

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 743 953**

51 Int. Cl.:

C02F 11/08 (2006.01)

C02F 11/12 (2009.01)

B01J 3/00 (2006.01)

B01J 19/00 (2006.01)

B01J 19/20 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **28.04.2016 PCT/EP2016/059546**

87 Fecha y número de publicación internacional: **03.11.2016 WO16174163**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **28.04.2016 E 16722816 (2)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **12.06.2019 EP 3288904**

54 Título: **Aparato y procedimiento de procesamiento de una suspensión espesa que contiene componentes orgánicos**

30 Prioridad:

29.04.2015 EP 15165677

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

21.02.2020

73 Titular/es:

SCW SYSTEMS B.V. (100.0%)

Diamantweg 36

1812 RC Alkmaar , NL

72 Inventor/es:

ESSING, GERARDUS CORNELIS OTTO

BERNARD y

HENDRY, DOUGLAS SCOTT

74 Agente/Representante:

CARPINTERO LÓPEZ, Mario

ES 2 743 953 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

Aparato y procedimiento de procesamiento de una suspensión espesa que contiene componentes orgánicos

La invención versa sobre un aparato y un procedimiento para procesar una suspensión espesa que contiene componentes orgánicos, tal como biomasa, que tiene un contenido de agua de al menos 50%, preferentemente al menos 60%, preferentemente al menos 70%. El aparato comprende un intercambiador térmico para calentar la suspensión espesa, preferentemente para llevar el líquido, por ejemplo, agua, en la suspensión espesa hasta un estado supercrítico (para el agua, la presión y la temperatura supercríticas son 22,1 kPa y 374 °C, respectivamente,) y un reactor que convierte al menos una parte de los componentes orgánicos en la suspensión espesa, por ejemplo, en vapores permanentes tales como hidrógeno y/o metano, por ejemplo, mediante el calentamiento adicional de la corriente en un reactor, en el que al menos uno del intercambiador térmico y del reactor comprende una o más tuberías.

Las materias primas que contienen componentes orgánicos son un recurso potencial tremendo para proporcionar energía renovable y productos de valor añadido, especialmente en áreas agrícolas en las que la biomasa de desecho es abundante y/o en las que los cultivos energéticos dedicados pueden ser producidos económica y eficientemente.

Según se ha explicado por Marrone, Ph. A., "Supercritical water oxidation - Current status of full-scale commercial activity for waste destruction", Journal of Supercritical Fluids 79 (2013), páginas 283-288, el agua supercrítica es un medio excepcional que ha sido estudiado para un número creciente y cada vez más diverso de aplicaciones. Por encima de su punto crítico termodinámico (374 °C, 22,1 kPa), el agua, como todos los fluidos supercríticos, existe como una única fase densa con propiedades de transporte comparables a las de un gas y propiedades disolventes comparables a las de un líquido. A diferencia de otros fluidos supercríticos, sin embargo, el agua se ve sometido a un cambio significativo en su comportamiento de disolvente entre las condiciones ambientales y supercríticas. Según se calienta el agua bajo presión, pierde una cantidad suficiente de sus enlaces de hidrógeno para pasar de un disolvente muy polar a un disolvente no polar. El resultado es que el agua supercrítica se convierte en un disolvente muy bueno para materiales no polares.

Bermejo, M.D., et al. "Supercritical Water Oxidation: A Technical Review", AIChE Journal, noviembre 2006, vol. 52, nº 11, páginas 3933 - 3951, expone aspectos de la tecnología (SCWO) de oxidación del agua supercrítica, incluyendo tipos de reactores para el procedimiento SCWO. "Debido a su simplicidad, el reactor tubular es el reactor SCWO más usado de forma más generalizada, especialmente en instalaciones de laboratorios pequeños tales como los dedicados a someter a ensayo la viabilidad de nuevas aplicaciones de SCWO o para determinar los parámetros cinéticos o las temperaturas de reacción... Sin embargo, los reactores tubulares también presentan importantes desventajas. En primer lugar, tienden a obstruirse como resultado de la precipitación de sales. Otro inconveniente importante es que las reacciones exotérmicas rápidas pueden producir puntos calientes no controlados en el interior del reactor".

El documento US 2003/075514 versa sobre un sistema y procedimiento para llevar a cabo un tratamiento hidrotérmico que incluye un raspador formado como un cilindro hueco. El raspador está colocado en el recipiente del reactor con el eje del raspador sustancialmente colineal con el eje longitudinal del recipiente del reactor cilíndrico. Se proporciona un mecanismo para girar el raspador en torno al eje longitudinal del recipiente del reactor. Una o más barras alargadas del raspador están colocadas dentro del recipiente del reactor entre el raspador y el eje longitudinal del recipiente del reactor. Cada barra del raspador puede mantenerse estacionaria con respecto al recipiente del reactor, o cada barra del raspador puede girarse con respecto al eje que pasa a través de la barra del raspador para retirar cualquier sólido que se haya acumulado en el raspador o en la barra del raspador.

