte que disminuye la fiabilidad de la instalación,

- el tiempo de residencia inherente de calentamiento de la biomasa en el reactor limita el volumen de biomasa que la instalación puede tratar y requiere aumentar el volumen del reactor para tratar más biomasa,

- el aumento de temperatura de la biomasa dentro del intercambiador de calor está limitado por la viscosidad relativamente alta de la biomasa que entra en la instalación; a modo de indicación, un lodo deshidratado es al menos diez veces más viscoso que el agua,

- las características térmicas de una biomasa tipo lodo de depuración implican una importante potencia de la bomba de inyección y por lo tanto un coste significativo de energía eléctrica.

La presente invención tiene como objetivo particularmente todos o algunos de estos inconvenientes proponiendo un proceso para calentar una biomasa, así como un dispositivo para poner en práctica dicho proceso, optimizando los intercambios térmicos y explotando la energía térmica producida por la implementación de dicho procedimiento o por el funcionamiento de dicho dispositivo.

Exposición de la invención

Con este fin, la presente invención propone un proceso para calentar una biomasa en desplazamiento en un recorrido de procesamiento industrial que comprende una entrada para la biomasa entrante, una bomba de presurización, un medio de calentamiento y una estación de procesamiento, caracterizado por que se inyecta vapor en el recorrido entre la bomba de presurización y el medio de calentamiento y por que comprende una etapa de inyección de un aditivo en la biomasa, corriente arriba del medio de calentamiento, en la que se inyecta el aditivo en la biomasa, de manera que el aditivo se someta al vapor inyectado. Esta inyección permite precalentar la biomasa por condensación del vapor.

Preferentemente, el vapor puede inyectarse a una presión superior, en al menos 0,2 MPa, a la presión de la biomasa (presión de biomasa en el momento de la inyección del vapor). Preferentemente, la velocidad de inyección del vapor puede ser superior a 130 m/s, por ejemplo comprendida entre 200 y 250 m/s. La velocidad de inyección de vapor se genera típicamente por el diferencial de presión de la biomasa y de presión de inyección del vapor. La velocidad de

vapor mencionada anteriormente corresponde preferentemente a una velocidad del vapor justo antes de que el vapor entre en contacto con la biomasa.

Preferentemente, el caudal de inyección de vapor puede corresponder a hasta el 20 % del caudal de la biomasa en desplazamiento en el recorrido.

Dicho proceso permite disminuir la viscosidad de la biomasa corriente arriba del medio de calentamiento en comparación con un proceso que no realiza dicha inyección de vapor. Eso da como resultado una reducción de la caída de carga en el recorrido y una mejora de la ganancia de intercambio térmico en los medios de calentamiento. Esto da como resultado un aumento mayor de la temperatura de la biomasa.

Ventajosamente, la biomasa es un lodo de depuración, preferentemente deshidratado, y el tratamiento es una carbonización hidrotermal.

De hecho, los lodos de depuración, en particular deshidratados, tienen coeficientes de intercambio térmico relativamente pobres, es decir, que desfavorecen el ascenso de su temperatura e implican tamaños de equipos muy grandes. El proceso de acuerdo con la invención permite mejorar los coeficientes de intercambio de dicho lodo. Dichos tamaños de equipo pueden ser, en particular, del tamaño de intercambiadores.

De acuerdo con una característica particularmente ventajosa, se controla la inyección de vapor, por ejemplo controlando el caudal de vapor inyectado, y el medio de calentamiento para que la temperatura de la biomasa alcance una temperatura establecida antes de su llegada a la estación de procesamiento, estando la temperatura establecida comprendida entre 165 °C y 205 °C, preferentemente 185 °C.

De esta manera, la temperatura de la biomasa a su llegada a la estación de procesamiento es suficientemente alta, en particular cuando el tratamiento es una carbonización hidrotermal, para evitar tener que aumentar más la temperatura de la biomasa dentro de la estación de procesamiento. Eso hace posible prescindir de la función de calentamiento de la estación de procesamiento y por lo tanto eliminar el gradiente de temperatura resultante de dicha función en la estación de procesamiento. Como consecuencia, un proceso provisto de dicha característica permite limitar que la biomasa se pegue por cocción (o se deposite) en las paredes de la estación de procesamiento, pudiendo dicha biomasa pegada o depositada conducir a una interrupción de los intercambios térmicos en la estación de procesamiento. También permite prescindir de cualquier medio u operación destinada a limitar dicha biomasa pegada o depositada (por ejemplo, una operación de raspado y/o de mezclado).

Otra ventaja de la eliminación de la función de calentamiento de la estación de procesamiento es que, para una cantidad dada de biomasa a procesar, el volumen de la estación de procesamiento puede reducirse, debido a que el tiempo de residencia de la biomasa, en la estación de procesamiento, asociada con la función de calentamiento ya no es necesaria.

Ventajosamente, según una primera variante de la invención, se inyecta vapor de forma oblicua o preferentemente perpendicularmente a la dirección de desplazamiento de la biomasa en el recorrido. Esta dirección de desplazamiento de la biomasa en el recorrido es la dirección en la cual la biomasa se desplaza en una zona de inyección del vapor en el recorrido.

Una inyección oblicua o preferentemente perpendicular crea un cizallamiento de biomasa que favorece la dilución del vapor en la biomasa y que favorece de ese modo su aumento de temperatura por la condensación del vapor.

Sin embargo, también se puede inyectar vapor a contracorriente de la biomasa para obtener dicho efecto de cizallamiento.

También es posible inyectar el vapor en la misma dirección que la biomasa.

Ventajosamente, según una segunda variante de la invención, opcionalmente combinable con la primera variante de la invención, se mezcla el vapor inyectado a la biomasa guiando este vapor y esta biomasa a través de un mezclador estático, por ejemplo, en forma de deflectores, de un tornillo de Arquímedes o de superficies de guía fijas aptas para generar turbulencias de biomasa y de vapor que circulen en dicho mezclador. Más específicamente, dichos deflectores, o dicho tornillo de Arquímedes o dichas superficies de guía fijas son aptas para aumentar las turbulencias de biomasa y de vapor que circulen en dicho mezclador. Preferentemente, dicha mezcla de vapor y de biomasa a través del mezclador estático se realiza después de la mezcla dinámica previa de vapor y de biomasa, es decir, después de la zona de inyección de vapor en el recorrido, en este caso en el mezclador.

