(19) OFICINA ESPAÑOLA DE PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

(11) Número de publicación: **2 306 498**

(51) Int. Cl.:
B01D 21/00 (2006.01)
C02F 1/469 (2006.01)

(12) TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA T3

(86) Número de solicitud europea: **99202365 .5**
(86) Fecha de presentación : **19.07.1999**
(87) Número de publicación de la solicitud: **1070527**
(87) Fecha de publicación de la solicitud: **24.01.2001**

(54) Título: **Tratamiento del agua por sedimentación acelerada y/o precipitación.**

(73) Titular/es: **Holland Environment B.V.**
Burg. R. van de Venlaan 13
4191 PL Geldermalsen, NL

(45) Fecha de publicación de la mención BOPI:
01.11.2008

(72) Inventor/es: **Lageman, Reinout y**
Pool, Wieberen

(45) Fecha de la publicación del folleto de la patente:
01.11.2008

(74) Agente: **Ponti Sales, Adelaida**

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).

Venta de fascículos: Oficina Española de Patentes y Marcas. Pº de la Castellana, 75 – 28071 Madrid

DESCRIPCIÓN

Tratamiento del agua por sedimentación acelerada y/o precipitación.

La presente invención se refiere a un procedimiento para la aceleración de un proceso de sedimentación.

La sedimentación es la precipitación o la deposición de materiales sólidos insolubles de una suspensión o de un lodo. Normalmente es un proceso bastante lento, en el que la gravedad es la fuerza impulsora.

En el pasado, los sedimentos o los fangos de los ríos, canales, puertos, y similares, se utilizaban como material de relleno para, por ejemplo, nuevas obras de construcción, o simplemente se vertían al mar. Desde comienzos de los ochenta, sin embargo, ha crecido el conocimiento de que la mayor parte de los fangos están contaminados con, por ejemplo, metales pesados, compuestos orgánicos de procesos de combustión o de refinado del petróleo, pesticidas, disolventes, etcétera. Por consiguiente, el dragado, el reutilizado y el vertido se han sometido en la mayoría de países a diversas regulaciones gubernamentales estrictas.

En previsión de técnicas de saneamiento eficientes para la eliminación de los contaminantes de los fangos, se han construido numerosas lagunas a gran escala en las que se podrían almacenar estos fangos temporalmente. Después de casi veinte años de investigación, experimentos y numerosas pruebas a gran escala, los legisladores se han dado cuenta de que la tecnología de limpieza no es, ni estará fácilmente disponible en un futuro inmediato, para remediar de manera eficiente y económica el enorme volumen de fangos. En vista de esto, existe la tendencia de aceptar el hecho de que el almacenamiento temporal de fangos será permanente.

La sedimentación tiene lugar porque el fango es una suspensión que comprende material(es) tanto sólido(s) como líquido(s). Después de que los sólidos se han depositado, el agua restante tiene que ser eliminada para aumentar la capacidad de las lagunas. Sin embargo, no sólo la velocidad de sedimentación es relativamente lenta, sino que la mayor parte de los contaminantes presentes en el fango son adsorbidos por la fracción de sedimento fino (arcilla, material orgánico y otras partículas finas) del fango. Una gran cantidad de estas partículas finas contaminadas permanece flotando en la capa de agua que se forma en la parte superior de los sedimentos recién formados. Por consiguiente, la capa de agua necesita que se trate, antes de que pueda ser descargada al agua superficial.

La naturaleza permanente de las lagunas de fango requiere un cambio de atención desde las tecnologías de limpieza hacia tecnologías que posibilitan la reducción del volumen y el incremento en la velocidad de sedimentación. Sorprendentemente, actualmente se ha descubierto que un proceso de sedimentación se puede acelerar mediante la aplicación de un campo eléctrico. De este modo, la presente invención se refiere a un procedimiento para la aceleración de un proceso de sedimentación mediante la aplicación de un campo eléctrico mediante al menos un primer y un segundo electrodo conectados a una fuente de alimentación para generar un campo eléctrico, en el que el segundo electrodo está dispuesto por encima del primer electrodo, a una mezcla que comprende material sólido y líquido, en la que al menos el primer electrodo está presente en una cubierta protectora, que es permeable a la corriente, los iones, las partículas cargadas y al líquido, según la reivindicación 1.

