

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 391 403**

51 Int. Cl.:  
**C02F 11/08** (2006.01)  
**B01J 3/00** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 96 Número de solicitud europea: **05802593 .3**  
96 Fecha de presentación: **11.11.2005**  
97 Número de publicación de la solicitud: **1812353**  
97 Fecha de publicación de la solicitud: **01.08.2007**

54 Título: **Método para la oxidación de agua supercrítica**

30 Prioridad:  
**15.11.2004 SE 0402783**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:  
**26.11.2012**

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:  
**26.11.2012**

73 Titular/es:  
**HOLLINGFORD LIMITED (100.0%)**  
**C/O RONAN DALY JERMYN 12 SOUTH MALL**  
**CORK, IE**

72 Inventor/es:  
**STENMARK, LARS;**  
**GIDNER, ANDERS;**  
**CARLSSON, KIM y**  
**WASS, GERT**

74 Agente/Representante:  
**UNGRÍA LÓPEZ, Javier**

ES 2 391 403 T3

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

## DESCRIPCIÓN

Método para la oxidación de agua supercrítica

5 **Campo de invención**

La presente invención se refiere a un método para la oxidación de agua supercrítica.

10 **Antecedentes de la invención**

La oxidación de agua supercrítica es un método para destruir de forma eficiente los contaminantes orgánicos en el lodo y agua de desecho. Se sabe que el método transforma con rapidez y eficiencia el material orgánico que comprende sustancialmente carbono e hidrógeno en dióxido de carbono y agua, a menudo con una eficiencia por encima de un 99 %.

15 La disposición de reactor más eficiente y económica es el reactor tubular. Para las corrientes de agua de desecho que contienen un material orgánico sólido, el reactor tubular es la solución más práctica debido a que se necesita una velocidad dada para transportar el material sólido a través del reactor. Alternativamente, se usa un reactor en masa vertical, en el que el material sólido se transporta a través del reactor por medio de la gravedad. No obstante, un inconveniente del uso de un reactor vertical de este tipo es que el material sólido, que es más pesado que el agua supercrítica, se transporta más rápido a través del reactor con una eficiencia de destrucción más baja como resultado.

20 En el documento US 6.551.517 B1 se da a conocer un proceso para llevar a cabo unas reacciones químicas en un fluido a presión y a una temperatura en un fluido supercrítico que contiene un disolvente y por lo menos un electrolito tal como una sal, en el que se generan unas especies reactivas *in situ* por electrólisis. De acuerdo con la invención, el fluido fluye hacia arriba en un reactor de depósito que pasa a través de una primera zona de electrólisis inferior con una alta solubilidad de sales y una segunda zona superior en la cual precipitan las sales, a continuación el fluido libre de sal se evacua en la parte superior del reactor de depósito y se dirige al interior de un segundo reactor tubular para alcanzar la fase deseada de avance de la conversión.

25 **Sumario de la invención**

30 Un inconveniente del sistema de reactor que se da a conocer en el documento B1 es que el oxidante no se alimenta al reactor, sino que éste se genera *in situ* por electrólisis. Mediante el proceso también se forma hidrógeno, el cual ha de separarse del oxígeno para evitar que el hidrógeno y el oxígeno reaccionen inmediatamente entre sí. Se cree que es caro producir el oxidante de tal forma.

35 Un inconveniente adicional es que, debido a que la corriente se dirige desde el fondo del depósito hasta la parte de arriba del mismo, cualquier material sólido se hundirá hasta el fondo del depósito y, por lo tanto, se transportará junto con el flujo a través del depósito y a través del segundo reactor tubular. Si el material sólido contiene material orgánico, la eficiencia de destrucción será, por lo tanto, muy baja.

40 Para algunas corrientes de agua de desecho, un reactor tubular que tiene cortas distancias hasta las paredes de reactor puede tener sus limitaciones. Mientras que se trata lodo de papel de desecho para recuperar el material de relleno de papel para la fabricación de papel, puede formarse algo de yeso en el reactor inmediatamente después de la entrada del oxidante (debido a la formación de ácido sulfúrico que reacciona con el carbonato de calcio en el material de relleno). El yeso puede pegarse a las paredes de reactor y dar lugar a una obstrucción local bastante rápida del reactor. Tienen lugar unos problemas similares cuando se tratan lodos urbanos si se encuentran presentes unas cantidades de calcio y azufre demasiado altas en el agua de desecho.

