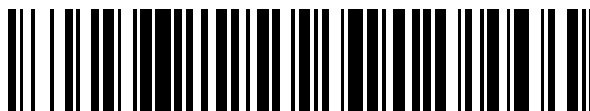


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 758 541**

51 Int. Cl.:

D21C 7/08 (2006.01)
D21C 3/26 (2006.01)
D21C 1/02 (2006.01)
C12M 1/00 (2006.01)
B01J 3/02 (2006.01)
B01J 3/00 (2006.01)
C12M 1/33 (2006.01)
C02F 1/02 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **12.07.2010** **PCT/EP2010/059952**
87 Fecha y número de publicación internacional: **20.01.2011** **WO11006854**
96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **12.07.2010** **E 10730473 (5)**
97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **28.08.2019** **EP 2454198**

54 Título: **Procedimiento y dispositivo para hidrólisis térmica y explosión de vapor de biomasa**

30 Prioridad:

13.07.2009 NO 20092647

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
05.05.2020

73 Titular/es:

CAMBI TECHNOLOGY AS (100.0%)
Postboks 78
1371 Asker, NO

72 Inventor/es:

NILSEN, PÅL, JAHRE;
SOLHEIM, ODD, EGIL y
WALLEY, PAUL

74 Agente/Representante:

CARPINTERO LÓPEZ, Mario

ES 2 758 541 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín Europeo de Patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre Concesión de Patentes Europeas).

DESCRIPCIÓN

Procedimiento y dispositivo para hidrólisis térmica y explosión de vapor de biomasa

La presente invención versa sobre un procedimiento para la hidrólisis térmica y la explosión de la biomasa. Además, la invención engloba un dispositivo para la hidrólisis térmica de biomasa, englobando dicho dispositivo un depósito de precalentamiento para precalentar la biomasa hasta una temperatura deseada, uno o más reactores conectados con el depósito de precalentamiento y uno o más depósitos de descarga de presión conectados con el o los reactores para descargar la presión sobre la biomasa.

Se usan boquillas especiales en el depósito de descarga de presión que proporcionan una caída rápida e intensa en la presión y una desintegración mejorada de las estructuras celulares de la biomasa. El nuevo sistema se abre durante un ciclo más rápido de tiempo y un llenado más óptimo del volumen del reactor. El procedimiento y el dispositivo optimizan el uso de la energía mediante el uso de uno o más depósitos de descarga de presión, en los que estos operan a una presión reducida.

Antecedentes

La hidrólisis térmica y la explosión de vapor es un procedimiento conocido para descomponer la biomasa, de forma que sea más apta para la degradación anaeróbica. Existen diversos procedimientos patentados que describen tanto los procesos en lotes como continuos. El tratamiento de biomasa en lotes conlleva tanto a la esterilización aprobada como a la prevención de infecciones garantizando el tiempo necesario de residencia a temperaturas elevadas. Esto es diferente de los procesos continuos que no pueden documentar que toda la biomasa haya estado a la temperatura correcta durante el tiempo suficiente. Se conocen, en particular, dos procedimientos para la hidrólisis térmica en lotes.

El documento WO96/09882 (Solheim et al) describe un proceso eficiente de energía en el que se precalienta la biomasa en un depósito de precalentamiento con la ayuda del vapor devuelto desde un proceso corriente abajo antes de ser bombeado a uno de varios reactores paralelos. Se suministra vapor nuevo a la biomasa para calentarla y se mantiene a la temperatura y a la presión predeterminadas durante el tiempo requerido. Después, se descarga el reactor y se devuelve el vapor al depósito de precalentamiento para recuperar energía. Cuando la presión del reactor ha caído hasta un nivel deseado (normalmente 200 - 400 kPa abs) se cierra el retorno del vapor del reactor hasta el depósito de precalentamiento. Después, la biomasa es soplada a un depósito de descarga de presión a una presión baja (normalmente 120 kPa abs). La ventaja de este sistema es que con una presión relativamente baja en el depósito de descarga de presión se puede recuperar una gran parte de la energía del reactor después de la hidrólisis térmica completada. Se describe la reducción de presión en el reactor antes de ser soplada al depósito de descarga de presión como necesaria para reducir los problemas de erosión en el sistema de tuberías entre el reactor y el depósito de descarga de presión.

El documento US 6.966.989 (Højsgaard et al) no usa, como el documento WO96/09882, un depósito de precalentamiento, pero tiene reactores paralelos que también funcionan como depósitos de precalentamiento. Esto se logra porque se descarga un reactor a una presión elevada dejando pasar vapor a un reactor en espera a baja presión. Cuando estos reactores se encuentran a la misma presión, se detiene la transferencia de vapor y se sopla la biomasa hidrolizada en el reactor hasta un depósito de baja presión de descarga de presión. No se describe la recuperación de energía del depósito de descarga de presión. Llenando un reactor con vapor de otro reactor, la presión no baja demasiado y, por lo tanto, la recuperación de energía no es óptima.

