

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 719 024**

51 Int. Cl.:

C02F 11/04 (2006.01)
C02F 11/12 (2006.01)
C02F 11/18 (2006.01)
C10L 9/08 (2006.01)
F23G 5/027 (2006.01)
F23G 7/00 (2006.01)
C02F 3/30 (2006.01)
C02F 3/00 (2006.01)
C02F 9/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **02.02.2016 PCT/IB2016/050517**
- 87 Fecha y número de publicación internacional: **11.08.2016 WO16125076**
- 96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **02.02.2016 E 16705997 (1)**
- 97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **09.01.2019 EP 3253717**

54 Título: **Optimización de un procedimiento de tratamiento de pulpa**

30 Prioridad:

02.02.2015 FR 1550780

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
05.07.2019

73 Titular/es:

SUEZ INTERNATIONAL (100.0%)
16 Place de l'Iris - Tour CB 21
Paris la Défense Cedex, FR

72 Inventor/es:

PARDO, PIERRE EMMANUEL y
VANDEN BOSSCHE, HUGUES

74 Agente/Representante:

ILLESCAS TABOADA, Manuel

ES 2 719 024 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

Optimización de un procedimiento de tratamiento de pulpa

5 La presente invención tiene por objeto un procedimiento optimizado de tratamiento de pulpa, concretamente de lodos de estación de depuración.

El campo de la invención es el de la hidrólisis térmica, es decir, la puesta a presión y a temperatura de un sustrato con el fin de mejorar su capacidad de digestión mediante bacterias anaerobias con vistas a producir biogás.

10 La hidrólisis de la pulpa, materia orgánica particulada, asociada a una digestión anaerobia, es un procedimiento conocido. Tiene el objetivo de aumentar la solubilización de la pulpa y mejorar de ese modo el rendimiento de la digestión y su producción de biogás. Este procedimiento puede aplicarse a cualquier sustrato orgánico pastoso susceptible de ser objeto de una digestión anaerobia, concretamente a los lodos de depuración. A continuación, en este texto, los términos "pulpa", "materia orgánica" y "lodos" son equivalentes.

15 Entre estos procedimientos, la hidrólisis térmica que asocia los efectos de un calentamiento a alta temperatura y generalmente de una gran despresurización es el procedimiento más usado. Puede realizarse en un reactor en continuo o mediante un procedimiento discontinuo (procedimiento por lotes) que comprende varios reactores o incluso uno o varios reactores asociados a recintos intermedios. El modo de calentamiento más habitual de estos procedimientos es la inyección de vapor, que se usa para llevar el lodo a la temperatura requerida para la hidrólisis (generalmente de 150 a 180°C).

20 La inversión requerida por el procedimiento de hidrólisis que completa la digestión, se compensa a continuación por una ganancia en los costes de funcionamiento de la digestión asociados a la mejora de la producción de biogás (que permite la producción de energía), así como la disminución de las cantidades de sólidos que deben eliminarse debido a la eliminación aumentada de la materia volátil, pero también a la mejor capacidad de deshidratación del digestato. No obstante, la rentabilidad sobre la inversión es generalmente larga ya que las instalaciones son caras.

25 La rentabilidad de la hidrólisis térmica se mejora en gran medida al también permitir una disminución del volumen de las instalaciones de digestión. En los procedimientos de digestión por vía húmeda, esta reducción de volumen es favorecida por la reología de la materia orgánica en la salida de la etapa de hidrólisis. En efecto, el tratamiento de hidrólisis tiene el efecto de reducir drásticamente la viscosidad de los productos, lo cual facilita su mezcla y permite aumentar sustancialmente la concentración de alimentación y, por tanto, la carga volumétrica de los trabajos, es decir, la cantidad de materia que va a digerirse expresada en kg/m³/d.

30 Al final de una hidrólisis la concentración de alimentación autorizada ya no está limitada por restricciones reológicas, sino que más bien está asociada al riesgo de toxicidad del amoníaco libre disuelto en el digestor. En efecto, a lo largo de la digestión la mayor parte del nitrógeno de la materia orgánica eliminada se libera en forma de una disolución de amoníaco constituida esencialmente por amonio y por una parte minoritaria de amoníaco disuelto dependiendo del pH. Esta fracción resulta ser tóxica para las bacterias metanógenas. Es tanto más importante cuanto mayor es el pH y cuanto mayor es la concentración inicial de la materia volátil. Determinados procedimientos evitan este límite garantizando una primera fase de digestión de los lodos antes de la hidrólisis. La hidrólisis realizada a continuación va precedida por una etapa de concentración del lodo a lo largo de la cual se elimina una parte del nitrógeno amoniacal, liberado en la primera fase de digestión convencional, para permitir una segunda fase de digestión más intensa. Dicho de otro modo, al final de una hidrólisis térmica, hace falta diluir con frecuencia el lodo para evitar entrar en restricciones de toxicidad debidas al amoníaco.

35 También se conoce que el mantenimiento del pH en un digestor es un parámetro importante de funcionamiento, ya que las bacterias necesitan condiciones estables para funcionar. Además, cuando el pH aumenta, la proporción de NH₃ disuelto aumenta con respecto a la de NH₄⁺, lo cual aumenta la toxicidad. Por otro lado, si se deja que el pH baje demasiado, por ejemplo mediante aumento de los ácidos grasos volátiles, productos intermedios de la reacción, ya no está disponible ácido acético para las bacterias metanógenas y ya no producen biogás.

