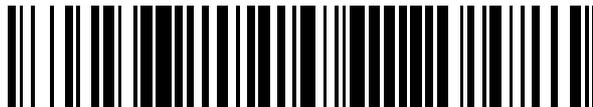


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 629 887**

51 Int. Cl.:

C06B 21/00 (2006.01)

C07C 4/20 (2006.01)

C08H 8/00 (2010.01)

C12P 7/10 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **18.09.2013 PCT/US2013/060272**

87 Fecha y número de publicación internacional: **27.03.2014 WO14047097**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **18.09.2013 E 13840041 (1)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **05.04.2017 EP 2897925**

54 Título: **Método y aparato para adicionar vapor para un proceso de pretratamiento de explosión con vapor**

30 Prioridad:

19.09.2012 US 201261703082 P

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

16.08.2017

73 Titular/es:

**ANDRITZ, INC. (100.0%)
One Namic Place
Glens Falls, NY 12801, US**

72 Inventor/es:

STROMBERG, BERTIL

74 Agente/Representante:

SÁEZ MAESO, Ana

ES 2 629 887 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

Método y aparato para adicionar vapor para un proceso de pretratamiento de explosión con vapor

5 Antecedentes de la invención

La presente invención se relaciona con el uso de vapor en recipientes reactores verticales presurizados y con procesos de explosión con vapor para pretratar materias primas de biomasa, tales como residuos agrícolas (que incluyen tallos, sobrantes y cáscaras), paja y pastos, madera, residuos de aserraderos (que incluyen astillas de madera y desbastes triturados) y material lignocelulósico, denominados colectivamente como biomasa.

La biomasa se calienta y se presuriza con vapor en un primer reactor, tal como un recipiente reactor vertical. A medida que la biomasa calentada se mueve desde el recipiente reactor vertical, la biomasa se mueve a través de una válvula de expansión u otro dispositivo de expansión para hacer que la biomasa experimente un proceso de explosión con vapor. Un proceso de explosión con vapor ilustrativo para el pretratamiento de biomasa se describe en la patente de Estados Unidos núm. 8,057,639. Un proceso similar para procesar pulpa de astillas de madera se describe en la publicación de la solicitud de patente de Estados Unidos núm. 2008/0277082.

El vapor, además de ser la fuente de calor y de presurización para la biomasa en el recipiente reactor vertical, es el propulsor que mueve la biomasa desde el recipiente reactor vertical, a través de un tubo de descarga (conducto) y hacia el dispositivo de expansión. La cantidad de vapor, gas o el vapor que se necesita para propulsar la biomasa puede ser significativa, tal como 50 a 500 kilogramos de vapor por tonelada totalmente seca de biomasa (kg/BDT). La cantidad de vapor que puede inyectarse a una elevación correspondiente a la región inferior del recipiente reactor vertical y que puede necesitarse para propulsar la biomasa, es, típicamente, dependiente del proceso, la velocidad y el volumen de biomasa que se mueve a través del recipiente reactor vertical, y de las dimensiones y condiciones del recipiente reactor vertical y equipo relacionado.

Los recipientes reactores usan efectivamente el vapor para propulsar la biomasa desde el recipiente reactor horizontal hacia un dispositivo de explosión con vapor. El vapor añadido a la entrada de un recipiente reactor horizontal permanece en el recipiente reactor horizontal y por encima de la biomasa. Aunque parte del vapor se condensa en el recipiente reactor horizontal, parte del vapor permanece, además, como un gas que aplica presión a la biomasa a lo largo de toda la longitud del recipiente reactor horizontal. Debido a que el vapor en un recipiente reactor horizontal se extiende a lo largo del recipiente reactor horizontal y está inmediatamente por encima de la biomasa en el extremo de salida del recipiente reactor horizontal, el vapor propulsa la biomasa a través de la salida del recipiente reactor horizontal sin interrumpir el flujo de biomasa en el recipiente reactor horizontal.

Los recipientes reactores verticales convencionales tienen una desventaja en comparación con los recipientes reactores horizontales con respecto al procesamiento de pulpa mediante explosión con vapor. Se añade vapor a la entrada en el extremo superior de un recipiente reactor vertical. El vapor se añade para calentar la biomasa, presurizar el recipiente reactor vertical y propulsar la biomasa fuera de una descarga del fondo del recipiente reactor vertical. Para propulsar la biomasa, el vapor debe pasar hacia abajo a través de la biomasa en el recipiente reactor vertical para alcanzar la salida del fondo. Se requiere una cantidad relativamente grande de vapor extra para asegurar que todavía hay suficiente vapor para propulsar la biomasa fuera del sistema de reactor vertical convencional. En un recipiente reactor vertical, el vapor que se desplaza hacia abajo a través de la biomasa, puede formar pasajes de gas, por ejemplo, un efecto de boquete de retención, a través de la biomasa. Estos pasajes pueden hacer que la biomasa experimente períodos de retención desiguales en el recipiente vertical del reactor y afectar la calidad del proceso.