Un punto en común de estos dos sistemas es una posibilidad limitada para soplar la biomasa a presión elevada desde el reactor hasta el depósito de descarga de presión. Ambos tienen una descarga controlada de presión en la fase de vapor del reactor antes de que se sople la biomasa hasta un depósito de liberación de presión. Esto se produce a una presión considerablemente más baja que la presión de hidrólisis.

Un elemento que hace que los dos sistemas sean más costosos es que los reactores deben tener ambos un conducto de vapor con una válvula de control en la parte superior y un conducto de líquido/suspensión espesa con una válvula de cierre en la parte inferior del reactor.

Además, se conoce un procedimiento y un dispositivo a partir del documento WO0073221 (Solheim et al) para la hidrólisis continua de la biomasa/lodo. La biomasa es precalentada en un depósito con vapor gastado del depósito de descarga de presión del proceso. El lodo calentado es alimentado por medio de una bomba de alimentación y de una unidad de mezclado a un reactor. Se aumenta la presión del lodo antes de que este sea alimentado al reactor. En el reactor, la temperatura y la presión son controladas y se puede suministrar vapor fresco al reactor. La biomasa calentada y presurizada es alimentada, entonces, al depósito de descarga de presión que está dotado de una boquilla para descargar la presión. En este depósito, se produce una reducción repentina de la presión, lo que se denomina una explosión de vapor. El vapor del depósito de descarga de presión puede ser devuelto a la unidad de precalentamiento.

Se conoce un procedimiento para la hidrólisis térmica de lignocelulosa por el documento WO 2008026932 (Solheim et al). La lignocelulosa es hidrolizada con el uso de dos reactores, tras lo cual se suministra vapor a estos para

calentarlos y presurizarlos. Los reactores pueden operar secuencialmente antes de que la se alimente masa hasta un depósito de expansión, en el que, dada la diferencia de presión entre los mismos, se produce una explosión de vapor de la masa.

5 Otra limitación con los procesos anteriores es el tiempo que lleva la descarga de presión del depósito antes de que se sople la biomasa hasta el depósito de descarga de presión. Lleva tiempo consumir el vapor para la descarga de presión. Esto se describe en el documento US 6.966.989 con un ciclo típico de tiempo de 100-360 minutos, con un ciclo preferente de tiempo de 150-160 minutos con el uso de tres reactores.

10 Dado que el vapor saldrá por la parte superior del reactor sin que siga la biomasa, el reactor debe tener un volumen considerable de vapor encima de la fase líquida para evitar la espumación y que se arrastre líquido al exterior por el conducto de retorno del vapor. Esto limita el volumen activo del reactor. Una limitación adicional es la necesidad de una gran superficie líquida para evitar la ebullición por impacto. Esto tiene como resultado una necesidad de una gran proporción diámetro/altura en el reactor, que no es óptima para un depósito a presión.

15 La explosión de vapor de la biomasa en grandes caídas de presión durante un periodo corto de tiempo proporcionará la destrucción celular mayor y una biodisponibilidad mayor de la biomasa. Esto llevará a una mayor producción de biogás en un depósito corriente abajo de degradación anaeróbica. Por lo tanto, es deseable con la caída de presión más rápida y más grande posible cuando se sopla la biomasa hasta el depósito de descarga de presión.

20 El sistema según la presente invención protege la posibilidad de soplar la biomasa a presión de hidrólisis, la más elevada en el proceso. Esto se realiza usando una boquilla especialmente robusta en el extremo de la tubería de soplado entre el reactor y el depósito de descarga de presión que asume casi toda la caída de presión. Por lo tanto, se garantizan la explosión de vapor y la destrucción celular mayores posibles en la biomasa. La boquilla consiste en un material resistente a la erosión, preferentemente un material cerámico, y está formada, de forma que se sopla la biomasa encima de la superficie líquida en el depósito de descarga de presión. Por lo tanto, se reduce la erosión al mínimo. La velocidad corriente arriba de la boquilla es baja y, por lo tanto, se pueden usar partes normales de tubería en la tubería de soplado entre el reactor y el depósito de descarga de presión.

25 Al soplar a la presión de hidrólisis y no haber descarga de presión del vapor en la parte superior del reactor, se pueden llenar los reactores casi hasta arriba. La única limitación es tener suficiente volumen para el vapor condensado que es usado para el calentamiento (normalmente aproximadamente 10% de volumen adicional).

30 Los reactores en el sistema según la presente invención pueden fabricarse para ser largos y delgados, dado que no hay requisitos del área superficial de la fase líquida debido a que no se ha de consumir ningún vapor para la descarga de presión. Esto es rentable con respecto al uso de materiales y significa una necesidad reducida del área ocupada del suelo.

