

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 804 469**

51 Int. Cl.:

D21C 7/06 (2006.01)

D21B 1/22 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **23.11.2009 PCT/IB2009/007537**

87 Fecha y número de publicación internacional: **27.05.2010 WO10058285**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **23.11.2009 E 09768232 (2)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **27.05.2020 EP 2356277**

54 Título: **Métodos y dispositivos para la transferencia continua de material en partículas y/o fibroso entre dos zonas con diferentes temperaturas y presiones**

30 Prioridad:

21.11.2008 US 116663 P
21.11.2008 DK 200801641

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
08.02.2021

73 Titular/es:

IBUS INNOVATION A/S (100.0%)
Odinshøjvej 116
3140 Ålsgårde, DK

72 Inventor/es:

CHRISTENSEN, BORGE HOLM

74 Agente/Representante:

ELZABURU, S.L.P

ES 2 804 469 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

Métodos y dispositivos para la transferencia continua de material en partículas y/o fibroso entre dos zonas con diferentes temperaturas y presiones

Campo de la invención

- 5 Esta invención se refiere en general a métodos y dispositivos para la transferencia continua de material en partículas y/o fibroso desde una zona 1 con una temperatura baja T1 y una presión baja P1 a una zona 2 que tiene una temperatura más alta T2 y una presión más alta P2. En particular, la invención se refiere a la transferencia continua opcional de material en partículas y/o fibroso en reactores (zona 2), en donde P2 proviene principalmente del vapor, que condensará a T1.

10 **Antecedentes**

Los dispositivos para la transferencia de material en partículas y/o fibroso en reactores a presión son de interés en la conversión de biomasa lignocelulósica tal como paja, hierbas, balas de cereales, bagazo y maderas de desecho a bioetanol y/o otros productos útiles.

- 15 Para proporcionar el pretratamiento hidrotermal de la biomasa lignocelulósica a la escala de producción de bioetanol comercial, a menudo son requeridas producciones de 10-40 toneladas/hora a través de los reactores presurizados a 10-40 bares. Para conseguir estos elevados niveles de capacidad de "alimentación" serán deseables dispositivos capaces de realizar una transferencia continua de materias primas desde reactores de baja presión a reactores presurizados.

- 20 Para reducir el consumo de energía de procesos de pretratamiento hidrotermal, resulta ventajoso mantener un bajo contenido de agua, esto es, para procesar las materias primas en una concentración de materia altamente seca. Para el pretratamiento hidrotermal de la biomasa lignocelulósica, más del 15% de materia seca es normalmente considerado un contenido de materia seca alto, con un 30-45% de materia seca como rango preferido.

- 25 La densidad específica muy baja de la mayoría de la biomasa lignocelulósica (aproximadamente 50 kg/m³ para paja de trigo picada y bala de cereal) hace que la compactación de la materia prima durante la alimentación sea ventajosa. Muchos materiales en partículas y/o fibrosos, tales como paja, bagazo y residuos domésticos, también requieren una carga forzada debido a que poseen cualidades de flujo pobres, y son propensos a formar puentes.

- 30 Una solución atractiva para la transferencia de materiales en partículas y/o fibrosos en reactores presurizados es el "alimentador de tapón". Los alimentadores de tapón utilizan dispositivos de carga para compactar el material en partículas y/o fibroso para formar un "tapón" de alta densidad que proporciona una obturación de presión, debido a que no puede ser penetrado por los gases. Los alimentadores de tapón pueden trabajar de forma continua a una concentración de materia seca alta y proporcionar además carga forzada de materiales en el reactor. La densidad necesaria para proporcionar suficientes propiedades de obturación del tapón puede variar dependiendo de las materias primas y del contenido de humedad. Con paja de cereal, las densidades de tapón típicamente corresponden a una densidad específica de 700 - 1100 Kg de materia seca sólida por m³.

- 35 La técnica del alimentador de tapón se enfrenta a varios retos que son el objeto de continua innovación. Un reto es proporcionar un tapón que tenga suficientes propiedades de obturación para proporcionar una barrera segura para la presión del reactor elevada. Otro reto es evitar el desgaste, producido por la fricción del tapón de alta densidad. Este problema es especialmente importante con tapones formados a partir de material en partículas y/o fibroso que tenga un elevado contenido de sílice, tal como paja de arroz, paja de trigo y bala de cereal. Otro reto es la seguridad de la obturación de presión en funcionamientos a escala comercial. Incluso si el tapón es estanco a la presión de forma normalmente suficiente, la heterogeneidad del material de materia prima puede de vez en cuando dar lugar a la formación de canales con inferiores propiedades de obturación. Esto puede dar lugar a una situación similar a una explosión, cuando la presión en el reactor es liberada repentinamente. Esto no solo produce una parada de la producción, sino que es potencialmente peligroso para el personal. Otro reto es el requisito de la desintegración del tapón en la entrada del reactor de alta presión. Todavía otro reto es el requisito general de reducir al mínimo el consumo de energía y las etapas de procesamiento. La fricción entre el tapón de alta densidad y el equipo de alimentación también puede producir tales temperaturas elevadas haciendo que la materia prima sea degradada térmicamente y por tanto menos adecuada para el tratamiento adicional.

- 50 En la técnica anterior, el reto principal de la obturación de presión generalmente ha sido afrontado mediante el incremento de la densidad del tapón (ref. 5) o tratando de evitar los efectos negativos de la densidad de tapón (ref. 3) que describe la técnica anterior más próxima. Sin embargo, estas soluciones de "alta densidad" tienen desventajas. Los alimentadores de tapón de alta densidad a menudo requieren degradación mecánica (reducción del tamaño de partícula) de las materias primas para producir un tapón que sea impermeable al gas. La reducción del tamaño de partícula requiere etapas del procesamiento adicionales y un elevado consumo de energía. Los tapones de alta densidad también introducen un mayor desgaste en la maquinaria y requieren mayores esfuerzos en la desintegración. Los tapones de alta densidad también dan lugar a un consumo de energía mayor ya que esto

5 requiere un mayor grado de compactación y compensación para la fricción contra las paredes y otras partes del alimentador. Los tapones de alta densidad también requieren desintegración extensiva, en la entrada del reactor, a veces bajo duras condiciones. Además, la densidad del tapón es solo una medida indirecta. Un tapón puede tener buenas propiedades de obturación a baja densidad y otro tapón puede tener malas propiedades de obturación a elevada densidad.