45 Otro problema general con la oxidación de agua supercrítica comprende dificultades en el tratamiento de corrientes de agua de desecho que contienen sales disueltas. En unas condiciones supercríticas para el agua, las sales se vuelven insolubles y las sales pueden precipitarse sobre las superficies de un intercambiador de calor ubicado aguas arriba del reactor, lo que da lugar a que la eficiencia del intercambiador de calor caiga. Una solución para el presente problema es mezclar una corriente que contiene sales disueltas en unas condiciones subcríticas para el agua con una corriente libre de sales en unas condiciones supercríticas para el agua en el reactor tubular, de tal modo que la corriente mixta se encuentra en unas condiciones supercríticas para el agua. De esta forma, puede evitarse una transición de fase en un intercambiador de calor y, en su lugar, la precipitación de las sales tiene lugar en el reactor tubular en el que se mezclan las dos corrientes. No obstante, en algunas aplicaciones la obstrucción del reactor tubular tiene lugar en esta ubicación debido a que algunas sales son "pegajosas" cuando éstas se transforman de disueltas a estado sólido, y a que las distancias hasta las paredes del reactor tubular son cortas.

50 Otra limitación cuando se usan reactores tubulares para la oxidación de agua supercrítica es, por ejemplo, que los halógenos son muy corrosivos a unas temperaturas altas pero aún subcríticas para el agua y, en particular, a unos valores de pH bajos, a pesar del hecho de que se usan unas aleaciones a base de níquel resistentes a la corrosión

como material de construcción. Si el halógeno está comprendido en un compuesto orgánico, no tiene lugar corrosión alguna hasta que el compuesto orgánico se descompone en dióxido de carbono, agua e ión/ iones de halógeno. Para reducir la corrosión, puede inyectarse una sustancia de neutralización de pH en una porción de extremo del reactor antes de que la corriente alcance unas temperaturas subcríticas para el agua. Una sustancia común para el ajuste de pH es el hidróxido de sodio. No obstante, una dificultad cuando se alimenta hidróxido de sodio o una sustancia alcalina similar es que éstos apenas son miscibles con el agua supercrítica. Una masa fundida se forma a unas temperaturas supercríticas para el agua, que es fuertemente corrosiva para el material de construcción.

La presente invención proporciona un método que supera, o que por lo menos reduce, los problemas y las limitaciones de los reactores y métodos de la técnica anterior, tal como se describe anteriormente.

La invención se expone en sus varios aspectos en las reivindicaciones 1 - 11.

En una realización preferida, el método prevé la formación de un material sólido y/o corrosivo en el interior de la sección de reactor vertical, preferiblemente lejos de cualquier pared de sección de reacción, sobre la cual el sólido pueda depositarse, y/o paredes que puedan experimentar problemas de corrosión. De forma simultánea, el método debería evitar cualquier formación de un material de obstrucción y/o corrosivo en la sección de reactor no vertical.

Si el flujo contiene un material sólido, éste puede transportarse a través de las secciones de reactor vertical y no vertical en la misma dirección que el flujo y, si la sección de reactor vertical se configura para la precipitación del material sólido a partir del flujo, éste puede transportarse a través de la sección de reactor vertical en la misma dirección que el flujo, y si la sección de reactor no vertical se encuentra aguas abajo de la sección de reactor vertical, el material sólido precipitado puede transportarse también a través de la sección de reactor no vertical en la misma dirección que el flujo.

El método de la presente invención reduce en gran medida los problemas de obstrucción y corrosión.

La presente invención proporciona un método para la oxidación de agua supercrítica, en el que pueden reducirse los problemas con la obstrucción y corrosión, mientras que se mantiene una eficiencia de destrucción muy alta.

Otras características y ventajas de la invención se entenderán más fácilmente a partir de la siguiente descripción detallada, tomada en conexión con las reivindicaciones adjuntas y los dibujos anexos.

### Breve descripción de los dibujos

Cada una de las figuras 1-3 ilustra, en una vista lateral en sección transversal, un reactor que se usa para un método de oxidación de agua supercrítica de acuerdo con una realización respectiva de la presente invención.

### Descripción detallada de las realizaciones

Un reactor para su uso en la oxidación de agua supercrítica de acuerdo con una primera realización ilustrada de la presente invención se muestra en la figura 1. El reactor comprende una sección de reactor esencialmente vertical 11 y una sección de reactor esencialmente no vertical 12. Preferiblemente, la sección de reactor no vertical 12 está dispuesta sustancialmente de forma horizontal.