35 El sistema y el procedimiento según la presente invención optimizan el tiempo de ciclo para utilizar el volumen del reactor de forma óptima. Normalmente, el requisito para la esterilización mantendrá la biomasa a 133°C durante al menos 20 minutos. Cuando el sistema comprende, por ejemplo, tres reactores, llenar durante 15 minutos, mantener durante 20 minutos y vaciar durante 15 minutos llevará a un consumo constante de vapor siempre y cuando se cumpla el requisito de esterilización. El tiempo de ciclo de 45 minutos significa una capacidad aumentada considerablemente en comparación, por ejemplo, con el sistema según el documento US 6.966.989. Si no hay requisito de esterilización, el tiempo de retención y la temperatura pueden ser diferentes a los dados anteriormente. Una realización del sistema según la presente invención con tres reactores puede, con este tiempo de ciclo, llenar y vaciar cuatro reactores por hora (véase la fig. 2).

El sistema según la presente invención engloba al menos dos depósitos de descarga de presión en serie para recuperar más energía. El segundo depósito de descarga de presión se encuentra al vacío, de forma que el vapor se consuma a una temperatura más baja (por ejemplo, 70 kPa dan 90°C). Esto tiene como resultado, normalmente, una eficacia un 20% mayor que el sistema según el documento WO96/09882.

45 Controlando el flujo de energía al reactor y/o al depósito de precalentamiento, respectivamente, se puede lograr la presión y la temperatura deseadas en el depósito de precalentamiento. Esto tiene como resultado un sistema flexible con un buen control del proceso. Con este control, se es flexible con respecto al precalentamiento adicional de la biomasa incluso antes de que llegue al depósito de precalentamiento. Llevando más de la energía al reactor, se puede permitir precalentar el lodo con energía a baja temperatura.

50 Usando dos depósitos de descarga de presión la presión en el primero puede ser mayor que la descrita en Solheim et al sin afectar la recuperación total de la energía. Esto puede ser ventajoso debido a que el depósito de precalentamiento alcanzará, por lo tanto, una mayor presión. Todos los gases sin condensación en el proceso (gas tóxico) acaban en el depósito de precalentamiento. Estos gases suelen oler mal y deberían ser transportados en un sistema cerrado hacia el depósito de descomposición para la degradación biológica. Si la presión en el depósito de precalentamiento es baja, puede ser necesario, con un sistema que comprime los gases sin condensación, transportarlos hasta el depósito de degradación. Con la presente invención se elimina la necesidad de tal sistema.

Ni el documento WO96/09882 ni el documento US 6.966.989 describen la manipulación de los gases sin condensación. En el sistema según el documento US 6.966.989 estos gases pueden acumularse en el reactor, ya que entre los reactores solo discurre vapor instantáneo. Esto representa un problema considerable, dado que la presión y la temperatura no seguirán, por lo tanto, la curva de saturación de agua/vapor. La presión en los reactores puede subir hasta un nivel nominalmente correcto sin que se haya alcanzado la temperatura necesaria para la hidrólisis.

Un modo posible de eliminar la acumulación de gases sin condensación es garantizar que se vacíe el reactor completamente para la fase líquida y, posteriormente, también se vacíe la fase de vapor desde el reactor hasta el depósito de descarga de presión. Esto lleva mucho tiempo y reduce la capacidad del sistema. La presente invención resuelve este problema llevando las cantidades pequeñas de gases sin condensación desde el reactor hasta el depósito de precalentamiento por un pequeño conducto de retorno de gas. Se abre este conducto un periodo corto durante el llenado del reactor con biomasa.

Una característica importante que distingue la presente invención de lo que se conoce a partir del documento WO0073221 es que el procedimiento según la presente invención es un proceso en lotes mientras que el procedimiento según el documento WO0073221 es un proceso continuo. Correspondientemente, los procedimientos según el documento WO96/09882 y el documento WO2008026932 también son procesos en lotes. La característica principal de la presente invención no es el suministro directo de vapor al reactor, sino el hecho de que con la ayuda de una boquilla se puede tratar el lodo que contiene partículas erosivas. Esto no es posible con el procedimiento según el documento WO0073221 dado que este usa una bomba para presurizar el lodo en el reactor. Ni el documento WO96/09882 ni el documento WO2008026932 comprende una boquilla y debe, por lo tanto, descargar presión del reactor antes de que se pueda transferir al depósito de descarga de presión. Por lo tanto, la presente invención resuelve los problemas que el documento WO96/09882 y el documento WO2008026932 no han resuelto.

El documento US 4,138,311A (Neno) enseña un procedimiento para la producción en lotes de pastas fibrosas, por ejemplo, madereras y más específicamente un procedimiento y un aparato para la extracción de vapor presurizado de un soplado de pasta para su uso adicional en el procesamiento de la pasta. Este procedimiento hace uso de dos etapas de reducción de presión, pero no está dirigida a un procedimiento para la descomposición de materiales orgánicos. Con el tratamiento de material orgánico, según la presente invención, es de gran importancia recuperar compuestos volátiles que siguen al vapor. Consecuentemente, el documento US 4.138.311A no enseña ninguna recuperación de energía al triturador para recuperar vapor instantáneo con compuestos orgánicos volátiles de vuelta al sustrato.

Este objeto de la presente invención es proporcionar un sistema y un procedimiento con los que se eliminan, o se reducen enormemente, las desventajas mencionadas anteriormente de las soluciones anteriormente conocidas.

