

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 936 146**

51 Int. Cl.:

C02F 1/52 (2006.01)

C02F 1/20 (2006.01)

C02F 1/66 (2006.01)

C02F 11/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **17.12.2018 PCT/EP2018/085270**

87 Fecha y número de publicación internacional: **25.07.2019 WO19141458**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **17.12.2018 E 18826580 (5)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **26.10.2022 EP 3740455**

54 Título: **Procedimiento de recuperación de fosfato de magnesio y amonio**

30 Prioridad:

18.01.2018 DE 102018101083

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

14.03.2023

73 Titular/es:

**CNP CYCLES GMBH (100.0%)
Am Sportplatz 11
63791 Karlstein am Main, DE**

72 Inventor/es:

ORTWEIN, BERNHARD

74 Agente/Representante:

CARVAJAL Y URQUIJO, Isabel

ES 2 936 146 T3

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

DESCRIPCIÓN

Procedimiento de recuperación de fosfato de magnesio y amonio

5 La presente invención hace referencia a un procedimiento para la recuperación de fosfato de magnesio y amonio (MAP) a partir de lodo que se suministra a un primer recipiente de reacción (10) en el cual predomina un medio aeróbico y en el cual el lodo circula con la ayuda de una aireación; en donde el magnesio catiónico, como el cloruro de magnesio, se añade al lodo y los cristales de fosfato de magnesio y amonio (cristales MAP) que se han precipitado del lodo se eliminan a través de un dispositivo de eliminación ubicado en la zona inferior del primer recipiente de reacción.

10 El fósforo es una sustancia vital para los organismos, que se presenta en forma ligada en la corteza terrestre y no puede ser sustituida, al menos en la flora y la fauna o en los organismos vivos. El fósforo se requiere, por ejemplo, en la producción de alimentos, para el crecimiento de las plantas como fertilizante y en la industria, como para la producción de hierro y acero. Especialmente en la agricultura se utiliza mucho el fósforo.

15 Incluso cuando los depósitos naturales de fósforo no parecen agotarse durante muchas décadas, se están realizando grandes esfuerzos para recuperar el fósforo. La recuperación de fósforo de las aguas residuales es aquí de particular importancia.

Existe una variedad de procedimientos para recuperar el fósforo, por ejemplo, a partir de agua de lodos mediante adsorción, precipitación, cristalización o mediante el uso de gránulos o de lodos digeridos con o sin lixiviación o de cenizas mediante su tratamiento térmico.

20 La solicitud DE 101 12 934 B4 revela un procedimiento en el cual el lodo digerido se airea para aumentar el valor de pH mediante la extracción de CO₂ para precipitar MAP con la adición simultánea de cloruro de magnesio.

El mismo principio se utiliza según la solicitud EP 2 028 161 B1. Allí, se utiliza un recipiente de reacción en el que circula el lodo. Los cristales de MAP que caen se acumulan en una zona inferior con forma de embudo y después se eliminan a través de un dispositivo de eliminación que se puede cerrar en ambos lados.

25 La solicitud DE 10 2008 050 349 B4 describe un procedimiento para precipitar fósforo de aguas residuales cargadas de fosfato con la conformación de cristales de MAP. El agua residual pasa primero por una etapa anaeróbica, que después se mezcla con aire en una etapa de extracción y después con cloruro de magnesio en una etapa de cristalización. Los gránulos de MAP que se forman se extraen del fondo del reactor.

30 La solicitud JP 2004-305991 A describe un dispositivo y un procedimiento para recuperar fosfato magnesio y amonio (MAP), que se utiliza en el tratamiento de aguas residuales y lodos de depuradora. El agua residual que contiene lodo se mezcla con aire y cloruro de magnesio. Las partículas MAP pesadas se introducen en una tolva inferior del dispositivo y se extraen desde allí a través de un tubo.

35 La fuente STUMPF, Daniel: "Reciclado de fósforo por precipitación MAP en lodos digeridos municipales", 2007, p. 32 URL: <https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/phosphorrecycling-durchmap-faellungim-kommunalen-faulschlamm> (recuperado el 11 de julio de 2018) proporciona una descripción general de los procesos existentes para el reciclaje de fósforo mediante la precipitación de MAP y la separación del producto precipitado. Convencionalmente, esto sucede después del tratamiento anaeróbico de lodos de depuradora y/o lodos primarios. La precipitación de MAP se realiza por lo general en reactores de precipitación o reactores de lecho fluidizado en los que el pH se aumenta mediante la adición de álcali o por extracción con aire, y con o sin la adición de precipitantes de magnesio. Convencionalmente, el MAP se precipita directamente del lodo digerido o del agua de proceso procedente de la deshidratación del lodo. El MAP precipitado se puede separar mediante tamices, hidrociclones o centrifugadoras

La solicitud WO 2014/030786 A1 revela una disposición genérica con dos recipientes en cada uno de los cuales prevalece un entorno aeróbico.

45 Según la solicitud WO 2013/034765 A1, para separar cristales de MAP, se conectan un recipiente de reacción y un separador conectado al mismo en forma de una centrifugadora.

Según la solicitud EP 3 228 599 A1, el fósforo se extrae de las aguas residuales mediante un recipiente de cristalización y un recipiente de sedimentación dispuesto aguas abajo.