En algunos aspectos, los recipientes reactores verticales son más eficientes que los recipientes reactores horizontales. Los recipientes reactores verticales usan más eficientemente su volumen porque la biomasa ocupa una mayor porción de un recipiente reactor vertical que la que ocupa la biomasa en un recipiente reactor horizontal. Los recipientes reactores verticales, típicamente, pueden construirse mucho más grandes que los recipientes reactores horizontales y, por lo tanto, tienen una mayor capacidad de producción de biomasa que un recipiente reactor horizontal.

El documento US2009/221814 describe un aparato y un método para tratar la materia prima de biomasa mediante alimentación de la materia prima a través de un dispositivo de aislamiento de presión y por una entrada superior de un recipiente reactor vertical. Existe acumulación debido a la alimentación de una pila de materia prima dentro del recipiente reactor vertical y, mediante inyección de vapor como primer volumen de vapor a una región superior del recipiente reactor vertical, se añade energía térmica para calentar y presurizar la materia prima suministrada con una o más fuentes de vapor.

60 Resumen de la invención

Se ha inventado un método y un aparato para añadir vapor a una región inferior de un sistema con recipiente reactor vertical, presurizado para propulsar biomasa desde el sistema reactor vertical. El sistema con reactor vertical incluye: un recipiente reactor vertical; al menos una fuente de vapor; una fuente de materia prima de biomasa (biomasa); un dispositivo de expansión fuera del recipiente reactor vertical; un conducto para transportar la biomasa descargada desde

el recipiente reactor vertical al dispositivo de expansión; y múltiples lugares de inyección de vapor dentro del recipiente reactor vertical, tal como en la parte superior, entre la parte superior y la parte inferior y en o cerca del fondo del recipiente reactor vertical, así como también la inyección de vapor al conducto para transportar la biomasa descargada desde recipiente reactor vertical al dispositivo de expansión para propulsar la biomasa a través del sistema con recipiente reactor vertical.

Para evitar tener que pasar grandes cantidades de vapor a través de toda una columna de biomasa en un recipiente reactor vertical, puede añadirse vapor al sistema con recipiente reactor vertical en, cerca o después de la salida inferior del recipiente reactor vertical. El vapor añadido propulsa la biomasa desde el recipiente reactor vertical a un dispositivo de expansión, tal como un dispositivo de explosión con vapor.

El vapor necesario para propulsar la biomasa se añade a las regiones inferiores del sistema con recipiente reactor vertical. El vapor de agua añadido a las regiones superiores del recipiente reactor vertical sirve para calentar y presurizar la biomasa en el recipiente reactor vertical. Además, puede añadirse vapor a otras elevaciones del recipiente reactor vertical, tal como una elevación o región central, entre las regiones superior e inferior, para controlar la compactación (por ejemplo, obtener una compactación deseada) de la biomasa en el recipiente reactor vertical.

Mediante la reducción o eliminación de la adición de vapor de propulsión en la región superior del recipiente reactor vertical, el volumen o cantidad total de vapor añadido al recipiente reactor vertical puede reducirse y la cantidad de vapor añadido en la región superior del recipiente reactor vertical, puede reducirse sustancialmente. Mediante la reducción o eliminación de la necesidad de pasar una cantidad suficiente de vapor hacia abajo a través de toda la pila para propulsar la biomasa a través de una salida inferior, se minimiza el riesgo de que se formen pasajes de vapor en la pila, por ejemplo, boquetes de retención. La reducción o eliminación de boquetes de retención ayuda a proporcionar un tratamiento uniforme de la biomasa y lograr un período de retención uniforme de toda la biomasa que pasa a través del recipiente reactor vertical.

Mediante la adición de vapor a dos o más elevaciones en el sistema con recipiente reactor vertical, el volumen o tasa de vapor añadido puede regularse para lograr el calentamiento y la presurización de la biomasa en las regiones superiores del recipiente reactor vertical y para propulsar la biomasa desde el fondo del recipiente reactor vertical. La adición de vapor a dos o más elevaciones de un recipiente reactor vertical, evita tener que inyectar una gran cantidad de vapor en la parte superior del recipiente y forzar grandes cantidades de vapor hacia abajo a través de la pila de biomasa para proporcionar vapor de propulsión en el fondo del Sistema con recipiente reactor vertical.

Aunque el vapor puede ser el gas preferido para usarse para el calentamiento (o enfriamiento o ambos) y para presurizar, o como gas de presurización para la biomasa, pueden usarse, además, otros gases. Otros gases pueden incluir aire, nitrógeno, oxígeno, argón u otros gases inertes.