También se describe un dispositivo según las reivindicaciones independientes 10 y 12.

La utilización de un campo eléctrico para el tratamiento de mezclas que comprenden material sólido y líquido es conocida.

La patente US-A 4 367 132 se refiere a la eliminación de agua de un lodo en el que una corriente directa se conduce a través del lodo para mejorar la velocidad de sedimentación de las partículas.

La patente FR-A 1 516 158 se refiere a un proceso de decantación en el que un electrodo se sitúa en el fondo y en la superficie de un recipiente de decantación.

Se ha descubierto que la presencia de un campo eléctrico en una suspensión, tal como los fangos procedentes de operaciones de dragado, incrementa la velocidad a la que se depositan los materiales sólidos en suspensión. Este efecto se ha observado utilizando un campo eléctrico en cualquier dirección, ya sea vertical, horizontal o diagonal. Además, el campo eléctrico se puede originar a partir de una fuente de alimentación de corriente continua (DC) o de corriente alterna (AC).

El procedimiento de la presente invención proporciona un incremento significativo en la capacidad de las lagunas de almacenamiento permanente para fangos. La presente invención puede encontrar además aplicación en la purificación y en el tratamiento de agua potable o de aguas residuales.

Además, la presente invención puede encontrar aplicación en la extracción de partículas de hierro (III) en el agua subterránea. El agua subterránea contiene normalmente cantidades significativas de iones de hierro (II). Cuando el agua subterránea entra en contacto con la atmósfera, estos iones se oxidarán a iones de hierro (III), que dan al agua un color marrón rojizo. Además, la presencia de iones de hierro (III) tiende a llevar a la formación de aglomerados o floculación. Los aglomerados formados, que son partículas sólidas, se pueden eliminar del agua subterránea de manera eficiente mediante la utilización de un procedimiento de acuerdo con la invención.

En principio, la sedimentación puede tener lugar en cualquier medio en el que están presentes materiales líquidos y sólidos, tal como un lodo o una suspensión. De este modo, la presente invención se puede realizar sobre cualquier mezcla en la que uno o más materiales líquidos y uno o más materiales sólidos están presentes y donde se intenta que los materiales sólidos se separen de los materiales líquidos. En una realización preferente, el material líquido es el agua, preferiblemente agua subterránea o agua superficial, por lo tanto agua procedente de una fuente natural. Los materiales sólidos pueden ser de varios tipos, la mayoría de los sólidos encontrados en el agua natural son arcilla y partículas de arena y material o materiales orgánicos procedentes de restos de animales, plantas, algas, algas marinas, microorganismos y similares.

Para aplicar el campo eléctrico a la mezcla mencionada de material sólido y líquido, dicha mezcla se presenta preferiblemente en un recipiente. Por el término recipiente, se entiende cualquier medio para contener la mezcla y para mantenerla separada de su entorno. De este modo, este término pretende incluir cualquier tipo de instalación de almacenamiento, tal como dársenas, lagunas, estanques, acequias y similares, así como recipientes, tanques y contenedores fabricados de materiales diversos. De acuerdo con la invención, el recipiente puede estar tanto cerrado como abierto en la parte superior.

Tal y como se ha mencionado anteriormente, el efecto de la aceleración de la sedimentación se consigue con cualquier configuración de los electrodos. De este modo, dado que la dirección de sedimentación será normalmente descendente por efecto de la gravedad, el campo eléctrico estará dirigido verticalmente, horizontalmente o diagonalmente. El efecto más grande de la aceleración se ha observado sin embargo cuando el campo eléctrico se aplica en la misma dirección que la sedimentación. Por lo tanto, se prefiere que al menos un primer electrodo esté situado en el fondo o cerca del fondo del recipiente o de la mezcla de materiales sólidos y líquidos presentes en el mismo. Al menos un segundo electrodo puede estar presentar entonces en la parte superior o cerca de la parte superior del recipiente. También es posible disponer el segundo electrodo de manera que flote en la mezcla de material sólido y líquido. Naturalmente, es posible que haya más de dos electrodos presentes, por ejemplo, en los que diversos electrodos proporcionan un polo positivo, y otros proporcionan un polo negativo.

