

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 557 106**

51 Int. Cl.:

C02F 1/70 (2006.01)
C02F 1/52 (2006.01)
C02F 101/20 (2006.01)
C02F 101/22 (2006.01)
C02F 103/06 (2006.01)
C02F 1/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **02.11.2010 E 10189739 (5)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **30.09.2015 EP 2447220**

54 Título: **Retirada continua de contaminantes de fluidos acuosos**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
22.01.2016

73 Titular/es:

MONTANUNIVERSITÄT LEOBEN (100.0%)
Franz-Josef-Strasse 18
8700 Leoben, AT

72 Inventor/es:

MÜLLER, PETER;
MISCHITZ, ROBERT y
WEISS, CHRISTIAN

74 Agente/Representante:

ISERN JARA, Jorge

Observaciones :

Véase nota informativa (Remarks) en el folleto original publicado por la Oficina Europea de Patentes

ES 2 557 106 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

Retirada continua de contaminantes de fluidos acuosos

5 Campo de la invención

La presente invención se refiere a un método para retirar un contaminante en un fluido contaminado.

Antecedentes de la invención

10

Los fluidos contaminados, tal como el agua de drenaje o el agua subterránea contaminada, pueden estar contaminados por ejemplo, por compuestos de cromo o de metal pesado. para reducir la toxicidad, el fluido contaminado se hace reaccionar con agentes reactivos para generar un producto de reacción inerte con menos toxicidad.

15

En particular, la toxicidad de una pluralidad de contaminantes orgánicos e inorgánicos puede reducirse por reacciones redox. Por tanto, por medio de una reducción de una configuración de electrones de los contaminantes, los contaminantes pueden transferirse a los productos de reacción inertes con menos toxicidad. Sin embargo, mediante una reacción redox, los compuestos pueden transferirse a un compuesto sólido, en el que el compuesto sólido puede separarse del fluido descontaminado en una etapa de filtración, de flotación o de sedimentación, por ejemplo.

20

La solicitud de patente de Estados Unidos número 2005/0133458 A1 divulga un aparato para reducir la concentración de iones de perclorato en agua. El agua contaminada se alimenta dentro de un reactor fotoquímico. El agua contaminada que fluye en una dirección ascendente en contra de la fuerza de la gravedad dentro del reactor fotoquímico mantiene las partículas de hierro en suspensión y forma un lecho fluidizado de las partículas de hierro dentro del reactor fotoquímico. El lecho fluidizado se ve sometido además a radiación ultravioleta.

25

La patente europea EP 0 499 9218 A1 divulga un proceso para retirar iones de cobre de un efluente acuoso. Un reactor forma una forma de tipo de columna. En la columna del reactor es generada un lecho fluidizado haciendo fluir el fluido contaminado con cobre a través de partículas de hierro para generar un compuesto de cobre inerte mediante la reacción de los iones de cobre con las partículas de hierro. La condición del lecho fluidizado en la columna puede controlarse por una velocidad de fluidización crítica.

30

La solicitud de patente de Estados Unidos número US 2005/0132458 A1 y la solicitud de patente europea EP 0 499 928 A1 describen el uso de partículas de hierro que tienen un tamaño pequeño para lograr una superficie de partícula grande para acelerar la reacción con el contaminante. Por tanto, la velocidad de flujo del fluido contaminado que forma el lecho fluidizado es baja, de manera que se evita que las partículas de hierro pequeñas sean llevadas hacia fuera por la velocidad de flujo alta del fluido contaminado. Por tanto, se sugiere que el tamaño de partícula no debe exceder de 800-900 micrómetros.

35

40

La patente de Estados Unidos número 5.380.441 A divulga un dispositivo para retirar el cromo de una solución contaminada usando partículas de hierro agitadas mecánicamente. Las partículas de hierro metálicas se añaden a la solución contaminada de manera que el cromo hexavalente en la solución contaminada se reduce a cromo trivalente y el hierro se oxida a hierro férrico. Se describe, que el tamaño de las partículas de hierro debe ser suficientemente grande para proporcionar suficiente abrasión para limpiar la superficie de las partículas cuando las partículas se agitan. En particular, las partículas de acero comprenden un diámetro de más de 6,35 milímetros. La solución contaminada se pone en un vaso de precipitados de plástico y se usa una barra agitadora magnética para agitar la solución con las partículas de hierro. Después de la reacción de las partículas de hierro con el contaminante, la solución se centrifuga para retirar el producto reactivo.

45

50

La patente de Estados Unidos número 4.108.770 divulga un proceso de reducción de cromo para reducir compuestos de cromo hexavalentes por medio de partículas de hierro. Las partículas de hierro se cargan dentro de un reactor y descansan sobre el suelo del reactor. Las partículas de hierro tienen un tamaño de más de 6,35 milímetros para mantener a las partículas descansando sobre el fondo de reactor y para evitar un paquete denso e impenetrable de partículas de hierro. El fluido contaminado se filtra a través del paquete de partículas de hierro a lo largo de la dirección de gravedad.

55

Chen et al, "Chromate reduction by waste iron from electroplating wastewater using plug flow reactor", Journal of Hazardous Materials, Elsevier, Amsterdam, Vol. 152, n.º 3, páginas 1092-1097, divulga un métodos para reducir el cromato usando hierro residual de aguas residuales de electrodeposición usando un reactor de flujo pistón. En este contexto, se usan partículas de hierro residual que pasan a través de un primer tamiz y permanecen en un segundo tamiz, representando un intervalo de tamaño de 0,85-2 mm.

60

Objeto y sumario de la invención

Puede haber la necesidad de proporcionar un sistema para retirar un contaminante en un fluido contaminado, en el que el sistema podría reducir eficientemente el contaminante sin necesidad de componentes del sistema complejos y costosos.

Esta necesidad puede ser satisfecha por método para retirar un contaminante en un fluido contaminado de acuerdo con la reivindicación independiente.

De acuerdo con un primer ejemplo, se presenta un sistema para retirar al menos parcialmente un contaminante en un fluido contaminado. El sistema comprende un recipiente de reacción y una unidad de suministro de fluido. El recipiente de reacción comprende una entrada de fluido y una salida de fluido. La entrada de fluido y la salida de fluido están dispuestas de una manera tal que el fluido contaminado puede fluir (conducirse) desde la entrada de fluido hasta la salida de fluido en una dirección de flujo de fluido que tiene al menos un componente orientado antiparalelo a la fuerza de la gravedad. La unidad de suministro de fluido está conectada a la entrada de fluido para suministrar el fluido contaminado a través de la entrada de fluido dentro del recipiente de reacción. Las partículas reactivas que son reactivas con el contaminante se cargan en el recipiente de reacción. La unidad de suministro de fluido controla la velocidad de flujo del fluido contaminado entre la entrada de fluido y la salida de fluido, de manera que el flujo de fluido contaminado a través de las partículas reactivas genera un lecho fluidizable de las partículas reactivas, retirando por tanto al menos parcialmente el contaminante en el fluido contaminado por una reacción del contaminante y las partículas reactivas. En particular, al menos un 80 % de las partículas reactivas tienen un tamaño de más de 2 mm (milímetros).

De acuerdo con la presente invención, se presenta un método para retirar al menos parcialmente el fluido contaminado. De acuerdo con el método, el fluido contaminado se alimenta (conduce) a través de una entrada de fluido de un recipiente de reacción dentro del recipiente de reacción. El fluido contaminado fluye desde la entrada de fluido hasta la salida de fluido del recipiente de reacción en una dirección de flujo de fluido que tiene al menos un componente orientado antiparalelo a la fuerza de la gravedad. Las partículas reactivas que son reactivas con el contaminante se cargan dentro del recipiente de reacción, en el que al menos un 80 % de las partículas reactivas tienen un tamaño de más de 2 mm. Una velocidad de flujo del fluido contaminado entre la entrada de fluido y la salida de fluido se controla de tal manera que el flujo de fluido contaminado a través de las partículas reactivas genera un lecho fluidizado de las partículas reactivas de manera que al menos se retire parcialmente el contaminante en el fluido contaminado por una reacción del contaminante y las partículas reactivas.

Mediante la expresión "recipiente de reacción" puede describirse un reactor de lecho fluidizado, en particular un reactor de lecho intermitente. En el reactor de lecho fluidizado, las partículas reactivas se convierten desde un estado de tipo sólido estático a un estado de tipo de fluido dinámico (fluidizado). Esto se genera suministrando y conduciendo el fluido contaminado a través de las partículas reactivas dentro del reactor de lecho fluidizado en una dirección de flujo de fluido que tiene al menos un componente orientado antiparalelo a la fuerza de la gravedad. En particular, el flujo de fluido del fluido contaminado se dirige a lo largo de una dirección (sustancialmente) vertical en contra de la fuerza de la gravedad.