Se ha concebido un método para tratar materia prima de biomasa celulósica que incluye: alimentar la materia prima a través de un dispositivo de aislamiento de presión y a una entrada superior de un recipiente reactor vertical, en donde la materia prima se deposita sobre una pila de la materia prima dentro del recipiente reactor vertical; añadir energía térmica para calentar y presurizar la materia prima, mediante inyección de un primer volumen de vapor a una región superior del recipiente reactor vertical; propulsar la materia prima a través de una salida en una región inferior del sistema con recipiente reactor vertical, mediante inyección de al menos un segundo volumen de vapor en la biomasa a una elevación correspondiente a la región inferior del recipiente reactor vertical en, cerca o justo debajo de la salida inferior del recipiente reactor vertical, en donde la inyección del primer volumen de vapor y la inyección del al menos segundo volumen de vapor se separan verticalmente por al menos una porción de la columna de biomasa, y mover la materia prima propulsada a través de un dispositivo de expansión, tal como un dispositivo de explosión con vapor, para someter la materia prima a un proceso de explosión con vapor. En algunas modalidades, el primer volumen de vapor y el al menos segundo volumen de vapor pueden tener la misma fuente. Algunas modalidades pueden tener la inyección del al menos segundo volumen de vapor, mediante propulsión de vapor, después de la salida inferior del recipiente reactor vertical directamente en un conducto para la materia prima que se extiende desde la salida inferior del recipiente reactor vertical hasta el dispositivo de expansión, donde la biomasa se descarga desde el recipiente reactor vertical y propulsa la biomasa a través del conducto que conecta el fondo del recipiente reactor vertical y el dispositivo de expansión.

Se ha concebido un método para tratar biomasa que comprende: añadir biomasa a través de un dispositivo de aislamiento de presión y a una entrada superior de un recipiente reactor orientado verticalmente, en donde la biomasa cae a través de una fase de vapor dentro del recipiente reactor orientado verticalmente y aterriza sobre una pila de biomasa en el recipiente reactor orientado verticalmente; inyectar al menos un vapor o gas presurizado a una región superior del recipiente reactor orientado verticalmente; inyectar al menos un vapor o gas presurizado a través de toberas en, cerca o después de una región inferior del sistema con recipiente reactor orientado verticalmente, de manera que exista una distancia vertical entre la inyección del vapor o gas presurizado calentado y el al menos un vapor o gas presurizado, en donde el al menos un vapor o gas presurizado propulsa la biomasa en el recipiente reactor vertical desde el recipiente reactor vertical a través de un dispositivo de expansión (tal como un dispositivo de explosión con vapor) y reducir rápidamente la presión sobre la biomasa en el dispositivo de expansión para estallar las estructuras celulares en la biomasa. En algunas modalidades, el gas usado para propulsar la biomasa desde la salida inferior del

recipiente reactor vertical al dispositivo de expansión se inyecta en el conducto después de la salida inferior del recipiente reactor vertical.

5 Se ha concebido un ensamble para tratar la materia prima de biomasa que comprende: un sistema con recipiente reactor vertical que incluye una entrada superior de la materia prima de un recipiente reactor vertical y una entrada de vapor superior; una salida de la materia prima en la región inferior del recipiente reactor vertical; una entrada de vapor de propulsión a una elevación correspondiente a la región inferior del sistema con recipiente reactor vertical, en donde la entrada de vapor superior y la entrada de vapor de propulsión están separadas verticalmente por una altura de biomasa; un dispositivo de expansión, tal como un dispositivo de explosión con vapor, configurado para recibir la materia prima desde el recipiente reactor vertical, y un conducto que se extiende desde la salida de la materia prima al dispositivo de expansión.

Breve descripción de las figuras

15 La figura representa un diagrama esquemático de un flujo a través de un proceso de explosión con vapor que incluye un recipiente reactor vertical y el proceso.

Descripción detallada de la invención

20 La figura muestra un flujo ilustrativo para un proceso de explosión con vapor para biomasa. Una fuente 10 de biomasa, tal como un contenedor de materia prima, proporciona la biomasa a una entrada superior, tal como un dispositivo separador superior 12, de un recipiente reactor vertical 14.

25 El recipiente reactor vertical 14 puede ser generalmente cilíndrico y tener una altura de más de 100 pies (33 metros), un diámetro de más de 20 pies (7 metros) y una capacidad para procesar continuamente más de 500 toneladas de biomasa por día. El recipiente reactor vertical 14 puede presurizarse tal como a una presión de hasta 35 bar (barg), tal como en un intervalo de 3 barg a 35 barg (300 kPa a 3500 kPa). El vapor añadido al recipiente reactor vertical 14 controla la presión en el recipiente reactor vertical 14.