El documento US 2013/0338382 versa sobre un aparato de reacción "que usa agua supercrítica o agua subcrítica". Según la reivindicación 1 del documento US 2013/0338382, el aparato comprende "un recorrido cilíndrico del flujo de mezcla para mezclar al menos un fluido de materia prima seleccionado del grupo constituido por glicerina, celulosa, y lignina con al menos una de un agua supercrítica y un agua subcrítica; ... y una pala de agitación que tiene un eje de rotación establecido en un eje central del recorrido de flujo de mezcla."

Un objeto de la presente invención es proporcionar un aparato y procedimiento mejorados para procesar una suspensión espesa que contiene componentes orgánicos, tal como biomasa.

Con este fin, el aparato según la presente invención está caracterizado según se define en la reivindicación 1. En una realización, el intercambiador térmico y el reactor comprenden cada uno una o más tuberías y un tornillo de transporte está acomodado en al menos una tubería del intercambiador térmico y en al menos una tubería del reactor. En una realización adicional, los tornillos de transporte están acomodados en todas las tuberías del intercambiador térmico y del reactor.

Se descubrió que el uso de uno o más tornillos proporciona un transporte continuo eficaz de sólidos, que si no, tendrían tendencia a acumularse en el sistema, por ejemplo, pegándose a las paredes de la o las tuberías o asentándose en el fondo de la o las tuberías. Los sólidos son transportados, preferentemente, hacia una trampilla para sólidos y desde ahí, se eliminan del sistema. Así, la presente invención facilita el proceso continuo de materias primas con un contenido relativamente elevado de componentes orgánicos y/o sólidos, mejora el intercambio térmico, reduce el riesgo de

obstrucción y/o alarga los intervalos de mantenimiento para la limpieza del intercambiador térmico y/o de las tuberías del reactor.

5 El o al menos un tornillo proporciona un flujo no obstruido de la suspensión espesa o al menos del líquido en la suspensión espesa a través del centro de la tubería respectiva, así, por ejemplo, permitiendo fuertes variaciones en la velocidad del flujo.

En una realización, el o al menos un tornillo, preferentemente algunos o todos los tornillos, comprenden un elemento helicoidal, preferentemente una cinta de tornillo.

10 En otra realización, al menos un tornillo, —preferentemente algunos o todos los tornillos— comprende —por ejemplo, conteniendo o estando recubierto con— un agente, por ejemplo, un catalizador, que interactúa con la conversión de los componentes orgánicos en la suspensión espesa. Tal agente puede ser empleado, por ejemplo, para mejorar la conversión y/o para producir más metano a temperaturas más bajas. Los ejemplos incluyen un revestimiento de metal, por ejemplo, cobre o níquel.

15 Una realización adicional comprende un motor para accionar el o los tornillos de transporte. En una realización mejorada, el aparato comprende una zona de presión elevada, engloba al menos el reactor y el intercambiador térmico, en el que el al menos un motor está ubicado fuera de la zona de presión elevada, por ejemplo, en las inmediaciones del reactor a presión atmosférica. En una realización mejorada adicional, la zona de presión elevada está sellada y el al menos un motor está acoplado magnéticamente con el o los tornillos de transporte. En un ejemplo, los tornillos comprenden extensiones salientes que son parte de la zona sellada y los motores están colocados cerca de estas extensiones o en torno a las mismas para establecer un acoplamiento magnético suficientemente fuerte entre (las extensiones de) los tornillos en la zona de presión elevada y los motores fuera de la zona de presión elevada.

20 En otra realización mejorada, el motor está conectado, mediante una transmisión ubicada en la zona de presión elevada, con dos o más tornillos de transporte, preferentemente todos los tornillos de transporte. Así, en principio, se requiere solamente un único motor y, un único cierre estanco de presión elevada.

25 En una realización, el diámetro externo del o de al menos un tornillo de transporte, preferentemente algunos o todos los tornillos, se encuentran en un intervalo de 0% a 15% menor que el diámetro interno de la tubería en la que están acomodados, preferentemente introduciendo suficiente juego para permitir la expansión de los tornillos resultante de variaciones en la temperatura o la rotación.