Si el fluido contaminado se introduce a través del fondo de un lecho de tipo sólido de las partículas reactivas, el fluido contaminado se conduce hacia arriba a través de las partículas reactivas a través de los espacios vacíos entre las partículas reactivas. Cuando se alcanza una velocidad de flujo predeterminada, la fuerza de arrastre hidrodinámica comienza a actuar en una orientación antiparalela a la fuerza de la gravedad, de manera que el lecho de partículas reactivas se expande en volumen y las partículas se mueven alejándose unas de otras. Finalmente, cuando se alcanza una cierta velocidad de flujo del fluido contaminado, las fuerzas de arrastre son iguales a la fuerza de la gravedad que actúa hacia abajo, de manera que las partículas reactivas quedan suspendidas dentro del fluido contaminado. Por tanto, en el estado cuando las fuerzas de arrastre son iguales a la fuerza de la gravedad que actúa hacia abajo de las partículas reactivas, se forma el lecho fluidizado. En otras palabras, las partículas reactivas forman el lecho fluidizado cuando las fuerzas de arrastre que actúan sobre las partículas reactivas por el fluido contaminante son iguales a la fuerza de la gravedad que actúa hacia abajo actuando sobre las partículas reactivas. Las partículas reactivas en el lecho fluidizado comprenden comportamientos esencialmente fluidos.

Mediante la velocidad de flujo del fluido contaminado, la extensión (vertical), por ejemplo, la altura (vertical), del lecho fluidizado dentro del recipiente de reacción es ajustable. La velocidad del flujo con que las partículas reactivas generan el lecho fluidizado depende del tamaño y del peso de las partículas reactivas. Las partículas más pequeñas que las partículas reactivas dejan el lecho fluidizado y la corriente junto con el fluido contaminado hacia fuera del recipiente del reactor. En particular, las partículas más pequeñas son transportadas por el flujo del fluido contaminado hacia arriba hasta la parte superior del recipiente de reacción y a través de la salida de fluido. El producto de reacción inerte o las partículas de abrasión pueden formar las partículas más pequeñas.

El tamaño de las partículas reactivas es más grande de aproximadamente 2 mm. En particular, el tamaño de las partículas reactivas se define entre aproximadamente 2 mm (milímetros) y aproximadamente 6 mm, en particular

entre aproximadamente 2 mm y aproximadamente 4 mm, y en particular entre aproximadamente 3 mm y aproximadamente 4 mm.

5 Además, de acuerdo con la presente invención, al menos alrededor del 80 % al 100 % de las partículas reactivas comprende los tamaños de partícula definidos anteriormente. Preferentemente, alrededor del 80 % o alrededor del 90 % de las partículas reactivas comprenden un tamaño de partícula aproximadamente mayor de 2 mm.

10 La expresión "fluido contaminado" describe un fluido, en particular un líquido o un medio acuoso, dentro del cual una cierta cantidad (concentración) de contaminante (tóxico) está dentro de la solución. Cuando el fluido contaminado pasa por el recipiente de reacción o los recipientes de reacción, el fluido contaminado puede denominarse "fluido contaminado" porque la concentración de contaminantes se ha retirado o al menos se ha reducido considerablemente por las partículas reactivas en los recipientes respectivos.

15 Las partículas reactivas (es decir, los gránulos reactivos) se seleccionan para reaccionar con los contaminantes predefinidos en el fluido contaminante. Una reacción de las partículas reactivas y de los contaminantes da como resultado un producto de reacción. En particular, el producto de reacción es menos tóxico en comparación con la concentración de contaminante en el fluido contaminado. El producto de reacción puede ser, en particular, un producto de reacción inerte, que es menos reactivo que el contaminante. El tamaño de las partículas reactivas se define por sus diámetros. En particular, el tamaño se define por el diámetro medio de Sauter, que denota un tamaño de partícula promedio.

20 En el lecho fluidizado, las partículas reactivas se mueven en forma turbulenta y al azar unas con respecto a otras. Por el movimiento turbulento de las partículas reactivas en el lecho fluidizado se logra un entremezclado mejorado y homogéneo de los contaminantes en el fluido contaminado de las partículas reactivas. Por tanto, se logra una reacción más rápida del contaminante en el fluido contaminado con las partículas reactivas.

30 Además, mediante el movimiento turbulento de unas partículas reactivas con respecto a otras, ocurre la abrasión mecánica de la superficie de las partículas reactivas, de manera que las superficies de las partículas reactivas se limpian de partes de producto de reacción (inerte) pegadas, de manera que la superficie de las partículas reactivas se expone de nuevo. Por tanto, las partículas de abrasión están compuestas del producto de reacción inerte y comprenden un tamaño más pequeño que las partículas reactivas. Las partículas de abrasión pueden consistir en el mismo material que las partículas reactivas y tiene solo un tamaño más pequeño que las partículas reactivas. Por tanto, debido al tamaño más pequeño, las partículas de abrasión del producto de reacción o del material de las partículas reactivas, el producto de reacción inerte y las partículas de abrasión fluyen juntas con el fluido contaminado a lo largo de la dirección vertical hasta la salida de fluido y, por tanto, se drenan del recipiente de reacción.

40 Por lo tanto, mediante la presente invención, se logra un sistema de reducción de contaminantes que opera continuamente en el que las partículas reactivas comprenden una función auto-limpiadora y en el que el producto de reacción inerte se arrastra hacia fuera del recipiente de reacción automáticamente sin necesidad de etapas de limpieza o etapas de mantenimiento.

45 A diferencia de los enfoques convencionales, en los que las partículas que se van a usar en el lecho fluidizado pueden tener un tamaño de al menos 0,9 mm para formar superficies de reacción mayores de las partículas reactivas para lograr un reactor de reducción de contaminante efectivo, las partículas reactivas de acuerdo con la presente invención tienen un tamaño de más de 2 mm. Esto conduce al efecto sorprendente de que aun cuando la superficie de reacción es más pequeña y aun cuando la velocidad de flujo del fluido contaminado a través de las partículas reactivas es superior para generar un lecho fluidizado, se lograra una reacción más efectiva del contaminante con las partículas reactivas debido a el movimiento más turbulento y más rápido de las partículas reactivas dentro del fluido contaminado.

50 Las partículas reactivas pueden comprender un material de composición ferrosa o de hierro cero-valente. Además, las partículas reactivas pueden estar aleadas con el hierro.

55 El contaminante en el fluido contaminado puede comprender cromo hexavalente. Además, el contaminante puede comprender al menos uno de los elementos del grupo que consiste en metales pesados, metaloides y compuestos de metales pesados o metaloides. Los ejemplos de estos son el níquel, el cromo, el hierro, el manganeso, el arsénico, el cadmio, el molibdeno, el cobre, el zinc, el mercurio, el selenio, el cobalto y el uranio.

60 Además, el contaminante puede comprender aniones tóxicos, tal como el bromo, el cloruro, el nitrato, el fosfato y el cianuro.

Además, el contaminante puede comprender sustancias orgánicas tóxicas.

65 Además, el contaminante puede comprender hidrocarburos, tal como tetracloruro de carbono, percloroetano y cloroformo.

Además, el contaminante puede comprender al menos uno de los elementos del grupo que consiste en compuestos de nitro, compuestos de nitrilo y compuestos azo.

5 De acuerdo con una realización de ejemplo adicional de la presente invención, la unidad de suministro está adaptada para controlar la velocidad de flujo del fluido contaminado entre la entrada de fluido y la salida de fluido de tal manera que la altura vertical del lecho fluidizado dentro del recipiente de reacción a lo largo del eje vertical es ajustable.

10 En particular, las partículas reactivas pueden llenar del 50 % al 95 %, preferentemente del 70 % al 85 %, del volumen de recipiente de reacción cuando las partículas reactivas están en estado fluidizado, en cuyo estado las partículas reactivas forman el lecho fluidizado.

15 Por tanto, la altura vertical ajustada puede estar definida (verticalmente) por debajo de la salida de fluido. Por tanto, las partículas reactivas, que se mueven en forma turbulenta dentro del lecho fluidizado, no alcanzan la salida de fluido, de manera que se evita una descarga no deseada de las partículas reactivas causada por el drenaje del fluido contaminado desde la salida de fluido. Por tanto, mediante la unidad de suministro de fluido puede ajustarse una extensión predeterminada, por ejemplo, altura vertical, del lecho fluidizado, de manera que las partículas reactivas pueden descansar dentro del lecho fluidizado y, por tanto, dentro del recipiente de reacción. Otros medios de filtrado adicionales pueden ser obsoletos. Por tanto, los ciclos de mantenimiento en los que las partículas reactivas tienen que cargarse en el recipiente de reacción pueden reducirse. Ajustando exactamente la altura del lecho fluidizado, la necesidad de una unidad de separación puede ser obsoleta, de manera que la limpieza de las unidades de separación también puede ser obsoleta.