40 Otra particularidad de la digestión anaerobia es el hecho que las reacciones que intervienen en ella forman parte de una asociación muy compleja de poblaciones bacterianas simbióticas que forman una cadena trófica. Esto significa que los productos del metabolismo de una población de bacterias sirven de sustrato para la población siguiente. En esta cadena trófica, determinadas poblaciones de bacterias, en particular las acetoclásticas y las acetógenas, tienen cinéticas de crecimiento lento con respecto a las otras poblaciones. Debido a esto, el dimensionamiento de los digestores debe garantizar tiempos de permanencia suficientes para evitar la lixiviación de estas poblaciones, cuando el caudal de alimentación se encuentra a su máximo.

45 Por otro lado, las variaciones demasiado rápidas de carga en la entrada tienden a inducir en la digestión desequilibrios transitorios entre las poblaciones cuyas tasas de crecimiento son muy variables. Existe entonces un riesgo de acumulación de productos intermedios de reacción tales como los ácidos grasos volátiles, acumulaciones que pueden llegar a ser perjudiciales para la reacción más allá de una determinada concentración. Debido a ello los

digestores son poco capaces de soportar variaciones de carga importantes, en particular cuando las concentraciones de alimentación son fuertes. Por el contrario, cuando el digestor se alimenta a una carga inferior a su carga de diseño, la ganancia en el rendimiento de eliminación es muy limitada. En efecto, el dimensionamiento convencional garantiza un tiempo de permanencia hidráulico (a carga nominal) correspondiente a la parte asintótica de la curva que vincula el rendimiento y el tiempo de permanencia hidráulico. Además, a lo largo de un episodio de carga baja, las masas de las poblaciones de bacterias activas disminuyen de manera proporcional a la disminución de sustrato. El digestor no puede, entonces, recuperar rápidamente su capacidad de tratamiento nominal. Por tanto, es esencial no tener cambios bruscos de carga del digestor.

Finalmente, la hidrólisis térmica también puede realizarse aguas abajo de la digestión con el fin de mejorar aún más la digestión (digestión posible de producto no digerido en un primer momento). No obstante, estos equipos dispuestos aguas abajo se rentabilizan aún menos que una hidrólisis realizada aguas arriba ya que el nuevo digestor construido sólo destruirá una pequeña parte de la materia orgánica, destruyéndose la parte más grande en la primera hidrólisis térmica y la digestión. Además, si se usa un único digestor, se construyen dos aparatos costosos que son los dos de hidrólisis térmicas. Por tanto, aunque la hidrólisis de un lodo ya digerido conduce a una hidrólisis mejor, la rentabilidad es precaria.

Teniendo en cuenta el trabajo de la hidrólisis térmica, si la materia no se hidroliza, debe dejarse que la población bacteriana realice el trabajo correspondiente a la hidrólisis térmica y, si el tiempo de permanencia en el digestor hidráulico no es suficiente, el digestor se desestabiliza.

En conclusión, el dimensionamiento de la hidrólisis térmica y el del digestor están por tanto vinculados a la carga máxima esperada.

No obstante, con frecuencia, la carga real es mucho más baja y fluctuante y los equipos no se usan al máximo de su capacidad. En efecto, debido a la existencia de límite de digestión máximo en función del lodo y de la hidrólisis térmica, aunque se prolongue el tiempo de permanencia en el digestor más allá del dimensionamiento, las bacterias ya no trabajarán realmente. En cambio, si se hidroliza de nuevo el lodo en la salida de la digestión, la hidrólisis térmica permite hacer que la materia orgánica esté de nuevo disponible.

Finalmente, tal como se indicó anteriormente, un digestor es un equilibrio de población bacteriana y por tanto no puede tratar variaciones de carga, carga másica y carga hidráulica. Si el digestor se alimenta de manera insuficiente, una parte de las poblaciones bacterianas mueren por falta de alimentos y, en caso de aumento rápido de carga, el desarrollo de las poblaciones bacterianas no es suficiente para permitir la digestión de todos los alimentos acumulados. Por tanto, el digestor, incluso con una buena carga hidráulica, no va a tratar toda la materia orgánica que habría podido tratar y "se usa de manera insuficiente".

Tales procedimientos se describen en las solicitudes internacionales WO 2012/019310 y WO 2013/155631, la solicitud europea EP 0564298, la solicitud china CN 203373248, la solicitud US 2012/094363 y la solicitud canadiense CA 2752747.

El documento WO 2012/019310 describe un procedimiento de tratamiento de aguas residuales que comprende una etapa de hidrólisis térmica de la pulpa, seguida por una etapa de digestión y de deshidratación de la pulpa (mediante 22, etapa AU y mediante 36, 39, 20 etapa F, AO), después de una etapa de recirculación de una parte de la pulpa deshidratada hacia la etapa de hidrólisis térmica (mediante 35, etapa AE).

El documento EP 0 564 298 se refiere al tratamiento de un lodo orgánico capaz de solubilizar un lodo orgánico para proporcionar una carga elevada de tratamiento de digestión anaerobia con una tasa de digestión y una cantidad de recuperación de metano mejoradas, lo cual disminuye considerablemente la cantidad de lodos orgánicos descargados. El procedimiento comprende un tratamiento alcalino en caliente para llevar el lodo orgánico a una condición alcalina al tiempo que se mantiene la temperatura del lodo a temperatura ambiente a 100°C para solubilizar las materias orgánicas en el lodo, y un tratamiento de digestión anaerobia de digestión anaerobia del lodo orgánico tras el tratamiento alcalino en caliente a una temperatura de 20 - 60°C a un pH de 7,3 - 9,2.