En general, dependerá de la naturaleza de la mezcla de los materiales sólidos y líquidos, en particular de la naturaleza del material sólido, tanto si el primer electrodo o el segundo electrodo son el ánodo o el cátodo. Se prefiere, en particular, cuando el material sólido comprende bentonita, que el primer electrodo sea el ánodo, y que el segundo electrodo sea el cátodo. Se ha descubierto que, de esta forma, la velocidad de sedimentación se incrementa considerablemente. Además, se ha descubierto que el agua de la parte superior del material sólido depositado es muy clara y que se puede descargar sin una purificación adicional.

La fuente de alimentación es una fuente de voltaje/corriente DC (con un polo positivo y un polo negativo) o una fuente de voltaje/corriente AC. Preferiblemente, la fuente de alimentación genera voltaje/corriente DC, voltaje/corriente AC, voltaje/corriente DC opcionalmente con un voltaje/corriente alterno/a superpuesto al mismo, o un voltaje/corriente DC pulsante. En una realización preferente, la fuente de alimentación genera un voltaje DC cuya polaridad se invierte después de cierto periodo de tiempo. De este modo, durante un periodo de tiempo, el primer electrodo es por ejemplo el ánodo, y después del mencionado periodo de tiempo, el primer electrodo se convierte en el cátodo, o viceversa. La inversión de la polaridad se puede desear en el caso de que partículas finas de distinto origen estén presentes en la mezcla de materiales sólidos y líquidos. Previamente a la aplicación del campo eléctrico, dichas partículas pueden tener una carga eléctrica propia. Durante la sedimentación, las propiedades electroquímicas de las partículas se pueden alterar de forma permanente. Por consiguiente, estas partículas finas también precipitan más rápidamente de acuerdo con la invención. Dependiendo de la naturaleza de la mezcla de materiales sólidos y líquidos, en particular de la naturaleza de cualquier materia fina particulada presente en la misma, el técnico será capaz de determinar si y cuando la polaridad del campo eléctrico debería invertirse. La magnitud del voltaje generado por la fuente de alimentación puede estar entre un voltaje terminal y cualquier voltaje que todavía se considere suficientemente seguro para la aplicación específica que nos ocupa, por ejemplo, 4.000 V. Sin embargo, es una ventaja de la presente invención que un voltaje relativamente pequeño sea suficiente para obtener la aceleración deseada de un proceso de sedimentación. Se prefiere que la caída de potencial sea menor a 400 V/m, más preferiblemente entre 20 y 100 V/m. La magnitud de la caída de potencial se escogerá teniendo en cuenta la conductividad de la mezcla de los materiales sólidos y líquidos, en particular del material líquido. En general, es importante la densidad de corriente en la superficie del electrodo.

La cubierta protectora puede tomar la forma de una cámara cerrada por todo su alrededor, con una o más paredes que están fabricadas de un material cerámico poroso, pero que alternativamente puede tomar la forma de un tubo hueco. La forma de la cubierta protectora seleccionada depende en parte de la mezcla de material sólido y líquido que se somete a la sedimentación. Preferiblemente, la cubierta protectora incluye medios para conectar la cubierta protectora a unos medios de suministro y a unos medios de descarga de un sistema de circulación de líquidos. En esta disposición, cada una de las cubiertas protectoras puede incluir medios a través de los que se pueden poner en contacto uno o más sensores con los medios del ánodo y con los medios del cátodo para mantenerse en las mencionadas cubiertas protectoras y que sirven para las conexiones que conducen la corriente con la mezcla de material sólido y líquido que se somete a la sedimentación. La presencia de la cubierta protectora permite el control del medio de los electrodos, tal y como se expone en la Patente Europea 0 312 174 B1 y en las Patentes de Estados Unidos 5.589.056 y 5.433.829.