25 De acuerdo con una realización de ejemplo adicional, la unidad de suministro de fluido está adaptada para controlar la velocidad del flujo del fluido contaminado entre la entrada de fluido y la salida de fluido, de manera que el fluido contaminado fluye esencialmente a través de un régimen de flujo intermitente a través del lecho fluidizado. Mediante un flujo intermitente, se describe el perfil de velocidad en el recipiente de forma de tubería, en el que la velocidad del fluido contaminado se mantiene esencialmente constante a través de una sección transversal del recipiente perpendicular al eje del centro (por ejemplo, vertical) del recipiente. Generando un flujo intermitente del fluido contaminado, la capa del límite del flujo de fluido contaminado se mantiene pequeña, de manera que puede lograrse un perfil de velocidad homogénea. Por tanto, puede generarse un lecho fluidizado estable y efectivo por el fluido contaminado.

35 En otras palabras, generando un régimen de flujo intermitente, el recipiente de reacción es un reactor de lecho intermitente. En un reactor de lecho intermitente, el lecho fluidizado es el lecho intermitente, que es un lecho en el que las burbujas de líquido ocupan las secciones transversales completas del recipiente dividido en el lecho en capas. En particular, los tapones de partículas reactivas acumuladas se separan por las zonas líquidas claras que se elevan hacia arriba a través del reactor de lecho intermitente.

40 De acuerdo con el diagrama de fases de lecho fluidizado (el denominado diagrama Reh; Atlas de Calor VDI; 9ª edición, página Lcb4) un lecho fluidizado burbujeante (incluyendo un régimen de flujo intermitente) debe comprender un volumen de fluido (volumen hueco) en el lecho fluidizado de aproximadamente el 60 % al 80 %. En otras palabras, un flujo intermitente del volumen de partículas reactivas es aproximadamente del 20 % al 40 %. La velocidad de flujo del fluido contaminado a través del recipiente de reacción para generar el flujo intermitente puede calcularse mediante las siguientes ecuaciones:

$$v_s = \sqrt{\frac{4d_{p32}g(\rho_p - \rho_f)}{3\rho_f C_D}} \cdot (1 - \alpha)^{2,4}, \quad C_D = \frac{24}{Re} + \frac{4}{\sqrt{Re}} + 0,4$$

50 El término $(1 - \alpha)^{2,4}$ estima una corrección de enjambre necesaria de las partículas reactivas, en el que α denota la fracción en volumen de la fase sólida en el flujo intermitente.

| | |
|-------------|---|
| v_s | velocidad de flujo del fluido contaminado [m/s] |
| d_{p32} | diámetro medio de Sauter de las partículas reactivas [m], |
| g | aceleración de gravedad [m/s ²] |
| 55 ρ_p | densidad de partículas reactivas [m/s ²], |
| ρ_f | densidad del fluido contaminado [kg/m ³] |
| C_D | coeficiente de arrastre [-] |
| Re | número de Reynolds [-] |

De acuerdo con una realización de ejemplo adicional, el recipiente de reacción además comprende un sistema de restricción (por ejemplo, rejilla) para mantener las partículas reactivas en el recipiente de reacción. Si las partículas se desasocian del lecho fluidizado, por ejemplo debido a las vibraciones o a otras perturbaciones del sistema, las partículas reactivas se fuerzan a descansar dentro del recipiente de reacción mediante el sistema de restricción. El sistema de restricción puede estar instalado cerca de la salida de fluido. Además, el sistema de restricción puede estar instalado en una región inferior de los sitios de reacción, de manera que el sistema de restricción forme una superficie de soporte para las partículas reactivas si el sistema es inactivo, de manera que ninguna de las partículas reactivas se descargue a causa de la gravedad.

De acuerdo con una realización de ejemplo adicional, el sistema además comprende una tubería de recirculación que está conectada a la salida de fluido y a la unidad de suministro de fluido de manera que el fluido contaminado fluye desde el recipiente de reacción a través de la salida de fluido de regreso a la unidad de suministro de fluido y a través de la entrada del fluido de nuevo dentro del recipiente de reacción. Por tanto, puede ser posible una pluralidad de ciclos de limpieza del fluido contaminado a través de un reactor. Por ejemplo, el fluido contaminado puede pasar por el lecho fluidizado de partículas reactivas dentro del recipiente de reacción varias veces (ciclos), de manera que se retira más contaminante en comparación a un ciclo único a través del lecho fluidizado.

Puede instalarse una válvula en la tubería de recirculación de manera que después del flujo en el ciclo final el fluido contaminado reducido de contaminante (o fluido descontaminado) puede redirigirse y conducirse a su destino final, por ejemplo, a un tanque de recogida.

De acuerdo con una realización de ejemplo adicional, el sistema además comprende un depósito para el fluido contaminado. El depósito está dispuesto de manera que el fluido contaminado se alimenta a la entrada de fluido. Se puede alimentar agua de drenaje y agua residual al depósito (industrial). Además, el depósito puede ser un depósito abierto para recoger, por ejemplo, agua de lluvia que tiene que limpiarse.

En una realización de ejemplo adicional de la presente invención, el depósito es un sumidero que está localizado en el suelo. Por tanto, el depósito se excava en el suelo de manera que el fluido contaminado, por el lodo contaminado y el suelo puede ser recogido por el sumidero. El sistema puede estar conectado al sumidero, de manera que el fluido contaminado dentro del sumidero puede limpiarse dentro del recipiente de reacción del sistema.

El sistema descrito anteriormente se puede usar para aplicación a largo plazo debido a que las partículas reactivas se limpian a sí misma (propiedades de auto-limpieza) y se mantienen dentro del recipiente de reacción (evitando el lavado hacia fuera de las partículas), de manera que el sistema descrito anteriormente es adecuado para una operación permanente para limpieza de suelos contaminados, por ejemplo.

De acuerdo con una realización de ejemplo adicional, el sistema comprende un recipiente de reacción adicional con una entrada de fluido adicional y una salida de fluido adicional. La entrada de fluido adicional y la salida de fluido adicional están dispuestas de tal manera que el fluido contaminado podría fluir (conducirse) desde la entrada de fluido adicional hasta la salida de fluido adicional en una dirección de flujo de fluido que contiene al menos un componente orientado paralelo a la fuerza de la gravedad. Las partículas reactivas adicionales que son reactivas con el contaminante se cargan dentro del recipiente de reacción adicional. Una velocidad de flujo adicional del fluido contaminado entre la entrada de fluido adicional y la salida de fluido adicional se regula de tal manera que el flujo del fluido contaminado a través de las partículas reactivas adicionales genera un lecho fluidizado de las partículas reactivas adicionales, retirando por tanto al menos parcialmente el contaminante en el fluido contaminado por una reacción del contaminante y de las partículas reactivas adicionales.

Mediante la presente realización de ejemplo, el recipiente o recipientes de reacción adicionales pueden conectarse al recipiente o recipientes de reacción en serie o en paralelo. El recipiente o los recipientes de reacción adicionales pueden ser idénticos en construcción y pueden tener características similares a las del recipiente de reacción descrito anterior y posteriormente.

Las partículas reactivas adicionales pueden hacerse de la misma composición que las partículas reactivas descritas anteriormente o estas pueden comprender una composición diferente con respecto a las partículas reactivas descritas anteriormente. Por tanto, si las partículas reactivas adicionales difieren de las partículas reactivas descritas anteriormente, diferentes contaminantes pueden reaccionar a un producto reactivo adicional (inerte) en comparación con el recipiente de reacción.

De acuerdo con una realización adicional de ejemplo, el recipiente de reacción adicional está dispuesto de tal manera que el recipiente de reacción adicional recibe el fluido contaminado desde el depósito. Por tanto, el recipiente de reacción y el recipiente de reacción adicional están conectados en paralelo. En esta realización de ejemplo, un volumen grande de fluido contaminado puede limpiarse debido a un flujo de masa superior del fluido contaminado que puede alimentarse dentro de varios recipientes de reacción.