30 Un sistema de alimentación de biomasa 16 transporta la biomasa desde la fuente 10 hasta la entrada superior 12. El sistema de alimentación de biomasa 16 puede incluir transportadores y conductos roscados. Un líquido, por ejemplo, agua, puede añadirse a la biomasa para formar una suspensión acuosa que fluye a través de los conductos y del equipo del sistema de alimentación 16 y de la entrada superior 12 del recipiente reactor vertical 14.

35 Un dispositivo de aislamiento de presión (no mostrado), tal como una válvula giratoria, un alimentador de tapón roscado, un sistema de tolva con bloqueo, alimentador o bomba(s) de alta presión, puede situarse entre el sistema de alimentación de biomasa 16 y la entrada superior 12 y asegura que la presión en el recipiente reactor vertical 14 no se libera ya que la suspensión acuosa de biomasa y líquido entran en el recipiente reactor vertical 14.

40 A medida que la suspensión acuosa entra en el recipiente reactor vertical 14, la biomasa se mueve, por ejemplo, cae desde la entrada superior hasta una pila 18, por ejemplo, una columna, de biomasa contenida en el recipiente reactor vertical 14. La pila 18 de biomasa se extiende desde una región superior del interior del recipiente reactor vertical 14 hasta una región 20 de descarga inferior.

45 La biomasa entra continuamente en la entrada superior 12, cae a la pila 18 y se descarga continuamente a través de la salida inferior 32 del recipiente reactor vertical 14. La biomasa que se añade continuamente y se agota de la tubería a la misma velocidad de manera que la superficie superior de la pila 18 permanece generalmente a la misma elevación en el recipiente reactor vertical 14.

50 Una fuente de vapor 22 proporciona vapor para presurizar el recipiente reactor vertical 14 y añade energía térmica a la biomasa. El vapor puede inyectarse a través de entradas de inyección 24, por ejemplo, toberas, en la región superior del recipiente reactor vertical 14. El vapor puede inyectarse, además, a través de un dispositivo mezclador (no mostrado) entre el dispositivo de aislamiento de presión y la entrada superior 12 del recipiente reactor vertical 14.

55 La tasa o volumen de vapor añadido a las regiones superiores del recipiente reactor vertical 14 puede limitarse según se necesite para calentar la biomasa y presurizar el recipiente reactor vertical 14. La inyección de vapor puede formar una región de vapor caliente 26 en el recipiente reactor vertical 14 y por encima de la pila 18. Mientras que un poco de vapor puede fluir hacia abajo dentro de la pila 18, no necesita ser un requisito que el vapor sea añadido a la región de vapor caliente 26 en cantidades suficientes para pasar hacia abajo a través de la pila 18 y hacia fuera del fondo del recipiente reactor vertical 14.

60 Una fuente adicional de vapor 28 (que puede ser la misma fuente de vapor 22) proporciona vapor a uno o más dispositivos de inyección de vapor en elevaciones medias y elevaciones inferiores (o región media y región inferior) del recipiente reactor vertical. Los dispositivos de inyección de vapor pueden ser toberas montadas en la pared lateral del recipiente reactor vertical 14 y tubos de vapor que se extienden a lo largo del eje del recipiente reactor vertical 14.

Los dispositivos de inyección de vapor pueden estar dispuestos en una o más elevaciones del recipiente reactor vertical 14. El vapor inyectado a través de estos dispositivos afecta la densidad y consistencia de la biomasa cerca de la inyección de vapor. Por ejemplo, se inyecta vapor para reducir la consistencia de sólidos en elevaciones medias e inferiores en el recipiente reactor vertical 14. De manera similar, puede inyectarse vapor para agitar y mezclar la biomasa y asegurar una distribución uniforme de biomasa en cada elevación en el recipiente reactor vertical 14.

La densidad y consistencia de la biomasa en cada elevación de la pila 18 es preferentemente uniforme a través de una sección transversal del recipiente reactor vertical 14. Una consistencia uniforme de la biomasa promueve un tratamiento uniforme de la biomasa en el recipiente reactor vertical 14.

La segunda fuente de vapor 28 puede proporcionar vapor a una velocidad volumétrica seleccionada para propulsar la biomasa hacia la salida inferior 32. La velocidad del vapor de propulsión puede diferir de la presión y velocidad del vapor de calentamiento añadido en la región superior del recipiente reactor vertical. La velocidad o cantidad de vapor suministrado para propulsar la biomasa puede estar en un intervalo de 50 a 500 kilogramos de vapor por tonelada totalmente seca (kg/BDT) de biomasa.