Preferiblemente, la sección de reactor vertical 11, a la que puede hacerse referencia como un reactor en masa o de depósito, es sustancialmente cilíndrica con un diámetro  $D$  y, preferiblemente, la sección de reactor no vertical 12, a la que puede hacerse referencia como un reactor tubular, es sustancialmente cilíndrica con un diámetro  $d$ , que es sustancialmente más pequeño que el diámetro  $D$  del reactor en masa 11. En otras palabras, la sección de reactor en masa vertical 11 tiene un área en sección transversal que es sustancialmente más grande que el área en sección transversal de la sección de reactor tubular vertical 12. El área en sección transversal de la sección de reactor en masa 11 puede ser por lo menos dos veces, preferiblemente por lo menos tres veces, más preferiblemente por lo menos cinco veces, y lo más preferiblemente entre aproximadamente cinco y diez veces, más grande que el área en sección transversal de la sección de reactor tubular 12.

La sección de reactor en masa 11 tiene una primera 14 y una segunda 15 entrada en una porción superior de la sección de reactor en masa 11, y una salida 16 en una porción inferior de la sección de reactor en masa 11.

La primera entrada 14 está conectada para recibir un flujo que contiene material orgánico y agua tal como agua de desecho o lodo, tal como se indica de forma esquemática mediante la flecha 17. La sección de reactor en masa 11 se configura para oxidar parte del material orgánico en el flujo a través de la oxidación de agua supercrítica mientras que se hace que fluya el flujo a través de la sección de reactor en masa de arriba abajo, tal como se indica de forma esquemática mediante la flecha 19. La salida 16 se proporciona para expulsar el flujo que se ha hecho reaccionar en el fondo de la sección de reactor en masa 11, tal como se indica de forma esquemática mediante la flecha 20.

Si el flujo contiene un material sólido, o si la sección de reactor en masa se configura para la precipitación de un

material sólido a partir del flujo, este material sólido se expulsa en la salida 16 de la sección de reactor en masa 11 junto con el flujo.

5 La sección de reactor tubular 12 está conectada con la salida 16 de la sección de reactor en masa 11 y se configura para oxidar de forma muy eficiente el material orgánico, que no se oxidó mediante la sección de reactor en masa 11 a través de la oxidación de agua supercrítica.

10 El reactor puede comprender además varios sensores, tal como unos sensores de flujo y temperatura, como se conoce generalmente en la técnica. Habitualmente, se proporciona un ordenador para el control global del reactor, y se usa un equipo de control y regulación diverso para el control de las diferentes corrientes. Habitualmente, se usan bombas, válvulas, calentadores y refrigeradores para ajustar la presión y la temperatura.

15 Por medio del reactor de la realización que se ilustra en la figura 1, puede obtenerse una destrucción muy eficiente de una amplia variedad de agua de desecho y lodo sin riesgo alguno de obstruir el reactor.

20 En una primera versión a modo de ejemplo de la realización ilustrada, el flujo también contiene calcio y azufre. El oxidante, en particular oxígeno, se introduce a través de la entrada 15, tal como se indica de forma esquemática mediante la flecha 18 para oxidar el material orgánico en el flujo. Durante la reacción, se forma con rapidez yeso, que se expulsa a través de la salida 16 junto con el flujo.

El flujo puede ser lodo, en particular lodo de destintado, incluyendo un material de relleno de papel o agua de desecho que contiene unas altas cantidades de calcio y azufre.

25 Debido a las grandes distancias hasta las paredes de reactor en la sección de reactor en masa 11, la formación inmediata de yeso no obstruirá el reactor. Preferiblemente, el oxidante se añade en una cantidad suficiente para una oxidación eficiente adicional en la sección de reactor tubular 12.

30 En una segunda versión a modo de ejemplo de la realización que se ilustra en la figura 1, el flujo 17 se encuentra en unas condiciones supercríticas para el agua y se encuentra esencialmente libre de sales que se disuelven en agua líquida y precipitan en unas condiciones supercríticas para el agua. Este flujo puede contener un oxidante.