Esto se logra con un procedimiento para la hidrólisis térmica y la explosión de vapor de biomasa, englobando dicho procedimiento las siguientes etapas:

- (i) alimentar la biomasa aproximadamente de forma continua hasta una primera etapa de precalentamiento y calentar la biomasa,
- (ii) llevar la biomasa precalentada de forma secuencial hasta al menos dos reactores,
- (iii) calentar y presurizar el o los reactores mediante el suministro de vapor,
- (iv) mantener el o los reactores a una temperatura y una presión dadas durante un tiempo dado,
- (v) llevar la biomasa calentada y presurizada desde el o los reactores hasta un primer depósito de descarga de presión por medio de una boquilla sin ninguna reducción sustancial de la presión del reactor entre el o los reactores y la boquilla, antes de descargar la presión en la biomasa rápidamente con la ayuda de la boquilla, de forma que se descomponga la biomasa en el depósito de descarga,
- (vi) llevar el vapor desde el primer depósito de descarga de presión hasta el depósito de precalentamiento,
- (vii) llevar la biomasa desde el primer depósito de descarga de presión hasta un segundo depósito de descarga de presión a una presión inferior que la presión en el primer depósito de descarga de presión, manteniendo una presión reducida en el segundo depósito de descarga de presión, de forma que la presión en el segundo depósito de descarga de presión sea del orden de 30 - 80 kPa abs,
- (viii) llevar el vapor desde el segundo depósito de descarga de presión hasta el depósito de precalentamiento y/o el reactor para el calentamiento de estos,
- (ix) llevar la biomasa tratada hasta una instalación corriente abajo para un tratamiento adicional.

La reducción de presión en la etapa (v) se encuentra preferentemente en el área de 200 - 1300 kPa y la reducción de presión en la etapa (vi) se encuentra preferentemente en el área de 40 - 160 kPa.

La presión en el reactor se encuentra, preferentemente, sea del orden de 400 - 1400 kPa abs.

La presión en el primer depósito de descarga de presión se encuentra, preferentemente, sea del orden de 120 - 200 kPa abs.

Preferentemente, el número de reactores secuenciales es de tres y la etapa (ii) tiene una duración de aproximadamente 15 minutos, la etapa (iv) tiene una duración de preferentemente aproximadamente 20 minutos y la etapa (v) tiene una duración de preferentemente aproximadamente 10 minutos.

5 El procedimiento está caracterizado, además, porque detiene el llenado del primer reactor e inmediatamente comienza el llenado del segundo reactor y cuando se llena el segundo reactor, comienza el llenado del tercer reactor y repite esta secuencia continuamente.

Los gases sin condensación son llevados desde el reactor hasta el depósito de precalentamiento y, por lo tanto, los gases sin condensación son llevados desde el depósito de precalentamiento hasta una etapa subsiguiente de tratamiento.

10 La invención también versa sobre un dispositivo para la hidrólisis térmica de biomasa, comprendiendo dicho dispositivo un depósito de precalentamiento para precalentar la biomasa hasta una temperatura deseada, uno o más reactores conectados con el depósito de precalentamiento y uno o más depósitos de descarga de presión conectados con el o los reactores para descargar la presión sobre la biomasa, estando caracterizado dicho dispositivo porque comprende un conducto de suministro de vapor que suministra vapor desde una fuente de suministro de vapor hasta los al menos dos reactores, un conducto que lleva la biomasa presurizada desde el o los reactores hasta una boquilla en el primer depósito de descarga de presión sin ninguna reducción sustancial de presión para descargar la presión de la biomasa desde el reactor y un conducto para suministrar vapor desde el depósito de descarga de presión hasta el depósito de precalentamiento, y un segundo depósito de descarga de presión conectado con el primer depósito de descarga de presión para descargar la presión de la biomasa desde el primer depósito de descarga de presión, manteniéndose dicho segundo depósito de descarga de presión a una presión reducida y estando conectado con el depósito de precalentamiento con un conducto para devolver vapor desde el segundo depósito de descarga de presión hasta el depósito de precalentamiento.

25 El depósito de precalentamiento está conectado, preferentemente, con un ciclo de bomba de agitación para recircular la biomasa precalentada, para que el conducto de retorno de vapor desde el segundo depósito de descarga de presión esté conectado con el ciclo de bomba de agitación por medio de un eyector y/o para que el conducto de retorno de vapor desde el segundo depósito de descarga de presión esté conectado por medio de un eyector con el conducto de suministro de vapor para suministrar vapor al reactor o a los reactores.

30 El conducto de retorno de vapor desde el segundo depósito de descarga de presión está conectado con uno o más compresores para la compresión del vapor desde el segundo depósito de descarga de presión y lleva el vapor comprimido hasta el depósito de precalentamiento y/o el o los reactores.

Al menos dos reactores están conectados con el depósito de precalentamiento con un conducto para gases sin condensación y el depósito de precalentamiento comprende un conducto para llevar los gases sin condensación hasta una instalación corriente abajo de tratamiento.