Alternativamente, el vapor se puede inyectar en una configuración de tuberías de tipo eyector que permita, además de la mezcla, la mejora de la puesta a presión de la biomasa.

De acuerdo con una característica ventajosa, la inyección de vapor se controla para llevar la temperatura de la biomasa a un valor de más de 70 °C en la entrada del medio de calentamiento. En este caso, se controla el caudal de vapor.

De acuerdo con otra característica ventajosa, la bomba de presurización eleva la presión de la biomasa hasta un valor que permite calentar la biomasa a una temperatura superior a 100 °C sin ebullición. En otras palabras, la bomba de

presurización puede elevar la presión de la biomasa por encima de la presión de saturación, típicamente superior a 1,2 MPa.

De acuerdo con otra característica ventajosa, la presión en la salida de la bomba de presurización es superior a 3 MPa.

Estas características hacen posible una subida controlada de la temperatura de la biomasa.

Ventajosamente, según una variante de un primer tipo, el recorrido incluye además una estación de refrigeración corriente abajo de la estación de procesamiento, y se recalienta un fluido de transferencia en su recorrido entre la estación de refrigeración y el medio de calentamiento.

Muy ventajosamente, se calienta el fluido de transferencia a una temperatura superior a la de la biomasa en la estación de procesamiento. El calor transferido al medio de calentamiento puede recalentar de ese modo la biomasa hasta dicha temperatura establecida antes de su llegada a la estación de procesamiento. Preferentemente, se puede calentar el fluido de transferencia a una temperatura superior a 220 ºC.

De acuerdo con una característica muy ventajosa, se utiliza la misma fuente de calor externa para calentar el fluido de transferencia y un fluido portador de calor que aseguren una subida y/o un mantenimiento de la temperatura de la biomasa en la estación de procesamiento. En otras palabras, la misma fuente de calor externa se usa para calentar:

- por un lado, el fluido de transferencia, que permite calentar la biomasa antes de su llegada a la estación de procesamiento y,

- por otro lado, el fluido portador de calor, que permite mantener la temperatura de la biomasa en la estación de procesamiento, preferentemente al menos igual a 180 °C.

Dicha utilización de la fuente de calor externa para calentar el fluido de transferencia permite limitar la dimensión del medio de calentamiento.

Ventajosamente, la fuente de calor externa puede comprender un quemador de caldera.

Según una variante ventajosa de un segundo tipo, se recupera calor de la biomasa corriente abajo de la estación de procesamiento y se transfiere este calor recuperado a la biomasa corriente arriba de la estación de procesamiento.

Preferentemente, se puede recuperar calor de la biomasa corriente abajo de la estación de procesamiento y transferir este calor recuperado a la biomasa corriente arriba de la estación de procesamiento a través de un medio de intercambio de calor, directo o indirecto, entre la biomasa que sale de la estación de procesamiento y la biomasa que circula en el recorrido corriente arriba de la estación de procesamiento. El proceso comprende una etapa de inyección de un aditivo en la biomasa corriente arriba del medio de calentamiento.

El aditivo inyectado puede comprender cualquier catalizador apto para descomponer la materia orgánica, por ejemplo, un ácido tal como ácido sulfúrico o un catalizador tal como se describe en la patente EP 2 388 305 A2.

Dicha etapa de inyección también contribuye a reducir la viscosidad de la biomasa y a favorecer de ese modo su aumento de temperatura, y permite también reducir los fenómenos de obstrucción en el recorrido.

Alternativamente, la etapa de inyección puede realizarse corriente abajo o dentro del medio de calentamiento. Se inyecta el aditivo en la biomasa de manera que el aditivo se someta al vapor inyectado. En otras palabras, se inyecta el aditivo en la biomasa de manera que el aditivo, durante su inyección, se someta a un flujo de vapor generado por la inyección de vapor.

De esta manera, el aditivo se mezcla con la biomasa bajo la acción del vapor que crea una zona de turbulencia. Más precisamente, el aditivo está íntimamente mezclado de ese modo con la biomasa triturada en partículas bajo la acción del vapor que crea una zona de turbulencia.

Preferentemente, se puede inyectar el aditivo y el vapor en la biomasa en un volumen interior de un receptáculo, siendo este receptáculo por ejemplo un recipiente o una tubería o un elemento de tubería. De acuerdo con otra característica ventajosa de la invención, se extrae una parte de la biomasa en la estación de procesamiento por medio de una ramificación de recirculación y se devuelve esta parte a la estación de procesamiento para generar un movimiento de la biomasa en la estación de tratamiento.

Dicha extracción y dicho devolución de parte de biomasa en la estación de procesamiento puede limitar que la biomasa se pegue o se deposite en la estación de procesamiento, y prescindir de cualquier medio u operación para limitar que la biomasa se pegue o se deposite.

Ventajosamente, se extrae una parte de biomasa con un caudal comprendido entre 5 y 15 veces el caudal de biomasa que entra en la estación de procesamiento.

Preferentemente, se puede mezclar el vapor inyectado y la biomasa en el recorrido entre la bomba de presurización y el medio de calentamiento con un mezclador.

La invención también se refiere a un dispositivo para poner en marcha un procedimiento de acuerdo con diferentes combinaciones de las características que se acaban de describir, comprendiendo este dispositivo un recorrido de procesamiento industrial que comprende:

- una entrada configurada para introducir la biomasa en el recorrido,

- una bomba de presurización configurada para desplazar la biomasa en el recorrido,

- un medio de calentamiento apto para calentar la biomasa,

- una estación de procesamiento apta para mantener la biomasa sustancialmente a una temperatura de entrada en la estación de procesamiento, estando instalada la estación de procesamiento corriente abajo del medio de calentamiento,

- un medio de intercambio de calor al menos indirecto entre la biomasa que sale de la estación de procesamiento y la biomasa que circula en el recorrido corriente arriba de la estación de procesamiento,

- un medio de generación de vapor de agua,

- un mezclador configurado para mezclar el vapor de agua producido por el medio de generación de vapor y la biomasa en el recorrido entre la bomba de presurización y el medio de calentamiento, y un medio de inyección de aditivo configurado para inyectar un aditivo en la biomasa corriente arriba del medio de calentamiento de manera que el aditivo se someta al vapor inyectado.

Por la expresión «al menos indirecto» se entiende un medio de intercambio de calor indirecto o directo, como se ilustra, por ejemplo, en los modos de realización descritos a continuación.