35 Un flujo que se encuentra en unas condiciones subcríticas para el agua y contiene una sal disuelta que precipita en unas condiciones supercríticas para el agua se introduce en la sección de reactor en masa 11 a través de la entrada 15, tal como se indica de forma esquemática mediante la flecha 18. Este flujo puede contener un material oxidable.

40 Los flujos supercríticos y los subcríticos se mezclan en la sección de reactor en masa 11, las temperaturas y los caudales de los flujos supercríticos y los subcríticos se seleccionan para obtener un flujo mixto que se encuentra en unas condiciones que son supercríticas para el agua, o que se vuelve supercrítico debido al calor de la oxidación, para precipitar de este modo la sal en la sección de reactor en masa 11, véase el documento US 6.171.509, incorporándose por la presente los contenidos del cual por referencia.

Preferiblemente, la sal precipitada se expulsa a través de la salida 16 junto con el flujo mixto.

45 Debido a las grandes distancias hasta las paredes de reactor en la sección de reactor en masa 11, la precipitación de sales no obstruirá el reactor.

50 Por lo tanto, el reactor en los dos ejemplos anteriores se proporciona para la formación de un material de obstrucción, es decir, yeso y/o sal precipitada, sólo en el interior de la sección de reactor en masa 11. Por lo tanto, no se forman yeso y/o sal precipitada en la sección de reactor tubular 12.

La sección de reactor tubular 12 puede usarse en algunos casos sólo para una oxidación menor.

55 Con referencia a continuación a la figura 2, una realización ilustrada adicional de la invención se diferencia de la realización ilustrada anterior en que la sección de reactor tubular 12 está conectada con la sección de reactor en masa 11 aguas arriba de la sección de reactor en masa 11. La sección de reactor tubular 12 está conectada con la entrada 14 de la sección de reactor en masa 11.

60 Por lo tanto, en primer lugar se hace que fluya un flujo que contiene material orgánico y agua a través de la sección de reactor tubular 12 y, a continuación, a través de la sección de reactor en masa 11, mientras que por lo menos parte del material orgánico en el flujo se oxida a través de la oxidación de agua supercrítica.

65 Por medio del reactor de la realización que se ilustra en la figura 2, puede obtenerse una destrucción muy eficiente de una amplia variedad de agua de desecho y lodo. Además, la corrosión del reactor puede evitarse, o por lo menos reducirse, en comparación con los reactores de la técnica anterior.

En una primera versión a modo de ejemplo de la realización ilustrada, el flujo que se hace que fluya a través del

reactor se encuentra en unas condiciones ácidas, y contiene una sustancia corrosiva en una condición subcrítica para el agua, es decir, ácido sulfúrico o ácido clorhídrico.

5 Una sustancia o agente de neutralización de pH se introduce en el flujo en la sección de reactor en masa 11 a través de la entrada 15 para neutralizar el ácido y reducir la corrosión cuando el agua se vuelve subcrítica, en algún punto aguas abajo del punto de inyección, en la sección de reactor en masa 11. Introduciendo el agente de neutralización de pH en el reactor en masa vertical, se minimiza la obstrucción debido a la introducción del agente de neutralización de pH. Además, si el agente de neutralización de pH es sosa cáustica, del cual se sabe que forma una masa fundida que es muy corrosiva también en unas condiciones supercríticas para el agua, la introducción de ésta en el reactor en masa vertical minimizará el riesgo de que dicha masa fundida se adhiera a las paredes de reactor y por lo tanto cree una corrosión importante. Obviamente, no se forma masa fundida corrosiva alguna en la sección de reactor tubular 12.

15 La corrosividad de la masa fundida se da a conocer en el artículo *Review of the Corrosion of Nickel-Based Alloys and Stainless Steels in Strongly Oxidizing Pressurized High Temperature Solutions at Subcritical and Supercritical Temperatures*, P. Kritzer y col., Corrosion - Vol. 56, n.º 11, 2000, incorporándose por la presente los contenidos del cual por referencia.

20 Una segunda versión a modo de ejemplo de la realización que se ilustra en la figura 2 se corresponde con la segunda versión a modo de ejemplo de la realización que se ilustra en la figura 1, es decir, un flujo que se encuentra en unas condiciones subcríticas para el agua y que contiene una sal disuelta que precipita en unas condiciones supercríticas para el agua, se introduce en la sección de reactor en masa 11 a través de la entrada 15 y se mezcla con el flujo a partir de la sección de reactor tubular 12 en la sección de reactor en masa 11, para obtener un flujo mixto que se encuentra en unas condiciones supercríticas para el agua para precipitar de este modo la sal en la sección de reactor en masa 11.