El objeto de la presente invención consiste en perfeccionar un procedimiento y una disposición del tipo mencionado en la introducción, de tal manera que resulte posible una alta recuperación de fósforo.

Para resolver el objeto, conforme al procedimiento, se recomienda esencialmente que el lodo se suministre desde el primer recipiente de reacción a través de una primera línea a un segundo recipiente de reacción, en el cual se establece un entorno anaeróbico para la redisolución de fosfato, y que los cristales de MAP cristalizados en el segundo recipiente de reacción se suministren al primer recipiente de reacción.

- 5 De acuerdo con la invención, se propone un procedimiento que utiliza dos recipientes de reacción que se configuran de manera diferente con respecto a su entorno, de modo que en el primer recipiente está presente un medio aerobio y en el segundo recipiente está presente un medio anaeróbico. Este último permite la redisolución del fósforo.

La descarga del lodo del primer recipiente de reacción se alimenta al segundo recipiente de reacción.

- 10 Cuando las bacterias contenidas en el lodo digerido en el primer recipiente de reacción en condiciones aeróbicas han absorbido un aumento de fosfato paralelo a la cristalización del ortofosfato, la redisolución de fósforo puede tener lugar en condiciones anaeróbicas en el segundo recipiente de reacción, lo que conduce a una mayor formación o crecimiento de cristales de MAP. La conformación de cristales también comprende microcristales, que se alimentan al primer recipiente de reacción como cristales semilla.

- 15 Es posible que el lodo, básicamente una mezcla de lodo y agua, se extraiga de forma continua o por lotes de la zona inferior, preferentemente de forma cónica, del segundo recipiente de reacción y se vuelva a introducir en el primer recipiente de reacción. Se produce una recirculación.

De acuerdo con la invención, se conforma un circuito en el cual se sitúa el primer y segundo recipiente de reacción, para suministrar el lodo o la mezcla de lodo/agua desde el primer recipiente de reacción al segundo recipiente de reacción, del cual al menos parte se devuelve al primer recipiente de reacción, es decir, se recircula.

- 20 La descarga del segundo recipiente de reacción se realiza, en particular, a través de una bomba de descarga.

La mezcla de lodo/agua entrante, que se denomina simplemente lodo, que no recircula al primer recipiente de reacción, llega opcionalmente, por ejemplo, a través de una bomba de descarga, a un separador en el cual se separan los cristales de MAP, que se introducen entonces en el primer recipiente de reacción. El separador se trata, en particular, de un separador ciclónico, como un hidrociclón.

- 25 Sin embargo, también existe la posibilidad de que la mezcla de lodo/agua extraída del segundo recipiente de reacción y no recirculada al primer recipiente de reacción evite el separador opcional aguas abajo para ser suministrada directamente a un sistema de drenaje.

Según el estado de la técnica, está previsto que el valor de pH en el primer recipiente de reacción se ajuste mediante extracción de CO₂ con disolución simultánea de O₂. Lo último establece un ambiente aeróbico.

- 30 La separación del dióxido de carbono se realiza mediante aireación a presión de burbuja fina, media o gruesa en el primer recipiente de reacción, por lo cual el valor de pH se ajusta, es decir, se aumenta, tal como se ha mencionado anteriormente. Por el contrario, en el segundo recipiente de reacción sólo se realiza un movimiento de agitación suave, de tal modo que se puede desarrollar un entorno anaeróbico que permite la redisolución del ortofosfato. Como resultado, en el segundo recipiente de reacción se pueden conformar más cristales de MAP que encierran los así denominados como microcristales y se transportan al primer recipiente de reacción como cristales semilla o núcleos de cristal.

El crecimiento de cristales tiene lugar en el primer recipiente de reacción, en el cual los microcristales se convierten en macrocristales. En cambio, en el segundo recipiente de reacción anaeróbico se conforman esencialmente microcristales debido a la redisolución.

- 40 Los microcristales, también llamados como cristales muy pequeños, se utilizan para hacer crecer cristales grandes; porque los microcristales o cristales muy pequeños presentan un tamaño o peso tal que sólo pueden separarse muy poco o nada del lodo utilizando técnicas de separación convencionales. Por el contrario, los macrocristales se pueden separar fácilmente del lodo.

- 45 Para airear el lodo o la mezcla de lodo/agua en el primer recipiente de reacción, está previsto que el primer recipiente de reacción esté dividido en una sección superior y otra inferior, en donde la sección inferior debe tener una forma cónica que se funde con el dispositivo de eliminación de cristales MAP. La sección superior tiene una forma cilíndrica y está dividida en una zona interior y una exterior a través de un tabique que conforma un círculo en sección, de manera tal que se conforman una zona cilíndrica interior y una zona cilíndrica circular exterior.