30 La invención versa adicionalmente sobre un procedimiento para procesar una suspensión espesa que contiene componentes orgánicos, tal como biomasa, que tiene un contenido de agua de al menos 50%, comprendiendo las etapas de aumentar la presión y la temperatura de la suspensión espesa para llevar al agua en la suspensión espesa hasta un estado supercrítico y convertir al menos una parte de los componentes orgánicos en la suspensión espesa, en la que se lleva a cabo al menos uno del aumento de la presión y la temperatura y la conversión de al menos una parte de los componentes orgánicos en una tubería y caracterizado por transportar sólidos que se sedimentan desde la suspensión espesa a través de la tubería mediante uno o más tornillos que tienen un centro abierto y acomodados en las tuberías.

35 En una realización, se lleva a cabo tanto el aumento de la presión y la temperatura como la conversión de al menos una parte de los componentes orgánicos en la suspensión espesa en una tubería y los sólidos que se sedimentan desde la suspensión espesa son transportados a través de las tuberías mediante el tornillo acomodado en las tuberías.

40 Boukis, N., et al. en "Gasification of wet biomass in supercritical water. Results of pilot plant experiments", 14º Congreso Europeo de Biomasa, París, Francia 2005, se menciona que la biomasa húmeda reacciona con el agua en condiciones supercríticas para formar un gas rico en hidrógeno.

Boukis, N., et al. En "Biomass gasification in supercritical water. Experimental progress achieved with the VERENA pilot plant", 15º Congreso y Exhibición Europeos de Biomasa 2007, se menciona que las sales solubles en agua formarán sólidos bajo condiciones de agua supercrítica.

45 Kruse, A., en "Supercritical water gasification", Society of Chemical Industry and John Wiley & Sons, Ltd, 2008, páginas 415-437, reseña el trabajo relacionado con la gasificación de agua supercrítica de biomasa con centrándose en la producción de hidrógeno.

50 El documento US 2014/0115955 versa sobre un aparato para la síntesis de hidrocarburos. En algunas realizaciones, la materia prima de carbono puede ser sometida a un procedimiento de extrusión. La Figura 2 muestra un diagrama esquemático de un reactor de extrusión indicado por el número 200 en la Figura. El reactor 200 incluye un alojamiento 206 del reactor de extrusión que define un orificio 216 de entrada y un orificio 218 de salida. La materia prima es transportada y mezclada por un tornillo 208 de extrusión.

El documento DE 299 13 370 versa sobre una fábrica para el tratamiento de sólidos en agua supercrítica. La Figura 2 muestra un tornillo 2 de transporte.

El documento JP 5 600203 versa sobre un tratamiento continuo de agua caliente de una suspensión espesa de biomasa celulósica en un reactor continuo. La suspensión espesa es agitada intensamente en la etapa delantera del reactor continuo y es agitada con un agitador que tiene una fuerza débil de accionamiento en la etapa posterior, de forma que se mantenga el flujo con efecto tapón.

5 El documento EP 1 829 920 versa sobre un aparato de reacciones de descomposición para el tratamiento de descomposición de una resina termoendurecible. En el ejemplo mostrado en la Figura 1, una unidad 3 de suministro incluye un dispositivo 31 de mezcla para mezclar la composición de resina y el disolvente y un dispositivo 32 de presurización para suministrar de manera forzada la mezcla desde el dispositivo 31 de mezcla hasta un cuerpo principal 21 de reacción.

10 Ahora, la invención será explicada con más detalle con referencia a las figuras, que muestran esquemáticamente una realización según la presente invención.

La Figura 1 es un diagrama de flujo de una realización de un aparato/procedimiento para la conversión hidrotérmica, por ejemplo, la gasificación de agua supercrítica, según la presente invención.

15 La Figura 2 es una sección transversal esquemática de un aparato que comprende un tornillo de transporte según la presente invención.

20 La Figura 1 muestra un sistema 1 para procesar una suspensión espesa que contiene componentes orgánicos, tal como biomasa, que tiene un contenido de agua de al menos 50%, que comprende un separador 2 de sólido-líquido, tal como una prensa de tornillo, una prensa de filtro, una centrifugadora o una secadora, para deshidratar la suspensión espesa suministrada y un depósito 3 para mantener la suspensión espesa deshidratada. El depósito está conectado con una bomba 4 que, a su vez, está conectada o integrada con un intercambiador térmico 5 para añadir calor residual a la suspensión espesa. Corriente abajo del intercambiador térmico 5 hay una bomba 6 de alta presión y un intercambiador térmico 7 para presurizar y calentar el agua en la suspensión espesa hasta condiciones supercríticas o casi supercríticas.