30 En la realización de la figura 2, la sección de reactor tubular 12 se proporciona preferiblemente para oxidar una cantidad no insignificante del material orgánico comprendido en el flujo. Preferiblemente, la sección de reactor tubular 12 se proporciona para oxidar por lo menos un 25 %, más preferiblemente, por lo menos un 35 o 45 %, del material orgánico comprendido en el flujo.

35 Finalmente, con referencia a la figura 3, una realización ilustrada adicional más de la invención se diferencia de la realización de la figura 1 en que una sección de reactor esencialmente en masa adicional 21 se proporciona aguas abajo de la sección de reactor tubular 12. La sección de reactor en masa adicional 21, la cual tiene un área en sección transversal que es sustancialmente más grande que el área en sección transversal de la sección de reactor tubular 12, comprende una primera 24 y una segunda 25 entrada en una porción superior de la sección de reactor en masa 21, y una salida 26 en una porción inferior de la sección de reactor en masa 21.

40 La primera entrada 24 está conectada con la sección de reactor tubular 12 para recibir el flujo, tal como se indica de forma esquemática mediante la flecha 27; un flujo o sustancia adicional se introduce en la sección de reactor en masa adicional 21 a través de la segunda entrada 25, tal como se indica de forma esquemática mediante la flecha 28; y se hace que fluya el material que se introduce en la sección de reactor en masa 21 de arriba abajo tal como se indica mediante la flecha 29 mientras que se hace que el material reaccione químicamente. Cualquier material orgánico contenido en la sección de reactor en masa 21 se oxida a través de la oxidación de agua supercrítica. Finalmente, el material que se ha hecho reaccionar se expulsa a través de la salida 26, tal como se indica de forma esquemática mediante la flecha 29.

50 En una versión a modo de ejemplo de la realización que se ilustra en la figura 3, la sección de reactor en masa 11 aguas arriba de la sección de reactor tubular 12 puede configurarse de acuerdo con cualquiera de las versiones a modo de ejemplo de la realización que se ilustra en la figura 1, mientras que la sección de reactor en masa adicional 21 aguas abajo de la sección de reactor tubular 12 puede configurarse de acuerdo con cualquiera de las versiones a modo de ejemplo de la realización que se ilustra en la figura 2.

55 Se apreciará que cualquier sección de reactor en masa de la presente invención puede configurarse y usarse de acuerdo con más de una de las versiones a modo de ejemplo que se describen anteriormente de forma simultánea.

60 Por lo tanto, un flujo que contiene calcio y azufre se encuentra en unas condiciones supercríticas para el agua, y se encuentra esencialmente libre de sales que precipitan en unas condiciones supercríticas para el agua, puede introducirse a través de la entrada 14 de la sección de reactor en masa 11 de la figura 1 o 3, mientras que el oxidante y un flujo que se encuentra en unas condiciones subcríticas para el agua y contiene una sal disuelta que precipita en unas condiciones supercríticas para el agua puede introducirse a través de la entrada 15, en las que se forma yeso y un flujo mixto que se encuentra en unas condiciones que son supercríticas para el agua, se obtiene para precipitar de este modo la sal en la sección de reactor en masa 11 de la figura 1 o 3.

65 Alternativa o adicionalmente, un flujo que se encuentra en unas condiciones supercríticas para el agua, se encuentra esencialmente libre de sales que se disuelven en agua líquida y que precipitan en unas condiciones supercríticas

5 para el agua, se encuentra en unas condiciones ácidas y contiene una sustancia corrosiva, puede introducirse a través de la entrada 14 de la sección de reactor en masa 11 de la figura 2 o a través de la entrada 24 de la sección de reactor en masa 21 de la figura 3, mientras que un flujo que se encuentra en unas condiciones subcríticas para el agua y contiene una sal disuelta que precipita en unas condiciones supercríticas para el agua y una sustancia de neutralización de pH, puede introducirse a través de la entrada 15 para obtener un flujo mixto que se encuentra en unas condiciones que son supercríticas para el agua para precipitar de este modo la sal y para evitar la obstrucción y, opcionalmente, para formar una masa fundida oxidante en la sección de reactor en masa en cuestión.