- 5 El tabique, que también puede denominarse como instalación de eje cilíndrico, comienza en la zona superior del primer recipiente de reacción por debajo del nivel del lodo y finaliza en la zona inferior en la transición entre la sección superior y la inferior, que presenta una forma cónica o de cono. Por consiguiente, el primer recipiente de reacción está dividido en tres zonas, a saber, una zona cilíndrica interior, una zona cilíndrica exterior en forma de anillo y la sección inferior cónica o en forma de cono.
- La aireación del lodo se realiza en el interior de la zona interior cilíndrica, en particular, a través de aireadores de membrana. En particular, está previsto que los elementos de aireación, como los aireadores de membrana, estén dispuestos dentro de la zona interior por encima de la altura del recipiente de reacción, ya sea solo en la zona inferior o en dos niveles separados entre sí.
- 10 La entrada de aire a través de los elementos de aireación cumple en este caso las siguientes funciones:
- Mezcla del primer recipiente de reacción o conformación de un perfil de flujo dirigido del lodo o de la mezcla lodo/agua.
 - Clasificación de cristales MAP.
 - Intercambio de gases en la mezcla de lodo/agua para la extracción de CO₂.
- 15 La mezcla en el primer recipiente de reacción o la conformación del flujo dirigido deseado del lodo o de la mezcla de lodo/agua en la zona interior del recipiente de reacción a través de la entrada de aire se produce debido a la diferencia de densidad resultante entre el medio "más pesados" en la sección de anillo cilíndrico exterior no aireada y el medio "más ligero" en la zona interior aireada, así como a través de la fuerza de salida de las burbujas de aire y la fuerza de flotación iniciada como resultado. Debido a la fuerza de flotación de las burbujas de aire introducidas, la mezcla de lodo y agua es succionada fuera de la sección del anillo cilíndrico situada debajo del tabique entre la zona interior y exterior hacia el centro del recipiente, impregnada de aire y conducida a continuación en dirección ascendente en la zona interior en un flujo vertical hacia la superficie del lodo. A continuación, la mezcla de lodo y agua se desgasifica en la superficie y fluye horizontalmente por encima del tabique hacia la sección periférica del anillo del cilindro. Entonces, en la sección exterior del anillo cilíndrico sin aireación, el movimiento vertical descendente tiene lugar en la dirección del fondo del recipiente, es decir, de la sección inferior con forma de cono.
- 20
- 25 El accionamiento de este circuito descrito es el aporte de energía a través de la compresión adiabática del aire en un compresor y la posterior expansión politrópica tras la entrada en la mezcla de lodo/agua.
- La fuerza de flotación en la zona interior de la zona cilíndrica también se ajusta mediante la entrada de energía. Esto da como resultado una clasificación del tamaño del cristal MAP, ya que cuanto mayor es la estructura cristalina, mayor es su peso y, en consecuencia, su velocidad de sedimentación gravitatoria. A partir de un cierto tamaño y, por lo tanto, del peso de los cristales, la fuerza de flotación ya no es suficiente para arrastrar los cristales en el flujo vertical ascendente en la zona cilíndrica interior, por lo cual los cristales se sedimentan en la zona inferior, es decir, en la sección inferior cónica o en forma de cono, y se depositan allí.
- 30
- Por el contrario, los cristales pequeños, es decir, aquellos de bajo peso, pueden ser arrastrados por el flujo, de modo que continúan en el ciclo del proceso hasta que alcanzan un tamaño tal que el peso de los cristales no puede ser vencido por las fuerzas de flotación, con lo que se produce una sedimentación en la zona inferior.
- 35
- El arrastre de aire en la zona inferior de la zona interior de la sección superior del primer recipiente de reacción conduce también a una extracción de CO₂ de la mezcla de lodo/agua. El dióxido de carbono disuelto se puede separar a través del aire ascendente y se desgasifica en la superficie del lodo junto con el aire. Al mismo tiempo, se introduce oxígeno y el ambiente se vuelve aeróbico.
- 40
- El aumento de pH logrado por la extracción inicia la conformación de cristales de MAP o el crecimiento de cristales con el suministro simultáneo de magnesio a través de la dosificación de, en particular, cloruro de magnesio u otro compuesto de magnesio adecuado.
- La carga del primer recipiente de reacción con lodos se realiza en la zona interior aireada al nivel de lodos. El magnesio ligado catiónicamente, en particular, en forma de cloruro de magnesio, se dosifica sobre la superficie del lodo, preferentemente, a través de la zona exterior cilíndricamente anular.
- 45
- En particular, está previsto que el lodo o la mezcla de lodo/agua se extraiga de la sección exterior de anillo cilíndrico. Por lo tanto, en otro perfeccionamiento está previsto que en la zona exterior de la sección superior del primer recipiente de reacción esté situado un desagüe. Allí, el drenaje debe basarse en el principio de desplazamiento. Cuando el primer recipiente de reacción se carga con lodo, el mismo volumen de lodo se expulsa del recipiente de
- 50

reacción al mismo tiempo. En este caso, el desplazamiento tiene lugar desde la zona inferior de la sección exterior del anillo cilíndrico hacia un canal de descarga. La mezcla de lodo/agua descargada fluye primero hacia arriba en el canal de descarga, partiendo de la zona inferior de la zona exterior y sobrepasando un umbral de descarga hacia una zona de salida. A continuación, el flujo de salida de la mezcla de lodo/agua se dirige desde el primer recipiente de reacción al segundo recipiente de reacción.

El segundo recipiente de reacción se mezcla ligeramente, pero sin airearlo. Esto crea las condiciones ambientales anaeróbicas deseadas, de modo que puede tener lugar una redisolución de fósforo que, como se mencionó, provoca una mayor conformación o crecimiento de cristales de MAP. Los cristales conformados de esta manera se acumulan en la zona inferior del segundo recipiente de reacción, que también presenta, en particular, forma cónica, de modo que los cristales entren en el primer recipiente de reacción por remoción continua o intermitente de la mezcla de lodo/agua. Así, se produce la recirculación del lodo o de la mezcla de lodo/agua.

