

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 662 349**

51 Int. Cl.:

**B01J 3/00** (2006.01)

**C02F 11/04** (2006.01)

**C02F 11/18** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **07.02.2014 PCT/NO2014/000017**

87 Fecha y número de publicación internacional: **14.08.2014 WO14123426**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **07.02.2014 E 14749603 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **13.12.2017 EP 2953907**

54 Título: **Procedimiento para el pretratamiento térmico de material orgánico para la conversión a energía**

30 Prioridad:

**07.02.2013 NO 20130207**

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

**06.04.2018**

73 Titular/es:

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

72 Inventor/es:

**SOLHEIM, ODD, EGIL y  
NILSEN, PÅL JAHRE**

74 Agente/Representante:

**LÓPEZ CAMBA, María Emilia**

ES 2 662 349 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 para el pretratamiento térmico de material orgánico para la conversión a energía

- 5 La presente invención se refiere a un procedimiento para el pretratamiento térmico de material orgánico, en particular biomasa para, la conversión a energía.

10 En el proceso interno, la energía térmica solo se usa para el transporte de biomasa. El nuevo procedimiento da acceso a un tiempo de ciclo considerablemente más corto y esencialmente a una mejor utilización del volumen del reactor de hidrólisis con respecto a la técnica anterior. El procedimiento elimina el uso de bombas e instrumentación de nivel y de ese modo reduce considerablemente el coste y el mantenimiento. El procedimiento conlleva un nuevo sistema para el suministro de biomasa nueva al tanque de precalentamiento que mejora la recuperación de energía. Un objetivo principal de la presente invención es reducir la cantidad de tubos y válvulas que estén sometidos al desgaste y también eliminar la necesidad de bombas para la transferencia de biomasa entre los tanques de procesos o para la exportación para la conversión a energía aguas abajo.

15 La hidrólisis térmica y la explosión de vapor es un procedimiento conocido para descomponer biomasa de manera que se adapte mejor a los procesos biológicos para la conversión a energía, como, por ejemplo, la digestión para la biomasa. El tratamiento de biomasa con altas temperaturas se produce más a menudo por el suministro de vapor a alta presión, habitualmente de 4-20 bares relativos. Esto puede requerir un consumo de energía, particularmente si la biomasa tiene un bajo contenido de materia seca como lodo de aguas residuales. Para reducir la demanda de energía es importante recuperar tanto calor como sea posible en el proceso. También puede ser efectivo tratar la biomasa en un contenido de materia seca más alto deshidratándola primero. La biomasa con un alto contenido de materia seca es difícil de transportar en el equipo de procesamiento. Se requieren grandes dimensiones y soluciones sólidas. La presente invención sólo usa energía de presión térmica para el transporte de la biomasa y de ese modo reduce el riesgo de bloqueos o desgaste en el sistema.

20 Hay diversos procedimientos patentados que describen ambos procesos por lotes y continuo para la hidrólisis térmica. El tratamiento por lotes de biomasa ofrece una esterilización y desinfección aceptables para poder documentar el tiempo de permanencia requerido a alta temperatura. Esto es diferente de los procesos continuos que no pueden documentar que toda la biomasa se haya mantenido el tiempo suficiente a la temperatura correcta. El calentamiento de la biomasa debería tener lugar con la adición de vapor nuevo. La temperatura de hidrólisis, la temperatura a la que se trata la biomasa, normalmente puede estar relacionada con la presión de saturación del vapor en el reactor de hidrólisis. Después del tratamiento térmico, una reducción de presión rápida y completa de la biomasa es importante para el valor de uso del proceso. Con una reducción de presión rápida una explosión de vapor tendrá lugar en la biomasa cuando el agua pase a ser vapor. De ese modo, la biomasa se desintegra y se consiguen las características requeridas de la biomasa, como el menor tamaño de partícula, una desintegración de la membrana celular y una viscosidad inferior.

30 En particular, hay dos procedimientos para la hidrólisis térmica por lotes que son conocidos.

35 El documento WO96/09882 (Solheim) describe un proceso energético eficiente en el que la biomasa es precalentada en un tanque de precalentamiento con la ayuda de vapor reciclado de un proceso aguas abajo en un tanque de precalentamiento antes de que la masa sea bombeada a uno de diversos reactores de hidrólisis paralelos. Se suministra vapor nuevo a la biomasa para el calentamiento y se mantiene a una temperatura y presión especificadas en el reactor de hidrólisis durante el tiempo requerido. Después de eso, se alivia la presión del reactor de hidrólisis y el vapor se lleva de vuelta al tanque de precalentamiento para la recuperación de energía. Cuando la presión en el reactor de hidrólisis ha descendido a un nivel requerido (habitualmente de 2-4 bares absolutos), se cierra el retorno de vapor del reactor de hidrólisis al tanque de precalentamiento. Después de eso la biomasa se extrae a un tanque de reducción de presión a una baja presión (habitualmente de 1,2 bares absolutos). La ventaja con este sistema es que se puede recuperar, a una presión relativamente baja en el tanque de reducción de presión, una gran parte de la energía en el reactor de hidrólisis después de completarse la hidrólisis térmica. La reducción de presión en el reactor de hidrólisis antes de que se extraiga al tanque de reducción de presión se describe como necesaria para reducir los problemas de corrosión en el sistema de tubos entre el reactor de hidrólisis y el tanque de reducción de presión.