10 Se apreciará adicionalmente que un reactor de la presente invención puede comprender dos o más secciones de reactor tubular y una o más secciones de reactor esencialmente en masa, en el que cada una de las secciones de reactor tubular tiene un área en sección transversal que es sustancialmente más pequeña que el área en sección transversal de cada una de las secciones de reactor en masa.

15 Se apreciará más adicionalmente que la presente invención puede implementarse como un sistema de reacción de múltiples etapas tal como se da a conocer, por ejemplo, en el documento US 5.770.174, incorporándose por la presente los contenidos del cual por referencia. En el presente caso, cada una de las secciones de reactor se proporciona para oxidar parte del material orgánico comprendido en el flujo. Cada fase de reactor se diseña para oxidar en la medida de lo posible el material orgánico sin superar una temperatura máxima predeterminada que, por ejemplo, puede estar dictada por las limitaciones del material de construcción.

20 Se llevaron a cabo investigaciones para verificar el resultado de la presente invención.

25 Se alimentó lodo de papel de desecho a través de una planta de oxidación de agua supercrítica que tiene un reactor tubular convencional en una serie de pruebas. Cada una de las pruebas tuvo que interrumpirse después de menos de 17 horas de funcionamiento debido a la obstrucción del reactor. Un tapón de sulfato de calcio, yeso, y de unas pocas decenas de centímetros de longitud, se formó inmediatamente aguas abajo de la entrada de oxígeno. A pesar de la baja cantidad de yeso en relación con la cantidad de otro material inorgánico en la corriente de proceso, el yeso crea problemas graves debido a que éste precipita con tanta rapidez directamente cuando el oxígeno se ha introducido, y debido a que éste tiene una fuerte capacidad de adhesión.

30 A continuación, se alimentó lodo de papel de desecho a través de una planta de oxidación de agua supercrítica que tiene un reactor como el que se ilustra en la figura 1, es decir, una primera sección de reactor vertical relativamente ancha y una segunda sección de reactor tubular más estrecha, en una serie de pruebas. Cada una de las pruebas mostró que la mayor parte del yeso sedimenta hacia abajo en la sección de reactor vertical junto con otro material sólido. Se observó un funcionamiento continuo durante unos periodos más prolongados que 100 horas, sin tendencia alguna a la obstrucción del reactor.