El segundo recipiente de reacción se drena mediante una bomba de descarga desde la parte cilíndrica superior del recipiente por encima del agitador.

En un perfeccionamiento de la invención está previsto que opcionalmente el lodo digerido se pueda acidificar ligeramente mediante la adición de ácido antes de ser suministrado al primer recipiente de reacción con el fin de aumentar la concentración de ortofosfato para la intensificación de la posterior cristalización de MAP en la alimentación del primer recipiente de reacción.

Otros detalles, ventajas y características de la presente invención se deducen no sólo de las reivindicaciones y de las características que se deducen de ellas, por sí mismas y/o en combinación, sino que también se deducen de la siguiente descripción de los ejemplos de ejecución preferidos, que se deducen de los dibujos.

Las figuras muestran:

Figura 1: una representación básica de una disposición para la recuperación de fosfato de magnesio y amonio.

Figura 2: una representación básica de un primer recipiente de reacción.

Con referencia a las figuras se describe un proceso de dos etapas conforme a la invención, mediante el cual se precipitan cristales de fosfato de magnesio y amonio a partir de lodo digerido.

El procedimiento de dos etapas se explica básicamente con referencia a la figura 1.

Los componentes esenciales de la disposición para la recuperación de fósforo, es decir, para la precipitación de cristales de fosfato de magnesio y amonio, son un primer recipiente de reacción 10 en el que prevalece un entorno aeróbico y un segundo recipiente de reacción 12 con un entorno anaeróbico. El primer recipiente de reacción 10 está conectado a través de una primera línea 14 al segundo recipiente de reacción 12, que a su vez está conectado a través de una segunda línea 16 al primer recipiente de reacción 10 para la recirculación de lodo que contiene cristales o núcleos de cristal de fosfato de magnesio y amonio. Allí, la segunda línea 16 desemboca preferentemente en una línea 18 a través de la cual se alimentan los lodos de una planta de digestión de lodos al primer recipiente 10 de reacción.

Eventualmente, el lodo digerido se puede acidificar ligeramente con ácido, como H_2SO_4 , antes de introducirlo en el primer recipiente de reacción 10 para aumentar la concentración de ortofosfato para intensificar la posterior cristalización del fosfato de magnesio y amonio (MAP) en la alimentación del primer recipiente de reacción 10.

En correspondencia con la representación básica de la figura 1, el lodo puede fluir opcionalmente a través de un recipiente 20 al que se suministra un ácido, por ejemplo H_2SO_4 , a través de una línea 22. Cuando no se desea una respectiva acidificación, se proporciona una línea de derivación 24 para poder alimentar el lodo directamente al primer recipiente de reacción 10.

Según la representación básica de la figura 2, el primer recipiente de reacción 10 consta de una sección cilíndrica superior 26 y una sección inferior 28 en forma de cono o de embudo inferior. La sección inferior en forma de embudo 28 pasa a un dispositivo de extracción 30 denominado separador, en el cual se acumulan los cristales de MAP para alimentarlos a un contenedor 36 a través de un tornillo de drenaje 34 después de abrir, por ejemplo, una válvula rotativa 32 o u otro dispositivo de descarga asegurado. El agua de deshidratación que se acumula a través del tornillo 34 durante el transporte se descarga a través de una línea 38.

En la sección superior del primer recipiente de reacción, se instala un tabique 40 que conforma un anillo en sección, que se extiende a una distancia de la pared exterior 42 de la sección superior 26, de modo que entre el tabique 40,

que conforma un cilindro hueco y la pared exterior 42 del primer recipiente de reacción 10 se presenta un espacio exterior 44 que es de sección anular que equivale a una sección de anillo cilíndrico. El borde superior del tabique 40 se extiende a cierta distancia del nivel del lodo 47.

5 En el lado inferior, el tabique 40 finaliza justo encima de la zona en la cual la sección superior 26 se une a la sección inferior 28, tal como se puede observar en la representación gráfica.

En el interior del espacio interior 46 rodeado por el tabique 40 existen dispositivos de aireación 48, 50, en particular, en forma de aireadores de membrana, para introducir aire en el espacio interior 46, que está lleno de una mezcla de lodo/agua.

10 La entrada de aire tiene que cumplir tres tareas. Así, mediante la entrada de aire se logra un perfil de flujo dirigido del lodo que fluye en el recipiente de reacción 10 con mezcla simultánea. Los cristales MAP también se clasifican como se explica a continuación. Finalmente, el intercambio de gases ocurre en el lodo, que es esencialmente una mezcla de lodo/agua, con la extracción de CO₂ y una disolución de oxígeno.

15 La mezcla del primer recipiente de reacción 10 o la conformación del flujo dirigido en la parte superior 26 del recipiente de reacción 10 se genera por la diferencia de densidad resultante entre el medio no aireado ubicado dentro del espacio exterior 44 y el medio aireado en el espacio interior 46 así como por la fuerza de flotación de las burbujas de aire que salen de los dispositivos de aireación 48, 50. Debido a la diferencia entre el medio "pesado" en el espacio exterior anular 44 y el medio "más ligero" presente en el espacio interior 46, el lodo o la mezcla lodo/agua es succionado fuera del espacio anular 44 hacia el centro del recipiente y, en consecuencia, fluye alrededor del borde inferior del tabique 40.