35 El primer depósito de descarga de presión comprende, preferentemente, una o más boquillas para suministrar biomasa hidrolizada desde el al menos un reactor para lograr la descarga máxima de presión y la desintegración de la biomasa.

Breve descripción de los dibujos

La Figura 1 muestra de manera esquemática una realización del sistema según la presente invención.

La Figura 2 es un diagrama del proceso que muestra ejemplos de tiempos de ciclo para las diferentes operaciones del sistema y el procedimiento según la presente invención.

40 La Figura 3 muestra una realización de una boquilla que puede ser usada en el sistema según la presente invención.

Descripción detallada de realizaciones preferentes

Según se muestra de manera esquemática en la figura 1, la biomasa con un contenido típico de materia seca del 5-30% (1) es bombeada al interior del depósito 2 de precalentamiento y precalentada por medio del vapor (10, 23) de retorno desde un primer depósito 9 de descarga de presión y un segundo depósito 20 de descarga de presión. La biomasa es bombeada, después, por medio de un conducto 3 hasta el reactor 5. El vapor es suministrado al reactor 5 durante el llenado de la biomasa, y después del mismo, para calentar este hasta una temperatura deseada. La presión en el reactor 5 se iguala a la presión de saturación del agua a la misma temperatura. Después del tiempo deseado de procesamiento, se abre la válvula inferior 7 en el reactor 5 y se sopla la biomasa hidrolizada hacia el interior del primer depósito 9 de descarga de presión por medio de un conducto 24. En el extremo del conducto 24 entre el reactor 5 y el primer depósito 9 de descarga de presión es una boquilla robusta 8 que asume la mayoría de la caída de presión de la presión del reactor (normalmente 400 - 1400 kPa abs) a la presión del primer depósito 9 de descarga de presión (normalmente 120 - 200 kPa abs). Por lo tanto, se garantiza una expansión muy rápida y potente del vapor, lo que lleva a una desintegración muy eficaz de las estructuras celulares de la biomasa.

El vapor instantáneo del primer depósito 9 de descarga de presión es llevado a la fase líquida en el depósito 2 de precalentamiento por medio del conducto 10 de vapor y una boquilla 11 de vapor para la recuperación de la energía. La boquilla 11 de vapor garantiza una buena mezcla del vapor y del líquido para la recuperación de la energía en el líquido. Por lo tanto, la presión en el depósito 2 de precalentamiento se equilibra con la presión en el primer depósito 9 de descarga de presión. La biomasa del primer depósito 9 de descarga de presión fluye hacia el interior de un segundo depósito 20 de descarga de presión por medio de una boquilla 13 que garantiza gotitas y una gran área superficial para la descarga máxima de presión y, además, enfría la biomasa. El vapor instantáneo del segundo depósito 20 de descarga de presión es llevado hacia el reactor 5 y/o hacia el depósito 2 de precalentamiento para recuperar energía. Se mantiene la presión baja en el segundo depósito 20 de descarga de presión (presión reducida) con la ayuda de eyectores de vapor que garantizan la presión necesaria de succión. Un eyector 17 accionado por vapor comprime parte del vapor desde el segundo depósito 20 de descarga de presión y lo lleva al interior del reactor 5. Por lo tanto, se reduce la necesidad de vapor fresco en el reactor 5 una cantidad correspondiente. Un eyector 18 accionado por líquido está conectado con la agitación 22 de la bomba del depósito 2 de precalentamiento y comprime el resto del vapor del segundo depósito 20 de descarga de presión y lo lleva al interior del depósito 2 de precalentamiento para recuperar energía. El eyector accionado por líquido puede colocarse, posiblemente, en el conducto 3 que lleva la biomasa hacia los reactores. Esto posibilitará el calentamiento adicional de la biomasa en el reactor. La biomasa del segundo depósito 20 de descarga de presión puede, por ejemplo, ser bombeada hasta un depósito subsiguiente de degradación (no mostrado). Dado que el segundo depósito 20 de descarga de presión tiene una presión reducida, se requiere una elevación de la superficie líquida en el segundo depósito 20 de descarga de presión para garantizar una presión suficiente de succión en las bombas 16 que también suministran la biomasa hasta un depósito subsiguiente de degradación (no mostrado).

Según otra realización de la presente invención solamente hay un único depósito 9 de descarga de presión.

También se muestra un conducto 21 de retorno para los gases sin condensación en la figura 1. Los gases sin condensación de los reactores 5 son devueltos al depósito 2 de precalentamiento. Se llevan los gases sin condensación desde el depósito 2 de precalentamiento por un conducto 25 hasta un digestor corriente abajo.

En la realización de la presente invención mostrada en la fig. 1, se proporcionan tres reactores 5 acoplados en paralelo. Por supuesto, el número de reactores puede ser diferente de este. Con los tres reactores, se puede lograr un llenado continuo de los reactores.