El documento CN 203 373 248 se refiere a un dispositivo de tratamiento de lodos que comprende un dispositivo de transporte y de almacenamiento de los lodos, un dispositivo de temple a baja temperatura, un dispositivo de digestión anaerobia de los lodos, un dispositivo de intercambio térmico, un dispositivo de almacenamiento de intercambio de lodos, un dispositivo de deshidratación mecánica, un dispositivo de desodorización y una caldera de vapor.

El documento US2012/094363 se refiere a un procedimiento de obtención de lodos imputrescibles y de energía, comprendiendo dicho procedimiento las siguientes etapas: (i) obtención de lodos digeridos mediante digestión primaria de lodos; (ii) obtención de un primer efluente acuoso y de lodos digeridos al menos parcialmente deshidratados mediante una primera separación líquido-sólido de los lodos digeridos obtenidos en la etapa (i); (iii) obtención de lodos digeridos al menos parcialmente deshidratados e hidrolizados mediante hidrólisis térmica de los lodos digeridos al menos parcialmente deshidratados obtenidos en la etapa (ii); (iv) digestión de los lodos digeridos

al menos parcialmente deshidratados e hidrolizados obtenidos en la etapa (iii); comprendiendo dicho procedimiento además una etapa de recuperación de los biogases formados a lo largo de dicha digestión y digestión primaria y una etapa de producción de energía a partir de dicho biogás.

5 El documento WO 2013/155631 se refiere a un dispositivo de separación sólido-líquido, por ejemplo un espesador de lodo de tornillo, que trata una corriente extraída de digestor en un bucle de recirculación.

10 El documento CA 2 752 747 se refiere a un procedimiento para el tratamiento de un líquido que comprende un material orgánico, comprendiendo el procedimiento las etapas de: digestión anaerobia del líquido para producir un digestato; separación mediante membrana de los sólidos del digestato; y, recirculación de los sólidos separados en la etapa de digestión.

15 Por tanto, existe una necesidad de disponer de procedimientos que permitan alisar la carga del digestor y permitir alimentarlo siempre de manera próxima a su punto nominal para evitar las pérdidas de poblaciones bacterianas.

Además, la presente invención tiene por objeto un procedimiento que permite resolver el conjunto de los problemas mencionados anteriormente, a saber:

20 ⇒ Una minimización de los costes de inversión con el fin de rentabilizar al máximo el conjunto de la hidrólisis térmica y del digestor puestos en práctica.

⇒ Una maximización de la producción de biogás con los equipos puestos en práctica.

25 ⇒ Una eliminación de los cambios bruscos de carga y un mantenimiento de la población bacteriana próximo a su punto nominal

⇒ Una gestión de la toxicidad del amoníaco en el digestor.

30 Por tanto, la invención tiene por objeto un procedimiento de tratamiento de pulpa, en particular un procedimiento de tratamiento de lodos de estaciones de depuración, para producir energía y/o materias orgánicas higienizadas, que comprende:

35 i. una etapa de hidrólisis térmica aireada o no de la pulpa,

ii. eventualmente una etapa de dilución de la pulpa hidrolizada en la etapa i),

iii. una etapa de digestión de tipo mesófila o termófila o bien de la pulpa hidrolizada en la etapa i), o bien de la pulpa hidrolizada y diluida en la etapa ii),

40 iv. una etapa de deshidratación de la pulpa digerida procedente de la etapa iii) y

v. una etapa de recirculación de una parte de la pulpa deshidratada procedente de la etapa iv) hacia la etapa de hidrólisis térmica i),

45 estando dicha parte de la pulpa deshidratada procedente de la etapa iv) que se recircula hacia la etapa de hidrólisis térmica i) controlada por la tasa de carga del digestor con el fin de mantenerla lo más constante posible y próxima a 1, obteniéndose la tasa de carga del digestor mediante cálculo de la tasa de carga de la hidrólisis térmica i) o cálculo de la tasa de carga de la etapa de digestión ii) o de las dos, caracterizado porque: - la tasa de carga de la hidrólisis térmica se calcula a partir de las medidas de caudal y de concentración en la entrada de la hidrólisis térmica y del tiempo de permanencia en la hidrólisis térmica, a las que se añaden las medidas de caudal y de concentración en el retorno de la deshidratación, y - la tasa de carga de la etapa de digestión se calcula a partir de las medidas de caudal que entra en el digestor, del tiempo de permanencia nominal y de la concentración del lodo en la entrada del digestor.

50 Según la invención, la parte de la pulpa recirculada se calcula en función de la tasa de carga tal como se explica a continuación. Esto permite que el par de hidrólisis térmica/digestor trabaje a carga constante, por tanto, sin cambios bruscos de carga.

60 Según la invención, la hidrólisis térmica permite poner la pulpa que va a tratarse, concretamente los lodos de depuración, a presión y a temperatura durante un tiempo de permanencia determinado con condiciones controladas. Esta etapa de hidrólisis térmica puede ir precedida por una etapa de concentración previa de dicha pulpa con el fin de disminuir el tamaño de los equipos puestos en práctica. La hidrólisis puede ser parcial o total y el tipo de tecnología de hidrólisis puede ser cualquier tipo conocido por el experto en la técnica. A modo de ejemplo no limitativo pueden mencionarse los procedimientos de hidrólisis térmica descritos en la solicitud internacional WO 96/09882 o la solicitud internacional WO 2013/190486. Esta etapa debe permitir mantener la pulpa en un estado de temperatura y de presión suficiente con el fin de hacer que pueda digerirse rápidamente una parte de la materia

orgánica, y por tanto

■ garantizar un tiempo de permanencia de la materia orgánica en las condiciones de temperatura y con la cantidad de oxígeno deseada,

5

■ permitir la introducción de la materia orgánica a presión o no,

■ permitir la introducción del vapor y

10

■ mantener condiciones de presión y de temperatura adecuadas.