35

**REIVINDICACIONES**

1. Un método para la oxidación de agua supercrítica de un flujo de un material orgánico y agua, haciéndose que el flujo fluya (19) a través de una sección de reactor en masa esencialmente vertical (11) y una sección de reactor tubular esencialmente vertical (12) conectadas entre sí, en el que dicha sección de reactor en masa tiene un área en sección transversal que es sustancialmente más grande que el área en sección transversal de dicha sección de reactor tubular, **caracterizado por** las etapas de:
- alimentar (17) dicho flujo que comprende material orgánico y agua en una entrada en una porción superior de dicha sección de reactor en masa;
  - oxidar el material orgánico de dicho flujo a través de la oxidación de agua supercrítica mientras que se está haciendo que dicho flujo (19) fluya a través de dicha sección de reactor en masa;
  - expulsar (20) dicho flujo a través de una salida (16) en una porción inferior de dicha sección de reactor en masa; y al interior de dicha sección de reactor tubular;
  - oxidar de forma eficiente el material orgánico de dicho flujo a través de la oxidación de agua supercrítica mientras que se está haciendo que dicho flujo fluya a través de dicha sección de reactor tubular, en el que
  - cada una de las secciones de reactor en masa y tubular oxida por lo menos el 5 % del material orgánico comprendido en dicho flujo a través de la oxidación de agua supercrítica, oxidando la sección de reactor tubular por lo menos parte del material orgánico que no se oxidó mediante la sección de reactor en masa;
  - en el que se forma material sólido y/o corrosivo en dicha sección de reactor en masa para reducir de este modo el riesgo de obstruir y/o corroer dicho reactor y en el que:
    - dicho flujo comprende calcio y azufre;
    - un oxidante se alimenta (18) a dicha sección de reactor en masa;
    - se forma yeso a partir de dicho flujo en dicha sección de reactor en masa; y
  - dicho flujo se alimenta a dicha sección de reactor tubular (12) después de que se haya hecho que fluya a través de dicha sección de reactor en masa.
2. El método de acuerdo con la reivindicación 1, en el que
- dicho flujo se encuentra en unas condiciones supercríticas para el agua y se encuentra esencialmente libre de sales que se disuelven en agua líquida y precipitan en unas condiciones supercríticas para el agua;
  - un flujo que se encuentra en unas condiciones subcríticas para el agua y comprende una sal disuelta se alimenta (18) a dicha sección de reactor en masa; y
  - dicho flujo supercrítico y dicho flujo subcrítico se mezclan en dicha sección de reactor en masa, seleccionándose las temperaturas y los caudales de dicho flujo supercrítico y dicho flujo subcrítico para obtener un flujo mixto que se encuentra en unas condiciones que son supercríticas para el agua para precipitar de este modo dicha sal en dicha sección de reactor esencialmente vertical.
3. El método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 o 2, en el que
- dicho flujo se encuentra en una condición ácida, y comprende una sustancia corrosiva, en particular un halógeno; y
  - una sustancia de neutralización de pH se alimenta (18) a dicha sección de reactor en masa para neutralizar el ácido y reducir la corrosión cuando el agua se vuelve subcrítica.
4. El método de acuerdo con la reivindicación 3, en el que dicha sustancia de neutralización de pH es sosa cáustica, que forma una masa fundida que es muy corrosiva en unas condiciones supercríticas para el agua, minimizando la alimentación de dicha sustancia de neutralización de pH al interior de dicha sección de reactor en masa el riesgo de que dicha masa fundida se adhiera a las paredes del reactor y crea corrosión.
5. El método de acuerdo con las reivindicaciones 1 a 4, en el que dicho flujo comprende lodo, en particular lodo de destintado, incluyendo un material de relleno de papel.
6. El método de acuerdo con las reivindicaciones 1 a 4, en el que dicho flujo comprende lodo de depuradora o lodo a partir de la elaboración de agua potable.
7. El método de acuerdo con las reivindicaciones 1 a 6, en el que dicha salida de sección de reactor en masa (16) expulsa (20) una sal precipitada junto con dicho flujo.
8. El método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1-7, en el que
- dicho flujo se encuentra en unas condiciones ácidas, y comprende una sustancia corrosiva; y
  - dicha sección de reactor en masa recibe, en una entrada (15) en una porción superior de dicha sección de reactor en masa, una sustancia de neutralización de pH.
9. El método de acuerdo con la reivindicación 8, en el que dicha sustancia de neutralización de pH tiene un punto

de fusión por debajo de la más baja temperatura posible para obtener unas condiciones supercríticas para el agua; y es capaz de formar una masa fundida oxidante en unas condiciones supercríticas para el agua.

5 10. El método de acuerdo con las reivindicaciones 8 o 9, en el que dicha substancia corrosiva es un halógeno, en particular cloro, y dicha substancia de neutralización de pH es un hidróxido de sal, en particular, hidróxido de sodio.

10 11. El método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1-17, en el que el área en sección transversal de dicha sección de reactor en masa es aproximadamente cinco a diez veces más grande que el área en sección transversal de dicha sección de reactor de flujo de tapón.