Un material adecuado para un ánodo según la presente invención, puede ser cualquier conductor (metálico, cerámico, plástico, grafito, líquido, etc.), pero preferiblemente un metal noble, un material cerámico conductivo, o una combinación de un metal noble con otro material, siempre y cuando el material del ánodo no se descomponga, o sólo lentamente, bajo las condiciones del presente procedimiento. En la práctica, el coste de un ánodo fabricado de dicho material puede ser prohibitivo y, sin embargo, se puede preferir el uso de un material metálico no noble. Cuando se selecciona dicho material, preferiblemente se debería garantizar que los productos de descomposición formados procedentes del material del ánodo no pueden migrar a la parte exterior a través de la mezcla de material sólido y líquido. Un ejemplo de dicho material es el carbono (grafito) o cualquier otro material del cual los productos de descomposición no dan problemas (adicionales) a la fase sólida o líquida de la mezcla de los materiales sólidos y líquidos tratada. Bajo la influencia de un procedimiento de acuerdo con la invención, un ánodo de grafito se puede corroer con el tiempo. Sin embargo, los productos de descomposición formados en o a partir del material de carbono del ánodo son gaseosos y se pueden eliminar de la cubierta protectora del ánodo, si están presentes, de una manera simple, o sólidos y se depositan dentro de la cubierta protectora del ánodo, si están presentes, o no son transportables a cualquier velocidad a la parte exterior de la cubierta protectora del ánodo, si están presentes.

El material escogido para el cátodo no es crítico y cualquier material de electrodo puede ser adecuado. Algunos ejemplos de dichos materiales son las barras reforzadas, el cable de acero, las tuberías de hierro o de acero y similares. Sin embargo, si se utilizara una corriente alterna o una corriente continua que se cambia en la dirección de la corriente al menos una vez durante la realización del presente procedimiento, el cátodo sería preferiblemente del mismo material que el ánodo.

Para llevar a cabo el procedimiento descrito anteriormente, la invención se refiere además a un dispositivo de sedimentación. Dicho dispositivo está dispuesto con al menos un primer electrodo y un segundo electrodo, conectados ambos electrodos a una fuente de alimentación y que se disponen de manera que aceleran la sedimentación, en el que el primer electrodo se dispone en el fondo o cerca del fondo de dicho recipiente, y en el que el segundo electrodo se dispone en la parte superior de dicho recipiente o se dispone de manera que pueda flotar sobre el material presente en dicho dispositivo.

Preferiblemente, el dispositivo de sedimentación comprende un recipiente, que puede estar fabricado de cualquier tipo de material adecuado, tal como hormigón, madera, plástico o metal. En el caso de que el recipiente sea de un material metálico, puede ser recomendable que se disponga con una capa aislante para evitar la corrosión como consecuencia de cortocircuitos. En una realización preferente, el dispositivo de sedimentación se presenta en el interior de un dispositivo de dragado, tal como una gabarra flotante, o una draga. En particular, se prefiere una configuración en la que se diseñan una o más bodegas de una gabarra de fangos flotante de manera que se puedan utilizar como el presente dispositivo de sedimentación. En el contexto de la presente invención, un dispositivo de dragado es cualquier pieza de maquinaria que se puede utilizar para dragar el sedimento o el fango procedente del fondo de las aguas superficiales, por ejemplo, un río, un canal, una acequia, un estanque, un estuario o un puerto, mediante succión o mediante el uso de una pala. Una draga flotante es un tipo específico de dispositivo de dragado que flota en dicha agua superficial.

La presente invención quedará clara mediante el siguiente ejemplo no restrictivo.