De manera ideal, en esta etapa la temperatura es superior a 140°C, ventajosamente está comprendida entre 140 y 220°C, aún más ventajosamente entre 140 y 180°C y la presión superior a 0,5 MPa (5 bar), ventajosamente está comprendida entre 0,5 MPa y 4 MPa (5 y 40 bar), aún más ventajosamente entre 0,6 y 1 MPa (6 y 10 bar).

15

Esta etapa de hidrólisis térmica puede realizarse en cualquier tipo de recipiente, encontrándose la elección de estos recipientes y del grosor de sus paredes al alcance del experto en la técnica.

20

Según la invención, la etapa de digestión se realiza mediante cualquier medio o dispositivo y cualquier tecnología conocidos por el experto en la técnica; puede mencionarse a modo de ejemplos no limitativos: los digestores ovoides, cilíndricos, agitados con biogás, de manera mecánica o hidráulica. Todos estos dispositivos se denominan a continuación con el nombre de digestor.

25

El digestor está equipado con todos los sistemas de regulación de temperatura necesarios para su funcionamiento, en particular de sistemas de calentamiento y de enfriamiento para permitir su control en las condiciones elegidas (mesófila, termófila u otra). Todos estos sistemas forman parte de los conocimientos generales del experto en la técnica.

30

La etapa de dilución (ii) mediante adición de agua permite gestionar las concentraciones en el digestor. Por tanto, es opcional y el experto en la técnica sabrá, gracias a los diferentes sistemas de control de carga de la hidrólisis térmica o del digestor o de los dos, si conviene poner en práctica dicha etapa.

35

El hecho de deshidratar en la salida de la digestión (etapa iv) permite que el nitrógeno salga con los efluentes. Si se devuelve a la cabeza del digestor una materia orgánica menos cargada con nitrógeno y por tanto menos susceptible de liberar grandes cantidades de amoníaco en el digestor, y se completa con agua que no contiene nitrógeno, se disminuye la concentración de amoníaco libre en el digestor y se alivia el funcionamiento de este último.

40

La etapa de recirculación de la pulpa deshidratada procedente de la etapa iv) hacia la etapa de hidrólisis térmica i) se realiza mediante la puesta en práctica de un bucle en la salida de la etapa de deshidratación con el fin de hacer pasar de nuevo la pulpa deshidratada en la hidrólisis térmica cuando está disponible el par de hidrólisis térmica/digestor. Esto permite usar el dispositivo de hidrólisis térmica sobre la pulpa digerida cuando el digestor y los reactores de hidrólisis térmica se usan de manera insuficiente con respecto al punto nominal de la instalación. En efecto, en el caso de la carga denominada máxima, el conjunto del flujo pasa por la hidrólisis térmica, así como en el digestor con tiempos de permanencia en estos dos equipos que son limitantes con respecto a los dimensionamientos de los equipos. Por tanto, no hay lugar para devolver el lodo a la entrada de la hidrólisis térmica. En cambio, en el caso de una carga menor en la entrada, la pulpa deshidratada puede devolverse a la etapa de hidrólisis térmica, así como a la etapa de digestión.

45

50

Un sistema (30, 31) de control de la tasa de carga del medio (13) de hidrólisis térmica o del medio (14) de digestión o de los dos, se realiza controlando la cantidad de retorno procedente de la deshidratación (15) hacia la hidrólisis (13) térmica.

55

En un modo de realización ventajoso de la invención, el procedimiento según la invención comprende una etapa de deshidratación antes de la etapa de hidrólisis térmica i) con el fin de obtener una sequedad suficiente, del orden del 10-30% de materias secas (con respecto a la masa de materias secas frente a la masa total materias secas + líquido), ventajosamente del 17% para minimizar el tamaño del reactor de hidrólisis térmica.

60

En otro modo de realización ventajoso del procedimiento según la invención, dicho procedimiento comprende una etapa de inyección de base o de ácido antes de la etapa de hidrólisis térmica i) para controlar el pH durante la etapa de digestión ii) y aumentar la hidrólisis durante la etapa i).

65

En otro modo de realización ventajoso de la invención, el procedimiento comprende una etapa de enfriamiento de los residuos entre la etapa de hidrólisis térmica i) y la etapa de digestión ii).

Si es necesario, el procedimiento según la invención puede comprender una etapa de dilaceración o de desarenado de la pulpa o las dos, aguas arriba de los equipos puestos en práctica para realizar las etapas i) a iv).

En un modo de realización ventajoso de la invención, el procedimiento comprende una etapa de deshidratación antes de la etapa de hidrólisis térmica i).

5 La invención también tiene por objeto una instalación de tratamiento de pulpa, concretamente de lodos de estación de depuración, para la puesta en práctica del procedimiento según la invención, comprendiendo dicha instalación un medio (13) de hidrólisis térmica aireada o no que se comunica con un medio (14) de digestión de la pulpa hidrolizada, comunicándose dicho medio de hidrólisis con medios de admisión de la pulpa (11) y medios de admisión de la pulpa a partir de un medio (15) de deshidratación de la pulpa procedente del medio (14) de digestión y de los
10 medios de evacuación del biogás (16) procedente de dichos medios (14) de digestión, y un sistema (30, 31) de control de la tasa de carga del medio (13) de hidrólisis térmica o del medio (14) de digestión o de los dos, mediante control de la cantidad de retorno procedente de la deshidratación (15) hacia la hidrólisis (13) térmica, en el que la tasa de carga del medio de hidrólisis térmica se compensa por el sensor (13b) y la tasa de carga del medio de digestión se compensa por el sensor (14b).

