

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 906 126**

51 Int. Cl.:

C02F 11/08

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **24.03.2016** **PCT/EP2016/056668**

87 Fecha y número de publicación internacional: **29.09.2016** **WO16151120**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **24.03.2016** **E 16713832 (0)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **22.12.2021** **EP 3274303**

54 Título: **Procedimiento y sistema para procesar lodos que contienen componentes orgánicos**

30 Prioridad:

26.03.2015 EP 15161194

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

13.04.2022

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:

GONZÁLEZ PECES, Gustavo Adolfo

ES 2 906 126 T3

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

DESCRIPCIÓN

Procedimiento y sistema para procesar lodos que contienen componentes orgánicos

La invención se refiere a un procedimiento y a un sistema para procesar lodos que contiene componentes orgánicos, tal como biomasa, que tiene un contenido de agua de al menos el 50%, preferiblemente de al menos el 60%, preferiblemente de al menos el 70%. La invención se refiere a un procedimiento y un sistema para la gasificación en agua supercrítica (SCWG) de componentes orgánicos en lodos.

Las materias primas que contienen componentes orgánicos son un enorme recurso potencial para proporcionar energía y productos de valor añadido, especialmente en zonas agrícolas en las que la biomasa de desecho es abundante o en las que los cultivos energéticos dedicados pueden ser producidos de forma barata y eficiente.

Como se explica en el documento de Marrone, Ph. A., "Supercritical water oxidation - Current status of full - scale commercial activity for waste destruction (Oxidación con agua supercrítica - Estado actual de la actividad comercial a gran escala para la destrucción de residuos) ", Journal of Supercritical Fluids 79 (2013), páginas 283 - 288, el agua supercrítica es un medio único que se ha estudiado para un número creciente y cada vez más diverso de aplicaciones. Por encima de su punto crítico termodinámico (374°C, 221 bar), 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 de disolvente comparables a las de un líquido. Sin embargo, a diferencia de otros fluidos supercríticos, el agua experimenta un cambio significativo en su comportamiento como disolvente entre las condiciones ambientales y las supercríticas. A medida que el agua se calienta bajo presión, pierde una cantidad suficiente de su enlace de hidrógeno para pasar de ser un disolvente altamente polar a ser un disolvente no polar. El resultado es que el agua supercrítica se convierte en un disolvente muy bueno para materiales no polares.

En el documento de Boukis, N., et al. "Gasification of wet biomass in supercritical water. Results of pilot plant experiments (Gasificación de biomasa húmeda en agua supercrítica. Resultados de experimentos en plantas piloto)", 14th European Biomass Conference, Paris, Francia, 2005 se menciona que la biomasa húmeda reacciona con el agua en condiciones supercríticas para formar un gas rico en hidrógeno.

En el documento de Boukis, N., et al. "Biomass gasification in supercritical water. Experimental progress achieved with the VERENA pilot plant (Gasificación de la biomasa en agua supercrítica. Avances experimentales logrados con la planta piloto de VERENA)" 15ª Conferencia y Exposición Europea de Biomasa 2007, se menciona que las sales solubles en agua formarán sólidos en condiciones de agua supercrítica.

El documento de Kruse, A., "Supercritical water gasification (Gasificación de agua supercrítica)", Society of Chemical Industry and John Wiley & Sons, Ltd, 2008, páginas 415 - 437, revisa los trabajos relacionados con la gasificación de la biomasa en agua supercrítica, centrándose en la producción de hidrógeno.

El documento US 4.113.446 se refiere a un proceso para formar una composición de gas que tiene un alto poder calorífico que comprende la reacción de un material orgánico líquido o sólido con agua, en el que el agua está al menos a su temperatura crítica y en el que la presión del agua está al menos a su presión crítica para alcanzar la densidad crítica del agua y recuperar un producto gaseoso de la reacción sin formación significativa de residuos de carbón.

El documento WO 2009/015409 A1 divulga un proceso y un aparato para la gasificación en agua supercrítica de lignito para producir hidrógeno y productos orgánicos líquidos y sólidos, que se separan unos de los otros en un separador. Durante la puesta en marcha, un bucle de reciclaje devuelve el líquido desde la parte inferior del reactor hasta un punto situado en la parte superior del mismo.

Un objeto de la presente invención es proporcionar un procedimiento y un sistema mejorados para procesar, preferentemente en un proceso continuo, lodos que contiene componentes orgánicos, tal como la biomasa, para producir gas combustible, por ejemplo, hidrógeno y/o hidrocarburos.