20 Dentro del espacio interior 46, el lodo se impregna de aire para ser impulsado entonces en la dirección ascendente en el espacio interior 46 en un flujo vertical hacia la superficie del lodo 47. La mezcla de lodo/agua se desgasifica en la superficie de lodo 47 y después fluye horizontalmente por encima del borde superior del tabique 40 hacia el espacio anular 44. El movimiento vertical descendente en la dirección de la sección inferior 28 tiene lugar entonces en el espacio anular exterior no ventilado 44.

25 El accionamiento de este circuito descrito es el aporte de energía a través de la compresión adiabática del aire en un compresor y la posterior expansión politrópica tras la entrada en la mezcla de lodo/agua. El aire se suministra a los aireadores de membrana 48, 50 mediante sopladores 52, 54 a través de las líneas 56, 58.

30 Para que los cristales de MAP puedan precipitar, el amonio y el magnesio catiónico presente en el lodo, que se suministra en forma de cloruro de magnesio en el ejemplo de ejecución, deben aplicarse a la superficie del lodo 47, preferiblemente por encima del espacio anular 44. En la representación básica de la figura 1, el cloruro de magnesio se añade a través de una línea 60.

35 La fuerza de flotación en el espacio interior 46 de la sección superior 26 del primer recipiente de reacción 10 también se establece mediante la entrada de energía. La misma clasifica el tamaño del cristal MAP resultante. Cuanto mayor sea la estructura cristalina, es decir, cuanto mayor sea el peso de los cristales MAP, mayor será la velocidad de sedimentación provocada por la gravedad. A partir de un cierto tamaño y, por lo tanto, de un cierto peso de los cristales, la fuerza de flotación en el espacio interior 46 ya no es suficiente para arrastrar los cristales en el flujo vertical ascendente, de modo que los cristales caen en la dirección de la sección inferior 28 y sedimentar allí y se acumulan en el separador 30. Los cristales más pequeños, por otro lado, son arrastrados con el flujo y al circuito de proceso hasta que alcanzan un tamaño tal que se pueden depositar en la sección inferior cónica o en forma de embudo 28 y por lo tanto en el separador 30.

La introducción de aire a través de los aireadores de membrana 48, 50 conduce a la extracción de CO₂ de la mezcla de lodo/agua. Esto eleva el pH, en particular, a un valor entre 7,5 y 8,2. El aumento del valor de pH inicia la conformación de cristales de MAP o el crecimiento de cristales con el suministro simultáneo de magnesio a través de la dosificación de cloruro de magnesio u otro compuesto de magnesio adecuado.

45 El propio lodo digerido, que se alimenta al primer recipiente de reacción 10 a través de la línea 18, se alimenta al nivel de lodo 47 del primer recipiente de reacción 10 de acuerdo con la figura 2.

También resulta posible suministrar un antiespumante para reducir la conformación de espuma en la superficie del lodo 47 a través de una línea 66 o directamente en la línea de suministro 18.

50 En el espacio exterior entre el tabique 40 y la pared exterior 42, es decir, en el espacio anular 44, hay un desagüe 98 que desemboca en un tubo 70 desde el cual se alimenta el lodo al segundo recipiente de reacción 12 a través de la primera línea 14.

ES 2 936 146 T3

La descarga desde el primer recipiente de reacción 10 tiene lugar según el principio de desplazamiento. Cuando el primer recipiente de reacción 10 se carga con lodo, el lodo se expulsa simultáneamente del primer recipiente de reacción 10 en la misma proporción de volumen.

5 El desplazamiento tiene lugar desde la zona inferior de la sección superior 26 desde el espacio anular 44 hacia el desagüe 98. La mezcla de lodo/agua descargada fluye hacia arriba en el desagüe 98 -en el dibujo según la dirección de la flecha 74- para después alcanzar la zona de salida sobre un umbral de salida 76, tal como se indica con la flecha 77.

10 El lodo o la mezcla de lodo/agua que ingresa al segundo recipiente de reacción 12 a través de la primera línea 14 se expone a un entorno anaeróbico. Para garantizar esto, sólo se realiza una mezcla suave (agitador 78) sin aireación. Cuando las bacterias contenidas en el lodo digerido en el primer recipiente de reacción 10 en condiciones aeróbicas han absorbido un aumento de fosfato paralelo a la precipitación de ortofosfato, se produce una redisolución de fósforo en el segundo recipiente de reacción 12 en condiciones anaeróbicas, lo que conduce a una mayor conformación de cristales de MAP o a un crecimiento de cristales.

15 A continuación, una cantidad predeterminada de la mezcla de lodo/agua se extrae de forma continua o a intervalos, es decir, por lotes, de la sección inferior 80, también con forma de cono o embudo, del segundo recipiente de reacción 12, cuya zona superior debe presentar una forma cilíndrica, y a través de la segunda línea 16 en el primer recipiente de reacción 10 se recircula como se explicó anteriormente. Para ello, existe una bomba 84 en la segunda línea 16.

