

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 911 504**

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/EP2018/085295**

87 Fecha y número de publicación internacional: **25.07.2019 WO19141460**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **17.12.2018 E 18826585 (4)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **26.01.2022 EP 3740456**

54 Título: **Procedimiento y disposición para recuperar fosfato monoamónico**

30 Prioridad:

18.01.2018 DE 102018101081

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

19.05.2022

73 Titular/es:

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

72 Inventor/es:

**KLAMP, THOMAS y
ORTWEIN, BERNHARD**

74 Agente/Representante:

CARVAJAL Y URQUIJO, Isabel

ES 2 911 504 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 y disposición para recuperar fosfato monoamónico

5 La presente invención hace referencia a un procedimiento para recuperar fosfato monoamónico (MAP) desde lodos, que se suministran a un recipiente de reacción en el que predomina un ambiente aerobio, y en el cual los lodos se suministran a un circuito, con ayuda de aireación, donde a los lodos se agregan magnesio catiónico, como cloruro de magnesio, y donde cristales de fosfato monoamónico (cristales MAP) se precipitan desde los lodos y se separan mediante un dispositivo de extracción que se encuentra presente en el área de la base del primer recipiente de reacción.

10 Además, la invención hace referencia a una disposición para obtener fosfato monoamónico en el tratamiento de los lodos, que comprende un recipiente de reacción con una sección superior cilíndrica, que se convierte en una sección inferior diseñada en forma de embudo o de cono, desde la cual, a su vez, parte un dispositivo de extracción de cristales de fosfato monoamónico. En la sección superior debería estar presente al menos un dispositivo de aireación.

15 El fósforo es una sustancia esencial para la vida de los organismos, que se encuentra presente en la corteza terrestre de forma ligada, y que no puede ser reemplazado, al menos en la flora y la fauna, así como en cualquier organismo vivo. El fósforo, por ejemplo, es necesario en la producción de alimentos, en el crecimiento de las plantas, como fertilizante, y en el caso de la industria, en la producción de hierro y de acero. En particular, el fósforo se utiliza ampliamente en la agricultura.

20 Aun cuando la explotación de los yacimientos naturales de fósforo parecen no estar agotándose en muchas décadas, se están realizando grandes esfuerzos para recuperar fósforo. De este modo, la recuperación de fósforo desde aguas residuales cobra una especial importancia.

Existen una pluralidad de procedimientos para recuperar fósforo, por ejemplo desde agua de lodos, mediante adsorción, precipitación, cristalización o mediante el uso de aglomerados o desde lodos digeridos, mediante lixiviación o sin la misma, o desde ceniza, mediante su tratamiento térmico.

25 En la solicitud DE 101 12 934 B4 se observa un procedimiento en el cual los lodos digeridos se airean, para aumentar el valor de pH mediante extracción por CO₂, para la precipitación de MAP, con una adición simultánea de cloruro de magnesio.

30 Según la solicitud EP 2 028 161 B1 se aplica el mismo principio. En este caso se utiliza un recipiente de reacción en el cual los lodos son guiados en el circuito. Los cristales de MAP que se precipitan se acumulan en un área de la base en forma de un embudo, para después ser extraídos mediante un dispositivo de extracción que puede bloquearse de los dos lados. De este modo, se extraen tanto los cristales de MAP como también los lodos.

En los lodos, junto con los macrocristales que pueden separarse con facilidad se encuentran también microcristales o cristales pequeños que no pueden separarse con los procedimientos de separación habituales.

35 En la solicitud DE 10 2008 050 349 B4 se describe un procedimiento para la precipitación de fósforo desde aguas residuales cargadas con fosfato, mediante la formación de cristales de MAP. El agua residual primero pasa por una etapa anaerobia, que después, en una etapa de extracción, se mezcla con aire y a continuación, en una etapa de cristalización, se mezcla con cloruro de magnesio. Los aglomerados de MAP que se forman son separados de la base del reactor.

40 Por la solicitud JP 2004305991 A se conocen un dispositivo y un procedimiento para recuperar fosfato monoamónico (MAP), que se emplea en el tratamiento de aguas residuales y de lodos residuales. En este caso, el agua residual que contienen los lodos se mezcla con aire y cloruro de magnesio. Las partículas de MAP pesadas son conducidas a un embudo inferior del dispositivo y desde allí se extraen a través de un tubo. En la publicación de Stumpf, D., "Phosphorrecycling durch MAP-Ausfällung im kommunalen Faulschlamm" se ofrece una visión general sobre los procedimientos existentes para el reciclaje de fósforo mediante la precipitación de MAP y para separar el producto de precipitación. Habitualmente, esto tiene lugar después del tratamiento anaerobio de lodos residuales y/o lodos primarios. La precipitación de MAP en general se realiza en reactores de precipitación o en reactores de lecho fluido, en donde el valor pH se aumenta mediante la adición de una sustancia alcalina o la extracción de aire, así como con la adición, o sin ella, de agentes precipitantes de magnesio. El MAP, tradicionalmente, precipita directamente desde los lodos digeridos o desde el agua del proceso del drenaje de los lodos. El MAP precipitado puede separarse mediante tamices, hidrociclones o centrífugas.