Con esta finalidad, el procedimiento de acuerdo con la presente invención comprende las etapas de

incrementar la presión y la temperatura de los lodos para llevar el líquido de los lodos a un estado supercrítico, típicamente aumentando en primer lugar una de entre la presión y la temperatura más allá del umbral supercrítico (para el agua: 221 bar y 374°C, respectivamente) y a continuación aumentar la otra de entre la presión y temperatura más allá del umbral supercrítico,

convertir, mediante la gasificación con agua supercrítica, al menos una parte de los componentes orgánicos de los lodos, por ejemplo, en productos gaseosos combustibles, por ejemplo, en hidrógeno y/o hidrocarburos, tales como el metano, por ejemplo, calentando adicionalmente la corriente en un reactor, y

separar los productos gaseosos de los lodos convertidos, y

mezclar el fluido, por ejemplo, agua líquida, agua en estado (casi) supercrítico y/o un combustible líquido, con los lodos antes de convertir al menos una parte de los componentes orgánicos en los lodos.

- El procedimiento comprende mezclar el fluido de los lodos convertidos con los lodos aguas arriba, preferentemente después de que el fluido de los lodos convertidos haya sido despresurizado y/o enfriado a una presión y/o temperatura inferior a la presión crítica y/o a la temperatura crítica y/o preferentemente antes de que el líquido de los lodos (aguas arriba) pase a un estado supercrítico, preferentemente antes de que el líquido de los lodos (aguas arriba) sea presurizado por encima de la presión crítica y/o calentado a una temperatura superior a la temperatura crítica.
- El procedimiento de acuerdo con la presente invención permite procesar materias primas con un contenido relativamente alto de componentes orgánicos y/o sólidos, proporciona una recuperación de calor eficiente y/o mejora el bombeo y el intercambio de calor posteriores al reducir la viscosidad de los lodos y/o al mejorar la mezcla.
- En una realización, el procedimiento comprende separar los productos gaseosos y/o los sólidos del fluido en los lodos convertidos y mezclar el fluido obtenido de esta manera con los lodos de aguas arriba.
- En otra realización, para mejorar aún más la recuperación general de calor, el procedimiento comprende el intercambio de calor entre los lodos convertidos (relativamente calientes) y los lodos (relativamente fríos) antes de la conversión, preferiblemente después de que estos últimos se hayan mezclado con fluido de los lodos convertidos.
- En un refinamiento, se intercambia calor entre los lodos convertidos y los lodos de aguas arriba para calentar estos últimos a una temperatura superior a la temperatura crítica.
- En una realización, el procedimiento comprende la reducción del porcentaje de agua en los lodos, preferiblemente deshidratando los lodos y/o añadiendo una sustancia que contenga menos agua que los lodos iniciales, preferiblemente al menos antes de mezclar los lodos con el fluido de la corriente convertida. En un refinamiento, los lodos se deshidratan hasta alcanzar un contenido total de sólidos de al menos el 20%, preferiblemente al menos el 30%, preferiblemente al menos el 40%. Eliminar en primer lugar el líquido de la materia prima y a continuación añadir el líquido del proceso parecería ser un medio eficaz para aumentar aún más la eficiencia del proceso.
- En una realización, para incrementar el valor calórico de los lodos, el procedimiento comprende la adición de un combustible, por ejemplo un combustible sólido tal como el carbón (en polvo) o un combustible líquido tal como un alcohol, por ejemplo glicerol, o un hidrocarburo, por ejemplo parafina, a los lodos, antes de convertir al menos una parte de los componentes orgánicos de los lodos. El combustible puede servir también para reducir el porcentaje de agua en los lodos.
- La invención se refiere además a un sistema para procesar unos lodos que contiene componentes orgánicos, tal como biomasa, con un contenido de agua de al menos el 50%, preferiblemente de al menos el 60%, preferiblemente de al menos el 70%, que comprende una bomba y un calentador o intercambiador de calor para llevar el líquido de los lodos a un estado supercrítico, un reactor para convertir mediante gasificación con agua supercrítica al menos una parte de los componentes orgánicos de los lodos, y un separador para eliminar los productos gaseosos de los lodos convertidos, y que comprende un mezclador para añadir fluido de los lodos convertidos, a los lodos aguas arriba del reactor, en el que el extremo de aguas abajo del reactor está conectado por medio del separador, al mezclador.
- En otra realización, el mezclador está situado aguas arriba de al menos una de entre la bomba y el calentador o intercambiador de calor para llevar el líquido de los lodos a un estado supercrítico.
- En otra realización, el sistema comprende un separador para eliminar los productos gaseosos y/o un separador para eliminar los sólidos del fluido en los lodos convertidos.
- En otra realización, el sistema comprende un intercambiador de calor para transferir el calor de los lodos convertidos a los lodos no convertidos y situados aguas arriba del reactor y situados preferiblemente aguas abajo del mezclador.
- En otra realización, el sistema comprende un separador sólido - líquido, una prensa de tornillo, un filtro - prensa, una centrifugadora o un secador, para deshidratar los lodos de alimentación y preferiblemente situados aguas arriba del mezclador.
- La presente invención se refiere además a un sistema que comprende una bomba para presurizar el líquido de los lodos hasta una presión supercrítica, un calentador o intercambiador de calor, un reactor y un separador como se ha especificado más arriba, en el que la bomba es una bomba hidráulica y comprende un circuito para un medio de refrigeración, dicho circuito separa el medio hidráulico de los lodos, proporcionando así una refrigeración eficaz y reduciendo el riesgo de contaminación, en caso de fuga, del medio hidráulico con los lodos o *viceversa*.
- En aras de la exhaustividad, se llama la atención sobre el siguiente estado de la técnica relativo a la oxidación con agua supercrítica (SCWO).
- El documento WO2010/003655 se refiere a un procedimiento y a un aparato para extraer energía útil de los combustibles de biomasa como parte de una central térmica híbrida generadora de electricidad, utilizando tanto una fuente de calor primaria, como el carbón, el gas, el petróleo o la energía nuclear, como una fuente de calor secundaria en forma de biomasa, mediante el cual la biomasa se oxida en una solución acuosa en un proceso de oxidación en