20 El segundo recipiente de reacción 12 se drena a través de una bomba de descarga 100. La mezcla de lodo/agua entrante que no se recircula al primer recipiente de reacción 10 se extrae a través de dicha bomba de descarga 100 y se descarga. En este caso es posible alimentar el lodo directamente a través de una línea 88 a un sistema de deshidratación u, opcionalmente, conducirlo a través de un separador 90, como un hidrociclón, para separar los cristales MAP o los núcleos de cristal aún presentes en el lodo, que después se alimentan a través de una tercera línea 92 al primer recipiente de reacción 10 y/o se retroalimentan a través de una cuarta línea 102 al segundo recipiente de reacción 12. En este caso se trata esencialmente de microcristales.

Los cristales de MAP precipitados en el primer recipiente de reacción 10 ingresan al separador 30, que sale del punto más profundo de la sección inferior 28 del recipiente de reacción 10.

30 Para liberar los cristales MAP de partículas o escamas de lodo, está previsto según la invención que en la zona inferior del separador 30 se proporcionen conexiones para el agua de lavado (conexión 94) y el aire de lavado (conexión 96), por lo que se produce un desprendimiento de los cristales de MAP por el aire de lavado introducido y un lavado por el agua de lavado introducida. Al mismo tiempo, se realiza una clasificación de los cristales MAP, de modo que los cristales de MAP grandes, es decir, pesados, permanecen en la zona inferior del separador 30, mientras que los cristales de MAP más pequeños y ligeros y las partículas y las escamas de lodo flotan hacia arriba y se lavan de nuevo en el primer recipiente de reacción 10. De esta manera, los cristales de MAP pequeños se reintroducen al proceso explicado anteriormente en el primer recipiente de reacción 10, con el resultado de que se puede presentar un mayor crecimiento.

40 Para que los microcristales y las escamas de lodo expulsados tras el desprendimiento mediante el aire de lavado, que se introduce en el separador 30 a través de las conexiones 96, y el agua de lavado, que se introduce en el separador 30 a través de las conexiones 94 o las líneas, puedan volver a introducirse en el proceso descrito anteriormente en el primer recipiente de reacción 10, está previsto que las sustancias expulsadas pasen a través de la sección inferior cónica 28 del primer recipiente de reacción 10. Sin fluir en ella, las sustancias son guiadas verticalmente a través de la sección inferior 28 hasta la sección cilíndrica superior 26. Para ello, está prevista una guía tubular 31 ensanchada en el lado del separador que se extiende como prolongación del separador 30, tal como se puede observar en los dibujos de las figuras 1 y 2 de forma evidente. La guía 31 con la extensión en forma de embudo 33 asegura que las sustancias expulsadas, es decir, microcristales y escamas de lodo, lleguen directamente a la zona de captación del flujo ascendente en el interior de la sección superior 26 del primer recipiente de reacción 10 rodeada por el tabique cilíndrico 40, sin frenarse debido al ensanchamiento del perfil del flujo en la sección inferior en forma de embudo 26, lo que provocaría la pérdida de la fuerza de flotación.

50 En otras palabras, la guía 31 sirve para conducir las sustancias expulsadas del separador 30 directamente al espacio interior 46 de la sección superior 26 que está rodeada por el tabique 40 cilíndrico.

Con respecto al separador 30, cabe señalar que se puede diseñar sin cierre del lado del recipiente para la función de separación. Sin embargo, puede estar previsto un cierre que separe el separador del recipiente, por ejemplo, para realizar tareas de mantenimiento, como por ejemplo, en las conexiones 94, 96.

ES 2 936 146 T3

El separador 30 puede estar fabricado, por ejemplo, de acero inoxidable y eventualmente presentar un revestimiento antiadherente, particularmente, en el interior. Los diámetros típicos de un correspondiente separador 30 se encuentran entre los 300 mm y los 600 mm con una longitud total de entre 400 mm y 1500 mm.

5 La guía 31 también puede ser de acero inoxidable o de acero y eventualmente estar provista de un revestimiento antiadherente. Los diámetros típicos deberían ser de 300 mm a 600 mm. La longitud máxima corresponde a la altura de la sección inferior 28 en forma de embudo o en forma de cono del primer recipiente de reacción 10. El dimensionamiento o la disposición deben realizarse de tal manera que los cristales de MAP puedan fluir hacia el separador 30 sin ninguna interrupción en términos de flujo.

10 El volumen del primer recipiente de reacción 10 debe ser de 2 a 20 veces la tasa de alimentación volumétrica horaria del primer recipiente de reacción 10. Se prefieren las mismas dimensiones en referencia al segundo recipiente de reacción 12.

Con respecto a la entrada de aire a través de los filtros de membrana 48, 50, se debe considerar que la cantidad debe ser de 5 a 35 veces la cantidad de entrada volumétrica horaria en el primer recipiente de reacción 10.

La dosificación de cloruro de magnesio depende de la concentración de iones PO_4 , NH_4 y Mg en el lodo entrante.

15 De acuerdo con la invención, en el segundo recipiente de reacción 12 debería predominar un entorno anaeróbico. Por lo tanto, solo se realiza una mezcla suave. La entrada de energía a través del agitador 78 debería ser de 2-20 vatios por m^3 de la mezcla de lodo/agua.

Cuando se realiza la preacidificación proporcionada opcionalmente, el valor de pH en la acidificación previa no debe caer por debajo de 5,0.