Una tobera o entrada inferior de inyección de vapor 30 puede inyectar el vapor de propulsión dentro del recipiente reactor vertical 14 en o cerca de la salida inferior 32 para la biomasa. La tobera o entrada inferior de inyección de vapor 30 puede estar montada en la pared lateral del recipiente reactor vertical 14 en una región cerca de la salida inferior 32, o puede estar montada en el fondo del recipiente reactor vertical 14 y cerca de la salida inferior 32. La tobera o entrada inferior de inyección de vapor 30 puede ser, por ejemplo, una disposición anular de toberas dispuestas alrededor de la circunferencia del recipiente reactor vertical 14 en una elevación correspondiente a un dispositivo de movimiento de biomasa 33. El vapor inyectado a través de la tobera o entrada inferior de inyección de vapor 30 ayuda a mover la biomasa (propulsión) a través del fondo del recipiente reactor vertical 14 y desde la salida inferior 32.

El dispositivo de movimiento de biomasa 33 en la región de descarga inferior 20 del recipiente reactor vertical 14 puede incluir una sección de convergencia, tal como una convergencia unidimensional del recipiente reactor vertical en, cerca o por encima de una elevación correspondiente a la entrada de vapor de propulsión, para proporcionar un movimiento uniforme de la biomasa a través del fondo del recipiente reactor vertical y hacia la salida inferior 32 en el fondo del recipiente reactor vertical 14. La sección de convergencia puede ser una sección de convergencia DIAMONDBACK® vendida por el Grupo Andritz y descrita en las patentes de Estados Unidos núms. 5,500,083; 5,617,975 y 5,628,873. En algunas modalidades la entrada de vapor de propulsión está en un lugar después (verticalmente por debajo) de la salida inferior del recipiente reactor vertical en el conducto que se extiende desde la salida inferior del recipiente reactor vertical al dispositivo de expansión. Adicionalmente, el dispositivo de movimiento de biomasa 33 puede incluir un dispositivo de agitación que tiene brazos de agitación 35 para ayudar a mover la biomasa dentro del recipiente reactor vertical 14 y hacia la salida inferior 32.

Otras disposiciones de las toberas de inyección de vapor 24, 30 y 44 pueden incluir un tubo central que se extiende verticalmente a lo largo del eje del recipiente reactor vertical, las toberas incluidas con el dispositivo de agitación y toberas orientadas para dirigir el vapor para propulsar la biomasa hacia la salida inferior 32.

El vapor 28, al menos una segunda inyección de vapor (podría ser, además, un gas o vapor como se describió anteriormente) puede inyectarse, además, a través de una tobera 34 orientada para inyectar vapor directamente en un conducto 36, por ejemplo, una tubería, por debajo de la salida inferior 32 del recipiente reactor vertical 14. Mediante inyección de vapor 28 (vapor de propulsión) directamente en un conducto 36, que se extiende desde la salida inferior 32 del recipiente reactor vertical 14 a través de la tobera 34, propulsará la biomasa desde el recipiente reactor vertical 14 al dispositivo de expansión 38. Mediante adición de vapor 28 al conducto 36 mediante el uso de la tobera 34, hay menos posibilidad de que se haga un agujero en la biomasa a partir del vapor 28, lo que propulsa la biomasa en el conducto 36 al dispositivo de expansión 38.

La biomasa procedente del recipiente reactor vertical 14 se propulsa a través del conducto 36, pasa a través de un dispositivo de expansión 38 y a un recipiente de descarga 40. El dispositivo de expansión 38 puede ser un dispositivo de explosión con vapor convencional usado para biomasa o procesamiento de pulpa. El recipiente de descarga 40 recibe la biomasa después de que el dispositivo de expansión 38 somete la biomasa a una expansión súbita tal como un proceso de explosión con vapor.

El vapor 22, 28 puede añadirse a la pila de biomasa a elevaciones del recipiente reactor vertical 14 entre la región de entrada superior y la región de descarga inferior. Por ejemplo, una disposición circular 42 de toberas alrededor del recipiente reactor vertical 14 puede estar a la altura media y a un cuarto o sexto inferior de la altura del recipiente reactor vertical 14. El vapor adicional puede ayudar a mover la biomasa hacia la salida inferior 32 del recipiente reactor vertical 14. Adicionalmente, el vapor puede introducirse en otras elevaciones del recipiente reactor vertical 14 para proporcionar un mejor control de la transferencia de energía térmica a la biomasa en la pila y, de esta manera, proporcionar medios adicionales para regular la temperatura de la pila. El vapor inyectado en o cerca del fondo del recipiente reactor vertical 14 mediante el uso de tobera o entrada de inyección de vapor inferior 30 puede ser únicamente para descargar la biomasa a través de la salida inferior 32.

Además, la inyección de vapor a diversas elevaciones del recipiente reactor vertical 14 proporciona un medio para regular y controlar el diferencial de presión desde la parte superior hasta el fondo de la pila de biomasa, por ejemplo, una columna y controlar la compactación y el flujo de biomasa en el recipiente reactor vertical 14.