El documento US 3 841 465 describe un dispositivo dispuesto para enviar una alimentación sólida a un reactor que funciona a temperaturas elevadas, que comprende un tubo de formación de desecho con un transportador de tornillo dispuesto en el mismo y un extremo de entrada y un extremo de descarga.

10 Aquí describimos un nuevo enfoque de "baja densidad" para los métodos y dispositivos de alimentador que proporcionan transferencia de material en partículas y/o fibroso desde una zona 1 con una temperatura y presión inferiores a una zona 2 con una temperatura y presión más elevadas. Se permite que el vapor penetre en el tapón de densidad comparativamente baja de una manera controlada. La condensación del vapor en la materia prima compactada elimina las fugas del vapor de la zona 2 a la zona 1. Las realizaciones de los métodos y dispositivos que utilizan este nuevo enfoque se denominan "alimentadores de flujo". Los métodos y dispositivos de alimentadores de flujo descritos en la presente memoria proporcionan ventajas generales de reducido desgaste, reducido consumo de energía y una reducida necesidad de desintegración del tapón en la entrada a la zona 2. En muchos casos, la desintegración del tapón no es necesaria en absoluto. Las realizaciones preferidas proporcionan seguridad operacional mejorada, capacidad mejorada para trabajar con materias primas heterogéneas, y capacidad mejorada para trabajar con materias primas que tienen partículas largas, tales como paja y hierba, o partículas grandes, tales como desechos domésticos.

Compendio

25 Se proporcionan métodos y dispositivos para la transferencia opcionalmente continua de material en partículas y/o fibroso desde una zona 1 con temperatura y presión baja (T1, P1) a una zona 2 con una temperatura y presión más elevadas (T2, P2), en donde la transferencia se realiza formando un flujo de materia prima compactada que se mueve desde la zona 1 a la zona 2.

Más concretamente, la presente invención proporciona un método para transferir materia prima en partículas y/o fibrosa desde una zona 1 con temperatura más baja T1 y una presión más baja P1 a una zona 2 que tiene una temperatura más elevada T2 y una presión más elevada P2, como está definida en la presente reivindicación 1.

30 Adicionalmente, la invención proporciona un aparato para la transferencia de materias primas en partículas y/o fibrosa desde una zona 1 con una temperatura inferior T1 y una presión inferior P1 a una zona 2 que tiene una temperatura más elevada T2 y una presión más elevada P2, como está definida en la reivindicación actual 14.

35 Los alimentadores de tapón de la técnica anterior proporcionan un bloqueo de presión entre la presión elevada (zona 2) y la presión baja (zona 1) utilizando un tapón de alta densidad, que es impermeable a los vapores y gases. Por el contrario, los métodos y dispositivos de alimentador de flujo proporcionados en la presente memoria utilizan tapones de baja densidad que son permeables a los vapores y a los gases. La fuga de los vapores condensables de la zona 2 a la zona 1 es evitada mediante la condensación de los vapores condensables dentro de la materia prima compactada. La condensación se produce debido a que la materia prima en la zona de presión inferior 1 tiene una temperatura más baja T1 que la temperatura de condensación de los vapores procedentes de la zona de presión elevada 2. La condensación se produce dentro de la materia prima compactada el movimiento en la zona de condensación que separa la zona 1 y la zona 2. Un frente de condensación define el límite entre la zona de condensación y la zona 1.

40 Las realizaciones preferidas proporcionan un funcionamiento de estado estable, mediante el cual la ubicación del frente de condensación en el alimentador de flujo es casi estacionaria, el frente de condensación se mueve en la materia prima desde la zona 2 hacia la zona 1 al mismo régimen (velocidad) al que la materia prima penetrable por vapor se mueve desde la zona 1 hacia la zona 2.

45 La condensación del vapor de alta temperatura desde la zona 2 impartirá energía calorífica a una cantidad de materia prima que tenga suficiente "capacidad calorífica" para absorberla. Si, repentinamente, penetra en la materia prima vapor adicional, el frente de condensación se moverá acercándose a la zona 1 debido a la que es necesaria materia prima adicional ("capacidad calorífica") para absorber la energía liberada por la condensación del vapor adicional.

50 Para evitar la fuga potencialmente explosiva de la zona de vapor 1, la ubicación del frente de condensación es monitorizada.

55 Si el frente de condensación se mueve demasiado lejos hacia la zona 1, se pueden utilizar una variedad de diferentes medios para restablecer el frente de condensación de forma segura dentro del flujo de la materia prima compactada.

Breve descripción de las Figuras

La Figura 1 muestra una sección longitudinal esquemática que ilustra los principios de funcionamiento de una realización de un alimentador de flujo.

La Figura 2A muestra una vista en sección longitudinal de una realización preferida en la que el dispositivo de descarga está cerrado por razones de puesta en marcha o de emergencia.

- 5 La Figura 2B muestra una sección de una realización preferida mostrada en 2A, en donde el dispositivo de descarga está abierto para el funcionamiento en estado estable.

Descripción detallada de las realizaciones preferidas

10 Se proporcionan métodos y dispositivos de alimentador de flujo para la transferencia opcionalmente continua de material en partículas y/o fibroso desde una zona 1 con presión y temperatura bajas (T1, P1) a una zona 2 a con una presión y temperatura más elevadas (T2, P2). En las realizaciones preferidas, la transferencia se realiza mediante un dispositivo que forma un flujo continuo de materia prima compactada que se mueve desde la zona 1 a la zona 2.

Las realizaciones preferidas proporcionan la alimentación continua de material en partículas y/o fibroso a un reactor presurizado a un coste inferior, con menor consumo de energía, con reducido desgaste y con un elevado nivel de seguridad operacional.