25 En el presente ejemplo, el intercambiador térmico comprende una o más secciones 7A del intercambiador térmico de tuberías concéntricas a contra corriente, por ejemplo, dos, cuatro o más secciones del intercambiador térmico de tuberías concéntricas, que se extienden horizontalmente y en paralelo entre sí y se encuentran conectadas en serie. Corriente abajo de la bomba 6 y del intercambiador térmico 7 hay un intercambiador térmico adicional, que sirve como un reactor 8. En el presente ejemplo, el reactor comprende una o más tuberías 8A, por ejemplo, dos tuberías 8A, que son calentadas externamente.

30 El extremo corriente abajo del reactor y opcionalmente también del intercambiador térmico 7 están conectados con una trampilla 9 para sólidos para retirar del sistema sólidos, tales como sólidos inorgánicos y/o minerales y sales precipitados.

35 Según se indica mediante una línea sólida 10 en la Figura 1, el extremo corriente abajo del reactor 8 está conectado con la tubería externa del intercambiador térmico 7, para proporcionar un intercambio térmico a contra corriente entre la suspensión espesa (relativamente caliente) convertida y la suspensión espesa (relativamente fría) antes de la conversión. Las tuberías externas del intercambiador térmico 7 se encuentran conectadas con el separador 12 de gas-líquido, para separar los productos gaseosos del líquido.

Según se muestra con más detalle en la Figura 2, un tornillo de transporte, en este ejemplo una cinta 15 de tornillo, se encuentra acomodado en todas las tuberías 7A, 8A del intercambiador térmico 7 y del reactor 8.

40 El sistema comprende, además, una zona de presión elevada, que engloba al menos el reactor 8 y el intercambiador térmico 7 y un motor 16 ubicado fuera de la zona de presión elevada. El motor está conectado, mediante una transmisión 17, que puede estar ubicada en la zona de presión elevada o baja, con todas las cintas 15 de tornillo de transporte para accionarlos todos en la misma dirección de rotación. Para garantizar el transporte de los sólidos en la dirección de flujo de la suspensión espesa (indicada por flechas), en este ejemplo, el sentido helicoidal de los tornillos cambia de un tornillo al siguiente.

45 Durante la operación, en un ejemplo, la biomasa húmeda (estiércol) que tiene un contenido de agua del 90% es deshidratada mediante una prensa 2 de tornillo hasta un contenido de agua del 70% (sólidos totales 30%) y la suspensión espesa espesada y viscosa es suministrada al depósito 3. Desde ahí, la suspensión espesa es bombeada (a 1000 litros/hora) hasta el intercambiador térmico 5 y mezclada con agua hasta un contenido de agua del 75% y un volumen de 2000 nL/h. Entonces, la suspensión espesa es presurizada y calentada (24,0-25,0 kPa, y 370-390 °C) y suministrada al reactor, en el que se calienta adicionalmente la suspensión espesa (hasta 550-600 °C) para convertir al menos una parte de los componentes orgánicos en la suspensión espesa en producto gaseoso, por ejemplo, hidrógeno y metano. Durante el calentamiento y la conversión y tanto en el estado subcrítico como en el estado supercrítico, los sólidos que se sedimentan desde la suspensión espesa son transportados continuamente a través de las tuberías 7A, 8A, mediante los tornillos 15, que giran, por ejemplo, de 5 a 10 rpm, y al interior de la trampilla 9 para sólidos. El agua es suministrada al intercambiador térmico 7 para recuperar calor de elevada temperatura, es decir,

para calentar la suspensión espesa más fría corriente arriba. Después de salir del intercambiador térmico (a 2000 nL/h, 24,0-25,0 kPa, y 250-300 °C), se suministra el líquido hasta el separador de gas/líquido para permitir que el producto gaseoso escape y para permitir su recogida. La trampilla para sólidos es vaciada a intervalos regulares.

5 El procedimiento y el sistema según la presente invención permite el procesamiento continuo de materias primas con un contenido relativamente elevado de componentes orgánicos y/o sólidos, mientras reduce el riesgo de obstrucción y/o el alargamiento de los intervalos de mantenimiento para limpiar el intercambiador térmico y/o las tuberías del reactor y/o mejorar el intercambio térmico entre la suspensión espesa viscosa, rica en sólidos, relativamente fría en las tuberías internas con el fluido relativamente caliente en las tuberías externas.

10 La invención no está restringida a las realizaciones descritas anteriormente, que pueden variar de distintas maneras dentro del en el alcance de las reivindicaciones. Por ejemplo, el tornillo puede comprender una tubería con una serie de aberturas en su pared y con un elemento helicoidal, por ejemplo, un alambre, envuelto y acoplado en torno al mismo, por ejemplo, soldado. El tornillo puede fabricarse de metal o, por ejemplo, de un material sintético, tal como un polímero de diseño.