agua supercrítica (SCWO) que utiliza la energía de la fuente de calor primaria para calentar y comprimir una corriente de agua de alimentación a una temperatura y presión iguales o superiores a su punto crítico.

El documento WO 81/03169 se refiere a procedimientos en los que se oxidan materiales orgánicos en agua supercrítica para obtener energía útil y/o materiales resultantes. En una realización, los combustibles convencionales se oxidan con alta eficiencia para obtener energía útil para la generación de energía y/o calor de proceso.

El documento de Bermejo, M.D., et al. "Supercritical Water Oxidation: A Technical Review (Oxidación con agua supercrítica: Una revisión técnica", AIChE Journal, noviembre 2006, Vol. 52, nº 11, páginas 3933 - 3951, analiza los aspectos de la tecnología de oxidación con agua supercrítica (SCWO), incluidos los tipos de reactores para el proceso SCWO. "Debido a su simplicidad, el reactor tubular es el más utilizado en los reactores de SCWO, especialmente en pequeñas instalaciones de laboratorio como las dedicadas a ensayar la viabilidad de nuevas aplicaciones de SCWO o a determinar parámetros cinéticos o calores de reacción.... Sin embargo, los reactores tubulares también presentan importantes desventajas. En primer lugar, tienden a taponarse como resultado de la precipitación de sales. Otro inconveniente importante es que las reacciones exotérmicas rápidas pueden producir puntos calientes incontrolados dentro del reactor"

La invención se explicará a continuación con más detalle con referencia a las figuras, que muestran esquemáticamente una realización de acuerdo con la presente invención.

La figura 1 es un diagrama de flujo de una realización de un sistema de gasificación de agua supercrítica de acuerdo con la presente invención.

La figura 2 es una sección transversal esquemática de una bomba de alta presión de acuerdo con la presente invención.

La figura 1 muestra un sistema 1 para procesar lodos que contiene componentes orgánicos, tal como biomasa, con un contenido de agua de al menos el 50%, que comprende un separador sólido - líquido 2, tal como una prensa de tornillo, un filtro prensa, una centrifugadora o un secador, para deshidratar los lodos de alimentación y un tanque 3 para mantener los lodos deshidratados. El depósito está conectado a una bomba 4 que, a su vez, está conectada o integrada en un mezclador 5 para añadir líquido a los lodos, por ejemplo, líquido procedente de los lodos de aguas abajo (procesados). A continuación del mezclador 5 hay una bomba de alta presión 6, mostrada con más detalle en la figura 2, y un intercambiador de calor 7 para presurizar y calentar el agua de los lodos hasta condiciones supercríticas o casi supercríticas. En un ejemplo, el intercambiador de calor comprende una o más secciones de intercambiador de calor de tubo en tubo en contracorriente, por ejemplo, dos, cuatro o más secciones de intercambiador de calor de tubo en tubo, dispuestas en serie. Aguas abajo de la bomba 6 y del (primer) intercambiador de calor 7 hay otro intercambiador de calor que sirve de reactor 8. En un ejemplo, el reactor comprende uno o más tubos que se extienden a través de un horno.