Preferentemente, el medio de generación de vapor de agua y el mezclador pueden estar configurados para inyectar vapor en el mezclador a una presión superior de al menos 0,2 MPa a la presión de la biomasa al nivel de la inyección de vapor. Preferentemente, el medio de generación de vapor y el mezclador pueden estar configurados para inyectar el vapor en el mezclador con una velocidad de inyección de vapor superior a 130 m/s, por ejemplo comprendida entre 200 y 250 m/s. La velocidad de inyección de vapor se genera típicamente por el diferencial de presión de la biomasa y de presión de inyección del vapor y/o por las dimensiones respectivas de los miembros de inyección de biomasa y de vapor.

Preferentemente, el dispositivo puede estar configurado para inyectar el vapor en la mezcladora con un caudal de inyección de vapor igual al 20 % o a menos del caudal de la biomasa en desplazamiento en el recorrido.

Preferentemente, el medio de generación de vapor de agua y el mezclador pueden estar configurados para inyectar vapor de forma oblicua o preferentemente perpendicularmente a la dirección de desplazamiento de la biomasa en el recorrido. Esta dirección de desplazamiento de la biomasa en el recorrido es la dirección en la cual la biomasa se desplaza en una zona de inyección del vapor en el recorrido.

Sin embargo, el medio de generación de vapor y el mezclador pueden también estar configurados para inyectar el vapor a contracorriente de la biomasa.

Alternativamente, el medio de generación de vapor de agua y el mezclador pueden estar configurados para inyectar el vapor a contracorriente de la biomasa. El dispositivo comprende además medios de inyección capaces de inyectar un aditivo en el recorrido, de manera que el aditivo se someta al vapor inyectado. Preferentemente, el mezclador puede comprender un receptáculo tal como un recipiente o una tubería o un elemento de tubería.

La velocidad del vapor se ha mencionado anteriormente corresponde preferentemente a una velocidad del vapor justo antes de que el vapor entre en contacto con la biomasa, es decir, en la zona de inyección del vapor en el recorrido, estando esta zona situada en el volumen interior del receptáculo.

Preferentemente, el mezclador puede ser o comprender un mezclador estático, preferentemente dentro de un receptáculo tal como se mencionó anteriormente.

De acuerdo con una característica ventajosa, el medio de intercambio de calor comprende:

- un circuito de transferencia en el que circula un fluido de transferencia con el fin de calentar la biomasa en el medio de calentamiento por intercambio térmico entre el fluido de transferencia y la biomasa, y

- medios de puesta en circulación del fluido de transferencia, preferentemente una bomba, aptos para hacer circular el fluido de transferencia en el circuito de transferencia.

Preferentemente, el dispositivo puede estar configurado para calentar el fluido de transferencia a una temperatura superior a 220 °C.

La bomba de presurización puede estar configurada para elevar la presión de la biomasa por encima de la presión de saturación, típicamente superior a 1,2 MPa.

De acuerdo con otra característica ventajosa, el dispositivo comprende además una fuente de calor externa configurada para calentar el fluido de transferencia y un fluido portador de calor que circula en una carcasa que envuelve la estación de procesamiento, preferentemente con el fin de asegurar una subida y/o un mantenimiento de la temperatura de la biomasa en la estación de procesamiento. Preferentemente, el fluido de transferencia y el fluido portador de calor son idénticos.

Preferentemente, la fuente de calor externa puede estar configurada:

- por un lado, para calentar la biomasa antes de su llegada a la estación de procesamiento, y

- por otro lado, para mantener la temperatura de la biomasa en la estación de tratamiento, preferentemente al menos igual a 180 °C.

Dicha fuente de calor externa permite disminuir el tamaño del medio de calentamiento y compensar las pérdidas de energía.

Muy ventajosamente, el dispositivo está configurado para que la biomasa entre en la estación de procesamiento por una parte inferior y salga por una parte superior.

Una biomasa, en particular cuando consiste de un lodo de depuración, es más densa que el agua circundante. La fracción sólida, rodeada de materia orgánica no disuelta, tenderá por lo tanto por gravedad a colocarse a una altura inferior con respecto a las fracciones ya solubilizadas y, por lo tanto, para las que las reacciones de carbonización están en curso o ya han tenido lugar. El tiempo de residencia de una fracción de biomasa no carbonizada en la estación de procesamiento aumenta de ese modo, en comparación con un dispositivo que hace entrar la biomasa por una parte superior y que la hace salir por una parte inferior.

El aumento relativo del tiempo de residencia de la biomasa en la estación de procesamiento permite aumentar la calidad del tratamiento.

De acuerdo con una característica muy ventajosa, el dispositivo de acuerdo con la invención comprende además una ramificación de recirculación configurada para extraer una parte de biomasa en la estación de procesamiento y para devolver esta parte de biomasa en la estación de procesamiento.

De acuerdo con una característica ventajosa, la estación de procesamiento es mecánicamente pasiva, es decir, que no comprende ni raspador ni mezclador.

Dichas partes son partes que comportan riesgo para el personal y para la disponibilidad de la instalación.

Ventajosamente, la estación de procesamiento es un reactor de carbonización hidrotermal para lodos de depuración.

La invención se define por las reivindicaciones indicadas más adelante.

Descripción de las figuras y de los modos de realización

Otras ventajas y particularidades de la invención aparecerán a la vista de la lectura de la descripción detallada de las implementaciones y de los modos de realización no limitativos, y de los siguientes dibujos adjuntos:

- la FIGURA 1 es una vista esquemática de un dispositivo de carbonización hidrotermal de acuerdo con la invención que comprende una estación de refrigeración,

- la FIGURA 2 es una vista esquemática de un dispositivo de carbonización hidrotermal de acuerdo con la invención que comprende un medio de intercambio de calor directo,

- las FIGURAS 3 y 4 son vistas esquemáticas de mezcladores de acuerdo con la invención.

Al no ser de ninguna forma limitativos los modos de realización descritos a continuación, se podrán considerar especialmente variantes de la invención que solo comprenden una selección de características descritas, aisladas de las otras características descritas (incluso si esta selección esté aislada dentro de una frase que comprenda estas otras características), si esta selección de características es suficiente para conferir una ventaja técnica o para diferenciar la invención del estado de la técnica anterior. Esta selección comprende al menos una característica, preferentemente funcional sin detalles estructurales, o con solo una parte de los detalles estructurales si esta parte únicamente es suficiente para conferir una ventaja técnica o para diferenciar la invención del estado de la técnica anterior.

La FIGURA 1 ilustra un modo de realización preferido de la invención.