15 Según la invención, el medio de hidrólisis puede comprender uno o varios reactores independientes instalados en paralelo. En el caso de varios reactores, la tasa de carga se calcula con respecto al número de reactores disponibles.

20 En un modo de realización ventajoso de la invención, la instalación comprende un medio (41) de regulación del pH en el reactor de hidrólisis mediante inyección de un ácido o de una base para mejorar la cinética de hidrólisis y para controlar el pH del digestor con el fin de mantener una tasa de amoníaco libre suficientemente baja.

25 Cuando varios reactores de hidrólisis están en funcionamiento, la inyección de base o de ácido puede realizarse exclusivamente en uno de los reactores con el fin de aumentar en gran medida la hidrólisis en ese reactor.

En un modo ventajoso de realización de la invención, el reactor de hidrólisis que recibe el ácido o la base es el que recibe los efluentes de la etapa (v).

30 En otro modo de realización ventajoso de la instalación según la invención dicha instalación comprende un sistema (30) de control de la tasa de carga del medio de hidrólisis térmica o (31) del medio de digestión o de los dos.

Con el fin de comprender mejor el procedimiento objeto de la presente invención, a continuación, se describe:

35

- o un modo de puesta en práctica. A lo largo de esta descripción, se hace referencia a la figura 1 de los dibujos adjuntos que es un esquema que ilustra las diferentes etapas del procedimiento según la invención aplicado a lodos de estación de depuración y

- o un ejemplo de realización.

40 Se sobreentiende que estos ejemplos no tienen ningún carácter limitativo.

Modo de puesta en práctica según la figura 1

45

- o El lodo (11) se deshidrata previamente en el elemento (12) con el fin de obtener una sequedad suficiente para minimizar el tamaño del reactor (13) de hidrólisis térmica. Esta etapa se realiza mediante puesta a temperatura y a presión del lodo. Según la invención, es posible hidrolizar sólo una parte del lodo. El tipo de tecnología de hidrólisis no se tiene en cuenta aquí.

Este (o estos reactores, si procede) permite:

50

- garantizar un tiempo de permanencia de la materia orgánica en las condiciones de temperatura y con la cantidad de oxígeno deseada,

55

- introducir materia orgánica a presión o no,

- introducir vapor y

60

- mantener condiciones de presión y de temperatura adecuadas, es decir, suficientes para hacer que pueda digerirse rápidamente una parte de la materia orgánica.

65

- o El lodo hidrolizado en la salida de (13) se inyecta en el digestor (14) tras un eventual enfriamiento (no representado) y tras dilución con la ayuda de un sistema (43) cuya función se describirá más adelante. A continuación, el lodo se dirige al digestor (14) mesófilo o termófilo cuyo tiempo de permanencia está adaptado a la carga nominal de la instalación. Este digestor está dimensionado con un tiempo de permanencia comprendido entre 10 y 25 días, preferiblemente 20 días en funcionamiento mesófilo y 12 días en funcionamiento termófilo. El digestor presenta su propio circuito de calentamiento de emergencia (no representado en el esquema). La temperatura en el

ES 2 719 024 T3

digestor está comprendida entre 35 y 45°C, ventajosamente es igual a 37°C para mesófilas y está comprendida entre 50 y 60°C, ventajosamente es igual a 55°C para termófilas.

- 5 ○ Finalmente, a la salida del digestor (14), una deshidratación (15) posterior permite hacer que el lodo esté disponible para un tratamiento o una evacuación final.

Tampoco se representan las herramientas de tratamiento previo de los lodos con el fin de retirar la estopa y arena que puedan alterar la hidrólisis térmica.

- 10 Si es necesario se ponen en práctica un dilacerador así como un desarenador en función de la calidad del lodo para proteger los equipos aguas abajo.

Finalmente, no se representan los circuitos de fluido térmico que permiten calentar la hidrólisis térmica y el digestor.

- 15 La invención procede de la puesta en práctica de un bucle en la salida de la deshidratación (15) con el fin de hacer pasar de nuevo el lodo a la hidrólisis (13) térmica cuando está disponible el par de hidrólisis térmica/digestor (14).

- 20 En efecto, en el caso de carga denominada máxima, el conjunto del flujo pasa a la hidrólisis (13) térmica, así como al digestor (14) con tiempos de permanencia en estos dos equipos que son limitantes con respecto a los dimensionamientos de los equipos. Por tanto, no hay lugar para devolver el lodo a la entrada de la hidrólisis (13) térmica.

- 25 En cambio, en el caso de una carga menor en la entrada (11), puede devolverse lodo a la hidrólisis (13) térmica, así como al digestor (14).

- 30 El hecho de deshidratar en la salida de la digestión permite además que el amoníaco salga con los efluentes. Si se devuelve a la cabeza del digestor (14) un lodo menos cargado con nitrógeno y, por tanto, menos susceptible de liberar grandes cantidades de amoníaco en el digestor, y se completa con agua de proceso que no contiene nitrógeno, se disminuye la concentración de amoníaco libre en el digestor y se alivia el funcionamiento de este último.

El retorno a la hidrólisis (13) térmica se controla mediante varios sensores (13b y 14b).