Por las solicitudes EP3228599, JPH0899091 y JP3362276 se conocen otros procedimientos relevantes.

El objeto de la presente invención consiste en perfeccionar un procedimiento y una disposición de la clase mencionada en la introducción, de manera que se posibilite un alto nivel de recuperación de fósforo. En particular, para la recuperación de fósforo deben estar igualmente disponibles también los cristales muy pequeños o microcristales.

5 Para solucionar el objeto, con respecto al procedimiento, esencialmente se propone que se disgreguen y/o laven sustancias acumuladas en el dispositivo de extracción, que contienen cristales de fosfato monoamónico, donde gas y líquido se introducen en el dispositivo de extracción en forma de pulsos y/o de forma alterna y/o de forma simultánea, y de manera que las sustancias que salen desde el dispositivo de extracción, del lado del recipiente, mediante una guía, son conducidas por una sección inferior del recipiente de reacción, diseñada en forma de
10 embudo o de cono, y en una sección superior cilíndrica adyacente se exponen al flujo que se encuentra allí.

Según la invención, en el dispositivo de extracción tienen lugar una disgregación y/o un lavado de las sustancias acumuladas, debido a lo cual tiene lugar una agrupación de los cristales de MAP de manera que los cristales de MAP pesados permanecen en el área inferior del dispositivo de extracción, mientras que los cristales de MAP más pequeños o muy pequeños, así como las partículas y las escamas de los lodos flotan y son arrastrados de regreso hacia el recipiente de reacción. Gracias a esto resulta la ventaja de que los cristales se someten al proceso que se desarrolla en el recipiente de reacción, de manera que puede tener lugar un incremento del crecimiento de los cristales, por tanto, se producen cristales con un tamaño tal, que puedan separarse con las medidas habituales.

Para la disgregación o el lavado, en el dispositivo de extracción se introduce gas o bien líquido, donde en particular se prevé que el gas, como aire, o líquido, como agua, en particular agua de proceso, se introduzcan en el área de la base del espacio interno del dispositivo de extracción, que preferentemente presenta una geometría interna cilíndrica hueca.

En este caso, el líquido y el gas se introducen en el dispositivo de extracción de forma alterna y/o a modo de pulsos y/o de forma simultánea.

A diferencia del estado del arte, además, se prevé que para la realización de la invención el dispositivo de extracción sólo deba poder cerrarse del lado de la base, de manera que resulte una construcción sencilla; puesto que según la solicitud EP 2 028 161 B1 el dispositivo de extracción obligatoriamente, del lado del recipiente de reacción, presenta una corredera que cierra entonces el dispositivo de extracción cuando deben extraerse las sustancias que contienen los cristales de MAP.

Se prevé que las sustancias que salen desde el dispositivo de extracción, del lado del recipiente, mediante una guía, a través de la sección inferior del recipiente de reacción, en forma de embudo o de cono, sean conducidas hacia una sección superior cilíndrica adyacente. En este caso, la guía en particular es un dispositivo cilíndrico hueco, como un tubo, que está ampliado del lado del dispositivo de extracción, donde el eje longitudinal de la guía coincide con el eje longitudinal del dispositivo de extracción.

Mediante las respectivas medidas se asegura que los microcristales lavados y las escamas de los lodos sean reconducidos al proceso, para posibilitar un crecimiento de los microcristales o cristales pequeños hasta un tamaño tal, que sea posible una separación sencilla después de una extracción posterior desde el embudo de extracción.

Una disposición de la clase mencionada en la introducción en particular se caracteriza porque el dispositivo de extracción presenta al menos una primera conexión para un gas que debe introducirse y al menos una segunda conexión para un líquido que debe introducirse, y porque en la sección inferior está dispuesta una guía orientada hacia el dispositivo de extracción, que presenta una geometría en forma de un cilindro hueco con una ampliación que se extiende del lado del dispositivo de extracción, para el guiado de sustancias en suspensión en el dispositivo de extracción, hacia la sección superior cilíndrica.

En un perfeccionamiento se prevé que en particular en el área de la base del dispositivo de extracción estén proporcionadas varias primeras conexiones y/o varias segundas conexiones, preferentemente distribuidas de modo uniforme alrededor de la circunferencia del dispositivo de extracción.