15 Estas y otras ventajas se proporcionan utilizando un nuevo enfoque de la función de la materia prima como barrera de presión. Los alimentadores del tapón de la técnica anterior confían en tapones de alta densidad impermeables al vapor para proporcionar un bloqueo de presión entre la zona de alta presión y la zona de baja presión. Por el contrario, los métodos y dispositivos de alimentador de flujo proporcionados trabajan con tapones permeables al vapor, de baja densidad. La condensación de vapores dentro del flujo de la materia prima compactada evita la fuga de los vapores condensables de la zona 2 a la zona 1.

El término "vapor" como se ha utilizado en la presente memoria se refiere al gases que condensarán a T1. El término "gases" como se ha utilizado en la presente memoria se refiere a los gases que no condensarán a T1.

25 Los gases procedentes de la zona 2 con temperaturas de condensación más bajas que T1, no se moverán a través de la materia prima compactada, permeable al vapor hacia la zona 1. El aire contenido en la materia prima será conducido fuera en el frente de condensación y permanecerá en la zona 1. Por consiguiente, en las realizaciones preferidas, el tapón permeable al vapor permitirá que los gases procedentes de la zona 2 que no condensarán a T1 sean retirados con una pérdida de energía muy baja.

30 La condensación de los vapores dentro del flujo de la materia prima compactada se produce debido a que la materia prima en la zona de baja presión 1 tiene una temperatura más baja T1 que la temperatura de condensación de los vapores procedentes de la zona de alta presión 2. La condensación se produce dentro de la materia prima compactada, el movimiento, en una zona de condensación en la cámara de alimentador de flujo.

35 La cámara de alimentador de flujo es la cámara limitada en la entrada, el extremo de la zona 1 por el dispositivo de carga y en la salida, el extremo de la zona 2 por el dispositivo de descarga. La zona de compensación es la sección de la cámara de alimentador de flujo en donde se produce la condensación que empieza cerca de la salida, extremo de zona 2 y termina en el frente de condensación. El término "frente de condensación" como se ha utilizado aquí se refiere a la interfaz entre la zona de condensación y la zona 1 que se forma en la cámara de alimentador de flujo.

Un "frente de condensación" cubre la sección transversal de la cámara de alimentador de flujo, pero puede tener una forma irregular.

40 El término "velocidad del frente de condensación" se refiere a la velocidad a la que el frente de condensación se mueve en el material de materia prima compactado en la dirección P2 a P1. En las realizaciones preferidas de la invención, en donde el material de materia prima compactado se está moviendo por sí mismo en la dirección P1 a P2, al mismo ritmo que la velocidad del frente de condensación en la dirección P2 a P1, la posición del frente de condensación en la cámara de alimentador de flujo es estacionaria, a pesar de un valor distinto de cero de velocidad del frente de condensación.

45 El término "capacidad calorífica" como se ha utilizado aquí se refiere a la capacidad de un volumen dado de materia prima de absorber vapor a elevada temperatura como agua condensada. El contenido de humedad inicial afectará la "capacidad calorífica".

50 En las realizaciones preferidas, el flujo continuo de materia prima desde la zona 1 tiene suficiente "capacidad calorífica" para asegurar la completa condensación de todo el vapor que penetra en la materia prima desde la zona 2.

En las realizaciones preferidas, se establece un funcionamiento de estado estable, mediante el cual la ubicación del frente de condensación en el alimentador de flujo es relativamente constante debido a que se mueve en la materia prima desde la zona 2 hacia la zona 1 al mismo régimen (velocidad) al que se mueve el tapón penetrable/de

condensación desde la zona 1 hacia la zona 2.

La velocidad del frente de condensación es controlable. El término "velocidad controlada" como se ha utilizado en la presente memoria se refiere a un método en el que una penetración de vapor significativa del tapón de materia prima en movimiento está prevista y en el que la velocidad del movimiento de frente de condensación en el tapón en movimiento es aprovechada intencionadamente.

La velocidad del frente de condensación en la materia prima compactada puede ser detectada mediante sistemas de monitorización basados en sensores bien conocidos en la técnica, tales como sensores de temperatura y de presión, detección termográfica o sensores que detectan el contenido de agua aumentado en la zona de condensación. También, la expansión de la cámara de alimentador de flujo en la zona de condensación asimismo puede ser utilizada para detectar la ubicación del frente de condensación. En las realizaciones preferidas, los sensores informan a un sistema de retroalimentación que controla la velocidad de frente de condensación, por ejemplo, controlando la compactación del tapón a través del control del régimen de carga o descarga de materia prima.

En las realizaciones preferidas, la velocidad del frente de condensación en el tapón de materia prima en la dirección desde la zona 2 a la zona 1 es ajustado para igualarlo a la velocidad de la propia materia prima en la dirección de la zona 1 a la zona 2. De esta manera, se consiguen las condiciones de estado estable, en donde la ubicación del frente de condensación no se mueve con relación a la cámara de alimentador de flujo. Esto proporciona una obturación de presión, evita la fuga del vapor de la zona 2 a la zona 1. Funcionando en las condiciones de estado estable, los métodos de la invención serán llevados a la práctica de una manera esencialmente continua. El término "continuo" como se ha utilizado en la presente memoria se refiere a las condiciones en las cuales el flujo de materia prima no es sustancialmente interrumpido por los espacios libres de partículas y sin detener el movimiento del tapón de materia prima, excepto para detener la producción o en situaciones de emergencia.

Cuando el frente de condensación se mueve demasiado lejos hacia la zona 1, se incrementa el riesgo de una liberación explosiva de grandes cantidades de vapor en las inmediaciones.

El funcionamiento de estado estable se puede mantener en el alimentador de flujo iniciando precauciones de contra actuación si el frente de condensación se mueve hacia la zona 1 o la zona 2. Las precauciones de contra actuación para mantener el funcionamiento de estado estable pueden tener como objetivo ajustar el flujo de energía calorífica, ajustando el flujo de vapor. Alternativamente, los ajustes pueden tener como objetivo ajustar la capacidad de flujo de la materia prima para absorber energía. En la práctica de algunas realizaciones, los ajustes pueden afectar tanto al régimen de penetración del vapor como a la capacidad para absorber energía, como por ejemplo, ajustando la compactación, dado que una densidad mayor puede tanto disminuir el régimen de penetración de vapor como aumentar la capacidad para absorber energía.