- 35 Una medida de caudal (20) y una medida de concentración (27) en la entrada de la hidrólisis térmica mide la tasa de carga media a lo largo de un tiempo característico (normalmente de 0,5 a 5 veces el tiempo de permanencia en la hidrólisis térmica) con el fin de calcular una tasa de carga de la hidrólisis térmica. A este valor se le añade la medida de caudal (24) y una medida de concentración (28) en el retorno de la deshidratación (15). Esta medida de tasa de carga también puede realizarse con un número de llenado del reactor (lotes) o con cualquier otro sistema que permita, a lo largo del tiempo característico, calcular el volumen que pasa en el sistema.

- 40 Esta tasa de carga se compensa con un sensor (13b) a nivel de la hidrólisis térmica que determina la disponibilidad de la máquina, es decir, el número de líneas en paralelo que están realmente en funcionamiento (por ejemplo, una línea en mantenimiento).

- 45 El conjunto de estas dos informaciones determina una tasa de carga real (30) comprendida entre 0 y 1 de la máquina.

- 50 Una medida de caudal (21) que entra en el digestor mide el tiempo de permanencia hidráulico del lodo en el digestor.

Este tiempo de permanencia se compensa por una información procedente de los digestores que determina una disponibilidad de los digestores

- 55 Este tiempo de permanencia compensado, dividido entre un tiempo de permanencia nominal definido por el procedimiento (normalmente de 10 a 25 días), determina una tasa de carga (31) del digestor comprendida entre 0 y 1.

- 60 Una medida de concentración del lodo en la entrada (25) completa el cálculo de la tasa de carga (31) mediante comparación de la carga de entrada con respecto a la carga másica aceptable del digestor.

También puede introducirse en el sistema un parámetro modificable de cantidad de materia orgánica con respecto a la materia seca para calcular la carga con respecto a la materia orgánica.

- 65 Finalmente, la medida de carga másica del digestor también puede realizarse aguas arriba de la hidrólisis térmica mediante una medida de concentración en (27) y de caudal en (20) antes de la hidrólisis (13) térmica completada con la medida de la concentración (28) y del caudal (24) en el bucle de retorno. En efecto, la hidrólisis térmica tiene

tendencia a solubilizar materia orgánica que ya no está por tanto, accesible para la medida de concentración.

Se calcula, así, una tasa de carga 31 final.

5 A partir de las dos tasas de carga 30 y 31 se toma el valor máximo que corresponde a la tasa de carga de la instalación.

Esta información controla el retorno del lodo (15) con el fin de que la tasa de carga calculada sea siempre igual a 1. Se controla este caudal mediante una medida de caudal (24).

10 Un analizador (23) de pH y de amonio está situado en la salida del digestor. Este sensor determina una concentración de amoniaco libre en el digestor y un factor de toxicidad a partir de esta concentración.

15 Este analizador desencadena una inyección de base en (41) así como de agua de dilución en (43) por medio de un bucle PID (proporcional, integral, derivado) lento con el fin de recuperar condiciones óptimas en el digestor.

20 Una medida de concentración del lodo (25), en la entrada del digestor y una medida de concentración del lodo (26), en la salida del digestor, permiten medir en tiempo real la tasa de eliminación de la materia orgánica y, por tanto, la calidad de funcionamiento del digestor y, por tanto, corregir a largo plazo el retorno del digestor.

La medida de concentración (25) controla la dilución (43) con el fin de no tener una concentración demasiado importante en el digestor que plantee problemas de mezcla y, por tanto, de reactor con mezcla uniforme, condición importante para tener buenos rendimientos.

25 En otra variante, la hidrólisis térmica sólo se realiza con retornos de deshidratación (15) y, por tanto, sólo se usa en caso de carga insuficiente del digestor (14). Esto puede ser particularmente interesante en el caso de lodos denominados “fáciles de digerir” para los que el aporte de una hidrólisis térmica no resulta útil. En efecto, en este caso, siempre se usa el digestor al máximo de sus capacidades, incluso en el caso de reducción de la carga y se evitan las fluctuaciones de carga en el digestor sin tener que invertir en una deshidratación (12) previa y construyendo únicamente un sistema (13) de hidrólisis térmica de pequeño tamaño que sólo tratará una fracción del lodo.

30 En una variante en la que hay, en particular, varias líneas de hidrólisis térmica, en caso de carga insuficiente, una de las líneas se dedica al tratamiento de los lodos deshidratados en el retorno; esta línea es la que recibe la base o el ácido.

35 En esta línea, en caso de aumento del NH_3 libre sin aumento de pH o de acidificación en el digestor, el pH particularmente elevado en el reactor de hidrólisis mediante adición de base va a ayudar a hidrolizar la materia orgánica, y a detectar fácilmente el amoniaco en el retorno, en los vapores del reactor de hidrólisis (gas de escape – 42).

En el caso de un aumento de pH en (23), la adición de ácido en el reactor también va a permitir ayudar a hidrolizar la materia orgánica.

45 En el sistema según la invención, la deshidratación (15) final no está sobredimensionada con respecto a un funcionamiento clásico ya que, de todos modos, la deshidratación debe poder tratar la punta hidráulica. Dicho de otro modo, los retornos sólo se realizan si no se encuentra en la configuración de la punta hidráulica, por tanto, nunca hay una sobrecarga de la deshidratación.