40 El documento US-6.966.989 (Højsgaard) no usa un tanque de precalentamiento en contraste con Solheim, pero tiene reactores de hidrólisis en paralelo que también operan como tanques de precalentamiento. Esto se consigue en cuanto a que se alivia la presión de un reactor de hidrólisis a alta presión dejando que el vapor pase a un reactor de hidrólisis en espera a una baja temperatura. Cuando se ha igualado la presión en estos reactores de hidrólisis, se corta la transferencia de vapor y la biomasa hidrolizada en el reactor de hidrólisis se extrae a un tanque de reducción a baja presión. No hay ninguna descripción de la recuperación de energía del tanque de reducción de presión. Llenando un reactor de hidrólisis de vapor procedente de un segundo reactor de hidrólisis, no se baja mucho de presión y la recuperación de energía de ese modo no es óptima.

45 Común a los dos sistemas es el uso de bombas. Esto limita la capacidad y lleva a una mala utilización del volumen

del reactor de hidrólisis. La presente invención utiliza el volumen del reactor de hidrólisis mejor en cuanto a que el llenado tiene lugar con la ayuda de vacío y la gravedad en tubos cortos de una gran dimensión. Esto ofrece un llenado habitualmente diez veces más rápido que con el uso de una bomba. La parte del tiempo total en la que el reactor de hidrólisis está activo de ese modo será mayor en el presente sistema que para otros procedimientos conocidos para hidrólisis por lotes.

Con un llenado tan rápido es difícil controlar el proceso para obtener el nivel requerido en el reactor de hidrólisis. Los instrumentos de medición de nivel tradicionales están sometidos a un ruido de proceso considerable en tales situaciones. Las válvulas de control grandes también son muy lentas para poder controlar tales procesos de llenado rápido. En la presente invención se incluye un procedimiento para garantizar el nivel correcto, que incluye limitaciones geométricas simples y un análisis de una señal de presión de alta frecuencia.

La eficiencia energética de Solheim es algo mayor que para el sistema de Højsgaard ya que la presión en el tanque de reducción de presión es algo menor. Pero la presión en el tanque de reducción de presión de Solheim nunca es inferior a la altura de líquido requerida en el tanque de precalentamiento que garantiza la condensación y la recuperación de energía de vapor de retorno, habitualmente de 1,2-1,3 bares. La presente invención mejora esta situación con la ayuda de una línea de retorno de vapor específica desde el tanque de reducción de presión de la fase de vapor en el tanque de precalentamiento y un mecanismo de entrada para biomasa nueva fría que garantiza la condensación óptima del vapor de retorno. La presión en el tanque de reducción de presión puede, de este modo, pasar a ser tan baja como de 0,3-0,5 bares habitualmente, algo que lleva a una recuperación de energía aumentada y a un consumo total inferior de vapor.

Un procedimiento y un dispositivo para el tratamiento de biomasa mediante el uso de hidrólisis térmica se conocen del documento WO-03/043939. La biomasa es precalentada en una etapa de precalentamiento, después de lo cual el calentamiento tiene lugar con el uso de vapor nuevo y con vapor flash procedente de un tanque de reducción de presión.

El documento US2012111515 (Solheim y col.) describe un proceso para hidrólisis térmica y explosión de vapor de biomasa que tiene un contenido de materia seca de por ejemplo el 5 %, con una etapa de precalentamiento en un tanque de precalentamiento, una etapa de hidrólisis en un reactor de hidrólisis, y un tanque de reducción de presión, donde el vapor flash procedente del tanque de reducción de presión se recicla al tanque de precalentamiento con el fin de precalentar la biomasa. Sin embargo, esta publicación no describe el modo en el que se llena el reactor de hidrólisis y cómo se optimiza la recuperación de vapor flash.