Según este modo de realización, el dispositivo de acuerdo con la invención comprende un recorrido de procesamiento industrial dentro del que circula la biomasa.

La biomasa entrante, por ejemplo, lodo de depuración deshidratado, entra por una entrada 91 en el recorrido introduciéndose dentro de un conjunto de tuberías que conectan la entrada 91 a un mezclador 98, comprendiendo este conjunto de tuberías entre la entrada 91 y el mezclador 98 una bomba de presurización 93.

La bomba de presurización 93 eleva la presión de la biomasa hasta un valor que permite calentar la biomasa a una temperatura superior a 100 °C sin ebullición. En otras palabras, la bomba de presurización 93 eleva la presión de la biomasa por encima de la presión de saturación, típicamente mayor que 1,2 MPa.

La bomba de presurización 93 permite hacer circular la biomasa en el recorrido.

Más específicamente, la bomba de presurización 93 es de un tipo apto para elevar la presión de la biomasa en la salida de la bomba 93 hasta un valor superior a 3 MPa (bomba de pistón, de membrana u otra).

Bajo el efecto de la bomba de presurización 93, la biomasa se canaliza desde la bomba de presurización 93 al mezclador 98.

El mezclador 98 está configurado para mezclar el vapor de agua generado por un medio de generación de vapor 981 con la biomasa. El mezclador 98 puede ser un mezclador estático (medio que obligue a la biomasa y al vapor de agua a dirigirse juntos durante un tiempo suficiente para favorecer la mezcla entre el vapor y la biomasa) o consistir en un mezclador capaz de recibir el vapor perpendicularmente a la dirección de desplazamiento de la biomasa en el conjunto de tuberías que conecta la bomba de presurización 93 y el medio de calentamiento 94, o estar constituido por una configuración del conjunto de tuberías del tipo de eyector.

Se controla preferentemente el caudal de vapor, por ejemplo por el medio de control 9C, con el fin de elevar la temperatura de la biomasa (mezclada con un aditivo) hasta un punto de funcionamiento óptimo, tanto para el dimensionado de los diferentes elementos de dispositivo, por ejemplo, el medio de calentamiento 94, como para el consumo total de energía del dispositivo. Se controla preferentemente el caudal de vapor controlándose el caudal de vapor inyectado.

Por ejemplo, el vapor se inyecta con una presión superior a la de la biomasa en el recorrido corriente arriba de la bomba de presurización 93, y como consecuencia a una temperatura superior a la temperatura de la biomasa. Sin embargo, se controla el medio de generación de vapor 981 para elevar la temperatura de la biomasa con el fin de optimizar la recuperación de energía puesta en marcha en el dispositivo.

Típicamente, el caudal de inyección de vapor puede corresponder hasta a un 20 % del caudal de la biomasa en el desplazamiento en el recorrido. Se inyecta un aditivo en la biomasa mediante cualquier medio de inyección 97 apropiado, preferentemente corriente arriba del medio de calentamiento 94, con el fin de reducir más la viscosidad de la biomasa.

La inyección del aditivo se realiza con el fin de que se someta a la acción del vapor, favoreciendo su mezcla con la biomasa.

Un conjunto de tuberías también conecta el mezclador 98 a un medio de calentamiento 94.

El medio de calentamiento 94 es preferentemente un intercambiador de calor.

Este medio de calentamiento 94 permite calentar la biomasa por intercambio térmico entre un fluido de transferencia que circula en un circuito de transferencia 9T y la biomasa que pasa a través del medio de calentamiento 94. Para hacer esto, el fluido de transferencia, por ejemplo, aceite, es calentado por medio de una fuente de calor 9T3 a través de un intercambiador de calor 9T2, siendo esta fuente de calor, por ejemplo, una quemador de caldera.

Un conjunto de tuberías también conecta el medio de calentamiento 94 a una estación de procesamiento 95 hacia la que se canaliza la biomasa.

La estación de procesamiento 95 es preferentemente un reactor que comprende una cámara apta para recibir biomasa y mantener esta biomasa a una presión típicamente entre 2 y 3 MPa.

En un modo de puesta en marcha preferido, la función única de la estación de procesamiento 95 es asegurar un tiempo de residencia que permita someter la biomasa a reacciones químicas, típicamente de hidrólisis. Por esta razón, la estación de tratamiento 95 puede consistir alternativamente en un reactor, con deflectores o no, en forma de tubo o no, o por ejemplo un tubo de longitud suficiente para garantizar el tiempo de residencia requerido.

Preferentemente, la biomasa que proviene de los medios de calentamiento 94 entra en la cámara de la estación de procesamiento 95 por una parte inferior 953, es decir, por parte de la estación de procesamiento 95, cuya altura es

sustancialmente la más baja con relación a la posición de la estación de procesamiento 95 en el local que aloja el dispositivo.

De acuerdo con el modo de realización de la FIGURA 1, un conjunto de tuberías también conecta la estación de procesamiento 95 a una estación de refrigeración 96.

Después de un tiempo de residencia, la biomasa (hidrolizada) sale de la cámara de la estación de procesamiento 95 por una parte superior 954 desde donde se canaliza hacia la estación de refrigeración 96. Por parte superior 954 se entiende una parte de la estación de procesamiento 95 cuya altura es sustancialmente mayor con respecto a la posición de la estación de procesamiento 95 en el local que aloja el dispositivo, en oposición a la parte inferior 953.

Alternativamente, la biomasa puede también entrar en la estación de procesamiento 95 por una parte superior y de algún modo por una parte inferior.

De acuerdo con otra alternativa más, la biomasa puede también entrar en la estación de procesamiento 95 por una parte inferior y canalizarse desde esta parte inferior hasta una parte superior de la cámara por una tubería, pudiendo salir la biomasa de la cámara de la estación de procesamiento 95 por una parte inferior.

La estación de refrigeración 96 es preferentemente un intercambiador de calor.

La estación de refrigeración 96 permite enfriar la biomasa que sale de la estación de procesamiento 95 por intercambio térmico entre el fluido de transferencia que circula en el circuito de transferencia 9T y la biomasa que pasa a través de la estación de refrigeración 96.

De ese modo, el circuito de transferencia 9T conecta los medios de calentamiento 94 a la estación de refrigeración 96. De ese modo, constituye, con el medio de calentamiento 94 y la estación de refrigeración 96, un medio de intercambio de calor entre la biomasa que sale de la estación de procesamiento 95 y la biomasa que circula en el recorrido corriente arriba de la estación de procesamiento 95.