De modo más preferente, las primeras y segundas conexiones están conectadas con el dispositivo de extracción, de forma alterna.

El espacio interno del dispositivo de extracción presenta una geometría cilíndrica o cónica.

En particular, y a diferencia del estado del arte, se prevé que el dispositivo de extracción, del lado del recipiente, esté diseñado libre de cierres.

Del lado de la base, el dispositivo de extracción debería presentar un dispositivo de cierre, como una válvula de cierre o una válvula rotatoria.

5 Si el procedimiento según la invención puede realizarse con un único recipiente de reacción, como es posible según la solicitud EP 2 028 161 B1, entonces, sin embargo, en particular se prevé que los lodos sean suministrados desde un primer recipiente del reactor hacia un segundo recipiente del reactor, en donde para la redisolución de fósforo se regula un ambiente anaerobio, y que los cristales de fosfato monoamónico precipitados en el segundo recipiente de reacción se suministren al primer recipiente de reacción.

10 Se usan dos recipientes de reacción que están regulados de forma diferente con respecto a su ambiente, de manera que en el primer recipiente se encuentre presente un ambiente aerobio y en el segundo recipiente un ambiente anaerobio. Este último posibilita una redisolución del fósforo.

En este caso, la descarga de lodos, desde el primer recipiente de reacción, se suministra al segundo recipiente de reacción.

15 Si las bacterias contenidas en los lodos digeridos, bajo condiciones aerobias, en el primer recipiente de reacción, han absorbido un incremento de fosfato paralelamente con respecto a la cristalización de ortofosfato, entonces, bajo las condiciones anaerobias, en el segundo recipiente de reacción, puede tener lugar una redisolución del fósforo que conduce a otra cristalización del MAP, así como a un crecimiento de los cristales. La formación de cristales incluye también microcristales que son suministrados al primer recipiente de reacción como cristales semilla.

20 Existe la posibilidad de que los lodos, básicamente una mezcla de lodos/agua, sean extraídos de forma continua o a modo de lotes desde el área de la base del segundo recipiente de reacción, diseñado preferentemente de forma cónica, y que sea suministrado nuevamente al primer recipiente de reacción. Tiene lugar una recirculación.

Se forma un circuito en el cual se encuentran el primer y el segundo recipiente de reacción, para suministrar lodos o una mezcla de lodos/agua, desde el primer recipiente de reacción, hacia el segundo recipiente de reacción; del cual, al menos una parte, se reconduce nuevamente al primer recipiente de reacción, por tanto, recircula.

La salida desde el segundo recipiente de reacción en particular tiene lugar mediante una bomba de descarga.

25 La mezcla de lodos/agua afluyente, que de forma simplificada se denomina como lodos, que no recircula hacia el primer recipiente de reacción, por ejemplo mediante una bomba de descarga, de manera opcional llega a un separador, en el cual se separan los cristales de MAP, que después son suministrados al primer recipiente de reacción. El separador en particular se trata de un separador de ciclón, como un hidrociclón.

30 Pero también existe la posibilidad de que la mezcla de lodos/agua extraída del segundo recipiente de reacción, que no recircula hacia el primer recipiente de reacción, eluda el separador conectado aguas abajo de manera opcional, para ser conducido directamente a un sistema de drenaje.

En correspondencia con el estado del arte se prevé que se regule el valor pH en el primer recipiente de reacción mediante la extracción de CO₂, mientras que simultáneamente se disuelve O₂. Esto último regula un ambiente aerobio.

35 La extracción de dióxido de carbono tiene lugar mediante una aireación por aire comprimido de burbujas finas, medias o gruesas en el primer recipiente de reacción, debido a lo cual, del modo mencionado, se regula el pH, es decir, se incrementa. Por otra parte, en el segundo recipiente de reacción se realiza sólo un movimiento de mezclado suave, de manera que puede formarse un medio anaerobio, debido a lo cual se posibilita la redisolución del ortofosfato. Como resultado de ello, en el segundo recipiente de reacción pueden formarse otros cristales de MAP, que incluyen los así llamados microcristales, y que se transportan hacia el primer recipiente de reacción como cristales semilla o núcleos de cristales.

40 En el primer recipiente de reacción tiene lugar el crecimiento de los cristales, en donde los microcristales crecen, formando macrocristales. Por otra parte, en el segundo recipiente de reacción anaerobio esencialmente se forman microcristales, debido a la redisolución. Los microcristales, también llamados cristales pequeños, se utilizan para hacer crecer cristales grandes; ya que los microcristales o cristales pequeños presentan un tamaño, así como un peso tal, que los mismos sólo pueden separarse con mucha dificultad, o no pueden separarse en absoluto de los lodos con técnicas de separación habituales. En comparación, los macrocristales pueden separarse bien desde los lodos.