De acuerdo con una realización de ejemplo adicional, el recipiente de reacción adicional está dispuesto de manera que el recipiente de reacción adicional recibe el fluido contaminado desde la salida de fluido del recipiente de

- reacción previo. Por tanto, mediante la disposición de ejemplo, el recipiente de reacción y el recipiente de reacción adicional están conectados en serie. Por tanto, el fluido contaminado puede fluir posteriormente a través de los recipientes de reacción y el recipiente de reacción adicional, de manera que se logran más ciclos de reacción con las partículas reactivas en el lecho fluidizado respectivo del recipiente de reacción respectivo. Por tanto, una reducción más efectiva del contaminante en el fluido contaminado se eleva por los varios recipientes de reacción conectados.
- 5 Además, en la disposición de ejemplo descrita anteriormente, el recipiente de reacción y el recipiente de reacción adicional, pueden cargarse diferentes partículas reactivas en los recipientes de reacción respectivos de manera que pueden retirarse diferentes clases de contaminantes del fluido contaminado.
- 10 De acuerdo con la presente invención, una pluralidad de recipientes de reacción adicionales pueden conectarse en series y/o en paralelo en un sistema común, de manera que se genera un sistema efectivo para retirar el contaminante en el fluido contaminado.
- 15 De acuerdo con una realización de ejemplo, se presenta un recipiente de recogida que está conectado a la salida de fluido y/o a la salida de fluido adicional. El recipiente de recogida recoge el fluido descontaminado drenado fuera desde el recipiente de reacción, en el que el fluido descontaminado comprende un producto de reacción que es el resultado de la reacción del contaminante y de las partículas reactivas.
- 20 A continuación, el fluido que se limpia y recicla se denomina fluido descontaminado. El fluido descontaminado es el fluido que sale del recipiente de reacción o de la pluralidad de recipientes de reacción (adicionales) después de un ciclo o de una pluralidad de ciclos de paso por los recipientes (adicionales). El fluido descontaminado comprende una concentración más baja de contaminante en comparación con el fluido contaminado. En algunos casos, todos los contaminantes se retiran del fluido descontaminado.
- 25 Por tanto, recogiendo el fluido descontaminado y el producto de reacción inerte, se proporciona un almacenamiento de evacuación de fluido descontaminado. Además, el fluido descontaminado contiene las partículas de abrasión descritas anteriormente, debido a que por razón de tamaño más pequeño de las partículas de abrasión en comparación con las partículas reactivas, las partículas de abrasión dejan el lecho fluidizado y se drenan fuera por el flujo del fluido descontaminado. Por tanto, si existe aún una concentración de partículas de abrasión en el fluido
- 30 descontaminado, ocurre una reacción posterior de las partículas de abrasión con el contaminante. Esto lleva a una reducción adicional del contaminante en el fluido descontaminado.
- Además, de acuerdo con una realización de ejemplo de la presente invención, el recipiente de recogida se forma de manera que se inyecta un floculante en el recipiente de recogida para flocular el producto reactivo desde el fluido
- 35 descontaminado. El floculante forma unidades grandes del producto de reacción inerte que quedan suspendidas en el fluido descontaminado. Debido a la fuerza de la gravedad, las unidades grandes del producto de reacción inerte se asientan y pueden separarse del fluido descontaminado.
- De acuerdo con una realización adicional de ejemplo, el sistema además comprende una unidad de separación que
- 40 está conectada al recipiente de recogida para separar el producto de reacción inerte del fluido descontaminado. Una unidad de separación puede comprender, por ejemplo, un espesador de placas separadoras.
- De acuerdo con una realización de ejemplo adicional, el sistema además comprende una unidad de prensado conectada a la unidad de separación para retirar el agua y prensar el producto reactivo en paquetes sólidos. La
- 45 unidad de prensado puede comprender, por ejemplo, una cámara de prensa de filtro en la que el producto de reacción inerte floculado puede prensarse en paquetes sólidos. Los paquetes sólidos son cómodos de almacenar y de transportar.
- De acuerdo con una realización de ejemplo adicional, el sistema además comprende un recipiente de recogida
- 50 adicional conectado a la unidad de separación. El recipiente de recogida está dispuesto para recibir el fluido descontaminado de la unidad de separación. En una realización adicional de ejemplo, puede alimentarse un agente de reducción al recipiente de recogida adicional. Por ejemplo, el agente de reducción puede ajustar un valor de pH neutral (por ejemplo, valor de pH 7) de manera que el fluido descontaminado puede devolverse a la tierra. En relación con esto, la adición de varios agentes reductores (por ejemplo, sulfato de hierro II, cloruro de hierro II o ditionita de sodio) o surfactantes (por ejemplo, tensioactivos) puede mejorar la influencia o remedio de los sitios
- 55 contaminados.
- De acuerdo con una realización de ejemplo adicional, el sistema además comprende una unidad de inyección que está dispuesta para inyectar el fluido descontaminado a la tierra después de pasar a través del recipiente de
- 60 reacción. El fluido descontaminado puede limpiarse en forma suficiente después de pasar a través del recipiente de reacción de manera que el fluido descontaminado puede devolverse a la tierra. Para inyectar de forma fácil el fluido descontaminado en la tierra, la unidad de inyección puede distribuir fluidos descontaminados sobre una cierta área o cubicación de la tierra. Además, la unidad de inyección puede estar adaptada para inyectar el fluido descontaminado a capas de tierra más profundas.
- 65

De acuerdo con otra realización de ejemplo adicional, el sistema está configurado como un sistema portátil (por ejemplo, para usarse en el laboratorio en casa) que comprende una unidad de transporte con un elemento de transporte para transportar el sistema.

5 El elemento de transporte puede comprender, por ejemplo, rodillos para rodar la unidad de transporte. Además, el elemento de transporte puede comprender un asidero para simplificar en transporte del sistema portátil (por ejemplo, una versión de laboratorio). Además, el elemento de transporte puede comprender elementos de acoplamiento para acoplar la unidad de transporte a los dispositivos de transporte, tal como un vehículo de motor o un remolque.

10 Además, de acuerdo con una realización de ejemplo de la presente invención, los componentes del sistema descrito anteriormente, tal como el recipiente de reacción, la unidad de suministro de fluido, la tubería de recirculación y/o las varias unidades, tal como la unidad de separación y la unidad de inyección, etc., pueden comprender acoplamientos rápidos de manera que cada componente del sistema puede conectarse de forma rápida de una manera modular. Por tanto, el sistema puede adaptarse debido a la necesidad del lugar de la acción. Por ejemplo, la cantidad de recipientes de reacción puede ajustarse rápidamente acoplando la cantidad usada y el tipo de recipientes de reacción juntos mediante acoplamientos rápidos. Cada recipiente de reacción debe comprender las mismas o diferentes partículas reactivas, de manera que el sistema es adaptable a una cantidad retirada deseada y a un tipo deseado de contaminante que quiere que se retire. Por tanto, el sistema es ajustable a los requerimientos del lugar de acción del sistema.

20 Por ejemplo, si se usa un sistema modular, puede conectarse una unidad de control a la unidad de fluido para controlar la velocidad de flujo del fluido contaminado. En particular, la velocidad de flujo para cada uno de los recipientes de reacción apropiados puede ajustarse individualmente. Por tanto, se logra un sistema de retirada de contaminantes adaptado y conformado a la medida.

25 De acuerdo con una realización de ejemplo adicional del método, el valor del pH del fluido contaminado dentro del recipiente de reacción puede ajustarse a un valor de pH más bajo de 7 a 8, sustancialmente de entre aproximadamente 1 a 6, esencialmente de 12 a 4 o esencialmente de 1 a 2.

30 Debe observarse que las realizaciones de la invención se han descrito con referencia a diferentes materias específicas. En particular, algunas realizaciones se han descrito con referencia a las características del tipo de aparato mientras que otras realizaciones se han descrito con referencia a las características del tipo de método. Sin embargo, un experto en la materia podrá determinar de lo anterior y de la siguiente descripción que a menos que se notifique de otra manera, en adición a cualquier combinación de características que pertenecen a un tipo de materia específica, también cualquier combinación entre las características en relación a diferentes materias específicas, en particular entre características de las características del tipo de aparato y las características de las características del tipo de método se considera como que se describe aquí en esta solicitud.

Breve descripción de los dibujos

40 Los aspectos definidos anteriormente y otros aspectos adicionales de la presente invención son evidentes de los ejemplos de la realización que se van a describir de aquí en adelante y se explican con referencia a los ejemplos de realización. La invención se describirá en mayor detalle de aquí en adelante con referencia a los ejemplos de realización pero a los cuales la realización no está limitada.

45 La Figura 1 ilustra una realización de ejemplo de un sistema para retirar un contaminante en un fluido contaminado de acuerdo con una realización de ejemplo de la presente invención;

50 la Figura 2 ilustra una vista esquemática de una conexión en paralelo de una pluralidad de recipientes de reacción de acuerdo con una realización de ejemplo de la presente invención;

la Figura 3 ilustra una vista esquemática de una conexión en serie de una pluralidad de recipientes de reacción de acuerdo con una realización de ejemplo de la presente invención;

55 la Figura 4 ilustra una vista esquemática de un sistema de retirada de contaminantes de acuerdo con una realización de ejemplo de la presente invención;

la Figura 5 ilustra un diagrama de un proceso de reducción de Cr(VI) durante un cierto periodo de tiempo de acuerdo con un proceso de ejemplo de la presente invención;

60 la Figura 6 ilustra un diagrama que muestra una reducción de Cr(VI) por ciclo a través de un recipiente de reacción de acuerdo con un proceso de ejemplo de la presente invención; y

65 la Figura 7 muestra un diagrama de la distribución acumulada de tamaños de partícula respectivos de las partículas reactivas en un recipiente de reacción de acuerdo con un proceso de ejemplo de la presente invención.