Como se ilustra en la FIGURA 1, el fluido de transferencia se pone en circulación en el circuito de transferencia 9T por medios de circulación 9T1, típicamente una bomba.

Una fuente de calor externo 9T3, por ejemplo un quemador de caldera, recalienta el fluido de transferencia en el intercambiador de calor 9T2. La biomasa que circula en el medio de calentamiento es recalentada por el fluido de transferencia recalentado así, del que toma de ese modo una parte de su calor.

El fluido de transferencia recupera también una parte del calor de la biomasa que circula en la estación de refrigeración 96.

El fluido de transferencia, por ejemplo, se calienta a hasta una temperatura superior a 220 °C.

Alternativamente, de acuerdo con un modo de realización mostrado en la FIGURA 2, una parte del calor de la biomasa que circula en el recorrido corriente abajo de la estación de procesamiento 95 se transfiere a la biomasa que circula en un recuperador de calor 94a instalado corriente arriba del medio de calentamiento 94b. En este caso, el medio de intercambio de calor realiza un intercambio de calor directo entre la biomasa que sale de la estación de procesamiento 95 y la biomasa que circula en el recorrido corriente arriba de la estación de procesamiento 95, a través del recuperador de calor 94a.

En un modo de realización preferido, la cámara de la estación de procesamiento 95 está envuelta por una carcasa 952 en la que se pone en circulación un fluido portador de calor.

Este fluido portador de calor se calienta y se mantiene a una temperatura apta para mantener la biomasa contenida en la cámara a su temperatura de antes de su entrada en la estación de procesamiento 95, es decir, cuando la biomasa se encontraba entre el medio de calentamiento 94 y la estación de procesamiento 95, y apta para compensar las pérdidas de calor asociadas con la estructura de la estación de procesamiento 95.

El recalentamiento del fluido portador de calor se realiza preferentemente por la misma fuente de calor externa 9T3 que el recalentamiento del fluido de transferencia al nivel del intercambiador de calor 9T2. El fluido de transferencia y el fluido portador de calor pueden ser de ese modo un mismo fluido, por ejemplo aceite, que circule en un circuito dispuesto para calentar el fluido de transferencia (que circula en el circuito 9T) y el fluido portador de calor (que circula en el sobre 952) a las temperaturas deseadas. El control diferencial de la temperatura del fluido de transferencia y del fluido portador de calor se lleva a cabo por cualquier medio apropiado, por ejemplo válvulas (no representadas) montadas en dicho circuito y un control de la apertura y del cierre de estas válvulas así como de la fuente de calor 9T3.

Con el fin de elevar la temperatura de la biomasa en el recorrido al medio de calentamiento 94, se controla el dispositivo, por ejemplo por el medio de control 9C, para que la fuente de calor 9T3 eleve a una temperatura superior a la de la biomasa contenida en la estación de procesamiento 95, el fluido de transferencia, por ejemplo a una temperatura próxima a 210 ºC.

De ese modo, se utiliza la misma fuente de calor externa 9T3 para calentar el fluido de transferencia y el fluido portador de calor que asegure una subida y/o un mantenimiento de la temperatura de la biomasa en la estación de procesamiento 95. En otras palabras, se utiliza la misma fuente de calor externa 9T3 para calentar:

- por un lado, el fluido de transferencia, que permite calentar la biomasa antes de su llegada a la estación de procesamiento y,

- por otro lado, el fluido portador de calor, que permite mantener la temperatura de la biomasa en la estación de procesamiento, preferentemente al menos igual a 180 °C.

Para limitar el fenómeno de la deposición de la biomasa en las paredes de la cámara de la estación de procesamiento 95 durante el uso de una estación de procesamiento 95 mecánicamente pasiva (es decir, sin rascador y/o mezclador), la estación de procesamiento 95 comprende preferentemente una ramificación de recirculación 9M que permite hacer circular la biomasa en la cámara. Para hacer esto, se aspira preferentemente biomasa en la parte superior 954 (la biomasa es más líquida allí) y se reinyecta esta biomasa en la cámara por una parte inferior 953. Preferentemente, el caudal de esta recirculación está dimensionado para que la biomasa que circula en la ramificación de recirculación 9M se tome con un caudal comprendido entre 5 y 15 veces el caudal de biomasa que entra en la estación de procesamiento 95 procedente del medio de calentamiento 94. Dicha recirculación asegura una buena homogeneidad de la temperatura de la biomasa contenida en la estación de procesamiento 95.

La puesta en circulación de esta biomasa en la ramificación de recirculación 9M se asegura preferentemente mediante una bomba de membrana 9M1, preferentemente estanca y separada de la estación de procesamiento 95. Dicha bomba 9M1 instalada de ese modo aumenta la fiabilidad del dispositivo, pudiendo esta bomba 9M1 por ejemplo repararse o mantenerse sin implicar poner el dispositivo fuera de servicio en su totalidad.

Se observa que las diferentes soluciones propuestas por la presente invención permiten disminuir la viscosidad de la biomasa y, como consecuencia, favorecer el aumento de su temperatura por medios reducidos.

La superficie de los intercambiadores de calor de superficie (el medio de calentamiento 94, 94b y/o la estación de refrigeración 96), los diámetros de conjuntos de tuberías y el volumen de la estación de procesamiento 95 pueden reducirse de ese modo.

Un ejemplo de mezclador 98 de acuerdo con la invención se ilustra en la FIGURA 3. La biomasa entra en el mezclador 98 por un canal de alimentación 21, por ejemplo conectado a la bomba de presurización 93 ilustrada en la FIGURA 1. Cuando la biomasa llega al volumen interior del mezclador 98, se somete al vapor inyectado por el medio de generación de vapor 981 a través de un rociador 23. En este ejemplo, el vapor se inyecta perpendicularmente al canal de alimentación 21. El ácido, como aditivo, también se inyecta en la biomasa, en el interior del volumen interior del mezclador 98, por el medio de inyección 97 que comprende un cabezal de inyección 24. La biomasa, el vapor y el ácido se mezclan de ese modo dinámicamente en el mezclador 98, por ejemplo y especialmente bajo el efecto de la presión diferencial de inyección de vapor y de biomasa, preferentemente superior a 0,2 MPa. A modo de ejemplo, la biomasa entra en el mezclador con una velocidad inferior a 1 m/s, y el vapor se inyecta en el mezclador 98 con una velocidad superior a 130 m/s, preferentemente entre 200 y 250 m/s. La mezcla se dirige hacia el canal de salida 22, por ejemplo hacia el medio de calentamiento 94 ilustrado en la FIGURA 1. Opcionalmente, el mezclador 98 puede comprender un mezclador estático, por ejemplo constituido por deflectores 25. En el ejemplo de la FIGURA 3, el vapor se inyecta de forma oblicua o perpendicularmente a la dirección de desplazamiento de la biomasa en el volumen interior del mezclador 98. El caudal de inyección de vapor corresponde al 20 % o menos, típicamente entre el 10 % y el 20 %, del caudal de la biomasa en desplazamiento en el recorrido.