La Figura 2 muestra de forma esquemática un ejemplo de cómo el ciclo de llenado, de retención y de vaciado de los tres reactores está desplazado en fase para garantizar el consumo constante de vapor, el tiempo corto de ciclo y el retorno del vapor con máxima uniformidad posible desde el depósito de descarga de presión hasta el depósito de precalentamiento. Un primer reactor 5A es llenado con biomasa precalentada desde el depósito 2 de precalentamiento y se suministra vapor hasta que se alcance la presión y la temperatura deseadas. Después, se mantiene la biomasa en el reactor 5A mientras se llena el reactor 5B. Tan pronto como se llena el reactor 5B, comienza el llenado del reactor 5C. Tras el tiempo deseado de retención en el reactor 5A, se abre la válvula 7 en la parte inferior del reactor 5A y se lleva la biomasa hacia el interior del depósito 9 de descarga de presión, en el que se produce una descarga muy rápida de presión lo que desgarrar la estructura celular de la biomasa hidrolizada. Después de que se haya vaciado el reactor 5, se detiene el llenado del reactor 5C y vuelve a comenzar el llenado del reactor 5A, al mismo tiempo que se detiene el suministro de la biomasa desde el depósito de precalentamiento hasta el reactor 5C. Este ciclo es repetido continuamente.

Con este procedimiento, se produce una transferencia aproximadamente continua de biomasa desde el depósito 2 de precalentamiento hasta los reactores 5.

La Figura 3 muestra una forma típica de la boquilla en el primer depósito de descarga de presión, que garantiza la explosión máxima de vapor y la desintegración de la biomasa. Es factible el uso de más de una boquilla en el depósito de descarga de presión. La boquilla descrita en más detalle en la solicitud de patente de los inventores presentada al mismo tiempo que la presente solicitud.

Aunque se describa aquí el retorno del vapor por medio de eyectores, es posible acumular vapor a baja presión desde el segundo depósito 20 de descarga de presión mediante otros procedimientos, tal como compresores anulares de líquido o compresores de gas.

REIVINDICACIONES

1. Un procedimiento para la hidrólisis térmica y la explosión de vapor de biomasa, comprendiendo dicho procedimiento las siguientes etapas:
 - (i) alimentar la biomasa de forma aproximadamente continua hasta una primera etapa de precalentamiento y calentar la biomasa,
 - (ii) llevar la biomasa precalentada de forma secuencial hasta al menos dos reactores,
 - (iii) calentar y presurizar el o los reactores mediante el suministro de vapor,
 - (iv) mantener el o los reactores a una temperatura y una presión dadas durante un tiempo dado,
 - (v) llevar la biomasa calentada y presurizada desde el o los reactores hasta un primer depósito de descarga de presión por medio de una boquilla sin ninguna reducción sustancial de la presión del reactor entre el o los reactores y la boquilla, antes de descargar la presión de la biomasa rápidamente con la ayuda de la boquilla, de forma que se descomponga la biomasa en el depósito de descarga,
 - (vi) llevar el vapor desde el primer depósito de descarga de presión hasta el depósito de precalentamiento,
 - (vii) llevar la biomasa desde el primer depósito de descarga de presión hasta un segundo depósito de descarga de presión a una presión inferior que la presión en el primer depósito de descarga de presión, manteniendo una presión reducida en el segundo depósito de descarga de presión, de forma que la presión en el segundo depósito de descarga de presión sea del orden de 30 - 80 kPa abs,
 - (viii) llevar el vapor desde el segundo depósito de descarga de presión hasta el depósito de precalentamiento y/o el reactor para el calentamiento de estos,
 - (ix) llevar la biomasa tratada hasta una instalación corriente abajo para un tratamiento adicional.
2. El procedimiento según la reivindicación 1, **caracterizado porque** la reducción de presión en la etapa (v) se encuentra en el área de 200 - 1300 kPa y la reducción de presión en la etapa (vi) se encuentra en el área de 40 - 160 kPa.
3. El procedimiento según la reivindicación 1 o 2, **caracterizado porque** la presión en el reactor es del orden de 400 - 1400 kPa.
4. El procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones precedentes, **caracterizado porque** la presión en el primer depósito de descarga de presión es del orden de 120 - 200 kPa abs.
5. El procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones precedentes, **caracterizado porque** el número de reactores secuenciales es tres y porque la etapa (ii) tiene una duración de aproximadamente 15 minutos, la etapa (iv) tiene una duración de aproximadamente 20 minutos y la etapa (v) tiene una duración de aproximadamente 10 minutos.
6. El procedimiento según la reivindicación 5, **caracterizado porque** cuando se detiene el llenado del primer reactor comienza inmediatamente el llenado del segundo reactor y cuando el segundo reactor está lleno, comienza el llenado del tercer reactor y se repite esta secuencia continuamente.
7. El procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones precedentes, **caracterizado porque** los gases sin condensación son llevados de vuelta desde el reactor hasta el depósito de precalentamiento y, después, los gases sin condensación son llevados desde el depósito de precalentamiento hasta una etapa subsiguiente de tratamiento.
8. Un dispositivo para la hidrólisis térmica de biomasa, comprendiendo dicho dispositivo un depósito (2) de precalentamiento para precalentar la biomasa (1) hasta una temperatura deseada, dos o más reactores (5) conectados con el depósito de precalentamiento y uno o más depósitos (9, 20) de descarga de presión conectados con el o los reactores para descargar la presión sobre la biomasa, **caracterizado porque** el dispositivo comprende un conducto (6) de suministro de vapor que suministra vapor desde una fuente de suministro de vapor hasta los al menos dos reactores (5), un conducto (24) que lleva la biomasa presurizada desde el o los reactores (5) hasta una boquilla (8) en el primer depósito (9) de descarga de presión, sin la reducción esencial de presión para descargar la presión sobre la biomasa desde el reactor (5) y un conducto (10) para suministrar vapor desde el primer depósito (9) de descarga de presión hasta el depósito (2) de precalentamiento y un segundo depósito (20) de descarga de presión conectado con el primer depósito (9) de descarga de presión para descargar la presión sobre la biomasa desde un primer depósito (9) de descarga de presión, manteniéndose dicho segundo depósito (20) de descarga de presión con una presión reducida y estando conectado con el depósito (2) de precalentamiento con un conducto (23) para devolver el vapor desde el segundo depósito (20) de descarga de presión hasta el depósito (2) de precalentamiento.
9. El dispositivo según la reivindicación 8, **caracterizado porque** el depósito (2) de precalentamiento se encuentra conectado con un ciclo (3) de bomba de agitación para la recirculación de la biomasa precalentada, **porque** el conducto (23) de retorno del vapor desde el segundo depósito (20) de descarga de presión se encuentra conectado con el circuito (3) de bomba de