El extremo de aguas abajo del reactor, y opcionalmente también del (primer) intercambiador de calor, está conectado a una trampa de sólidos 9 para eliminar del sistema los sólidos, tales como los minerales y sales inorgánicos y/o precipitados.

En una primera realización, indicada por una línea continua 10 en la figura 1, el extremo aguas abajo del reactor 8 está conectado al tubo exterior del primer intercambiador de calor 7, para proporcionar un intercambio de calor en contracorriente entre los lodos (relativamente caliente) convertidos y los lodos (relativamente frío) antes de la conversión. Los tubos exteriores del primer intercambiador de calor 7 están conectados al separador gas - líquido 12, para separar los productos gaseosos del líquido. La parte inferior del separador está conectada al mezclador 5 para añadir al menos una parte del líquido (reciclado) a los lodos.

En una segunda realización, indicada por una línea de puntos 11 en la figura 1, el extremo de aguas abajo del reactor 8 está conectado al mezclador y, opcionalmente, también al tubo exterior del primer intercambiador de calor, para añadir al menos una parte del fluido del reactor directamente a los lodos.

Como se muestra con más detalle en la figura 2, la bomba de alta presión 6 comprende una carcasa cilíndrica 20 que incluye dos compartimentos, un primer compartimento 21 que aloja un primer pistón 22 y un segundo compartimento 23 que aloja un segundo pistón 24 que está conectado al primer pistón por medio de un vástago de pistón 25. El primer compartimento 21 comprende dos puertos 26, 27 conectados a través de una válvula de control hidráulico (no mostrada) a una fuente de fluido hidráulico tanto para la retracción como para la extensión del vástago de pistón y del segundo pistón, es decir, es un cilindro hidráulico de doble efecto. El segundo compartimento 23 comprende, en una sección adyacente al primer compartimento, una entrada 28 y una salida 29 para un medio refrigerante, y, en el otro lado del segundo pistón, una entrada 30 y una salida 31 para los lodos. Esta última entrada y salida están provistas de válvulas antirretorno (no mostradas), de tal manera que cuando los pistones y el vástago de pistón están retraídos (hacia arriba en la figura 2), los lodos son aspirados a través de la entrada y la salida está bloqueada y que cuando los pistones y el vástago de pistón están extendidos (hacia abajo en la figura 2), los lodos son presurizados y alimentados al mezclador. En un ejemplo, para facilitar el funcionamiento continuo, el sistema comprende dos bombas en paralelo.

5 Durante el funcionamiento, en un ejemplo, la biomasa húmeda (estiércol) con un contenido de agua del 80% se deshidrata mediante una prensa de tornillo 2 hasta un contenido de agua del 70% (total de sólidos 30%) y los lodos espesados y viscosos se alimentan al tanque 3. A partir de ahí, la pasta se bombea (a 1000 litros/hora, 15 - 20 bar y 15°C) al mezclador 5 y se mezcla con agua (750 - 1250 nL/h, 15 - 30 bar y 250 - 300°C) procedente de la pasta procesada aguas abajo, hasta alcanzar un contenido de agua del 83 - 87% y un volumen de 1750 - 2250 nL/h. A continuación, la pasta se presuriza y se calienta (240 - 250 bares y 370 - 390°C) y se introduce en el reactor, en el que la pasta se calienta aún más (a 550 - 600°C) para convertir al menos una parte de los componentes orgánicos de la pasta en producto gaseoso, por ejemplo, hidrógeno y metano. Después de la conversión, los sólidos se eliminan de los lodos en una trampa de sólidos y el agua se introduce en el primer intercambiador de calor 7 para recuperar el calor de alta temperatura, es decir, para calentar los lodos más fríos de aguas arriba. Después de salir del intercambiador de calor (a 1750 - 2250 nL/h, 240 - 250 bar y 250 - 300°C), el líquido se introduce en el separador gas/líquido para permitir la salida del producto gaseoso y permitir su recogida. Una parte del agua restante se descarga del sistema y otra parte del agua restante (750 - 1250 nL/h) se mezcla con los lodos de aguas arriba.