Descripción de las realizaciones

Las ilustraciones en los dibujos son esquemáticas. Se observa que en las diferentes figuras, a los elementos similares o idénticos se les proporcionan los mismos signos de referencia.

5 La Figura 1 muestra un sistema 100 para retirar al menos parcialmente un contaminante en un fluido contaminado 103. El sistema 100 comprende un recipiente de reacción 101 con una entrada de fluido 108 y una salida de fluido 109. La entrada de fluido 108 y la salida de fluido 109 están dispuestas de tal manera que el fluido contaminado 103 se conduce desde la entrada de fluido 108 hasta la salida de fluido 109 en una dirección de flujo de fluido que tiene al menos un componente orientado antiparalelo a la fuerza de la gravedad. Además, el sistema 100 comprende una unidad de suministro de fluido 104 que está conectada a una entrada de fluido 108 para suministrar el fluido contaminado 103 a través de la entrada de fluido 108 dentro del recipiente de reacción 101.

15 Dentro del recipiente de reacción 101 se cargan las partículas reactivas 102 que son reactivas con el contaminante. La unidad de suministro de fluido 104 está adaptada para controlar la velocidad de flujo del fluido contaminado 103 entre la entrada de fluido 108 y la salida de fluido 109, de tal manera que el flujo del fluido contaminado 103 a través de las partículas reactivas 102 genera un lecho fluidizado de las partículas reactivas 102. Haciendo fluir el flujo del fluido contaminado 103 a través de las partículas reactivas 102, el contaminante en el fluido contaminado se retira debido a la reacción del contaminante y de las partículas reactivas 102, por ejemplo, a un producto de reacción inerte sólido.

20 Las partículas reactivas 102, tal como las partículas de hierro, comprenden aproximadamente un tamaño de más de 2 mm. Dentro del recipiente de reacción 101 al menos aproximadamente un 80 % de las partículas reactivas pueden tener un tamaño de aproximadamente más de 2 mm. La unidad de suministro de fluido 104 puede comprender, por ejemplo, una bomba controlable que puede controlar la velocidad de flujo del fluido contaminado 103 del recipiente de reacción 101.

25 Los sistemas de restricción 111 y 112 pueden estar instalados en los recipientes de reacción 101. Como se ha mostrado en la Figura 1, un sistema de restricción más bajo 112 se extiende a lo largo de la sección transversal del recipiente de reacción 101. El sistema de restricción más bajo 112 está formado de manera que las partículas reactivas 102 no pueden pasar por el sistema de restricción bajo 112, por ejemplo, en una dirección de la fuerza de la gravedad. Por tanto, aun en un modo de operación no activo del sistema 100, las partículas reactivas 102 no salen del recipiente de reacción 101 a través de la entrada de fluido 108.

35 La unidad de suministro de fluido 104 controla la velocidad de flujo en una manera tal que las dimensiones, y en particular la altura, del lecho fluidizado a lo largo de una dirección vertical sustancial dentro de recipiente de reacción 101 pueden ajustarse con exactitud. Una velocidad de flujo superior del fluido contaminado 103 conduce a una dimensión más grande del lecho fluidizado a lo largo de una dirección vertical dentro del recipiente de reacción 101. Por tanto, la altura (vertical) del lecho fluidizado puede ajustarse en una manera tal, que las partículas fluidizadas 102 no salen de la salida de fluido 109. Debido a las perturbaciones y a la vibración, una cantidad no deseada de partículas reactivas 102 deja el lecho fluidizado y se deslizan sobre, de manera que las partículas reactivas 102 salen del recipiente de reacción 101 a través de la salida de fluido 109. Para reducir este riesgo, se instala un sistema de restricción superior 11 en el recipiente de reacción 101 para evitar que las partículas reactivas 102 fluyan a través de la salida de fluido 109.

45 Dentro del lecho fluidizado, las partículas reactivas 102 comprenden un movimiento turbulento. Este movimiento turbulento aumenta la capacidad de reacción del contaminante del fluido contaminado 103 y las partículas reactivas 102. Adicionalmente, debido al movimiento turbulento de las partículas reactivas 102, las partículas reactivas 102 chocan unas con otras de manera que las superficies de las partículas reactivas se erosionan unas a otras. Por tanto, las superficies de las partículas reactivas 102 se purifican a sí mismas de una manera auto-accionante.

50 En general, los productos de reacción inertes que se erosionan de las partículas reactivas son más pequeños que las partículas reactivas 102. Debido a la velocidad de flujo del fluido contaminado, el producto de reacción inerte de tamaño más pequeño se arrastra fuera del lecho fluidizado y sale del recipiente de reacción 101. Por tanto, mediante el control de la velocidad de flujo, las partículas reactivas 102 se mantienen dentro de un lecho fluidizado sin fluir fuera del recipiente de reacción 101. Al mismo tiempo, el producto de reacción se arrastra fuera del recipiente de reacción 101 sin necesidad de unidades de filtro adicionales, por ejemplo.

60 Aún más, como se ha mostrado en la Figura 1, una tubería de recirculación 107 puede conectar la salida de fluido 109 del recipiente de reacción 101 con un depósito 105 llenado con el fluido contaminado 103 o al menos hacia arriba de su unidad de suministro de fluido 104. Por tanto, puede generarse un flujo circular del fluido contaminado 103, de manera que el fluido contaminado 103 puede fluir a través del recipiente de reacción 101 varias veces. La tubería de circulación 107 puede estar conectada al depósito 105 o (aguas arriba) de la unidad de suministro de fluido 104. La unidad de suministro de fluido 104 se alimenta del fluido contaminado 103 desde el depósito 105.

65 Una válvula 110 está localizada aguas abajo (con respecto a la dirección de flujo del fluido contaminado 103) de la salida de fluido 109. La válvula 110 puede controlar el flujo del fluido contaminado 103 a la tubería de recirculación 107 o a unidades acopladas adicionales, tal como a un recipiente de recogida 106. Por ejemplo, después de que el

fluido contaminado 103 pase a través de diversos ciclos del recipiente de reacción 101, la válvula 110 cambia y conduce el fluido contaminado 103 al recipiente de recogida 106. Por tanto, el fluido contaminado 103 puede fluir a través del recipiente de reacción 101 siempre que el contaminante se retire de forma suficiente, de manera que el fluido 103 se alimenta al recipiente de reacción 106.

5 La Figura 2 muestra la colocación de ejemplo del sistema 100 como se muestra en la Figura 1, mientras que un recipiente de reacción adicional 201 está conectado al recipiente de reacción 101 en paralelo. Cada uno de los recipientes de reacción 101, 201 pueden alimentarse con el fluido contaminado 103 desde el depósito 105. La unidad de suministro de fluido 104 puede controlar la velocidad de flujo del fluido contaminado 103 en cada recipiente de reacción 101, 201 individualmente. La velocidad de fluido del fluido contaminado 103 es la misma en cada recipiente de reacción 101, 201. Por otro lado, las conexiones de tubería aguas abajo de la unidad de suministro de fluido 104 pueden estar adaptadas por válvulas adicionales y conexiones para controlar el fluido contaminado 103 en cada recipiente de reacción 101 y 201 de una manera que, en cada recipiente de reacción 101, 201 se genera una velocidad de flujo individual y separada del fluido contaminado 103.

15 El recipiente de reacción adicional 201 comprende partículas reactivas adicionales 202 que pueden ser las mismas o que pueden diferir de las partículas reactivas 102 del recipiente de reacción 101. Aguas abajo de cada recipiente de reacción 101, 201, puede fijarse una válvula 110 respectiva, de manera que se controla el flujo de fluido contaminado 103 a través de la salida de fluido 109 y a través de una salida de fluido adicional 204. En particular, la tubería de recirculación 107 puede guiar el fluido contaminado 103 que se drena fuera del recipiente de reacción 101 y/o desde el recipiente de reacción adicional 201 al depósito 205 o (aguas arriba) de la unidad de suministro de fluido 104.

25 La Figura 3 muestra el sistema 100 de la Figura 1 y de la Figura 2, mientras que el recipiente de reacción 101 y el recipiente de reacción adicional 201 están conectados en serie. Por tanto, el fluido contaminado 103 primero fluye a través del recipiente de reacción 101 y posteriormente a través del recipiente de reacción 201. Para conducir el fluido contaminado 103, puede instalarse una válvula 110 aguas abajo del recipiente de reacción adicional 201, de manera que el flujo del fluido contaminado 103 puede controlarse libremente (por ejemplo, a la tubería de recirculación 107 o al recipiente de recogida 106).

30 Las realizaciones de ejemplo de la Figura 1 y de la Figura 3, pueden estar conectadas en un sistema 100 de manera que el sistema 100 comprende una pluralidad de recipientes de reacción 101, 201 conectados en serie y/o una pluralidad de recipientes de reacción 101, 201 conectados en paralelo.