El objetivo y ventajas antes mencionados se obtienen con respecto a la presente invención mediante un procedimiento para el pretratamiento térmico de material orgánico, particularmente biomasa, para la conversión a energía, en el que dicho procedimiento, que es según la reivindicación 1, comprende una primera etapa de precalentamiento con un tanque de precalentamiento, una etapa de hidrólisis con un reactor de hidrólisis y una etapa de reducción de presión con un tanque de reducción de presión, comprendiendo además las siguientes etapas:

- en la etapa de precalentamiento, suministrar material orgánico con un contenido de materia seca del 5 – 40 %, preferentemente del 10 – 25 % a un tanque de precalentamiento, y calentar el material orgánico en el tanque de precalentamiento con vapor flash procedente del tanque de reducción de presión;
- proporcionar un vacío en el reactor de hidrólisis mediante el suministro de agua fría en el reactor de hidrólisis;
- abrir una válvula de suministro entre el tanque de precalentamiento y el reactor de hidrólisis, y transferir el material orgánico calentado del tanque de precalentamiento al reactor de hidrólisis con la ayuda de un vacío y la gravedad, de manera que el reactor de hidrólisis se llene esencialmente por completo;

suministrar vapor a la parte de arriba del reactor de hidrólisis de manera que un excedente de material orgánico fluya de vuelta del reactor de hidrólisis al tanque de precalentamiento a través de un tubo equipado con una válvula, conectando dicho tubo el tanque de precalentamiento con el reactor de hidrólisis, introduciéndose dicho tubo una distancia hacia abajo en el reactor de hidrólisis, definiendo el extremo inferior de dicho tubo el nivel de llenado requerido en el reactor de hidrólisis;

- medir la presión en el reactor de hidrólisis con la ayuda de un sensor de presión sensible de alta frecuencia que mide la presión y analiza las oscilaciones de presión en el reactor de hidrólisis para detectar cuándo se alcanza el nivel de llenado requerido en el reactor de hidrólisis;
- cerrar la válvula de suministro entre el reactor de hidrólisis y el tanque de precalentamiento;
- suministrar nuevo material orgánico al tanque de precalentamiento,
- calentar el material orgánico en el reactor de hidrólisis mediante el suministro de vapor y mantener la temperatura deseada durante un periodo de tiempo suficiente,
- abrir una válvula de extracción entre el reactor de hidrólisis y el tanque de reducción de presión y transferir el material orgánico tratado del reactor de hidrólisis al tanque de reducción de presión y obtener una explosión de vapor como consecuencia de la diferencia de presión entre el reactor de hidrólisis y el tanque de reducción de presión;
- llevar el vapor flash que se libera en la explosión de vapor en la etapa anterior a través de una línea de retorno de

vapor a por debajo del nivel de líquido en el tanque de precalentamiento y recuperar el calor mediante una condensación de vapor en el material orgánico en el tanque de precalentamiento,

5 - cerrar la línea de retorno de vapor y abrir una línea de retorno de vapor del tanque de reducción de presión a por encima del nivel de líquido en el tanque de precalentamiento para reducir aún más la diferencia de presión entre el tanque de reducción de presión y el tanque de precalentamiento más allá de la presión que representa la columna de líquido en el tanque de precalentamiento.

Características ventajosas adicionales del procedimiento se ofrecen en las reivindicaciones dependientes.

10 La invención se describirá en más detalle a continuación con la ayuda de un ejemplo de forma de realización con referencia a las figuras anexas, en las que

La Fig. 1 muestra esquemáticamente una forma de realización de un dispositivo para el uso con el procedimiento para el pretratamiento de material orgánico para la conversión a energía según la invención;

15 La Fig. 2 muestra un ejemplo de una señal de presión mediante el retorno de excedente de material orgánico del reactor de hidrólisis al tanque de precalentamiento; y

La Fig. 3 muestra esquemáticamente un ejemplo de la secuencia.

20 La figura 1 muestra esquemáticamente una forma de realización de un dispositivo para el uso en el procedimiento para el pretratamiento de material orgánico según la presente invención.

Tres tanques están conectados en serie; un tanque de precalentamiento 4, un reactor de hidrólisis 5 y un tanque de reducción de presión 6. El volumen del tanque de precalentamiento 4 y el tanque de reducción de presión 6 es habitualmente el doble de grande del volumen del reactor de hidrólisis 5. El tanque de precalentamiento 4 y el reactor de hidrólisis 5 se pueden situar directamente uno encima del otro para reducir los tubos a un mínimo y usar la gravedad para la transferencia de la biomasa de un tanque al otro. De forma alternativa, el tanque de precalentamiento 4 se puede situar esencialmente en paralelo con el eje vertical del reactor de hidrólisis 5. Los tanques se pueden aislar con las válvulas. Es posible suministrar vapor al reactor de hidrólisis 5 y al tanque de reducción de presión 6. Hay dos líneas de retorno de vapor del tanque de reducción de presión 6 al tanque de precalentamiento 4 para recuperar la energía térmica suministrada en el reactor de hidrólisis 5 mediante hidrólisis térmica. Hay un tubo de exportación de gas del tanque de precalentamiento a la línea de exportación 13 para material orgánico. Un mecanismo de entrada 15 que deshace el material orgánico se halla en el tanque de precalentamiento 4, y suministra éste con un área superficial grande.