Cuando el frente de condensación se mueve acercándose a la zona 2, el flujo de energía de vapor en el tapón de materia prima es menor que la absorción de energía del tapón de materia prima que se mueve a contracorriente. Cuando al frente de condensación se aproxima al extremo de entrada del reactor de la zona de compactación, el dispositivo de carga está forzando de forma efectiva el tapón de materia prima compactado en contra de la elevada presión de la zona 2. Bajo estas condiciones, el consumo de energía del dispositivo de carga aumentará enormemente, aproximándose al consumo de energía de un alimentador de tapón de alta densidad de la técnica anterior.

La materia prima está típicamente compactada a una densidad comparativamente menor en la que el vapor procedente del reactor de alta presión puede penetrar a una velocidad controlada en la materia prima, que se mueve en la dirección hacia la entrada de materia prima de baja presión (zona 1).

Los métodos y dispositivos de alimentador de flujo de la invención pueden funcionar de forma efectiva a niveles de densidad de tapón mucho menores de los que se han conseguido utilizando alimentadores de tapón de la técnica anterior. Por ejemplo, cargando contra una presión del reactor de > 10 bares, específicamente 15 bares, los métodos de alimentador de flujo se pueden llevar a la práctica utilizando cualquier materia prima adecuada que incluye paja de cereal, bagazo, bala de cereales, paca de cereales, virutas de madera, racimos de fruta vacíos y otras materias primas compactadas a densidades mucho mayores que 700 kg/m³, típicamente dentro del rango de 200-400 kg/m³, opcionalmente menores que 320 kg/m³, inferiores a 300 kg/m³ o incluso menores que 215 kg/m³.

El vapor procedente del reactor de alta presión (zona 2) se condensará dentro del tapón de materia prima compactado penetrable por el vapor, formando una zona de condensación y un correspondiente frente de condensación. La temperatura y la presión de la materia prima dentro de la zona de condensación se incrementarán desde T1 y P1 hacia T2 y P2. El frente de condensación se mueve dentro del tapón de materia prima permeable al vapor en la dirección desde la zona 2 hacia la zona 1. Este movimiento del frente de condensación es contracorriente del movimiento del propio tapón de materia prima, que se está moviendo en la dirección desde la zona 1 hacia la zona 2.

En las realizaciones preferidas, el tapón está compactado a una longitud que es lo suficientemente larga para evitar la formación de canales desde la zona 2 a la zona 1 y proporcionar un tiempo suficiente para adoptar las

precauciones adecuadas si el frente de condensación empieza a moverse hacia la zona 1.

Los métodos de la invención son particularmente adecuados para cargar reactores para el pretratamiento hidrotermal de la biomasa lignocelulósica con o sin catalizadores, tales como ácidos, bases u oxígeno.

5 Cualquier materia prima adecuada puede ser utilizada para llevar a la práctica los métodos de la invención. Como se ha utilizado aquí, el término "materia prima" se refiere a material de origen biológico, que incluye materiales derivados de plantas, animales y hongos, incluyendo materiales procesados tales como papel, material textil, desechos de restaurante y domésticos o fracciones de los mismos.

10 Una variedad de medios pueden proporcionar la compactación de la materia prima para formar un flujo de materia prima en movimiento que tiene una densidad adecuada en la que el vapor procedente de la zona 2 puede penetrar, formando un frente de condensación que se mueve a una velocidad controlable hacia la zona 1. En las realizaciones preferidas, el dispositivo de carga compacta la materia prima dentro de los límites de una cámara de alimentador de flujo en contra de una contrapresión variable. La contrapresión variable puede ser proporcionada por una variedad de diferentes medios que incluyen un dispositivo de descarga, un miembro de obstrucción, que puede también cerrar la salida del alimentador de flujo completamente en situaciones de emergencia y de puesta en marcha.

15 Un dispositivo de carga adecuado puede ser, por ejemplo, un transportador de tornillo o un transportador de tornillo de pistón que mueve la materia prima en la dirección desde la zona 1 hacia la zona 2, en contra de una contrapresión.

20 Un dispositivo de descarga adecuado puede comprender un disco u otra cara en contacto con el tapón que tiene una cara de contacto de salida, teniendo la salida una cara de contacto correspondiente que rodea la salida desde la cámara de alimentador de flujo, estando el disco montado sobre un eje mediante el cual el disco o la cara en contacto con el tapón pueden ser girados o movidos axialmente. En las realizaciones preferidas, un dispositivo de descarga puede servir también como bloqueo de presiones y/o dispositivo de desintegración de tapón como se ha descrito en la ref. 1 y 2. Un dispositivo de descarga puede proporcionar contrapresión debido a que el área abierta para el pasaje de materia prima pasado el dispositivo de descarga puede ser ajustada para ser menor que el área de sección transversal de la cámara de alimentador de flujo. El área abierta al pasaje de materia prima puede ser ajustada mediante el movimiento axial del dispositivo de descarga. Cuando el dispositivo de descarga es movido hacia la entrada el área es disminuida y la contrapresión es incrementada, lo que aumenta la densidad del tapón. Cuando el dispositivo de descarga es movido alejándose de la entrada, el área es incrementada, y la contrapresión y la densidad del tapón es disminuida.

30 Alternativamente, la contrapresión puede ser proporcionada por dispositivos que carecen de una función de descarga activa pero que tienen características modificadas de alimentadores de tapón conocidos utilizados para operar a densidades de tapón más elevadas. Por ejemplo, la contrapresión puede ser proporcionada contra una salida que tiene una abertura variable o un miembro de obstrucción, tal como el dispositivo descrito en la ref. 3 y 4. En las realizaciones preferidas el miembro de obstrucción comprende varias partes móviles, y puede actuar como un bloqueo de presión durante el proceso de puesta en marcha y en situaciones de emergencia.