REIVINDICACIONES

1. Un aparato (1) de procesamiento de una suspensión espesa que contiene componentes orgánicos, tal como biomasa, que tiene un contenido de agua de al menos 50%, que comprende un intercambiador térmico (7) para llevar el agua en una suspensión espesa a un estado supercrítico y un reactor (8) para convertir al menos una parte de los componentes orgánicos en la suspensión espesa, en el que al menos uno del intercambiador térmico (7) y el reactor (8) comprende una o más tuberías (7A; 8A) y **caracterizado porque** al menos un tornillo (15) de transporte se encuentra acomodado en la tubería (7A; 8A) o al menos una de las tuberías (7A; 8A) **y porque** el al menos un tornillo (15) tiene un centro abierto que proporciona un flujo no obstruido de la suspensión espesa o al menos el líquido en la suspensión espesa a través del centro de la tubería respectiva.
2. El aparato (1) según la reivindicación 1, en el que el intercambiador térmico (7) y el reactor (8) comprenden cada uno una o más tuberías (7A; 8A) y un tornillo (15) de transporte se encuentra acomodado en al menos una tubería (7A) del intercambiador térmico (7) y en al menos una tubería (8A) del reactor (8).
3. El aparato (1) según la reivindicación 2, en el que un tornillo (15) de transporte se encuentra acomodado en todas las tuberías (7A; 8A) del intercambiador térmico (7) y del reactor (8).
4. El aparato (1) según una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en el que algunos o todos los tornillos (15) tienen un centro abierto.
5. El aparato (1) según una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en el que el o al menos un tornillo, preferentemente algunos o todos los tornillos, comprende un elemento helicoidal (15).
6. El aparato (1) según la reivindicación 5, en el que el o al menos un tornillo, preferentemente algunos o todos los tornillos, comprende una cinta (15) de tornillo.
7. El aparato (1) según una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en el que al menos un tornillo (15), preferentemente algunos o todos los tornillos (15), comprende un agente, que interactúa con la conversión de los componentes orgánicos en la suspensión espesa.
8. El aparato (1) según una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, que comprende al menos un motor (16) para accionar el o los tornillos (15) de transporte.
9. El aparato (1) según la reivindicación 8, que comprende una zona de presión elevada, que engloba al menos el reactor (8) y el intercambiador térmico (7), en el que el al menos un motor (16) está ubicado fuera de la zona de presión elevada.
10. El aparato (1) según la reivindicación 9, en el que la zona de presión elevada está sellada y el al menos un motor (16) está acoplado magnéticamente con el o los tornillos (15) de transporte.
11. El aparato (1) según una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, que comprende dos tornillos (15) de transporte con sentido helicoidal opuesto.
12. El aparato (1) según una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en el que el diámetro externo del o al menos de un tornillo (15) de transporte, preferentemente algunos o todos los tornillos (15) se encuentra en un intervalo de 0% a 15% menor que el diámetro interno de la tubería (7A; 8A) en la que está acomodado.
13. El aparato (1) según una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, que comprende una trampilla (9) para sólidos, extendiéndose el o al menos un tornillo (15) a través de la trampilla (9) para sólidos o sobre la misma.
14. El procedimiento de procesamiento de una suspensión espesa que contiene componentes orgánicos, tal como biomasa, que tiene un contenido de agua de al menos 50%, que comprende las etapas de aumentar la presión y la temperatura de la suspensión espesa para llevar el agua en la suspensión espesa a un estado supercrítico, que convierte al menos una parte de los componentes orgánicos en la suspensión espesa y en el que al menos uno del aumento de la presión y la temperatura y de conversión de al menos una parte de los componentes orgánicos en la suspensión espesa se lleva a cabo en una tubería (7A; 8A) **caracterizado por** transportar sólidos que se sedimentan desde la suspensión espesa atravesando la tubería (7A; 8A) mediante un tornillo (15) que tiene un centro abierto que proporciona un flujo no obstruido de la suspensión espesa o al menos del líquido en la suspensión espesa a través del centro de la tubería respectiva.
15. El procedimiento según la reivindicación 14, en el que se lleva a cabo en una tubería (7A; 8A) tanto el aumento de la presión y la temperatura como la conversión de al menos una parte de los componentes orgánicos en la suspensión espesa y la suspensión espesa es transportada a través de las tuberías (7A; 8A) mediante uno o más tornillos (15) acomodados en las tuberías (7A; 8A).