35 Material orgánico 1, por ejemplo biomasa, con un contenido de materia seca del 5-40 %, preferentemente del 10-25 %, se bombea a un tanque de precalentamiento 4, posiblemente a través de un dispositivo 15 que aumenta la superficie de contacto entre la biomasa y el vapor en el tanque de precalentamiento 4, y es precalentado por vapor flash procedente de un tanque de reducción de presión 6, a 80-100 °C. Tras un calentamiento suficiente la biomasa se lleva después de eso a un reactor de hidrólisis 5. Esto se lleva a cabo generando un vacío en el reactor de hidrólisis antes de que se abra la válvula de llenado 7 entre el tanque de precalentamiento 4 y el reactor de hidrólisis 5. El vacío se genera condensando el vapor que permanece en el reactor de hidrólisis 5 después del vaciado anterior de biomasa del reactor de hidrólisis 5 al tanque de reducción de presión 6. La condensación de vapor tiene lugar inyectando agua fría 2A en la parte de arriba del reactor de hidrólisis 5. (Habitualmente, 50 litros podrán condensar todo el vapor y generar un vacío completo). El tanque de precalentamiento 4 se puede situar directamente por encima del reactor de hidrólisis 5, en el eje vertical del reactor de hidrólisis 5 o bien en paralelo con él. Cuando se abre la válvula de llenado 7 el vacío en el reactor de hidrólisis 5 y la presión de la columna de líquido en el tanque de precalentamiento 4 darán como resultado una transferencia muy rápida de la biomasa del tanque de precalentamiento 4 al reactor de hidrólisis 5. Un tiempo de llenado típico es de 10-180 segundos, preferentemente de 20-40 segundos. Esto es mucho más rápido que otras soluciones conocidas. Tradicionalmente se usan válvulas de control e instrumentos de medición de nivel para el control del volumen del reactor de hidrólisis. Esto no es posible para tal llenado rápido, como con este aparato. El nivel correcto se garantiza en la presente invención de un modo diferente.

El reactor de hidrólisis 5 se llena completamente. Esto en principio no se deseará ya que debe haber algún espacio para vapor nuevo que se condense durante el calentamiento posterior de la biomasa en el reactor de hidrólisis 5, habitualmente el 10-30 % del volumen del reactor de hidrólisis. Esto se soluciona en la presente invención en cuanto a que el tubo de llenado 16 del tanque de precalentamiento 4 al reactor de hidrólisis 5 termina en una altura definida en el interior del reactor de hidrólisis. Esta altura define el volumen de llenado deseado en el reactor de hidrólisis 5 antes de que comience el calentamiento de la biomasa. El volumen de expansión necesario por encima de la biomasa se garantiza entonces suministrando vapor nuevo 3A en la parte de arriba del reactor de hidrólisis 5 mientras la válvula de llenado 7, entre el tanque de precalentamiento 4 y el reactor de hidrólisis 5, aún está abierta. De ese modo el excedente de biomasa fluye de vuelta al tanque de precalentamiento 4 antes de que la válvula de llenado 7 entre los tanques se cierre.

65 Este volumen se puede proporcionar alternativamente mediante una válvula montada en el lateral y una línea externa al tanque de precalentamiento 4.

La presente invención minimiza el uso de vapor para el control de nivel del reactor de hidrólisis 5. El excedente de biomasa está fuera del reactor de hidrólisis 5 y la válvula de llenado 7 se cierra cuando un sensor de presión sensible de alta frecuencia (no mostrado en las figuras) en el reactor de hidrólisis 5 indica que se ha dejado salir el vapor fuera del reactor de hidrólisis y subir por el tubo de llenado 16 al tanque de precalentamiento 4. Esto se detecta por las oscilaciones de presión cuando las burbujas de vapor del reactor de hidrólisis 5 se condensan y caen en el tubo de llenado. Un registro de alta frecuencia de la presión en el reactor de hidrólisis conectado con un análisis de las oscilaciones de presión se usan para determinar que se ha alcanzado el nivel requerido en el reactor de hidrólisis 5. De este modo se elimina la necesidad de instrumentación de medición de nivel compleja en el reactor de hidrólisis 5.

La figura 2 muestra una señal de presión típica en el retorno de excedente de biomasa del reactor de hidrólisis 5 al tanque de precalentamiento 4. La presión aumenta rápidamente en la fase de inicio (mostrado por I en la fig. 2) cuando el vapor acelera la biomasa del reactor de hidrólisis 5 hacia arriba por el tubo de llenado 16. El lodo empieza a fluir de vuelta al tanque de precalentamiento 4. La presión aumenta de forma más uniforme (mostrado por II en la fig. 2), mientras la biomasa es retornada al tanque de precalentamiento 4 y la presión estática entre el reactor de hidrólisis y el tanque de precalentamiento aumenta en cuanto a que el nivel de líquido en el tanque de precalentamiento 4 aumenta y el nivel de líquido en el reactor de hidrólisis 5 disminuye.