35 La Figura 4 ilustra una realización de ejemplo del sistema 100. En el sistema 100 mostrado en la Figura 4 solo se muestra el recipiente de reacción 101, mientras que la disposición de los recipientes de reacción adicionales 201 mostrados en la Figura 2 y en la Figura 3 puede aplicarse al sistema 100 mostrado en la Figura 4.

40 En la Figura 4, el depósito 105 es un sumidero que está excavado en la tierra o en el terreno para recoger agua del terreno en que es un ejemplo de un fluido contaminado 103. El fluido contaminado 103 se conduce a un tanque de amortiguador 407 en el que las partículas grandes, tales como los sedimentos, pueden separarse (por ejemplo, sedimentarse) antes de entrar en un recipiente de reacción 101. Además, antes de entrar en el recipiente de reacción 101, está dispuesta una unidad de inyección de ácido 408. Por tanto, la unidad de inyección de ácido 408, controla el valor de pH del fluido contaminado 103. Puede ser beneficioso el tener un valor de pH más bajo de 7 u 8, por ejemplo, un valor de pH de 4,2 a 4,5. Por tanto, mediante una reacción redox de entre las partículas reactivas 102 y el fluido contaminado 103 se produce más hidrógeno cuando el fluido contaminado 103 es acidífero. El hidrógeno generado en la reacción del fluido contaminado 103 con las partículas reactivas 102 es hidrógeno naciente que es altamente reactivo, de manera que la reacción entre el contaminante y las partículas reactivas para los productos de reacción inertes es más eficiente y más rápida. En otras palabras, el hidrógeno naciente acelera la reacción del contaminante con las partículas reactivas 102 (por ejemplo, el hidrógeno naciente acelera la reacción más que por ejemplo una adición externa de hidrógeno molecular).

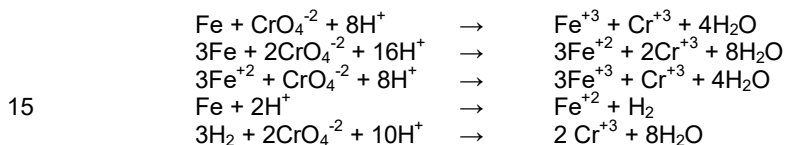
45 Aguas abajo del depósito 105 la unidad de suministro de fluido 104 está acoplada para controlar la velocidad de flujo de fluido contaminado 103 dentro del recipiente de reacción 101. Después de pasar el recipiente de reacción 101, los contaminantes se reducen del fluido contaminado o se retiran de dicho fluido contaminado 103 de manera que el fluido contaminado es un fluido descontaminado después de pasar por el recipiente de reacción o los recipientes de reacción (adicionales) 101 y 201. El fluido descontaminado puede alimentarse a un recipiente de recogida 106. Puede unirse una unidad de floculante 401 al recipiente de recogida 106, en el que la unidad de floculante está adaptada para inyectar un floculante al fluido descontaminado y el producto de reacción puede drenarse fuera del recipiente de reacción 101. El floculante forma unidades más grandes del producto de reacción que pueden aun estar en suspensión. Una unidad de separación 402 está acoplada al recipiente de recogida 106 mientras que el producto de reacción sólido se separa del fluido descontaminado. El producto de reacción inerte puede alimentarse a una unidad de presión 405 que forma paquetes sólidos del producto de reacción inerte.

60 El fluido descontaminado restante puede alimentarse a un recipiente de recogida adicional 403. En el recipiente de recogida adicional 403, el fluido descontaminado se recicla y prepara de tal manera que el fluido descontaminado pueda drenarse al ambiente, tal como la tierra. Por ejemplo, se puede añadir un agente de reducción o un

surfactante mediante la unidad de agente de reducción 404 al recipiente de recogida adicional 403 para preparar una solución reductora del fluido descontaminado.

5 El fluido descontaminado puede conducirse a una unidad de inyección 406 que inyecta el fluido descontaminado dentro de la tierra.

10 A continuación, se describe un proceso de ejemplo de la presente invención. En el proceso de ejemplo, como se describe a continuación, el contaminante es cromo hexavalente, que se reduce mediante partículas reactivas 102 formadas de hierro cero-valente. El producto de reacción inerte es cromo trivalente. La reacción de reducción química es como sigue:



En el proceso de ejemplo se han usado 5200 gramos de partículas de hierro como partículas reactivas 102.

20 La Figura 5 muestra el tiempo de contacto del fluido contaminado 103 en la zona de reacción, por ejemplo, en el lecho fluidizado de las partículas reactivas 102. El término c denota la concentración medida de Cr(VI) y c_0 denota la concentración inicial de Cr(VI). En el proceso de ejemplo, la tasa de producción fue de 0,26 l/s (litros por segundo), en el que se reciclaron en total 180 l (litros) de fluido contaminado.

25 Como puede verse a partir de la Figura 6, después de que el fluido contaminado pasara siete ciclos a través de un lecho fluidizado de partículas de hierro, se retiró aproximadamente el 100 % de cromo hexavalente y reacción con el cromo trivalente como el producto de reacción.

30 La Figura 7 muestra una distribución acumulativa del tamaño usado de partículas reactivas 102 en el proceso de ejemplo. Como se ha mostrado en la Figura 7, la reducción de cromo se logró por las partículas reactivas 102 hechas de hierro, en el que las partículas reactivas 102 tenían un tamaño principalmente de entre 3 mm y 4 mm.

35 Debe observarse que el término "comprende" no excluye otros elementos o etapas y que un "un" o "unos" no excluye una pluralidad. También, los elementos descritos en asociación con diferentes realizaciones pueden combinarse. Debe observarse también que los signos de referencia de las reivindicaciones no deberán considerarse como limitantes del alcance de las reivindicaciones.

Lista de signos de referencia:

| | | |
|----|-----|----------------------------------|
| 40 | 100 | sistema |
| | 101 | recipiente de reacción |
| | 102 | partícula reactiva |
| | 103 | fluido contaminado |
| | 104 | unidad de suministro de fluido |
| 45 | 105 | depósito |
| | 106 | recipiente de recogida |
| | 107 | tubería de recirculación |
| | 108 | entrada de fluido |
| | 109 | salida de fluido |
| 50 | 110 | válvula |
| | 111 | sistema de restricción superior |
| | 112 | sistema de restricción inferior |
| 55 | 201 | recipiente de reacción adicional |
| | 202 | partículas reactivas adicionales |
| | 203 | entrada de fluido adicional |
| | 204 | salida de fluido adicional |
| 60 | 401 | unidad de floculante |
| | 402 | unidad de separación |
| | 403 | recipiente de recogida adicional |
| | 404 | unidad de agente de reducción |
| | 405 | unidad de prensado |
| | 406 | unidad de inyección |
| 65 | 407 | tanque amortiguador |
| | 408 | unidad de inyección de ácido |

REIVINDICACIONES

5 1. Método para retirar al menos parcialmente un contaminante en un fluido contaminado (103), comprendiendo el
método conducir el fluido contaminado (103) a través de una entrada de fluido (108) de un recipiente de reacción
(101) al recipiente de reacción (101), en el que el fluido contaminado (103) fluye desde la entrada de fluido (108)
hasta una salida de fluido (109) del recipiente de reacción (101) en una dirección del flujo de fluido que tiene al
menos un componente orientado antiparalelo a la fuerza de la gravedad, y
10 en el que las partículas reactivas (102) que se seleccionan para reaccionar con un contaminante predefinido en el
fluido contaminado (103) se cargan dentro del recipiente de reacción (101), en el que al menos un 80 % de las
partículas reactivas (102) tiene un tamaño entre 2 mm y 6 mm,
controlar una velocidad de flujo del fluido contaminado (103) entre la entrada de fluido (108) y la salida de fluido
(109) de una manera tal que el flujo de fluido contaminado (103) a través de las partículas reactivas (102) genera un
lecho fluidizado de las partículas reactivas (102), retirando de esta manera al menos parcialmente el contaminante
15 en el fluido contaminado (103) por una reacción del contaminante y las partículas reactivas (102);
en el que por un movimiento turbulento de unas partículas reactivas (102) con respecto a otras, ocurre la abrasión
mecánica de la superficie de las partículas reactivas (102), de una manera tal que las partículas reactivas (102) se
limpian de partes de producto de reacción pegadas, de una manera tal que la superficie de las partículas reactivas
(102) se expone de nuevo, y en el que las partículas de abrasión dejan el lecho fluidizado y se drenan fuera por el
20 flujo de fluido descontaminado.

2. Método de la reivindicación 1, en el que se ajusta un valor de pH del fluido contaminado (103) dentro del
recipiente de reacción (101) a un valor de pH menor de 7.