50 **Ejemplo de cálculo de optimización de un reactor de hidrólisis térmica y de un digestor**

En el caso de un lodo de 100 tMS/d al 75% de MV en punta y 80 tMS/d en punta a lo largo de 15 días, si se prevé una hidrólisis térmica de 1 h a una concentración del 16% y una digestión de 15 días a una concentración de entrada del 9%, entonces se obtiene un reactor de: $100/0,16/24 \times 1 = 26 \text{ m}^3$ y se obtiene un digestor de $80/0,09 \times 15 = 13.333 \text{ m}^3$.

60 El reactor de hidrólisis térmica se dimensiona con respecto a una punta diaria, o cada dos días, en función del punto intermedio de lodos situado aguas arriba, mientras que la carga máxima del digestor es la correspondiente a una punta de 15-20 días continua.

Por tanto, se puede dimensionar el reactor con respecto a una punta de por ejemplo 5 días continuos, por ejemplo 85 tMS/d. Esto disminuye, por tanto, el reactor en 15% a caudal hidráulico constante.

65 A continuación, para pasar la punta de 100 tMS/d, se disminuye el tiempo de permanencia en el reactor: 51 minutos en lugar de 60 minutos.

ES 2 719 024 T3

No obstante, el lodo que sólo se haya hidrolizado 51 minutos, a lo largo de los 15 días del tiempo de permanencia del digestor, podrá volverse a hacer pasar a la hidrólisis térmica ya que, a continuación, la carga siempre será inferior a 100 tMS/d.

5 Por tanto, si se dimensiona con respecto a 51 minutos en el reactor durante toda esta punta, durante los 4 días de punta llega 81,25 tMS/d (para hacer 85 t a lo largo de 5 días) y llega a lo largo de los 10 días siguientes en el reactor 77,5 tMS/d (o 19,4 tMM/d) (para hacer 80 tMS/d a lo largo de 15 días).

10 Por tanto, puede tratarse durante 4 días 18,75 tMS/d en el retorno, lo que corresponde a aproximadamente (MV a la salida del 60%) 7,5 tMM/d.

Y durante 10 días, 22,5 tMS/d, lo que corresponde aproximadamente a 9 tMM/d.

15 Por tanto, a lo largo de los 15 días, se han recirculado 75 tMM para 300 tMM inyectadas desde el exterior, es decir el 25% de recirculación, lo cual quiere decir que a lo largo de este periodo de 15 días de punta, gracias a la recirculación y a pesar de una disminución del tiempo de hidrólisis de 51 min, el lodo se habrá sometido a un tiempo real de hidrólisis de $51 \times 1,25 = 64$ min.

20 Por tanto, se obtiene una hidrólisis real del lodo en su punto nominal a pesar de un tiempo físico inferior.

La recirculación permite por tanto usar cada uno de los dos equipos en su punto nominal el mayor tiempo posible usando el desacoplamiento de los tiempos de permanencia entre la hidrólisis y la digestión.

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento de tratamiento de pulpa, en particular procedimiento de tratamiento de lodos de estaciones de depuración, para producir energía y/o materias orgánicas higienizadas, que comprende:
 - i. una etapa de hidrólisis térmica (13) aireada o no de la pulpa,
 - ii. eventualmente una etapa de dilución (43) de la pulpa hidrolizada en la etapa i),
 - iii. una etapa de digestión (14) de tipo mesófila o termófila o bien de la pulpa hidrolizada en la etapa i), o bien de la pulpa hidrolizada y diluida en la etapa ii),
 - iv. una etapa de deshidratación (15) de la pulpa procedente de la etapa iii) y
 - v. una etapa de recirculación de una parte de la pulpa deshidratada procedente de la etapa iv) hacia la etapa de hidrólisis térmica i), estando dicha parte de la pulpa deshidratada procedente de la etapa iv) que se recircula hacia la etapa de hidrólisis térmica i) controlada por la tasa de carga del digestor con el fin de mantenerla lo más constante posible y próxima a 1, obteniéndose la tasa de carga del digestor mediante cálculo de la tasa de carga de la hidrólisis térmica i) o cálculo de la tasa de carga de la etapa de digestión ii) o de las dos, caracterizado porque:
 - la tasa de carga de la hidrólisis térmica se calcula a partir de medidas de caudal (20) y de concentración (27) en la entrada de la hidrólisis térmica y del tiempo de permanencia en la hidrólisis térmica, a las que se añaden medidas de caudal (24) y de concentración (28) en el retorno de la deshidratación (15), y
 - la tasa de carga de la etapa de digestión se calcula a partir de medidas del caudal (21) que entra en el digestor, del tiempo de permanencia nominal y de la concentración del lodo en la entrada (25) del digestor.
2. Procedimiento según la reivindicación 1, caracterizado porque comprende además una etapa de inyección de base o de ácido (41) antes de la etapa de hidrólisis térmica i) (13) para controlar el pH durante la etapa de digestión ii) (14) y aumentar la hidrólisis durante la etapa i).
3. Procedimiento según la reivindicación 2, en el que varios reactores de hidrólisis están en funcionamiento y en el que la inyección de base o de ácido se realiza exclusivamente en uno de los reactores con el fin de aumentar en gran medida la hidrólisis en ese reactor.
4. Procedimiento según la reivindicación 3, en el que el reactor de hidrólisis que recibe ácido o base es el que recibe los efluentes de la etapa (v).
5. Instalación de tratamiento de pulpa, concretamente de lodos de estación de depuración, para la puesta en práctica de un procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, comprendiendo dicha instalación un medio de hidrólisis térmica aireada o no (13) que se comunica con un medio de digestión (14) de dicha pulpa hidrolizada, comunicándose dicho medio de hidrólisis (13) con medios de admisión de la pulpa (11) y medios de admisión de dicha pulpa recirculada a partir de un medio de deshidratación (15) de la pulpa procedente del medio de digestión (14) y medios de evacuación del biogás (16) procedente de dichos medios de digestión (14) y un sistema (30, 31) de control de la tasa de carga del medio de hidrólisis térmica (13) o del medio de digestión (14), o de los dos, mediante control de la cantidad de retorno procedente de la deshidratación (15) hacia la hidrólisis térmica (13), en el que la tasa de carga del medio de hidrólisis térmica se compensa por el sensor (13b) y la tasa de carga del medio de digestión se compensa por el sensor (14b).
6. Instalación según la reivindicación 5, caracterizada porque comprende un medio (41) de regulación del pH, en el reactor de hidrólisis, mediante inyección de un ácido o de una base para mejorar la cinética de la hidrólisis.