10 El procedimiento y el sistema de acuerdo con la presente invención permiten procesar materias primas con un contenido relativamente alto de componentes orgánicos y/o sólidos, proporcionan una recuperación de calor eficiente y/o mejoran el bombeo y el intercambio de calor posteriores reduciendo la viscosidad de los lodos y/o mejorando la mezcla.

15 La invención no se limita a las realizaciones que se han descrito más arriba, que pueden ser variadas de diversas maneras dentro del alcance de las reivindicaciones.

20

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento de tratamiento de lodos que contiene componentes orgánicos, tal como biomasa, con un contenido de agua de al menos el 50%, que comprende las etapas de
5 aumentar la presión y la temperatura de los lodos para que el agua de los lodos pase a un estado supercrítico,

 convertir mediante gasificación con agua supercrítica al menos una parte de los componentes orgánicos de los lodos y

 separar los productos gaseosos de los lodos convertidos,

 caracterizado por
10 mezclar el fluido de los lodos convertidos con los lodos de aguas arriba antes de convertir al menos una parte de los componentes orgánicos de los lodos.
2. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1, que comprende mezclar el fluido con los lodos antes de que el líquido de los lodos se ponga en estado supercrítico, preferentemente antes de que el líquido de los lodos se presurice por encima de la presión crítica y/o se caliente a una temperatura superior a la temperatura crítica.
- 15 3. Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, que comprende la separación de los productos gaseosos y/o sólidos del fluido en los lodos convertidos y la mezcla del fluido así obtenido con los lodos de aguas arriba.
4. Procedimiento de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que comprende el intercambio de calor entre los lodos convertidos y los lodos antes de la conversión, preferentemente después de que estos últimos se hayan mezclado con el fluido de los lodos convertidos.
20
5. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 4, que comprende el intercambio de calor entre los lodos convertidos y los lodos de aguas arriba para calentar estos últimos a una temperatura superior a la temperatura crítica.
6. Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, que comprende la reducción del porcentaje de agua en los lodos, preferiblemente deshidratando los lodos y/o añadiendo una sustancia que contenga menos agua, preferiblemente al menos antes de mezclar los lodos con el fluido de la corriente convertidos.
25
7. Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, que comprende la adición de un combustible a los lodos antes de convertir al menos una parte de los componentes orgánicos de los mismos.
8. Sistema (1) para procesar lodos que contiene componentes orgánicos, tal como la biomasa, con un contenido de agua de al menos el 50%, que comprende una bomba (6) y un calentador o intercambiador de calor (7) para llevar el líquido de la pasta a un estado supercrítico, un reactor (8) para convertir mediante gasificación con agua supercrítica al menos una parte de los componentes orgánicos de la pasta, y un separador (12) para eliminar los productos gaseosos de los lodos convertidos, **caracterizado por** un mezclador (5) para añadir fluido a los lodos aguas arriba del reactor (8), en el que el extremo aguas abajo del reactor está conectado a través del separador (12) al mezclador.
30
35
9. Sistema (1) de acuerdo con la reivindicación 8, en el que el mezclador (5) está situado aguas arriba de al menos una de las bombas (6) y el calentador o intercambiador de calor (7) para llevar el líquido de los lodos a un estado supercrítico.
10. Sistema (1) de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 8 o 9, que comprende un separador (12) para eliminar los productos gaseosos y/o un separador (9) para eliminar los sólidos del fluido de los lodos convertidos.
40
11. Sistema (1) de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 8 - 10, que comprende un intercambiador de calor (7) para transferir el calor de los lodos convertidos a los no convertidos y que está situado aguas arriba del reactor (8) y preferentemente situado aguas abajo del mezclador (5).
12. Sistema (1) de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 8 - 11, que comprende un separador sólido - líquido (2) para deshidratar los lodos de alimentación y preferentemente situado aguas arriba del mezclador (5).
45
13. Sistema (1) de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 8 - 12, en el que la bomba (6) para presurizar el líquido de los lodos hasta una presión supercrítica es una bomba hidráulica y comprende un circuito (27, 28) para un medio refrigerante, separando dicho circuito (27, 28) el medio hidráulico de los lodos.