Cuando el nivel de líquido en el reactor de hidrólisis 5 desciende hasta el extremo del tubo de llenado 16, el vapor de la parte de arriba del reactor de hidrólisis subirá por el tubo de llenado al tanque de precalentamiento. Este vapor se eleva a biomasa más fría y se condensará. Esto crea mayores pulsos de presión (mostrado por III en la fig. 2). Estos pulsos indican que el reactor de hidrólisis 5 tiene el nivel de líquido correcto antes de que pueda empezar el calentamiento de la biomasa.

La biomasa en el reactor de hidrólisis 5 se calienta hasta la presión de hidrólisis deseada, habitualmente de 3-16 bares, preferentemente de 3-7 bares para el tratamiento de lodo de aguas residuales y residuos orgánicos húmedos, preferentemente de 10-12 bares para el tratamiento de biomasa que contenga priones y preferentemente de 12-16 bares para el tratamiento de biomasa que contenga lignocelulosa, mediante el suministro de vapor nuevo 3B al reactor de hidrólisis 5, y se mantiene después de eso a esta presión durante un tiempo predeterminado, habitualmente 20-30 minutos para el tratamiento de lodo de aguas residuales y residuos orgánicos húmedos, preferentemente 60-120 minutos para el tratamiento de biomasa que contenga priones y preferentemente 5-20 minutos para el tratamiento de biomasa que contenga lignocelulosa. Después de eso, la válvula de extracción 10 se abre y la biomasa se extrae del reactor de hidrólisis 5 a alta presión al tanque de reducción de presión 6 a baja presión. De ese modo tiene lugar una explosión de vapor en la biomasa. El vapor flash que se libera en la explosión de vapor en el tanque de reducción de presión 6 se lleva de vuelta a por debajo del nivel de líquido en el tanque de precalentamiento 4 a través de un tubo de reducción de presión 9. El excedente de calor del tanque de reducción de presión 6 se recupera mediante la condensación de vapor en la biomasa en el tanque de precalentamiento 4.

Después de que se haya vaciado el reactor de hidrólisis 5, la válvula de extracción 10 se cierra y está preparado para un nuevo llenado del reactor de hidrólisis 5.

Una ventaja con un sistema de reactor de una sola hidrólisis es que se puede usar el tanque de precalentamiento 4 y el tanque de reducción de presión 6 para otros fines mientras el reactor de hidrólisis 5 está lleno de biomasa para la hidrólisis térmica. Tan pronto como se cierre la válvula de extracción 10 y la presión entre el tanque de reducción de presión 6 y el tanque de precalentamiento 4 esté en equilibrio a través de la línea de retorno de vapor 9, ésta se cierra y una línea de retorno de vapor 11 se abre del tanque de reducción de presión 6 a la fase de gas en el tanque de precalentamiento 4. De ese modo, la diferencia de presión entre el tanque de reducción de presión 6 y el tanque de precalentamiento 4 se puede reducir más allá de la presión que representa la columna de líquido en el tanque de precalentamiento 4, esto ofrece una mayor reducción típica de 0,1-0,2 bares. Esto significa que la presión en el tanque de reducción de presión 6 es independiente del nivel de líquido en el tanque de precalentamiento 4. Cuanto más baja sea la presión en el tanque de reducción de presión 6, más baja será la temperatura de la biomasa que sale del tanque de reducción de presión 6. Al mismo tiempo que se abre la línea de retorno de vapor 11, se bombea nueva biomasa 1 a la parte de arriba del tanque de precalentamiento 4. Esta biomasa es fría, habitualmente de 5-40 °C. El vapor en el tanque de precalentamiento 4 se condensa en la nueva biomasa, la biomasa se precalienta y reduce aún más la presión en el tanque de precalentamiento 4 y el tanque de reducción de presión 6. Ésta es una función importante para una eficiencia energética óptima.

Para optimizar la condensación de vapor en la nueva biomasa un dispositivo 15 se sitúa en el tanque de precalentamiento 4 que ofrece a la biomasa una superficie de contacto grande con la fase de gas en el tanque de precalentamiento 4. El dispositivo 15 deshace la biomasa en fragmentos de película finos o tiras.

El nivel en el tanque de reducción de presión 6 se debe reducir lo suficiente antes del próximo vaciado del reactor de hidrólisis 5. Esto tiene lugar cerrando la línea de retorno de vapor 11 y llenando vapor nuevo 3C en la fase de gas del tanque de reducción de presión 6. Cuando la presión es suficiente (habitualmente de 2-4 bares) para transportar la biomasa tratada al equipo aguas abajo deseado a través del tubo de salida 13, se abre la válvula de salida 12 y el nivel en el tanque de reducción de presión 6 se reduce al nivel mínimo requerido antes de que la válvula de salida 12

se cierre de nuevo.