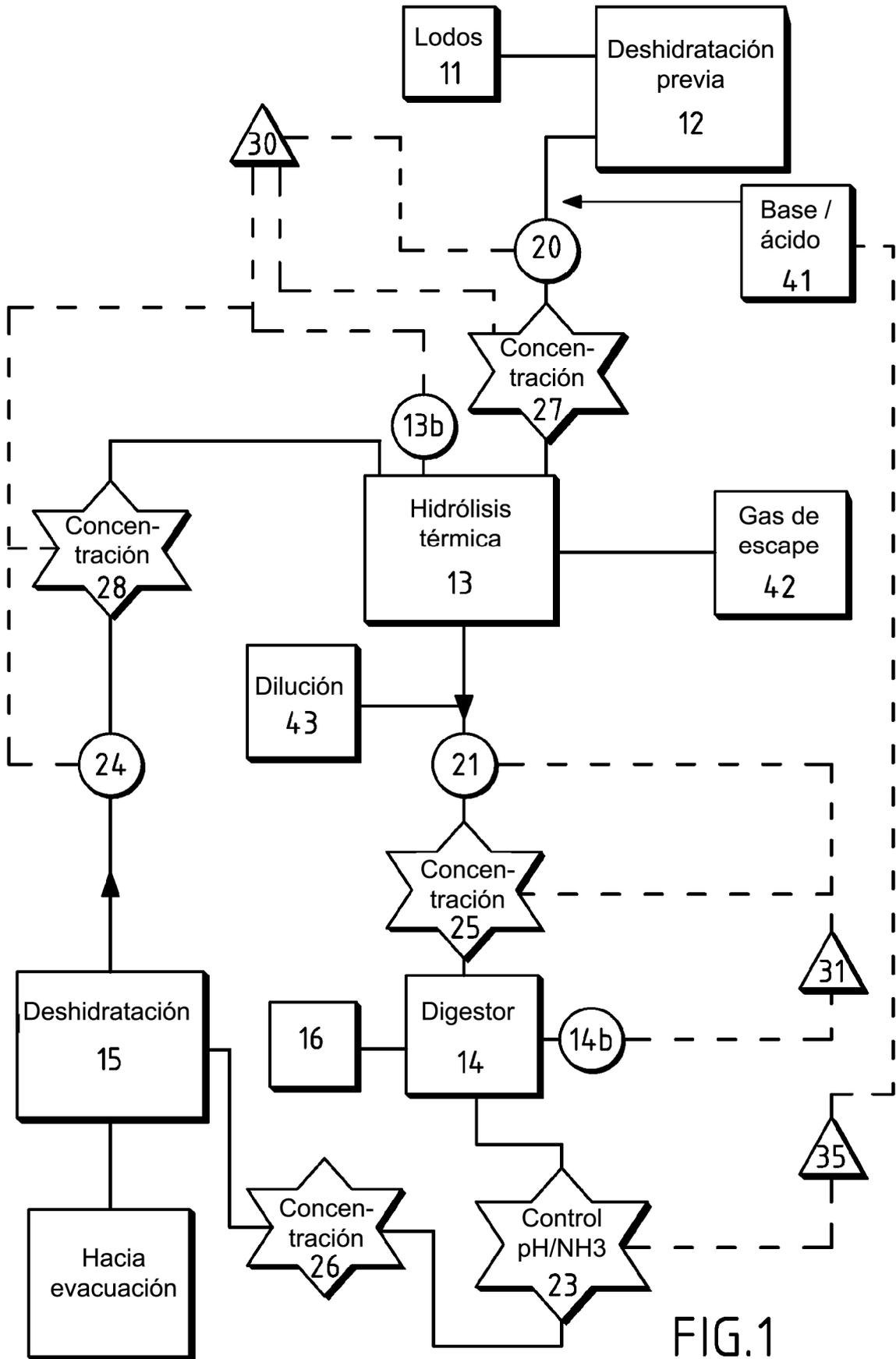


FIG.1

REFERENCIAS CITADAS EN LA DESCRIPCIÓN

5 La lista de referencias citadas por el solicitante es para la conveniencia del lector solamente. No forma parte del documento de patente europea. Aunque se ha puesto gran cuidado para la recopilación de las referencias, no se puede excluir la existencia de errores u omisiones y la Oficina de Patentes Europea declina toda responsabilidad al respecto.

Documentos de patente citados en la descripción

- WO 2012019310 A [0016] [0017]
- WO 2013155631 A [0016] [0021]
- EP 0564298 A [0016] [0018]
- CN 203373248 [0016] [0019]
- US 2012094363 A [0016] [0020]
- CA 2752747 [0016] [0022]
- WO 9609882 A [0027]
- WO 2013190486 A [0027]

10