Otro ejemplo del mezclador 98 de acuerdo con la invención se ilustra en la FIGURA 4. En este ejemplo, el mezclador 98 comprende una pieza de desgaste 26 para limitar o evitar la erosión de la parte del mezclador 98, en este ejemplo una tubería, sometido al flujo de vapor generado por la inyección de vapor. Esta pieza de desgaste 26 está orientada hacia el rociador 23, y es preferentemente desmontable. En el ejemplo de la FIGURA 4, el vapor se inyecta perpendicularmente a la dirección de desplazamiento de la biomasa en el volumen interior del mezclador 98, desplazándose la biomasa según la dirección 10.

Por supuesto, la invención no está limitada a los ejemplos que acaban de describirse y pueden realizarse numerosos cambios a estos ejemplos sin salir del campo de la invención. Además, las diversas características, formas, variantes y modos de realización de la invención se pueden asociar entre sí en diversas combinaciones en la medida en que no sean incompatibles o exclusivas entre sí.

En una variante de las figuras 3 y 4, el vapor se inyecta a contracorriente de la dirección de desplazamiento de la biomasa en el interior del mezclador 98.

REIVINDICACIONES

1. Proceso para calentar una biomasa en desplazamiento en un recorrido de procesamiento industrial que comprende una entrada (91) para la biomasa entrante, una bomba de presurización (93), un medio de calentamiento (94, 94b) y una estación de procesamiento (95), **caracterizado por que** se inyecta vapor en el recorrido entre la bomba de presurización (93) y el medio de calentamiento (94, 94b)

y **por que** comprende una etapa de inyección de un aditivo en la biomasa corriente arriba del medio de calentamiento (94, 94b) en la que el aditivo se inyecta en la biomasa de manera que el aditivo se somete al vapor inyectado.

2. Proceso de acuerdo con la reivindicación 1, **caracterizado por que** se controlan la inyección de vapor y el medio de calentamiento (94, 94b) para que la temperatura de la biomasa alcance una temperatura establecida antes de su llegada a la estación de procesamiento (95), estando la temperatura establecida comprendida entre 165° C y 205 °C, preferentemente 185 °C.

3. Proceso de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 o 2, **caracterizado por que** se controla la inyección de vapor para llevar la temperatura de la biomasa a un valor superior a 70 ºC en la entrada del medio de calentamiento (94, 94b).

4. Proceso de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 3, **caracterizado por que** el vapor se inyecta oblicua o perpendicularmente a la dirección de desplazamiento de la biomasa en el recorrido o en contracorriente a la dirección de desplazamiento de la biomasa en el recorrido.

5. Proceso de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 4, **caracterizado por que** la bomba de presurización (93) eleva la presión de la biomasa hasta un valor que permite calentar la biomasa a una temperatura superior a 100 ºC sin ebullición.

6. Proceso de acuerdo con la reivindicación 5, **caracterizado por que** la presión a la salida de la bomba de presurización (93) es superior a 3 MPa.

7. Proceso de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 6, **caracterizado por que** el recorrido comprende además una estación de refrigeración (96) corriente abajo de la estación de procesamiento (95), y **por que** un fluido de transferencia se recalienta en su recorrido entre la estación de refrigeración (96) y el medio de calentamiento (94).

8. Proceso de acuerdo con la reivindicación 7, **caracterizado por que** el fluido de transferencia se calienta a una temperatura superior a la de la biomasa en la estación de procesamiento (95).

9. Proceso de acuerdo con la reivindicación 7 u 8, **caracterizado por que** se utiliza una misma fuente de calor externa (9T3) para calentar el fluido de transferencia y un fluido portador de calor asegurando un aumento y/o un mantenimiento de la temperatura de la biomasa en la estación de procesamiento (95), circulando el fluido portador de calor en una carcasa que envuelve (952) la estación de procesamiento (95).

10. Proceso de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 9, **caracterizado por que** se recupera calor de la biomasa corriente abajo de la estación de procesamiento (95) y **por que** se transfiere este calor recuperado de la biomasa corriente arriba de la estación de procesamiento (95).

11. Proceso de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 10, **caracterizado por que** se recupera calor de la biomasa corriente abajo de la estación de procesamiento (95), y **por que** se transfiere calor recuperado en la biomasa corriente arriba de la estación de procesamiento (95) a través de un medio de intercambio de calor entre la biomasa que sale de la estación de procesamiento (95) y la biomasa que circula en el recorrido corriente arriba de la estación de procesamiento (95).

12. Proceso de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 11, **caracterizado por que** una parte de la biomasa se extrae de la estación de procesamiento (95) por medio de una ramificación de recirculación (9M) y esta parte se devuelve a la estación de procesamiento (95) con el fin de generar un movimiento de la biomasa en la estación de procesamiento (95).

13. Proceso de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 12, **caracterizado por que** el vapor inyectado y la biomasa se mezclan en el recorrido entre la bomba de presurización (93) y el medio de calentamiento (94, 94b) con un mezclador (98).

14. Dispositivo para poner en marcha un procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 13, **caracterizado por que** comprende un recorrido de procesamiento industrial que comprende:

- una entrada (91) configurada para introducir biomasa entrante en el recorrido,
- una bomba de presurización (93) configurada para desplazar la biomasa en el recorrido,
- un medio de calentamiento (94) apto para calentar la biomasa,

- una estación de procesamiento (95) apta para mantener la biomasa sustancialmente a una temperatura de entrada en la estación de procesamiento (95), estando instalada la estación de procesamiento (95) corriente abajo del medio de calentamiento (94),

- un medio de intercambio de calor entre la biomasa que sale de la estación de procesamiento (95) y la biomasa que circula en el recorrido corriente arriba de la estación de procesamiento (95),

- un medio de generación de vapor de agua (981),

- un mezclador (98) configurado para mezclar el vapor de agua producido por el medio de generación de vapor de agua (981) y la biomasa en el recorrido entre la bomba de presurización (93) y el medio de calentamiento (94, 94b), y

- un medio de inyección de aditivo configurado para inyectar un aditivo en la biomasa corriente arriba del medio de calentamiento (94, 94b) de manera que el aditivo se someta al vapor inyectado.