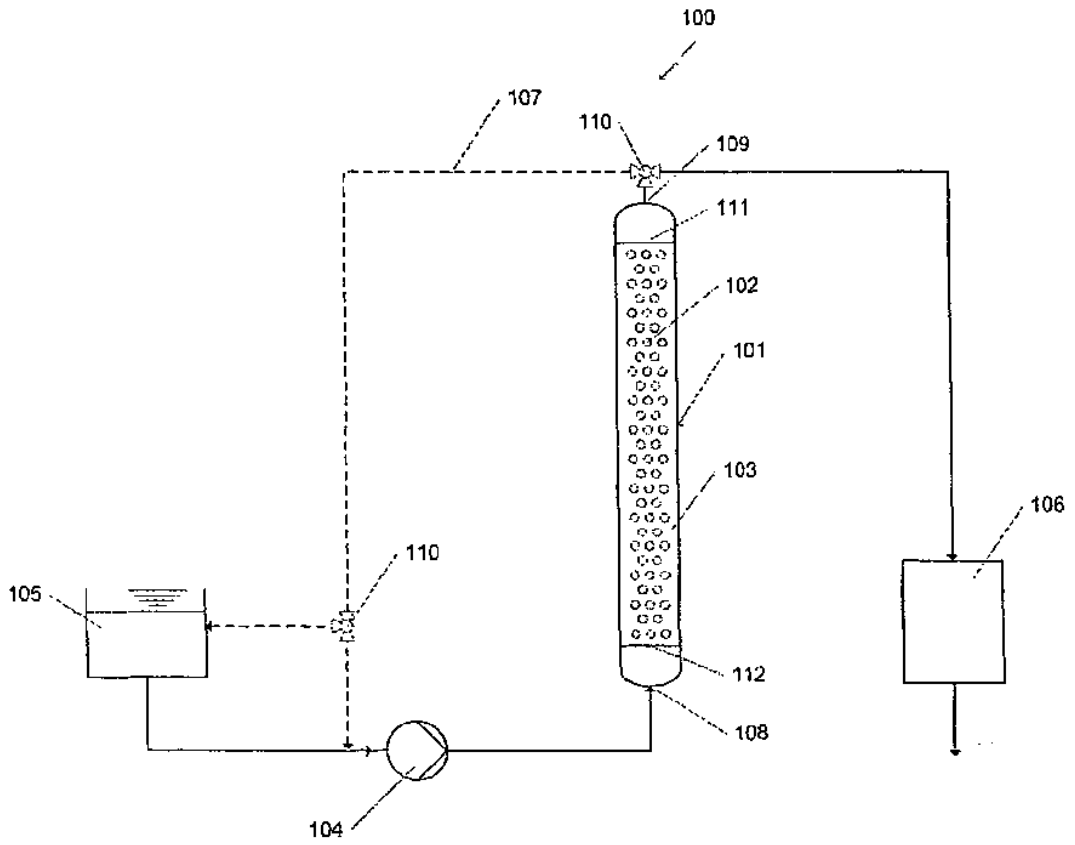
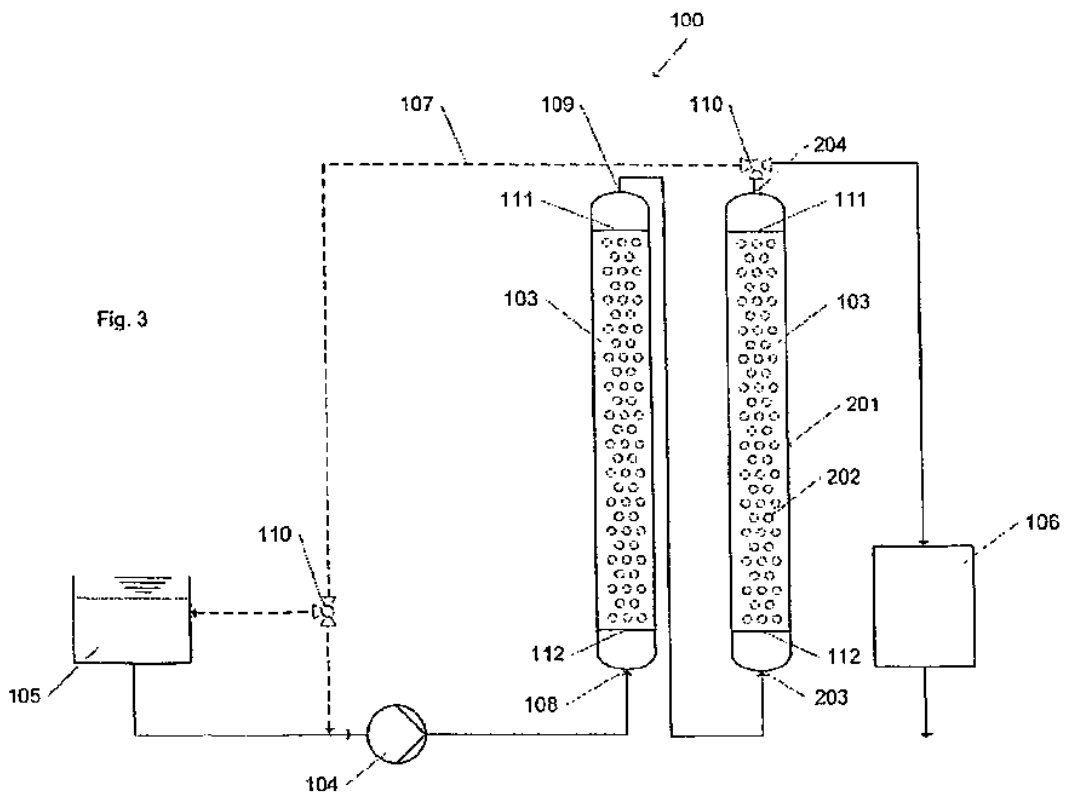
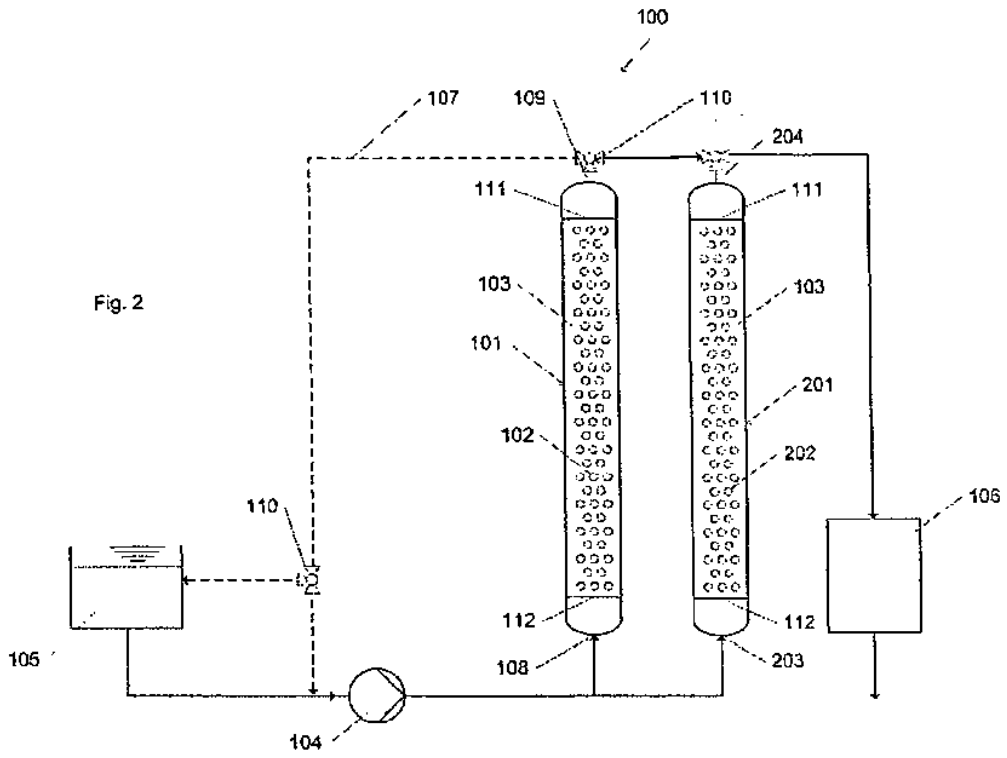