5 La inyección de vapor a varios niveles del recipiente reactor vertical 14 permite, además, un sistema para controlar el vapor para propulsar la biomasa desde el recipiente reactor vertical 14 al dispositivo de expansión 38. El sistema para controlar el vapor para propulsar la biomasa se basa en la medición de diferencial de presión que se hace entre el espacio de vapor 26 en la parte superior del recipiente reactor vertical 14 y el espacio de vapor dentro o por encima de la región superior del dispositivo de expansión 38. El dispositivo de medición de diferencial de presión puede fabricarse
10 mediante el uso de un dispositivo convencional (celda dp) en el que la señal de la celda dp se usa para controlar la posición de la válvula de control para controlar el flujo de vapor 28 que entra en el conducto 36 a través de la tobera 34, para propulsar la biomasa al dispositivo de expansión 38.

15 Puede usarse un sistema de control 42 para regular la adición de vapor en las diversas elevaciones del recipiente. El sistema de control puede incluir sensores de presión de vapor 44 y válvulas de vapor 46. Los sensores de presión 44 monitorean la presión de vapor en la sección de vapor caliente 26 en la parte superior del recipiente 14 y en un espacio de vapor en el dispositivo de expansión 38. El sistema de control puede ser manual en el que un técnico supervisa los sensores de presión 44 y ajusta las válvulas 46. El sistema de control puede incluir, además, controladores, por ejemplo,
20 un sistema informático que supervisa los sensores de presión 44 y ajusta las válvulas 46 para conseguir diferencias de presión deseadas entre la presión en la región de vapor caliente 26 y el espacio de vapor del dispositivo de expansión 38. Las diferencias de presión deseadas pueden almacenarse en la memoria del sistema informático y llamarse desde la memoria cuando el sistema informático ejecuta un programa almacenado en memoria para controlar la inyección de vapor mediante ajuste de las válvulas 46.

25 La presión diferencial entre la región de vapor caliente 26 y el espacio de vapor en el dispositivo de expansión 38 puede controlarse a menos de +/- 100 kPa (+/- 1 bar) de cero, o menor que +/- 50 kPa (+ -0,5 bar) de cero, o menor que +/- 30 kPa (+/- 0,3 bar) de cero. Un ligero diferencial de presión positivo en la región de vapor caliente 26 en comparación con el espacio de vapor del dispositivo de expansión 38, puede ayudar en el movimiento de biomasa a través del recipiente reactor vertical 14 y aumentar la compactación de la biomasa en el recipiente reactor vertical 14. Un ligero diferencial de
30 presión negativo disminuirá el movimiento de biomasa dentro del recipiente reactor vertical 14 y reducirá la compactación de la biomasa. Mediante el control de la inyección de vapor al recipiente para conseguir un ligero diferencial de presión positivo o un ligero diferencial de presión negativo, se proporciona un medio para controlar las condiciones operativas en el recipiente reactor vertical 14 y puede ayudar a tratar uniformemente la biomasa en el recipiente. Un sistema de control para la adición de vapor como se describió ayuda a asegurar una velocidad de flujo
35 uniforme y compactación de la pila de biomasa, lo que asegura, además, un buen control del tiempo de retención de la biomasa en el reactor.

Aunque la invención se ha descrito en relación con lo que actualmente se considera que es la modalidad más práctica y preferida, debe entenderse que la invención no se limita a la modalidad descrita, sino que, por el contrario, se pretende
40 cubrir varias modificaciones y disposiciones equivalentes incluidas dentro del espíritu y alcance de las reivindicaciones adjuntas.