35 La velocidad del frente de condensación en el tapón de materia prima compactada puede ser ajustada mediante una variedad de medios. El ajuste de la compactación del tapón de materia prima sirve para ajustar tanto el flujo de la energía de vapor que entra en la materia prima como también la "capacidad calorífica" de flujo de materia prima. La compactación incrementada puede conducir a un flujo disminuido de energía de vapor y también puede conducir a una "capacidad calorífica" incrementada. La compactación puede ser ajustada mediante una variedad de medios tales como aumentar el régimen de carga en un periodo corto, lo que se repite hasta que haya sido conseguida la densidad deseada; o disminuir el régimen de descarga en un periodo corto, lo que es repetido hasta que haya sido conseguida la compactación correcta. La compactación puede ser por ejemplo disminuida disminuyendo el régimen de carga durante un periodo corto, lo que es repetido hasta que la densidad correcta haya sido alcanzada; o incrementando el régimen de descarga en un periodo corto, lo que es repetido hasta que la densidad correcta haya sido conseguida.

40 El ajuste del contenido de humedad de la materia prima también puede servir para ajustar la velocidad del frente de condensación. El contenido en humedad de la materia prima contribuye sustancialmente a la "capacidad calorífica" de la materia prima. Un contenido de humedad más elevado puede reducir la penetración del vapor haciendo la materia prima se más flexible y compresible. El contenido de humedad también puede proporcionar gelación y/o hinchamiento de algunos constituyentes de la materia prima, aumentando con ello la resistencia a la penetración del vapor.

45 En las realizaciones preferidas, en las que se llevan a la práctica los métodos para cargar materias primas lignocelulósicas en reactores de pretratamiento hidrotermal, el contenido de humedad preferido de la materia prima es normalmente del 40-80 % (20-60 % de materia seca) y más preferido entre 55-70 % (30-45 % de materia seca). Este rango facilita el establecimiento y el mantenimiento del funcionamiento en estado estable.

El contenido de humedad de la materia prima similar a la paja de trigo, bala de cereal y polvo de serrado es

normalmente demasiado baja (10-40%) para un proceso de pretratamiento hidrotermal y también requerirá establecer una elevada compactación.

5 Aumentando el contenido de humedad de estas biomásas secas a un rango de 55-70 % antes de introducirlas en un alimentador de tapón de baja densidad, serán establecidas condiciones óptimas para tanto el alimentador de flujo como para el proceso de pretratamiento.

Algunos materiales similares a, por ejemplo ensilado, normalmente tienen contenido de humedad favorable, y pueden ser cargados en el alimentador de flujo sin tratamiento previo. Si el material tiene un contenido de humedad más elevado que el deseado, puede ser reducido mediante presión antes de la carga.

10 El ajuste del tamaño y/o la forma de partículas de la materia prima puede servir para ajustar la velocidad del frente de condensación. Las partículas de materia prima pueden tener muchas formas y tamaños diferentes. Las formas pueden ser divididas en tres grupos:

- Partículas largas. Una dimensiones dominante, lo que significa que las partículas son sustancialmente más grandes en una dimensión que en las otras dos dimensiones, por ejemplo, la paja, bala de cereal, bagazo, y hierba.

15 ● Partículas planas. Dos dimensiones son dominantes, lo que significa que las partículas son sustancialmente más grandes en dos dimensiones que en la tercera dimensión, por ejemplo, a hojas, papel, virutas de cepillado de madera.

- Partículas aterronadas. Ninguna dimensiones dominante, lo que significa que las partículas son aproximadamente de igual tamaño en lastres dimensiones, por ejemplo, virutas de madera.

20 La penetración del vapor en el tapón de materia prima será reducida si las partículas largas y/o planas están colocadas de tal manera que la dirección dominante de las partículas alargadas o planas es perpendicular a la dirección en la que se mueve la materia prima compactada. Tal colocación preferencial de las partículas se puede conseguir utilizando una variedad de medios tales como utilizando un tornillo o un pistón de tornillo como medios de avance, el borde de la última paleta de tornillo dispondrá las partículas alargadas y placas en la dirección deseada.
25 Este mecanismo es probablemente mejorado por el contenido de humedad favorable, debido a que en las partículas son más flexibles que cuando están secas.

30 Si la materia prima consta de partículas aterronadas tales como virutas de madera, puede ser una ventaja suministrarla como partículas largas o planas o partículas pequeñas tales como polvo de serrado. Como una alternativa a las virutas, la madera podría ser conformada en partículas largas o planas para adaptarla al alimentador de flujo.

En el pasado, el cosechado de caña de azúcar ha desechado las hojas debido a que se consideraban que no tenían valor. Mediante la introducción de métodos de cosechado tales como la cosecha global de paso único también ha recogido las hojas, la biomasa producida será incrementada, y las propiedades de la biomasa serán mejoradas con respecto al hecho de proporcionar un régimen de penetración de vapor apropiado con baja compactación.

35 Los métodos de alimentador de flujo de la invención se pueden llevar a la práctica utilizando materias primas que tengan partículas bastante largas. Para partículas alargadas tales como paja, la hierba, y la bala de cereal, un alimentador de flujo de tamaño industrial aceptará fácilmente las partículas que sean tan largas como 20 cm.

40 Si se desea una velocidad del frente de condensación más baja, normalmente es una ventaja que el alimentador de flujo reciba una mezcla de partículas pequeñas y grandes, dado que las partículas pequeñas obturarán los espacios entre las partículas grandes, disminuyendo con ello el régimen de penetración del vapor. Muchos materiales de materia prima contienen una variedad de tamaños de partícula. También puede ser ventajoso degradar mecánicamente una parte del material y mezclarlo como partículas grandes. O puede resultar ventajoso mezclar dos materiales de materia prima, uno con partículas más grandes y uno con partículas más pequeñas.

45 Una ventaja valiosa proporcionada por algunas realizaciones es el reducido consumo de energía por parte del dispositivo de carga, debido a que no se requiere energía para forzar la materia prima en contra de la presión P2, cuando la materia prima es penetrable y el vapor se condensa completamente en la cámara de alimentador de flujo, al contrario que con un alimentador de tapón tradicional que confía en un tapón impermeable, en donde el dispositivo de carga debe compensar la presión P2 sobre la superficie de extremo del tapón así como debe compensar la fricción entre el tapón y el equipo.