20

REIVINDICACIONES

- 5 1. Procedimiento para la recuperación de fosfato de magnesio y amonio a partir de lodo que se suministra a un primer recipiente de reacción (10) en el cual predomina un medio aeróbico que es alcalino debido a la eliminación del CO₂ y en el cual el lodo circula con la ayuda de aireación; en donde el magnesio catiónico, como el cloruro de magnesio, se añade al lodo y los cristales de fosfato de magnesio y amonio que se han cristalizado del lodo se eliminan a través de un dispositivo de eliminación (30) presente en la zona del fondo del primer recipiente de reacción;
- caracterizado porque
- 10 el lodo se suministra desde el primer recipiente de reacción (10) a través de una primera línea (14) a un segundo recipiente de reacción (12), en el cual se establece un entorno anaeróbico para la redisolución de fosfato, y porque los cristales de MAP cristalizados en el segundo recipiente de reacción se suministran al primer recipiente de reacción.
2. Procedimiento según la reivindicación 1,
- caracterizado porque
- 15 el lodo del segundo recipiente de reacción (12) se suministra opcionalmente a un separador (90) en el que se separan los cristales de fosfato de magnesio y amonio que se alimentan al primer recipiente de reacción (10) y/o al segundo recipiente de reacción (12).
3. Procedimiento según la reivindicación 1 ó 2,
- caracterizado porque
- 20 el lodo alimentado al primer recipiente de reacción (10) desde el segundo recipiente de reacción (12) se extrae de una zona inferior (80) del segundo recipiente de reacción que tiene forma de cono o embudo.
4. Procedimiento según al menos una de las reivindicaciones precedentes,
- caracterizado porque
- el valor de pH en el primer recipiente de reacción (10) se ajusta mediante la extracción de CO₂.
- 25 5. Procedimiento según al menos una de las reivindicaciones precedentes,
- caracterizado porque
- para airear el lodo dentro del primer recipiente de reacción (10) está dispuestos al menos un dispositivo de aireación, preferentemente, dos dispositivos de aireación (48, 50) están dispuestos separados entre sí a lo largo de la altura del primer recipiente de reacción.
- 30 6. Procedimiento según al menos una de las reivindicaciones precedentes,
- caracterizado porque
- el lodo alimentado al primer recipiente de reacción (10) se preacidifica opcionalmente mediante la adición de un ácido, en particular de H₂SO₄.
7. Procedimiento según al menos una de las reivindicaciones precedentes,
- 35 caracterizado porque
- la aireación del lodo del primer recipiente de reacción (10) se realiza en un espacio interior cilíndrico (46) rodeado por una zona exterior cilíndrica (44) en la cual el lodo fluyen hacia la zona inferior del primer recipiente de reacción.
8. Procedimiento según al menos una de las reivindicaciones precedentes,
- caracterizado porque

el magnesio catiónico se añade a la superficie del lodo (47), preferentemente a través de la zona exterior cilíndricamente anular (44) del primer recipiente de reacción (10), o directamente en la alimentación del lodo (18).