Reivindicaciones

1. Un método para tratar materia prima de biomasa que comprende:
 5 alimentar la materia prima a través de un dispositivo de aislamiento de presión y a una entrada superior de un sistema con recipiente reactor vertical, en donde la materia prima se deposita sobre una pila de materia prima dentro del recipiente reactor vertical;
 añadir energía térmica para calentar y presurizar la materia prima mediante inyección de un primer volumen de vapor a una región superior del sistema con recipiente reactor vertical;
 10 propulsar la materia prima a través de una salida en una región inferior del sistema con recipiente reactor vertical mediante inyección de al menos un segundo volumen de vapor en la biomasa a una elevación correspondiente a la región inferior del recipiente reactor vertical en, cerca o después de la salida inferior del recipiente reactor vertical;
 en donde la inyección del primer volumen de vapor y la inyección del al menos segundo volumen de vapor están separadas verticalmente por al menos una porción de la columna de biomasa, y
 15 mover la materia prima propulsada a través de un dispositivo de expansión para someter la materia prima a un proceso de explosión con vapor y en donde, preferentemente, la alimentación de materia prima a la entrada superior, es continua y la materia prima se descarga continuamente a través de la salida inferior.
2. El método de acuerdo con la reivindicación 1, que comprende además añadir vapor de propulsión después de la salida inferior del recipiente reactor vertical directamente en un conducto para la materia prima que se extiende desde la salida inferior del recipiente reactor vertical al dispositivo de expansión.
3. El método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 o 2, en donde la fuente para el primer volumen de vapor y la fuente para el al menos segundo volumen de vapor es la misma fuente.
- 25 4. El método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, en donde se usa una medición del diferencial de presión entre un espacio de vapor en la parte superior del recipiente reactor vertical y un espacio de vapor por encima del dispositivo de expansión para controlar el flujo del al menos segundo volumen de vapor para propulsar la biomasa al dispositivo de expansión.
- 30 5. Un método para tratar la biomasa que comprende:
 añadir biomasa a través de un dispositivo de aislamiento de presión y a una entrada superior de un recipiente reactor orientado verticalmente, en donde la biomasa cae a través de una fase de vapor dentro del recipiente reactor orientado verticalmente y aterriza sobre una pila de biomasa en el recipiente reactor orientado verticalmente;
 35 inyectar un vapor o gas presurizado calentado a una región superior del recipiente reactor orientado verticalmente;
 inyectar al menos un gas presurizado o vapor a través de toberas en, cerca o después de una región inferior del recipiente reactor orientado verticalmente, de manera que haya una distancia vertical entre la inyección del vapor o gas presurizado calentado y el al menos un gas presurizado o vapor, en donde el al menos un vapor o gas presurizado propulsa la biomasa en el recipiente reactor orientado verticalmente hacia y a través de un dispositivo de expansión, y
 40 reducir rápidamente la presión sobre la biomasa en el dispositivo de expansión para estallar las estructuras celulares en la biomasa y en donde preferentemente la biomasa se añade continuamente a la entrada superior y se mueve continuamente a través de la salida inferior.
- 45 6. El método de acuerdo con la reivindicación 5, en donde el vapor o gas presurizado calentado es al menos uno de vapor, aire, nitrógeno, oxígeno, argón u otros gases inertes y/o en donde al menos un vapor o gas presurizado es al menos uno de vapor, aire, nitrógeno, oxígeno, argón u otros gases inertes.
- 50 7. El método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 5 o 6, en donde se usa una medición del diferencial de presión entre un espacio de vapor en la parte superior del recipiente reactor orientado verticalmente y un espacio de vapor dentro o por encima del dispositivo de expansión se usa para controlar el flujo de al menos un gas presurizado o vapor para propulsar la biomasa hacia y a través del dispositivo de expansión.
- 55 8. El método de acuerdo con cualquier reivindicación anterior, en donde el dispositivo de expansión es un dispositivo de explosión con vapor.
- 60 9. El método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 5 a 8, que comprende además inyectar un gas en el conducto después de la salida inferior del recipiente reactor vertical para propulsar la biomasa directamente en un conducto que se extiende desde la salida inferior del recipiente reactor vertical al dispositivo de expansión, tal como un dispositivo de explosión con vapor.
- 65 10. El método de acuerdo con cualquier reivindicación anterior, que comprende además inyectar vapor adicional en el recipiente reactor orientado verticalmente en una región media entre las regiones superior e inferior.

- 5
11. El método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 5 a 10, en donde se usa una medición del diferencial de presión entre un espacio de vapor en la parte superior del recipiente reactor vertical y se usa un espacio de vapor por encima del dispositivo de expansión para controlar el flujo del al menos segundo volumen de vapor para propulsar la biomasa al dispositivo de expansión.
- 10
12. Un ensamble para tratar materia prima de biomasa que comprende:
un sistema con recipiente reactor vertical que incluye una entrada superior de materia prima (12) de un recipiente reactor vertical (14) y una entrada de vapor superior (24);
una salida de la materia prima (32) en la región inferior del recipiente reactor vertical (14);
una entrada de vapor de propulsión (30) a una elevación correspondiente a la región inferior del sistema con recipiente reactor vertical, en donde la entrada de vapor superior (24) y la entrada de vapor de propulsión (30) están separadas verticalmente por una altura de biomasa;
un dispositivo de expansión (38) configurado para recibir la materia prima desde el recipiente reactor vertical (14), y
15 un conducto (36) que se extiende desde la salida de la materia prima (32) hasta el dispositivo de expansión (38), cuyo dispositivo de expansión (38) es, preferentemente, un dispositivo de explosión con vapor.
- 20
13. El ensamble de acuerdo con la reivindicación 12, que comprende además una sección de convergencia unidimensional del recipiente de reactor vertical (14) en, cerca o por encima de una elevación correspondiente a la entrada de vapor de propulsión (30).
- 25
14. El ensamble de acuerdo con la reivindicación 12 o 13, en donde la entrada de vapor de propulsión (30) está en un lugar después de la salida inferior del recipiente reactor vertical (14) en el conducto (36) que se extiende desde la salida inferior del recipiente reactor vertical (14) al dispositivo de expansión (38) y, preferentemente, que comprende además una entrada de vapor adicional (42) sobre o en el recipiente reactor vertical (14) en una elevación media entre las regiones superior e inferior.
- 30
15. El ensamble de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 12 a 14, que comprende además un dispositivo de medición del diferencial de presión (44) entre un espacio de vapor en la parte superior del recipiente reactor vertical (14) y se usa un espacio de vapor dentro o justo por encima del dispositivo de expansión (38) para controlar el flujo del vapor de propulsión.