50 Los metros de la invención también pueden proporcionar una variedad de otras posibles ventajas. El uso de compactación relativamente más baja de la materia prima reduce el consumo de energía y también se reduce la necesidad de la desintegración de la materia prima en la entrada del reactor. El requisito disminuido de la reducción del tamaño de partícula por el alimentador de flujo también proporcionará ahorros de energía. La materia prima para el pretratamiento hidrotermal conseguirá la temperatura del reactor antes de entrar realmente en el reactor,
55 disminuyendo con ello los tiempos de permanencia en el reactor. La eficiencia total del pretratamiento hidrotermal

también puede ser mejorada ya que la penetración de vapor en la materia prima conducirá de forma eficiente el aire fuera de las celdas, capilares y otras cavidades en la materia prima, asegurando con ello un contacto mejorado entre las superficies intracelulares de la materia prima y el vapor en el reactor.

5 Algunas realizaciones preferidas de un aparato de la invención, adecuadas para llevar a la práctica los métodos de la invención, comprenden:

- Una cámara de alimentador de flujo cilíndrica con una abertura de entrada en la pared cilíndrica para cargar el material de tapón en la cámara de tapón desde la zona 1 con la temperatura T1 y la presión P1, y un extremo abierto para descargar la materia prima en la zona 2 con la temperatura T2 y la presión P2
- 10 • Un dispositivo de carga que está situado de manera que es cargado con materia prima a través de una abertura de entrada
- Un dispositivo de descarga que proporciona contrapresión ajustable
- Una zona de descarga alrededor del dispositivo de descarga, en donde es posible crear un bloqueo de presión
- 15 • Opcionalmente comprendiendo también un dispositivo para cargar de forma forzada el producto en un reactor presurizado.

Las realizaciones preferidas están adaptadas para conducir un flujo continuo de materia prima compactada desde la zona 1 a la zona 2. Un transportador de tornillo es un dispositivo de carga bueno y económico pero a una elevada contrapresión el tapón puede girar, haciendo que el movimiento hacia delante del tapón se detenga.

20 Un tornillo de pistón es técnicamente más complicado como dispositivo de carga que un transportador de tornillo, pero asegura el movimiento hacia delante del producto. Ambas soluciones reducirán enormemente el riesgo de formación de canales en la materia prima contactada. También podrían ser utilizados otros sistemas transportadores para proporcionar un dispositivo de carga.

25 En algunas realizaciones, la contrapresión, el ajuste de la densidad del tapón, la desintegración del tapón, la prevención de la rotación del tapón y del bloqueo de presión para situaciones de emergencia y de puesta en marcha, son todos proporcionados por un único dispositivo de descarga. Este dispositivo de descarga puede también estar diseñado para forzar la descarga del tapón. Una realización preferida de eta dispositivo de descarga comprende:

- Un disco con una cara en contacto con el tapón y una cara de contacto adicional que rodea la salida de la cámara de alimentador de flujo
- Un eje mediante el cual el disco puede ser movido y girado axialmente
- 30 • Una barrena con el extremo libre que retira la materia prima del tapón penetrable

El dispositivo de descarga puede proporcionar una contrapresión variable para el movimiento del tapón de baja densidad regulando la rotación del dispositivo de descarga. La rotación lenta proporciona compactación incrementada y viceversa. El área abierta al pasaje de materia prima puede ser ajustada mediante el movimiento axial del dispositivo de descarga.

35 En situaciones de emergencia en las que hay un riesgo de fuga severa o durante los procesos de puesta en marcha, el disco puede ser cerrado totalmente contra la cara de contacto de la salida, proporcionando de este modo un bloqueo de presión.

40 En situaciones en las que hay un riesgo creciente de fuga, a menudo será suficiente mover el dispositivo de descarga hacia la salida, sin cerrarlo totalmente. Esto creará una zona de compactación anular entre la cara de contacto del dispositivo de descarga y la correspondiente cara de contacto de la salida, que tiene una resistencia a la penetración de vapor más elevada que la zona de compactación principal. Después de un corto periodo de tiempo, la compactación de la materia prima en la zona de compactación principal aumentará, y serán restablecidas la suficiente resistencia a la penetración del vapor y la suficiente capacidad de compensación, y el dispositivo de descarga será movido de nuevo alejándose de la salida.

45 El término "barrena" se refiere a un tornillo que tiene un eje en un extremo, y no tiene eje en el otro que extremo con punta, (en lo que sigue será denominado como extremo libre). La barrena de la invención utiliza el extremo libre para retirar la materia prima de la zona de compactación, y la moverá en la dirección del eje.

Para evitar la rotación de la materia prima compactada, el dispositivo de descarga puede girar en la dirección del dispositivo de carga.

50 Se puede mejorar la seguridad operacional en algunas realizaciones proporcionando una salida de seguridad de vapor, que puede transmitir el vapor que una manera controlada, por ejemplo a una unidad de condensación, o al

entorno, hasta que haya sido restablecido el funcionamiento de estado estable.

La seguridad se puede mejorar adicionalmente operando dos alimentadores de flujo en serie. La temperatura y la presión en la zona de descarga del primer alimentador de flujo estarán aproximadamente en el punto medio entre T1 y T2 y P1 y P2. La seguridad será mejorada mediante dos alimentadores de flujo por las siguientes razones:

- 5 • La diferencia de presión es reducida para cada alimentador de flujo.
- Puede haber dos bloqueos de presión, que se pueden cerrar en situaciones de emergencia.
- La zona de descarga/carga entre los dos alimentadores de flujo es un buen lugar para hacer medidas de presión, que pueden detectar una fuga de vapor de la zona 2 de forma inmediata e iniciar precauciones de contra actuación.