5 Se liberan gases de proceso volátiles e inertes, los cuales se forman durante el pretratamiento térmico que tiene lugar en el reactor de hidrólisis 5. Estos gases se transportan a través del tanque de reducción de presión 6 al tanque de precalentamiento 4. Los gases de proceso se deben eliminar de la planta de hidrólisis para impedir la acumulación y la eficiencia reducida de la planta. Normalmente estos gases se enviarán para una degradación biológica a través del tubo de salida 13.

10 Antes de que se suministre nueva biomasa al tanque de precalentamiento 4, el gas de proceso del tanque de precalentamiento 4 se llevará al tubo de salida 13 a través del tubo de gas de proceso 14. Este tubo de gas de proceso 14 se abre cuando la presión en el tanque de precalentamiento 4 es suficientemente alta, habitualmente de 2-4 bares. La presión requerida se alcanza con el suministro de vapor nuevo 3C al tanque de reducción de presión 6. Cuando el gas de proceso se ha expulsado a través del tubo de gas de proceso 14, éste se cierra. La línea de retorno de vapor 11 se cierra.

15 Antes del próximo vaciado del reactor de hidrólisis 5 al tanque de reducción de presión 6, es importante que la presión en el tanque de precalentamiento 4 sea lo más baja posible para recuperar tanto vapor flash como sea posible. Esto se consigue mediante una condensación de vapor en el tanque de precalentamiento 4 inyectando agua fría 2B en éste. La baja presión en el tanque de precalentamiento 4, y de ese modo en el tanque de reducción de presión 6, da como resultado una cantidad aumentada de vapor flash procedente de la biomasa en el tanque de reducción de presión 6 y de ese modo la temperatura más baja posible de la biomasa en la salida 13.

20

La figura 3 muestra esquemáticamente un ejemplo de una secuencia típica para los tres tanques.

**REIVINDICACIONES**

1. Procedimiento para el pretratamiento térmico de material orgánico, en particular biomasa, para la conversión a energía, incorporando dicho procedimiento una primera etapa de precalentamiento con un tanque de precalentamiento (4), una etapa de hidrólisis con un reactor de hidrólisis (5) y una etapa de reducción de presión con un tanque de reducción de presión (6),

**caracterizado porque** el procedimiento comprende las siguientes etapas:

- 10 - en la etapa de precalentamiento, suministrar material orgánico (1) con un contenido de materia seca del 5 – 40 %, preferentemente del 10 – 25 % a un tanque de precalentamiento (4), y calentar el material orgánico (1) en el tanque de precalentamiento (4) con vapor flash procedente del tanque de reducción de presión (6),
- proporcionar un vacío en el reactor de hidrólisis (5) mediante el suministro de agua fría (2A) en el reactor de hidrólisis (5),
- 15 - abrir la válvula de suministro (7) entre el tanque de precalentamiento (4) y el reactor de hidrólisis (5), y transferir el material orgánico calentado del tanque de precalentamiento (4) al reactor de hidrólisis (5) con la ayuda de vacío y la gravedad, de manera que el reactor de hidrólisis (5) se llene esencialmente por completo,
- suministrar vacío (3a) a la parte de arriba del reactor de hidrólisis (5) de manera que un excedente de material orgánico fluya de vuelta del reactor de hidrólisis (5) al tanque de precalentamiento (4) a través de un tubo (16) equipado con una válvula (7), conectando dicho tubo (16) el tanque de precalentamiento (4) con el reactor de hidrólisis (5), introduciéndose dicho tubo (16) una distancia hacia abajo en el reactor de hidrólisis (5), definiendo el extremo inferior de dicho tubo (16) el nivel de llenado requerido en el reactor de hidrólisis (5)
- 20 - medir la presión en el reactor de hidrólisis (5) con la ayuda de un sensor de presión sensible de alta frecuencia que mide la presión y analiza las oscilaciones de presión en el reactor de hidrólisis para detectar cuándo se alcanza el nivel de llenado requerido en el reactor de hidrólisis (5),
- 25 - cerrar la válvula de suministro (7) entre el reactor de hidrólisis (5) y el tanque de precalentamiento (4),
- suministrar nuevo material orgánico (1) al tanque de precalentamiento (4),
- calentar el material orgánico en el reactor de hidrólisis (5) mediante el suministro de vapor (3B) y mantener la temperatura deseada durante un periodo de tiempo suficiente,
- 30 - abrir una válvula de extracción (10) entre el reactor de hidrólisis (5) y el tanque de reducción de presión (6) y transferir el material orgánico tratado del reactor de hidrólisis (5) al tanque de reducción de presión (6) y obtener una explosión de vapor como consecuencia de la diferencia de presión entre el reactor de hidrólisis (5) y el tanque de reducción de presión (6),
- llevar el vapor flash que se libera en la explosión de vapor en la etapa anterior a través de una línea de retorno de vapor (9) a por debajo del nivel de líquido en el tanque de precalentamiento (4) y recuperar el calor mediante una condensación de vapor en el material orgánico en el tanque de precalentamiento (4),
- 35 - cerrar la línea de retorno de vapor (9) y abrir una línea de retorno de vapor (11) del tanque de reducción de presión (6) a por encima del nivel de líquido en el tanque de precalentamiento (4) para reducir aún más la diferencia de presión entre el tanque de reducción de presión (6) y el tanque de precalentamiento (4) más allá de la presión que representa la columna de líquido en el tanque de precalentamiento (4).
- 40