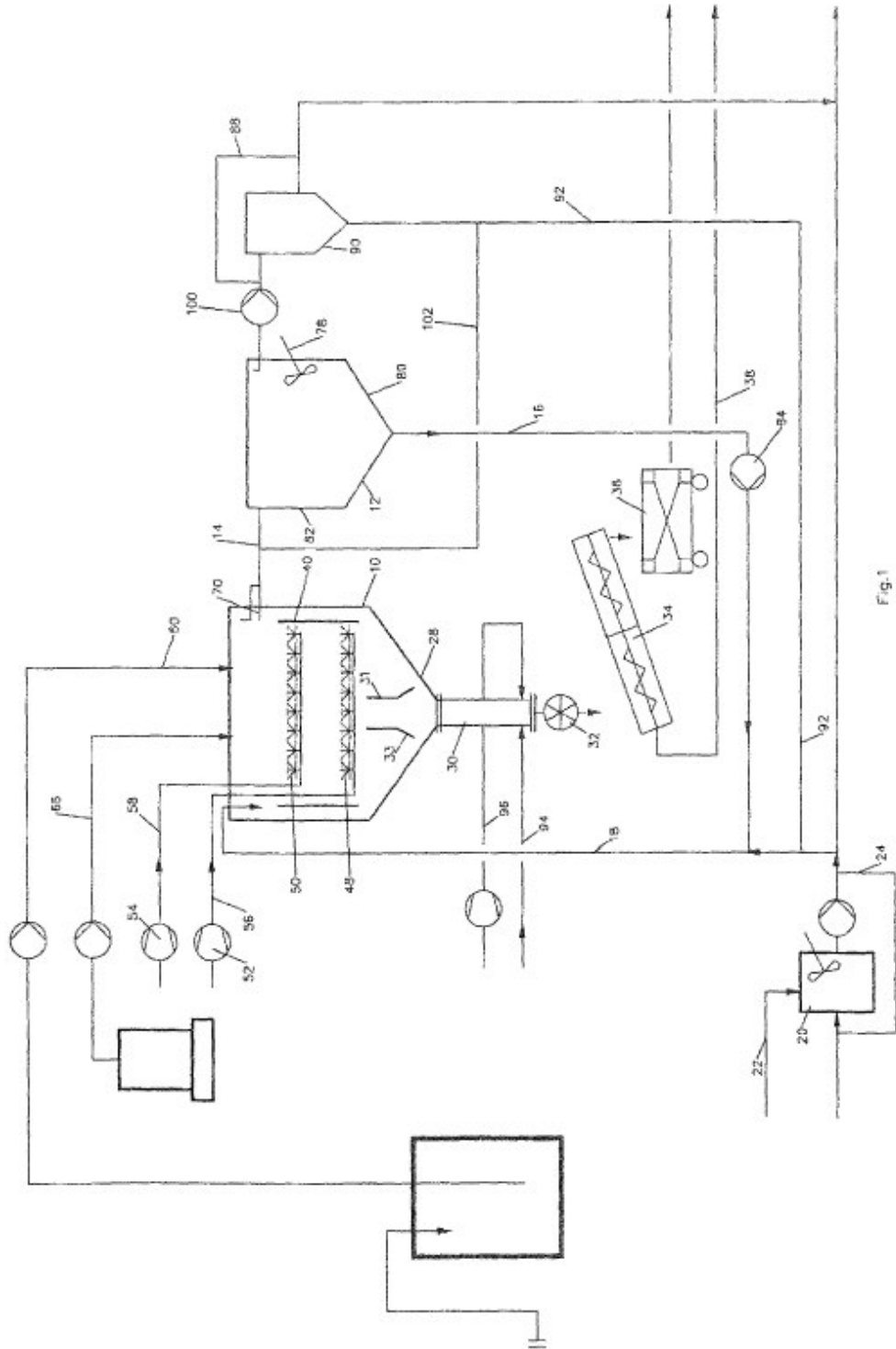


Fig. 1

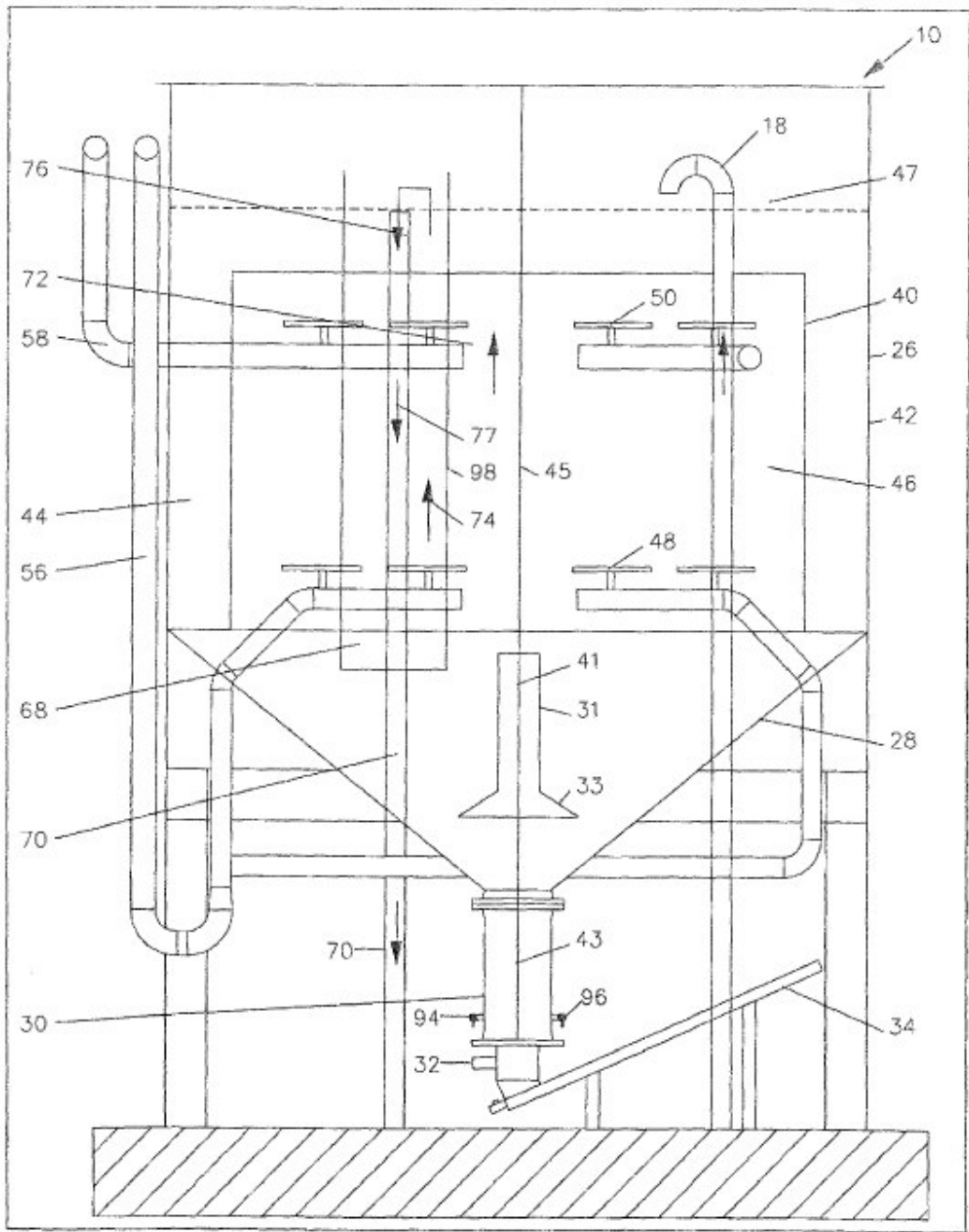


Fig.2