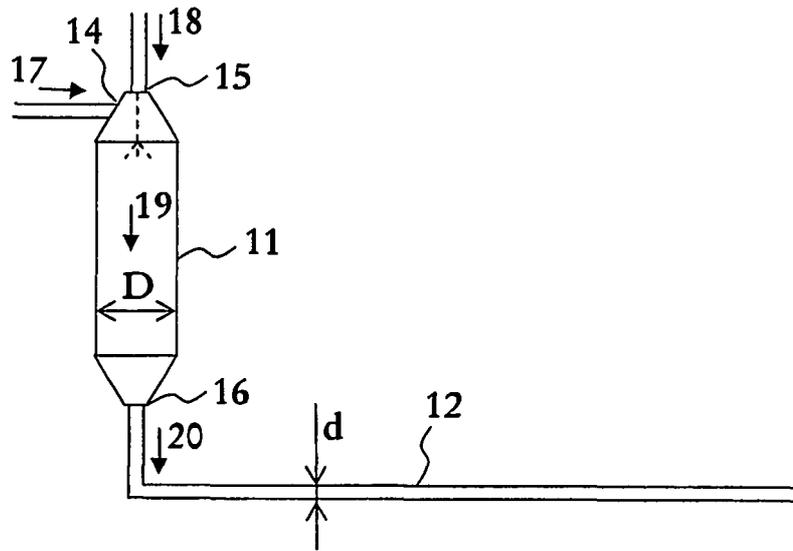


Fig. 1

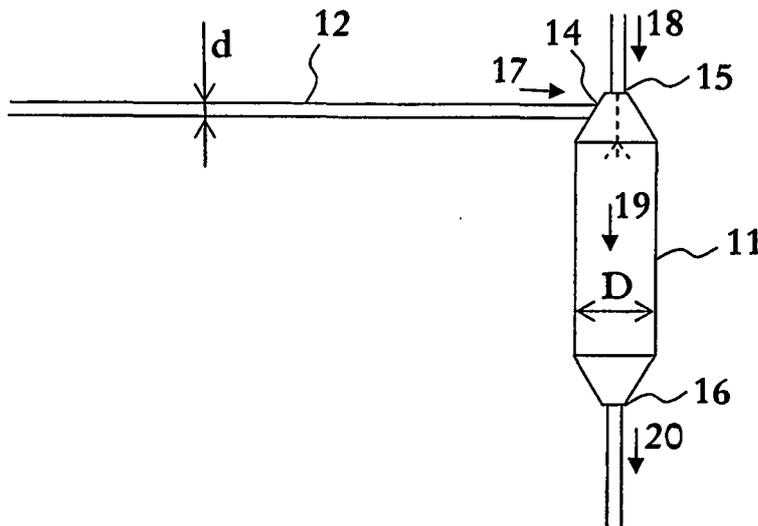


Fig. 2

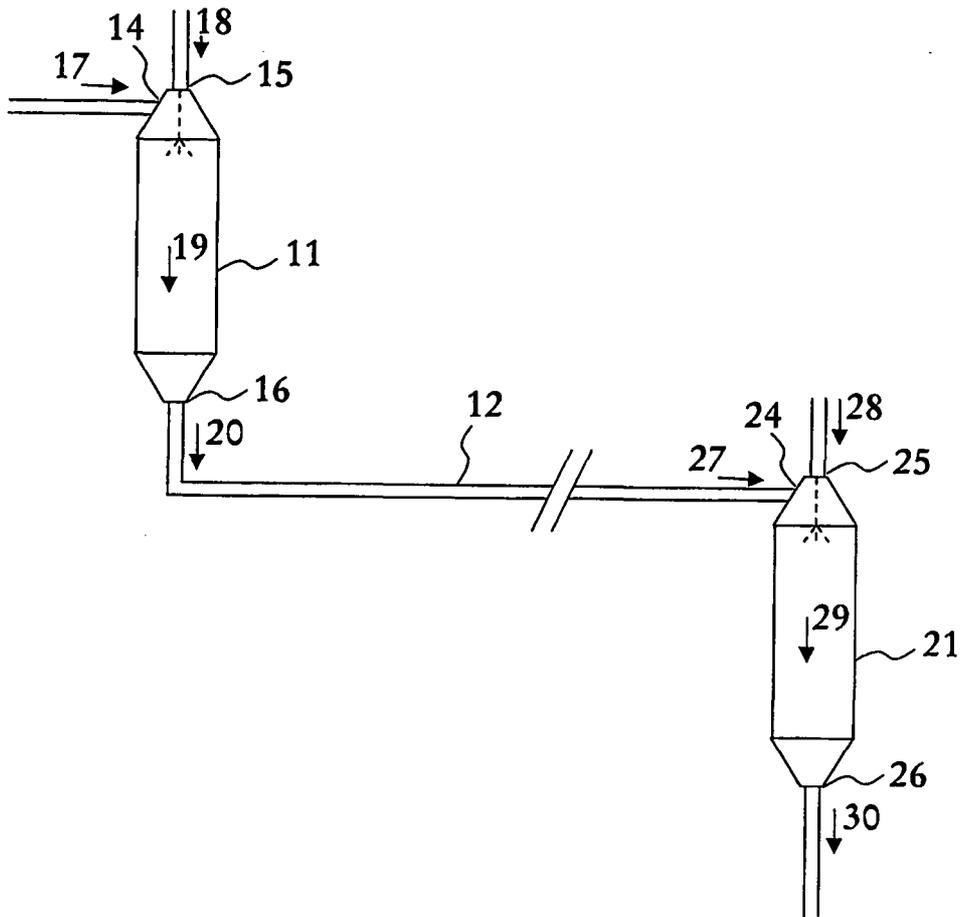


Fig. 3