agitación por medio de un eyector (18) y/o **porque** el conducto (23) de retorno del vapor desde el segundo depósito (20) de descarga de presión se encuentra conectado por medio de un eyector (17) con el conducto (6) de suministro de vapor para suministrar vapor al o a los reactores (5).

- 5 10. El dispositivo según la reivindicación 8,
caracterizado porque el conducto (23) de retorno del vapor desde el segundo depósito de descarga de presión está conectado con uno o más compresores para la compresión del vapor desde el segundo depósito (20) de descarga de presión y lleva el vapor comprimido hacia el depósito (2) de precalentamiento y/o los reactores (5).
- 10 11. El dispositivo según cualquiera de las reivindicaciones 8-10,
caracterizado porque al menos dos rectores (5) están conectados con el depósito (2) de precalentamiento con un conducto (21) para los gases sin condensación y **porque** el depósito (2) de precalentamiento engloba un conducto (25) para llevar los gases sin condensación hacia una instalación corriente abajo de tratamiento.
- 15 12. El dispositivo según cualquiera de las reivindicaciones 8-11,
caracterizado porque el primer depósito (9) de descarga de presión comprende una o más boquillas (8) para el suministro de la biomasa hidrolizada desde el al menos un reactor (5) para lograr la descarga máxima de presión y la desintegración de la biomasa.