Fig. 1



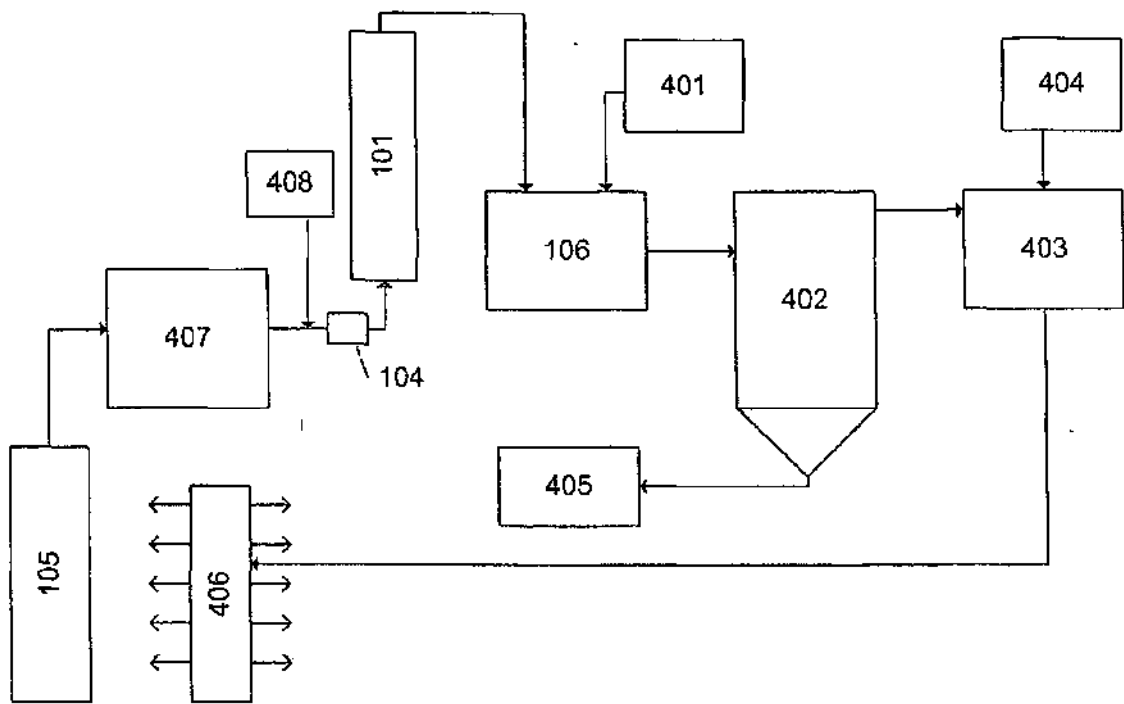


Fig. 4

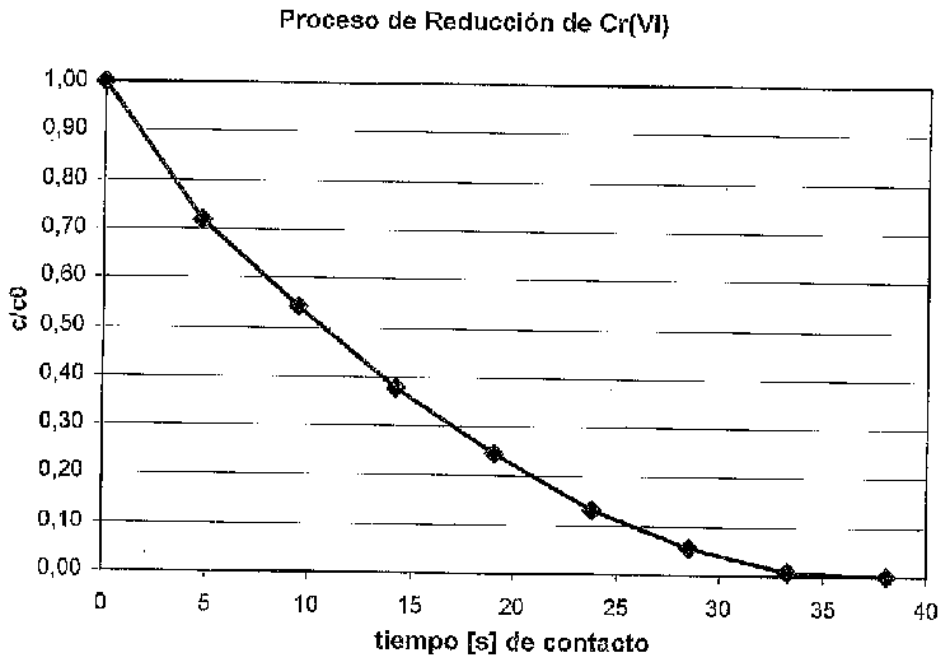


Fig. 5

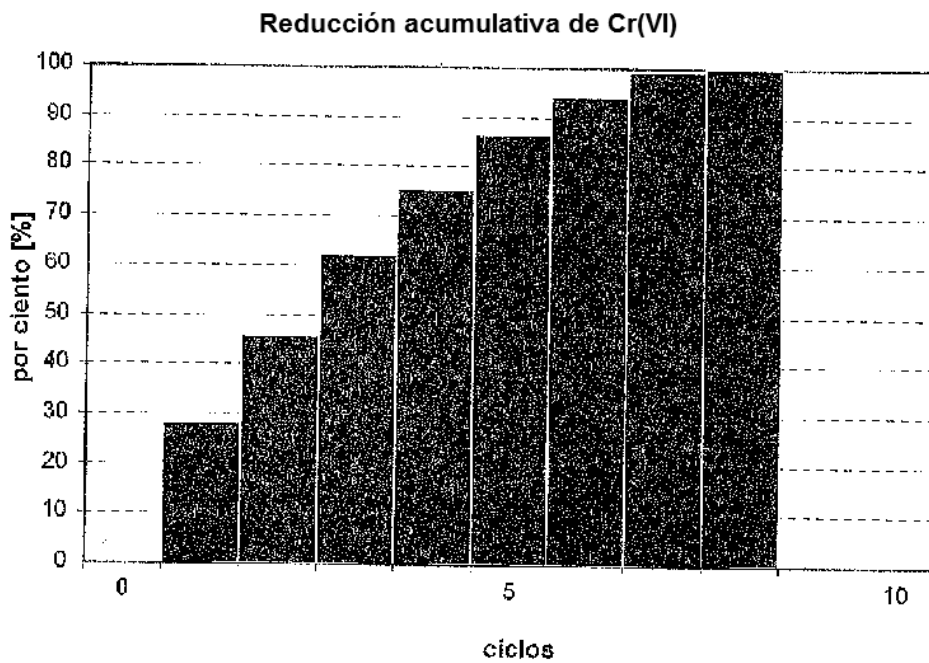


Fig. 6

distribución de tamaño acumulativa

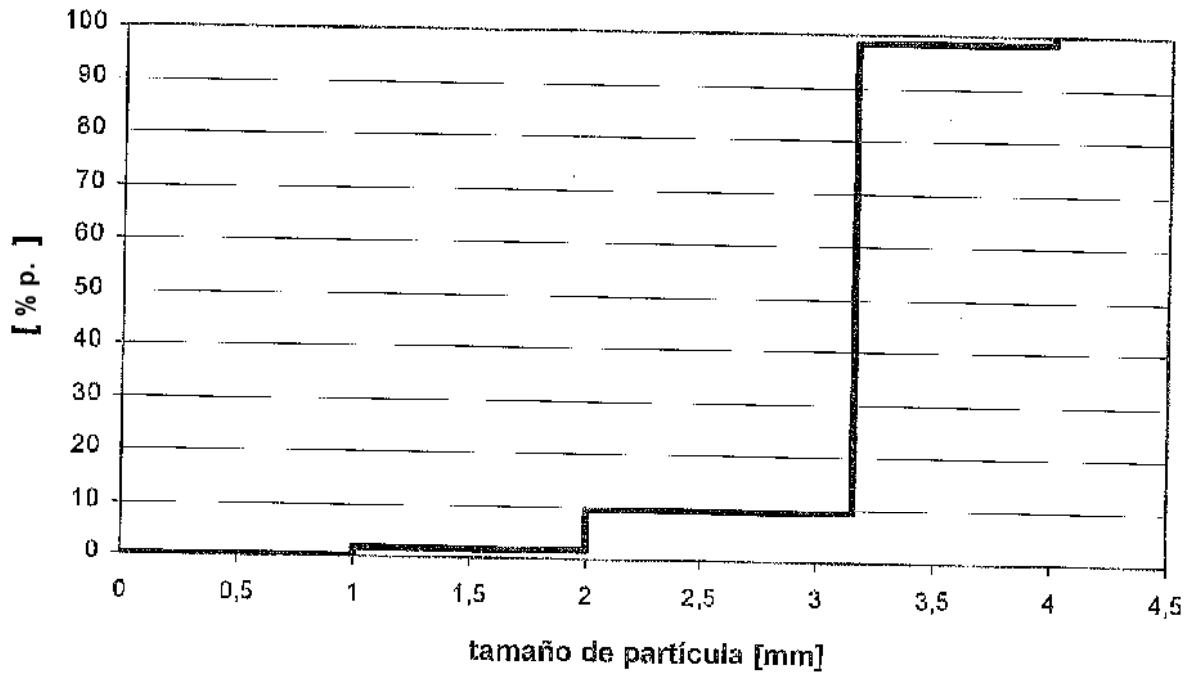


Fig. 7