10 Por consiguiente, en algunas realizaciones preferidas, el aparato de la invención comprende

- una cámara de alimentador de flujo cilíndrica que tiene una abertura de entrada para cargar dicha la materia prima desde una zona 1 con una temperatura T1 y una presión P1, y que tiene un extremo de descarga abierto conectado a una zona 2 con una temperatura T2 y una presión P2,
- 15 - un transportador de tornillo o transportador del tornillo de pistón que está situado de manera que es cargado en el extremo del eje con dicha materia prima a través de la abertura al entrada, y para cargar dicha materia prima en la cámara de alimentador de flujo en el extremo libre.
- 20 - un dispositivo de descarga axialmente móvil situado en el extremo de descarga de la cámara de alimentador de flujo que tiene, en el lado de salida fuera de la cámara de alimentador de flujo, un cono con un diámetro mayor que el que la cámara de alimentador de flujo, y está equipado con un área de contacto con forma de anillo en la periferia fuera de la cámara de alimentador de flujo, y
- 25 - una cámara de descarga, que proporciona una conexión estanca a la presión entre la cámara de alimentador de flujo y el reactor con presión P2, en el que el la pared que conecta la cámara de alimentador de flujo incluye un área de contacto con forma de anillo adaptada para entrar en contacto con la superficie de contacto en el dispositivo de descarga, y que permite el establecimiento de un bloqueo de presión entre la cámara de alimentador de flujo y la cámara de descarga cerrando la separación entre las dos áreas de contacto.

La Figura 1 muestra una sección longitudinal esquemática que ilustra los principios de funcionamiento de la realización de un alimentador de flujo.

Como se muestra en la Figura 1, la zona 1 (1) en el extremo de entrada del alimentador de flujo tiene una temperatura y presión T1 y P1 inferiores que la zona 2 (2) en el extremo de salida del alimentador de flujo, que tiene una temperatura y presión T2 y P2. La presión P2 principalmente proviene de los vapores que se condensarán en T1. Los vapores procedentes de la zona 2 penetrarán en la materia prima. Cuando el vapor pasa el frente de alta presión (6) empezará a condensar en la zona de condensación (3) en la que la temperatura es menor que T2 como se ilustra mediante la curva (10) que muestra esquemáticamente la relación entre la presión de la temperatura (8) y la ubicación en el alimentador de flujo (9). El vapor que ha sido condensado, seguirá el flujo de materia prima, que se mueve a contracorriente respecto al vapor que penetra en la materia prima. Todo el vapor que penetra procedente de la zona 2 ha sido condensado en el frente de condensación (4), debido a que la capacidad de absorción de calor del flujo de materia prima en la zona de condensación (3) es igual a la energía calorífica procedente del vapor que penetra y que se condensa en el flujo de materia prima.

El área (5) es un límite aproximado entre la materia prima relativamente poco compactada y la materia prima que ha sido relativamente más compactada por la contrapresión del dispositivo de carga contra el dispositivo de descarga. El área (7) es un límite aproximado entre la materia prima relativamente compactada y la materia prima que está relativamente menos compactada debido a la acción del dispositivo de descarga.

Ejemplo

Una realización preferida de un aparato de la invención y su método de utilización de acuerdo con una realización preferida de los métodos de la invención se describe aquí con detalle, haciendo referencia a la Figura 2A y a la Figura 2B.

La Figura 2A muestra una vista en sección longitudinal de una realización preferida en la que el dispositivo de descarga está cerrado por razones de puesta en marcha o de emergencia.

La Figura 2B muestra una sección de la realización preferida mostrada en 2A, en donde el dispositivo de descarga está abierto para un funcionamiento en estado estable.

La materia prima es cargada en el alimentador de flujo a través de la entrada 2.1. La presión en la entrada es P1. Un tonillo de pistón 2.2 está situado debajo de la entrada 2.1. El tonillo de pistón alimenta la materia prima a la cámara

5 de alimentador de flujo 2.3 hacia la salida 2.4. La cámara de alimentador de flujo 2.3 es un cilindro alargado. Durante el funcionamiento, la presión de la cámara de alimentador de flujo es P1 en el extremo de entrada y P2 en el extremo de salida 2.4. Un dispositivo de descarga 2.5 está situado en la cámara de descarga 2.8. El dispositivo de descarga comprende un dispositivo de barrena 2.6, montado sobre un cono 2.7, un disco 2.9 con una cara de contacto 2.10, que se corresponde con una cara de contacto 2.11, que rodea la salida 2.4 y un eje 2.12 que hace posible que el dispositivo de descarga gire y se mueva axialmente en la cámara de descarga 2.8.

10 Durante el proceso de puesta en marcha, la salida 2.4 está inicialmente cerrada por el dispositivo de descarga 2.5. La cara de contacto 2.10 del disco 2.9 está en contacto con la cara de contacto 2.11 de la salida 2.4. La materia prima es cargada en el alimentador a través de la entrada 2.1 y es transportada hacia la salida 2.4 mediante el tornillo de pistón 2.2. Dado que la salida está cerrada, la cámara de alimentador de flujo 2.3 será llenada con materia prima entre la entrada y la salida. Cargando más material, la materia prima es compactada hasta un valor deseado en el que la velocidad del frente de condensación podrá alcanzar un nivel deseado. Cuando la densidad ha conseguido el valor deseado, se abre el dispositivo de descarga (Figura 2B), girando en la dirección opuesta del tornillo de pistón. Mediante la rotación, la barrena 2.6 desintegra la materia prima, y la mueve a través de la salida 15 2.4 y al interior de la cámara de descarga 2.8, en donde es transportada por el transportador de tornillo 2.13 al interior del reactor 2.14. El dispositivo de descarga también proporciona contrapresión ajustable para el tornillo de presión, para mantener la velocidad del frente de condensación deseada.

20 La ubicación del frente de condensación se determina durante las operaciones mediante la referencia de varios sensores de temperatura 2.15 situados a lo largo de la pared 2.16 de la cámara de alimentador del flujo 2.3. Estos sensores identifican la ubicación del frente de compensación dentro de la cámara de alimentador de flujo 2.3. La temperatura corresponderá a T1 en el lado de entrada del frente de condensación. El mantenimiento de la velocidad deseada del frente de condensación se determina mediante un sistema de retroalimentación que es informado por parte de estos sensores.

25 Un sensor 2.17 está situado en el espacio vacío junto a la entrada de materia prima. Este sensor puede ser un sensor de temperatura y/o presión. Si la presión o la temperatura se elevan por encima de P1, T1 en el sensor 2.17, el dispositivo de descarga 2.5 se cerrará automáticamente de forma inmediata. El mecanismo de cierre del dispositivo a descarga 2.5 se cerrará en caso de un fallo de energía en el que la alimentación y la condensación del vapor se detendrán.