2. Procedimiento según la reivindicación 1,

**caracterizado porque** el procedimiento comprende una etapa en la que un mecanismo de entrada (15) situado en el tanque de precalentamiento (4) deshace el material orgánico (1) que se suministra al tanque de precalentamiento (4) con un área superficial aumentada y de ese modo con una superficie de contacto aumentada con dicho vapor flash procedente del tanque de reducción de presión (6).

3. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones anteriores,

**caracterizado porque** el material orgánico (1) en el tanque de precalentamiento (4) se calienta a 80-100 °C.

4. Procedimiento según la reivindicación 1,

**caracterizado porque** el tubo (16) se introduce verticalmente en el reactor de hidrólisis (5) o se introduce en el reactor de hidrólisis (5) a través de una pared lateral superior del mismo, la distancia entre el extremo del tubo (16) y la parte de abajo del reactor de hidrólisis (5) define dicho nivel de llenado requerido en el reactor de hidrólisis (5).

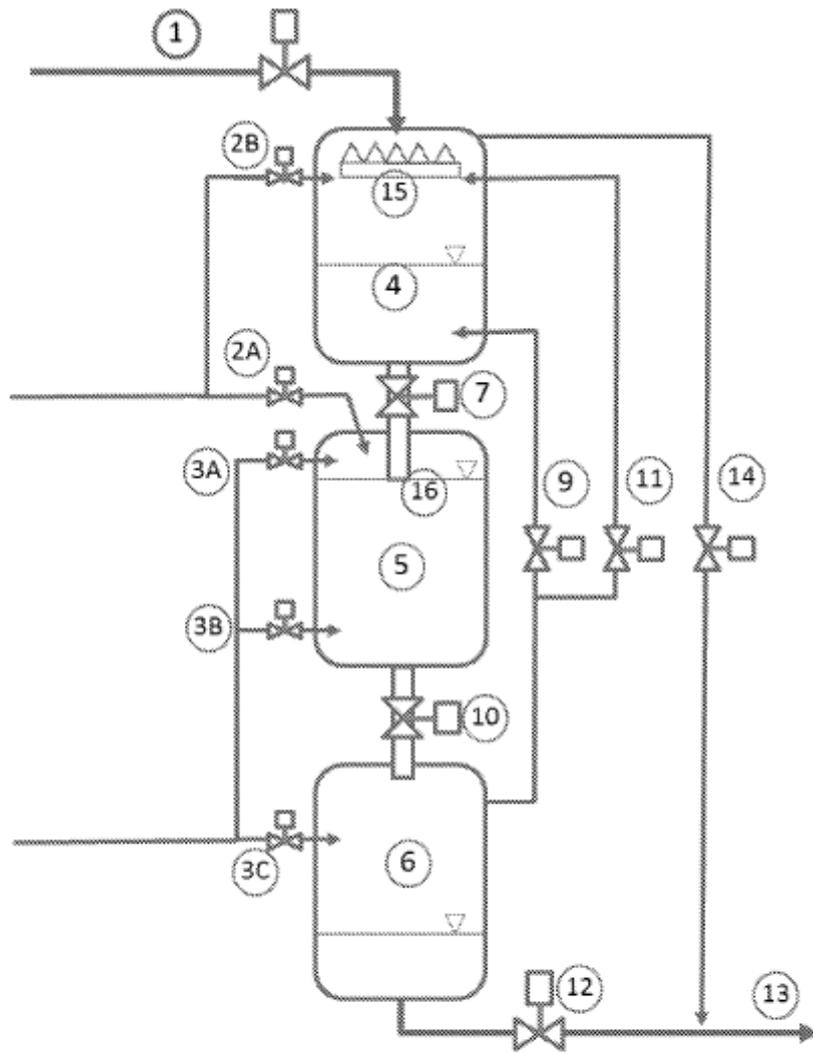
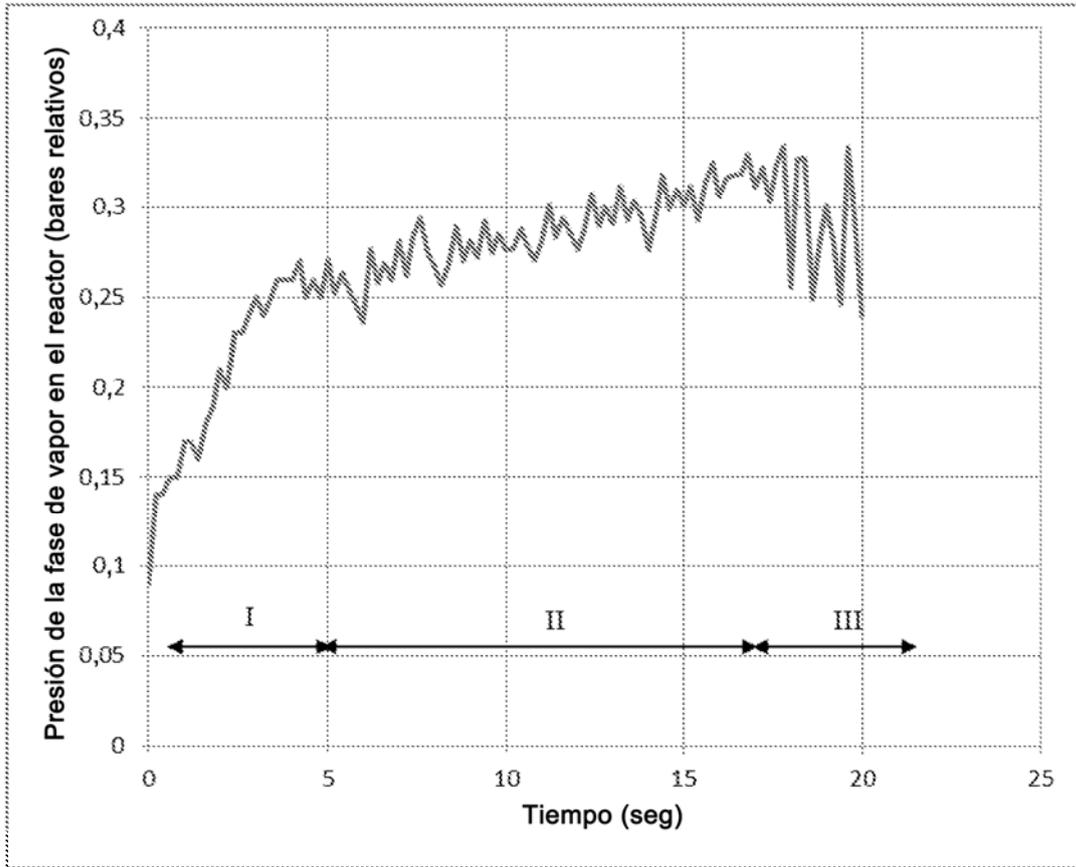
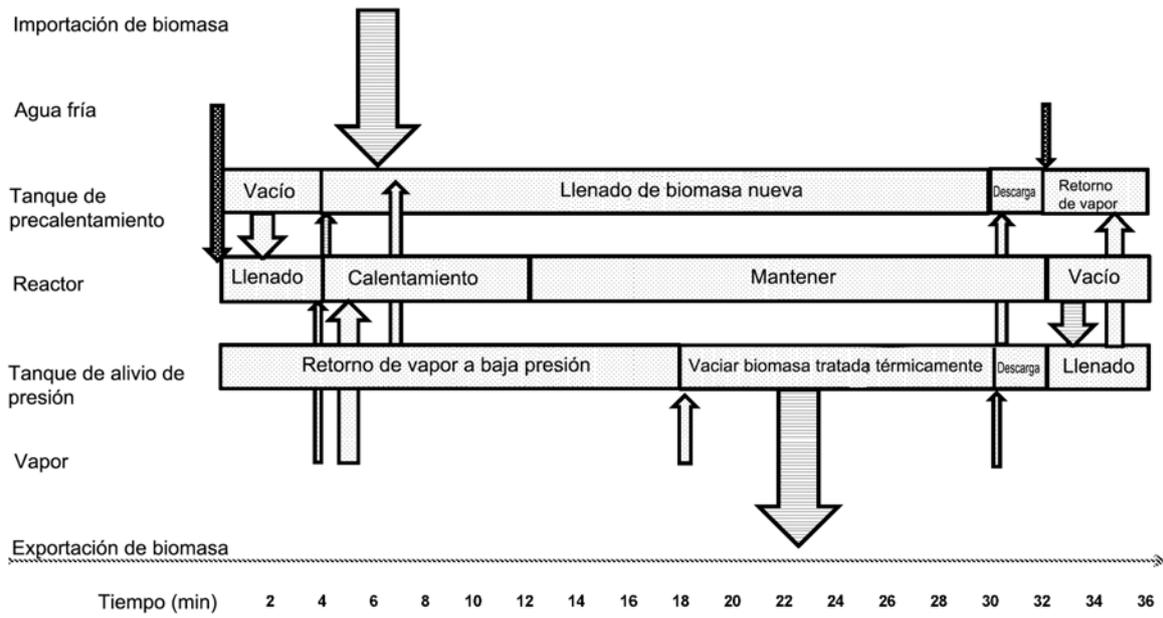


FIG. 1



**FIG. 2**



**FIG. 3**