15. Dispositivo de acuerdo con la reivindicación 14, **caracterizado por que** el mezclador (98) comprende un mezclador estático.

16. Dispositivo de acuerdo con la reivindicación 14 o 15, **caracterizado por que** el medio de intercambio de calor comprende:

- un circuito de transferencia (9T) en el que circula un fluido de transferencia con el fin de calentar la biomasa en el medio de calentamiento (94, 94b) por intercambio térmico entre el fluido de transferencia y la biomasa, y

- medios de puesta en circulación (9T1) del fluido de transferencia aptos para hacer circular el fluido de transferencia en el circuito de transferencia (9T).

17. Dispositivo de acuerdo con la reivindicación 16, **caracterizado por que** comprende además una fuente de calor externa (9T3) configurada para calentar el fluido de transferencia y un fluido portador de calor que circula en una carcasa que envuelve (952) la estación de procesamiento (95).

18. Dispositivo de acuerdo con una de las reivindicaciones 14 a 15, caracterizado por que la estación de procesamiento (95) está configurada para que la biomasa entre en la estación de procesamiento (95) por una parte inferior (953) y salga por una parte superior (954).

Fig.1

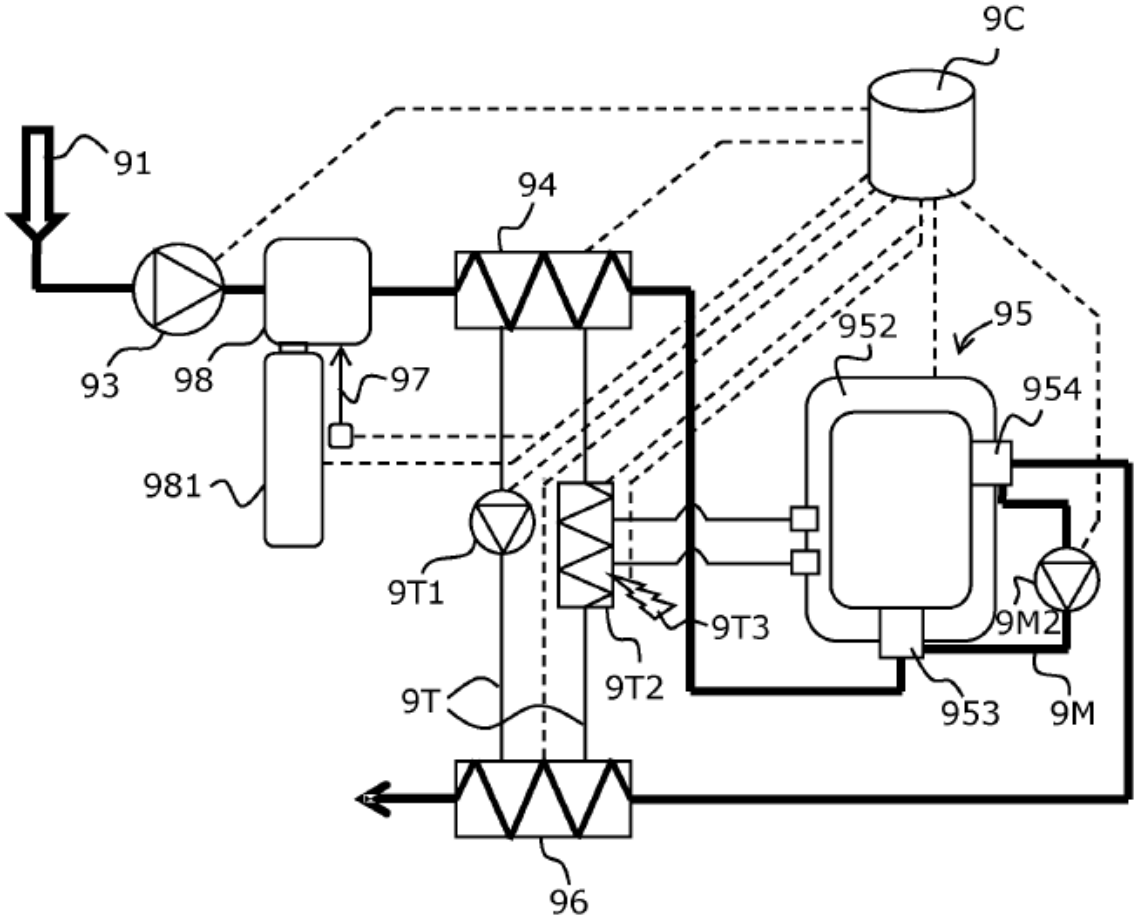


Fig.2

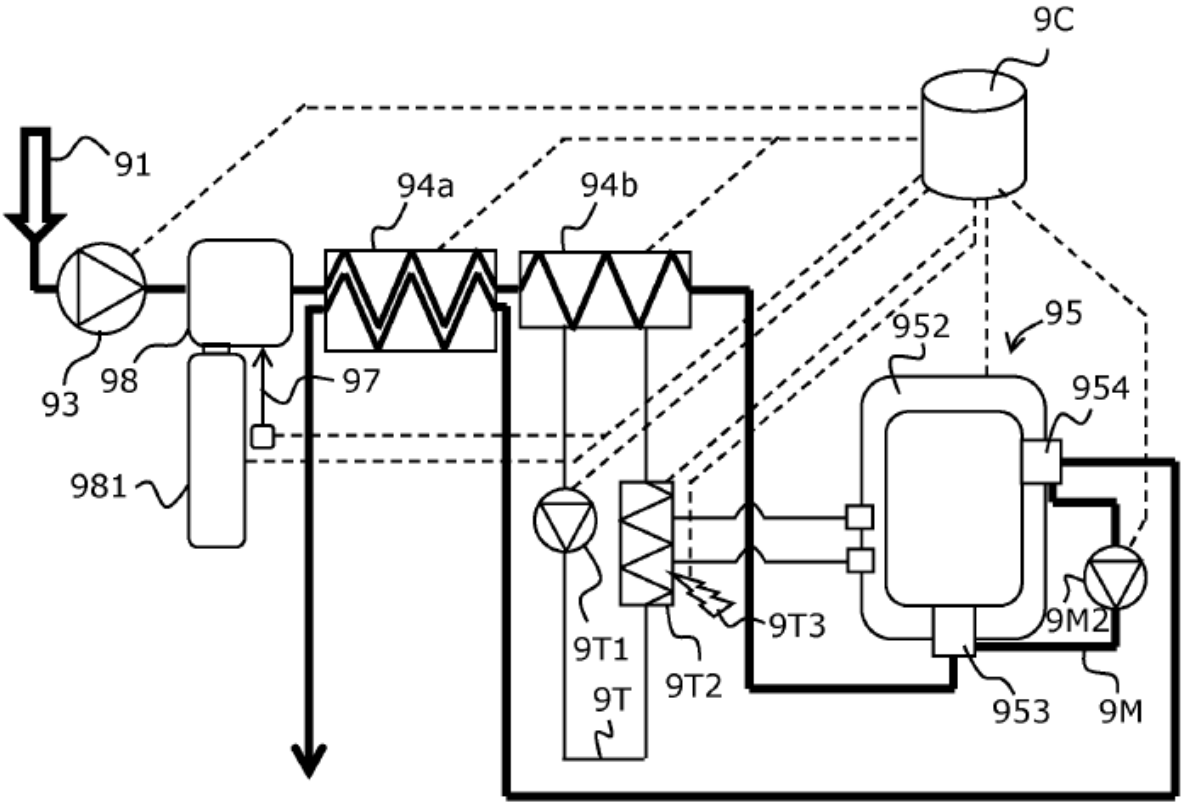


Fig.3

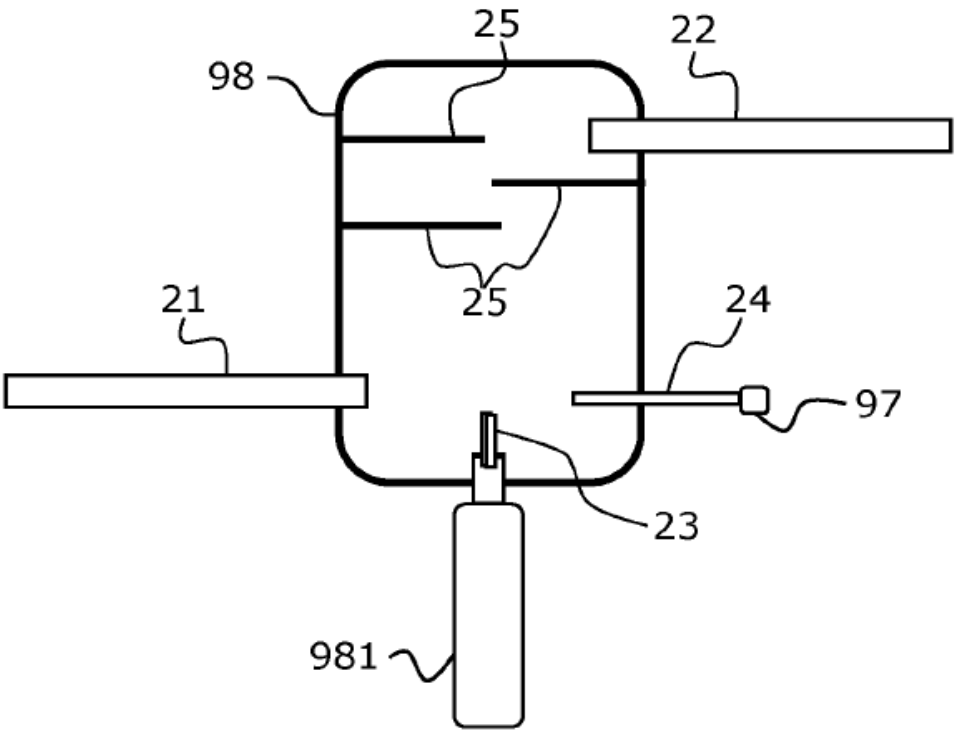
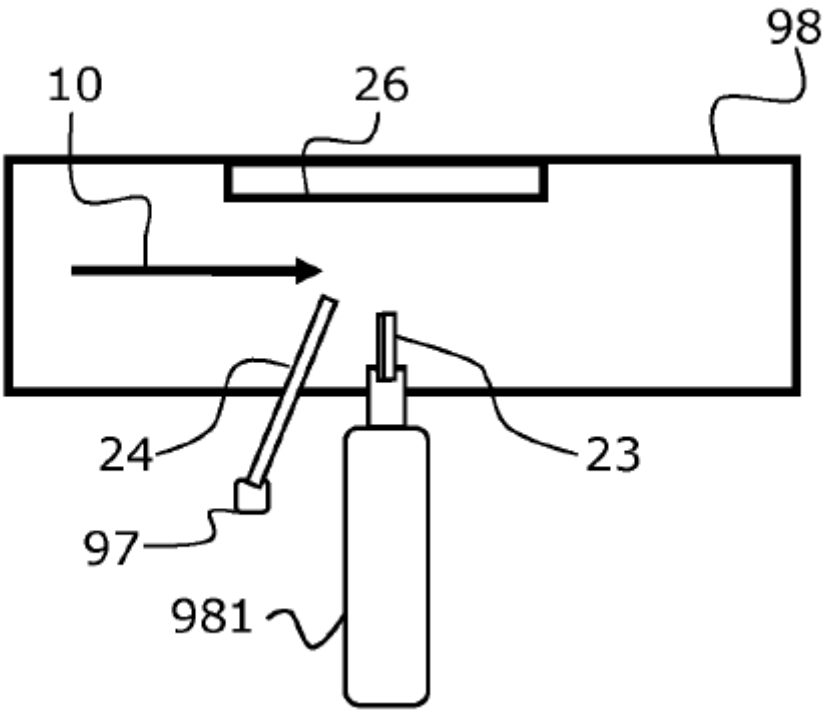


Fig.4



REFERENCIAS CITADAS EN LA DESCRIPCIÓN

La lista de referencias citadas por el solicitante es, únicamente, para conveniencia del lector. No forma parte del documento de patente europea. Si bien se ha tenido gran cuidado al compilar las referencias, no pueden excluirse errores u omisiones y la OEP declina toda responsabilidad a este respecto.

Documentos de patente citados en la descripción

- US 2006096163 A **[0003]**
- EP 2388305 A2 **[0004] [0005] [0034]**