30 Los ejemplos y las descripciones anteriores proporcionan ejemplos representativos de realizaciones particulares y no están destinados a limitar el alcance de la invención como está definida por las reivindicaciones.

Referencias

- 1. US 3.841.465
- 2. US 4.274.786
- 3. US 4.947.743
- 35 4. US 5.466.108
- 5. SE 500516

REIVINDICACIONES

1. Un método para transferir materia prima en partículas y/o fibrosa desde una zona 1 con una temperatura inferior T1 y una presión inferior P1 a una zona 2 que tiene una temperatura más elevada T2 y una presión más elevada P2, en donde P2 principalmente proviene del vapor que se condensa en T1, que comprende
- 5 -la compactación de dicha materia prima dentro de los límites de una cámara de alimentador de flujo (2.3) que tiene una salida (2.4) a una zona 2 mediante un dispositivo de carga (2.5) en contra de una contrapresión variable proporcionada por un dispositivo de descarga o un miembro de obstrucción, que puede también cerrar la salida del alimentador de flujo completamente en situaciones de emergencia y de puesta en marcha, para formar un tapón en movimiento que tiene una densidad en la que el vapor procedente de un reactor de alta presión (zona 2) que tiene
- 10 una presión más elevada P2 puede penetrar en dicho tapón en movimiento, formando un frente de condensación que se mueve a una velocidad controlable hacia P1 dentro del dicho tapón, en contra de la corriente del movimiento de dicho tapón que es desde P1 hacia P2, y
- evitar la fuga de vapor de P2 a P1 ajustando la velocidad a la que dicho frente de condensación se mueve hacia P1
- 15 dentro de dicho tapón con respecto a la velocidad a la que dicho tapón se mueve desde P1 a P2.
- en donde T1 está por debajo de la temperatura de condensación del vapor que proviene principalmente de P2.
2. El método de la reivindicación 1, en el que la velocidad del frente de condensación es ajustada durante el funcionamiento, de tal manera que la posición del frente de condensación en la cámara de alimentador de flujo (2.3) es estacionaria, creando con ello un funcionamiento en estado estable.
- 20 3. El método de la reivindicación 1, en el que la velocidad del frente de condensación es controlada por un sistema de retroalimentación, asegurando opcionalmente el funcionamiento en estado estable.
4. El método de la reivindicación 1, en el que la compactación de dicha materia prima para formar un tapón penetrable en movimiento se proporciona mediante un dispositivo de carga (2.2) que trabaja en contra de una contrapresión proporcionada por un miembro de obstrucción (2.5), mediante el cual la contrapresión y con ello la compactación y con ello la velocidad de penetración de vapor pueden ser ajustadas durante el funcionamiento.
- 25 5. El método de acuerdo con la reivindicación 1, en el que dicha materia prima es compactada a densidades comprendidas dentro del rango de 200-400 kg/m³.
6. El método de acuerdo con la reivindicación 1, en el que dicha materia prima es compactada a densidades menores de 700 kg/m³.
- 30 7. El método de la reivindicación 3, realizado bajo condiciones en las que la ubicación del frente de compensación es monitorizada utilizando sensores (2.15).
8. Un método de acuerdo con la reivindicación 3 realizado bajo condiciones en las que la ubicación del frente de condensación es monitorizada utilizando termografía.
9. Un método de acuerdo con la reivindicación 3, en el que el consumo de energía del dispositivo de carga es monitorizado, y utilizado con fines de retroalimentación.
- 35 10. Un método de acuerdo con la reivindicación 1, en el que la compactación de la materia prima es proporcionada mediante un tornillo o tornillo de pistón (2.2) que recibe la materia prima cerca del extremo del eje y que la envía al extremo libre.
11. Un método de acuerdo con la reivindicación 1, en el que la velocidad del frente de condensación es ajustada ajustando la compactación de la materia prima.
- 40 12. Un método de acuerdo con la reivindicación 1, en el que la velocidad del frente de condensación es ajustada ajustando el contenido de humedad de la materia prima.
13. Un método de acuerdo con la reivindicación 1, en el que la velocidad del frente de condensación en la materia prima compactada es ajustada proporcionando la materia prima con una mezcla de partículas de diferentes tamaños y formas.
- 45 14. Un aparato para transferir materia prima en partículas y/o fibrosa desde una zona 1 con una temperatura inferior T1 y una presión inferior P1 a una zona 2 que tiene una temperatura más elevada T2 y una presión más elevada P2, en donde la presión P2 proviene principalmente del vapor que condensa a T1, adaptado para realizar la transferencia formando un flujo continuo de materia prima compactada que se mueve desde la zona 1 a la zona 2, teniendo el flujo de materia prima en movimiento una densidad adecuada en la que el vapor procedente de un reactor de presión elevada (zona 2) y teniendo una presión más elevada P2 puede penetrar formando un frente de condensación que se mueve a una velocidad controlable en hacia la zona 1, comprendiendo dicho aparato
- 50

- una cámara de alimentador de flujo cilíndrica (2.3) que tiene una abertura de entrada (2.1) para cargar dicha materia prima procedente de la zona 1, y un extremo de descarga abierto (2.4) conectado a la zona 2

5 - un dispositivo de carga está situado de manera que es cargado con dicha materia prima a través de la abertura de entrada (2.1), para cargar dicha materia prima en la cámara de alimentador de flujo (2.3), un dispositivo de descarga que se puede mover axialmente (2.5) situado en el extremo de descarga (2.4) de la cámara de alimentador de flujo (2.3) y configurado para cerrar la salida (2.4) del alimentador de flujo completamente en situaciones de emergencia y de puesta en marcha.

- un sistema de monitorización para detectar la velocidad del frente de condensación basado en sensores.

10 15. Un aparato de acuerdo con la reivindicación 14, en donde el dispositivo de descarga (2.5) comprende un disco (2.9) con una cara de contacto con el tapón (2.10) y una cara de contacto adicional (2.11) que rodea la salida (2.4) desde la cámara de alimentador de flujo (2.3).

16. Un aparato de acuerdo con la reivindicación 14, en donde, el sistema de monitorización informa a un sistema de retroalimentación que controla la velocidad del frente de condensación.

15