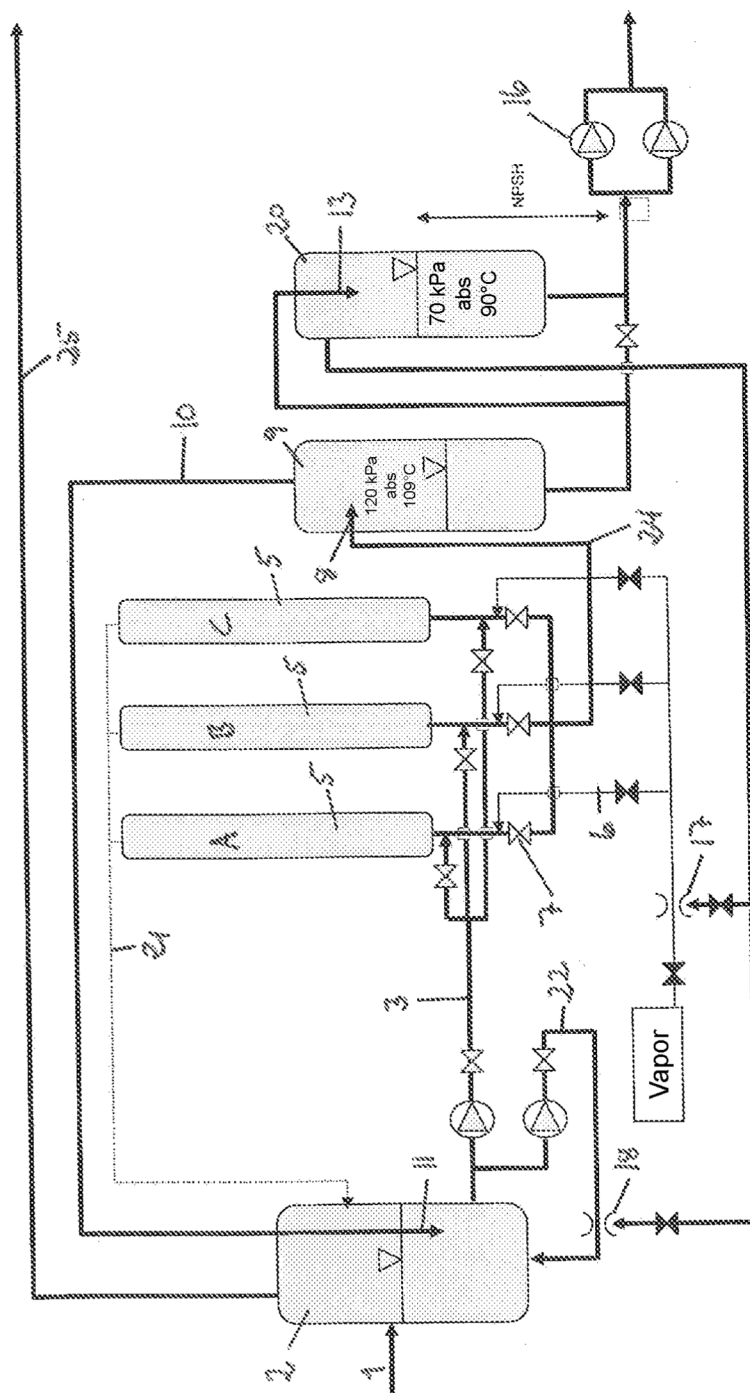


fig.1

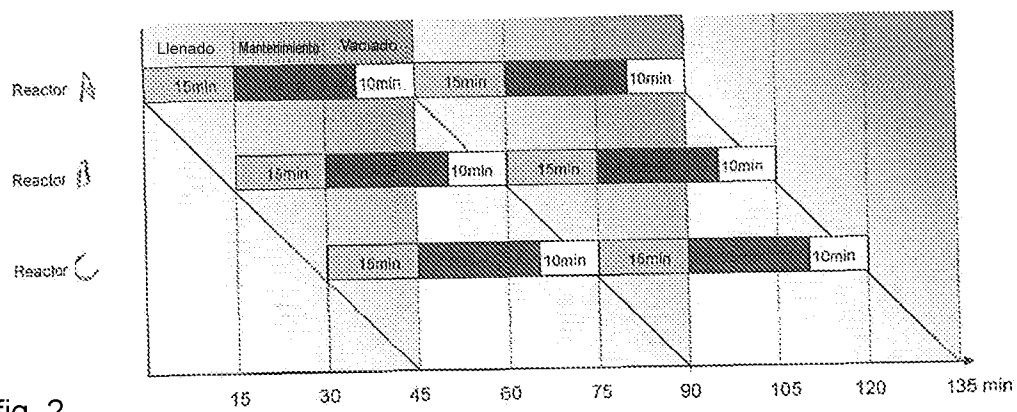


fig. 2

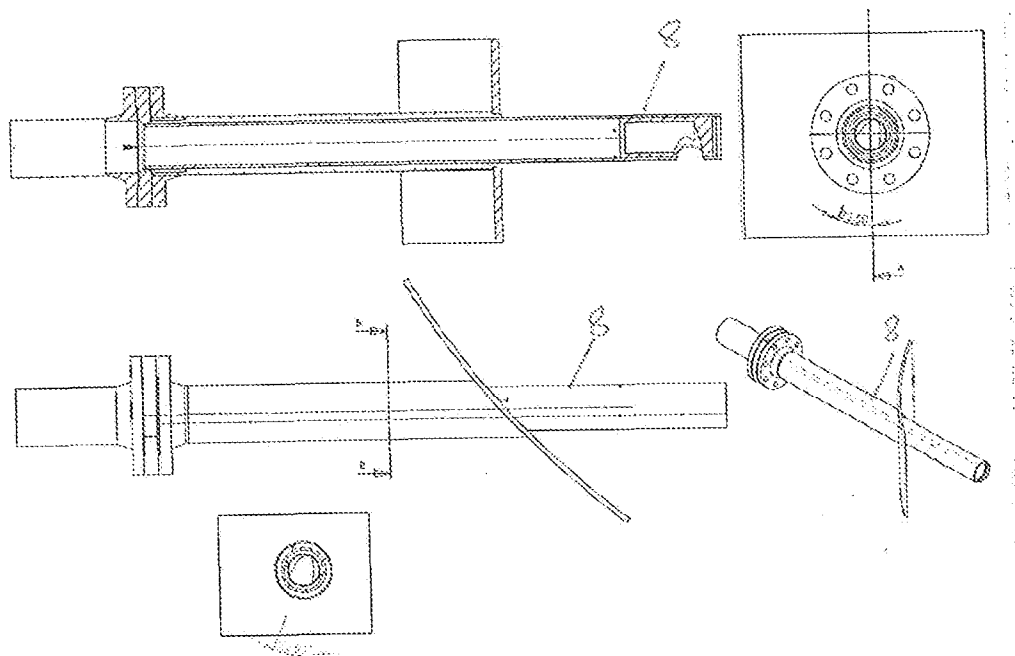


fig. 3