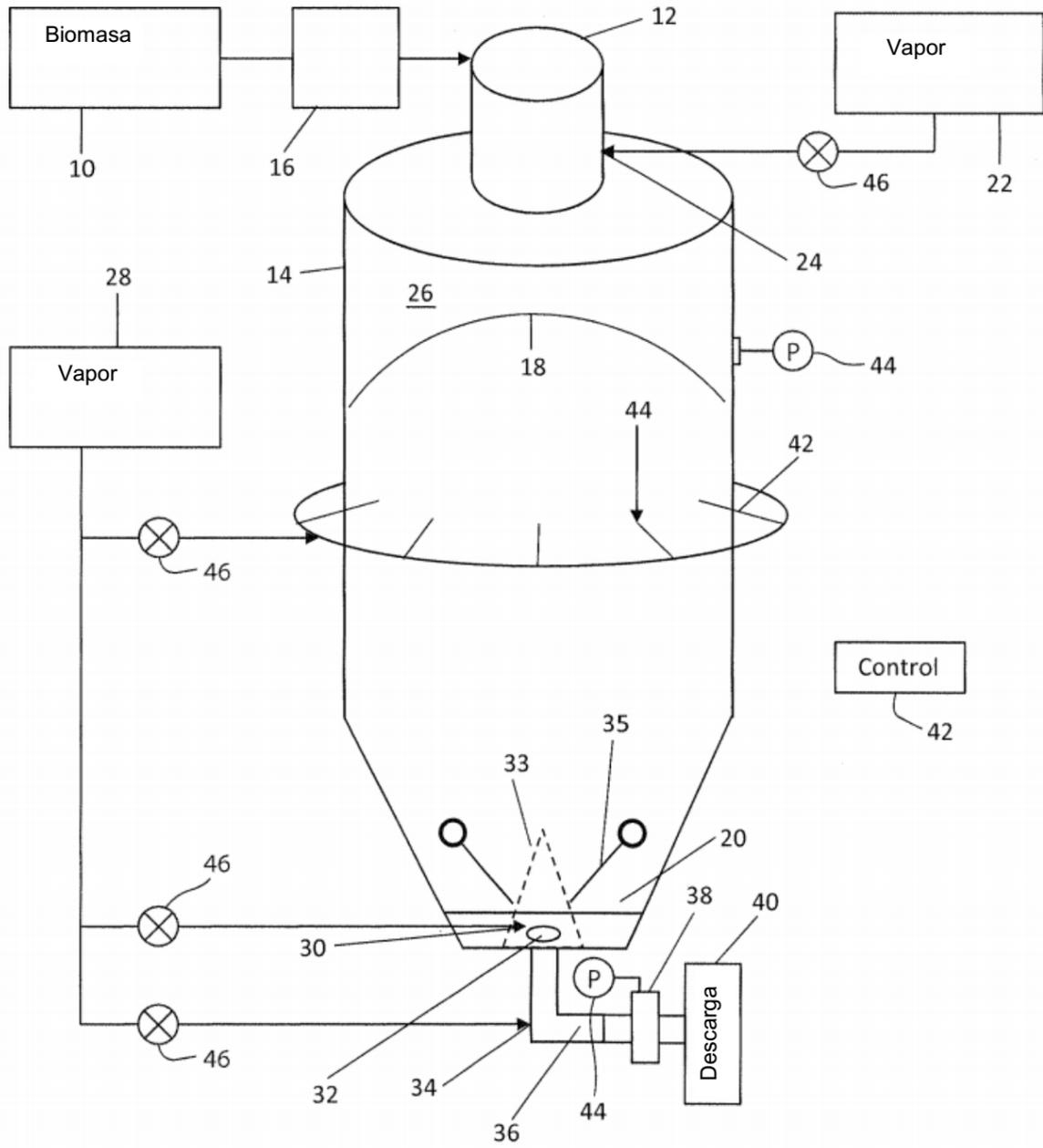


Fig.1