Ejemplo

Se prepararon cuatro suspensiones homogéneas A, B, C y D (EC de 170 μS/cm a 20ºC) de 10 g de bentonita en 500 ml de agua del grifo (EC 310 μS/cm a 20ºC) mediante fuerte agitación. Se coloca cada una de estas suspensiones en un recipiente de cristal, que se coloca delante de una cámara de video. Esta cámara se configuró para hacer una grabación cada minuto durante un periodo de seis horas. Uno de los recipientes (muestra A) se utilizó como referencia; todos los demás sistemas de electrodos, conectados a una fuente de alimentación, se ubicaron tal como se muestra en la Figura 1.

En la muestra B, el cátodo estaba presente justo por debajo de la superficie de la suspensión, mientras que el ánodo se colocó cerca del fondo del recipiente. Se aplicó una corriente continua (2,5 A/m^2 de fango). La caída de potencial inicial tenía una magnitud de 140 V/m de fango, y después de seis horas había disminuido hasta los 90 V/m. La energía total aplicada fue de aproximadamente de 1,2 kWh/m^3 de fango.

En la muestra C, el cátodo y el ánodo se invirtieron: el cátodo estaba presente cerca del fondo, mientras que el ánodo se colocó justo por debajo de la superficie de la suspensión. Se aplicó una corriente continua (2,5 A/m^2 de fango). La caída de potencial inicial tenía una magnitud de 140 V/m de fango, y después de seis horas había disminuido hasta los 110 V/m. La energía total aplicada fue aproximadamente de 1,3 kWh/m^3 de fango.

En la muestra D se aplicó corriente alterna (0,45 A/m^2 de fango). La caída de potencial inicial fue de 25 V_{eff}/m de onda masiva simétrica de fango, y después de seis horas había disminuido hasta los 18 V_{eff}/m de onda masiva simétrica de fango. La energía total aplicada fue de 0,05 kWh/m^3.

La Tabla 1 muestra los resultados (V), expresados como el factor de aceleración de sedimentación relativo a la muestra A, tal y como se determinó visualmente. Esta tabla también muestra la turbidez del agua en la parte superior del material sólido depositado después de 5 horas, tal y como se determinó visualmente.

TABLA 1

Muestra	V	Turbidez
A	1	turbio
B	2,5 - 3	nada
C	2 - 2,5	turbio
D	2 - 2,5	turbio

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento para acelerar un proceso de sedimentación y/o precipitación mediante la aplicación de un campo eléctrico a una mezcla que comprende material sólido y líquido, utilizando al menos un primer electrodo y un segundo electrodo conectados a polos opuestos de una fuente de alimentación para la generación del campo eléctrico, en el que el segundo electrodo está dispuesto por encima del primer electrodo;

estando al menos el primer electrodo inferior dispuesto en una cubierta protectora que es permeable a la corriente, los iones, las partículas cargadas y al líquido.

2. Procedimiento según la reivindicación 1, en el que la cubierta protectora del electrodo inferior está fabricada al menos en parte de un material cerámico poroso.

3. Procedimiento según la reivindicación 1 ó 2, en el que la mezcla está presente en un recipiente provisto de al menos el primer y el segundo electrodos.

4. Procedimiento según la reivindicación 3, en el que el primer electrodo se coloca en el fondo o cerca del fondo del recipiente, y el segundo electrodo se coloca en o cerca de la parte superior del recipiente o flota sobre la mezcla.

5. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, en el que el primer y el segundo electrodos están conectados a:

a) una fuente de alimentación que genera continuamente una corriente continua (DC); o

b) una fuente de alimentación que genera una corriente continua (DC) en la que la polaridad se invierte después de un cierto periodo de tiempo; o

c) una fuente de alimentación que genera una corriente alterna (AC); o

d) una fuente de alimentación que genera un voltaje/corriente continuos con un voltaje/corriente alternos superpuestos a los mismos; o

e) una fuente de alimentación que genera un voltaje/corriente continuos pulsantes.

6. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, en el que el primer y el segundo electrodos están conectados a una fuente de alimentación que genera continuamente una corriente continua (DC), en el que el primer electrodo inferior es un ánodo y el segundo electrodo superior es un cátodo.

7. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6, en el que la fuente de alimentación genera un voltaje de una magnitud entre un voltaje terminal y 15.000 Voltios.

8. Procedimiento según la reivindicación 7, en el que la caída de potencial es inferior a 400 V/m, preferiblemente entre 10 y 100 V/m.

9. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el ánodo comprende un metal noble, una combinación de un metal, un material cerámico o un material plástico con un metal noble y/o grafito.

10. Dispositivo de sedimentación, que comprende:

un recipiente para contener una mezcla de material sólido y líquido;

un primer electrodo dispuesto en el fondo o cerca del fondo de dicho recipiente;

un segundo electrodo dispuesto en o cerca de la parte superior de dicho recipiente o dispuesto de manera que pueda flotar sobre el material presente en dicho recipiente;

en el que dichos electrodos pueden estar conectados a una fuente de alimentación de manera que aceleran la sedimentación del material presente en dicho recipiente;

estando al menos el primer electrodo inferior dispuesto en una cubierta protectora que es permeable a la corriente, los iones, las partículas cargadas y al líquido.

11. Dispositivo de sedimentación según la reivindicación 10, en el que la cubierta protectora del electrodo inferior está fabricada al menos en parte de un material cerámico poroso.

12. Dispositivo de dragado que comprende un dispositivo de sedimentación según las reivindicaciones 10 u 11.

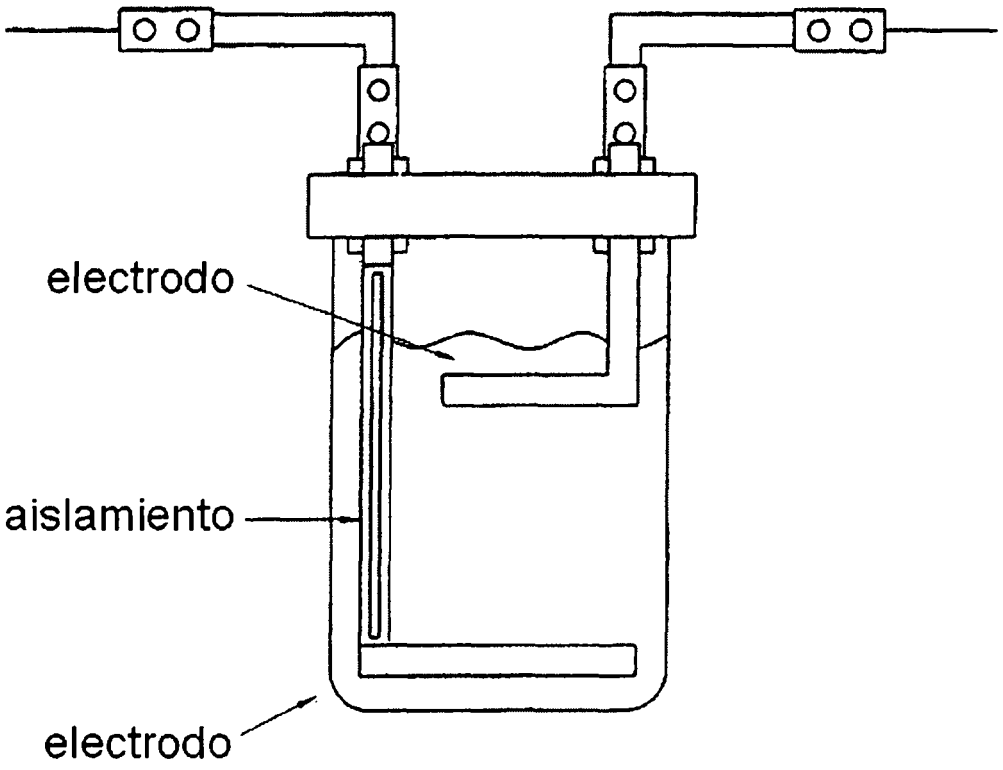


Figura 1