50 Para airear los lodos o la mezcla de lodos/agua en el primer recipiente de reacción se prevé que el primer recipiente de reacción se divida en una sección superior y una sección inferior, donde la sección inferior debería presentar una

forma cónica que se convierta en el dispositivo de extracción de cristales MAP. La sección superior presenta una forma cilíndrica y está dividida en un área interna y un área externa, a saber, mediante una pared separadora que, en sección, forma un círculo, de manera que se producen un área cilíndrica interna y un área cilíndrica circular externa.

5 La pared separadora, que también puede denominarse como instalación de pozo cilíndrico, comienza en el área superior del primer recipiente de reacción, por debajo del nivel de los lodos, y termina en el área inferior, en la transición entre la sección superior y la sección que presenta una forma cónica o esférica. Por consiguiente, el primer recipiente de reacción está dividido en tres áreas, a saber, en un área cilíndrica interna, un área externa en forma de un anillo cilíndrico, y la sección inferior en forma de cono o de esfera.

10 La aireación de los lodos tiene lugar en el interior del área interna cilíndrica, en particular mediante aireadores de membrana. De este modo, en particular se prevé que dentro del área interna, sobre la altura del recipiente de reacción, sólo en el área inferior o en dos planos distanciados entre sí, se dispongan elementos de aireación, como aireadores de membrana.

La entrada de aire efectuada mediante los elementos de aireación cumple las siguientes funciones:

- 15
- mezclado del primer recipiente de reacción, así como la conformación de un perfil de flujo en una orientación determinada de los lodos o de la mezcla de lodos/agua,
 - agrupación de cristales de MAP,
 - intercambio de gases en la mezcla de lodos/agua para la extracción de CO₂.

20 El mezclado en el primer recipiente de reacción, así como la conformación del flujo en una orientación deseada de los lodos, así como de la mezcla de lodos/agua en el área interna del recipiente de reacción, mediante la entrada de aire, tiene lugar debido a la diferencia de presión que resulta de ello, entre el medio "más pesado" en la sección del anillo cilíndrico externo no aireada y el medio "más liviano" en el área interna, así como mediante la fuerza de salida de burbujas de aire y la fuerza ascensional iniciada de ese modo. Mediante la fuerza ascensional de las burbujas de aire que se han aportado, la mezcla de lodos/agua se succiona desde la sección de anillo cilíndrico, por debajo de la pared separadora, entre el área interna y el área externa hacia el centro del recipiente, se entremezcla con aire y después, en el área interna, es impulsada en un flujo vertical hacia la superficie de los lodos. En la superficie, la mezcla de lodos/agua forma gases y fluye horizontalmente por encima de la pared separadora, hacia el exterior, hacia la sección del anillo cilíndrico que se extiende de forma periférica. Después, en la sección del anillo cilíndrico externa, no aireada, tiene lugar el movimiento descendente vertical, en dirección a la base del recipiente, por tanto, de la sección inferior que presenta la forma cónica o esférica.

El circuito descrito es accionado mediante un aporte de energía, por medio de la compresión adiabática del aire en un compresor, y la expansión politrópica después de la entrada en la mezcla de lodos/agua.

35 Mediante el aporte de energía también se regula la fuerza ascensional en el área interna del área cilíndrica. Debido a esto tiene lugar una agrupación del tamaño de los cristales de MAP; ya que cuanto más grande es la estructura del cristal, tanto más grande es su peso y, en consecuencia, su velocidad de sedimentación, que está condicionada por la fuerza de gravedad. A partir de un tamaño determinado y, con ello, de un peso de los cristales, la fuerza ascensional ya no es suficiente para arrastrar los cristales en el flujo ascendente vertical en el área interna cilíndrica, de manera que los cristales se sedimentan en el área inferior, por tanto, en la sección inferior cónica o esférica, y se depositan allí.

40 En comparación, los cristales pequeños, por tanto, aquellos con un peso reducido, son arrastrados con el flujo, de manera que los mismos aún se encuentran en el circuito del proceso hasta que se produce un crecimiento hasta un determinado tamaño, de manera que mediante las fuerzas ascensionales no puede superarse el peso de los cristales, con la consecuencia de que se depositan en el área inferior.

45 La entrada de aire en el área inferior del área interna de la sección superior del primer recipiente de reacción conduce también a una extracción de CO₂ desde la mezcla de lodos/agua. El dióxido de carbono disuelto puede separarse mediante el aire que asciende y forma gases en la superficie de los lodos, junto con el aire. Al mismo tiempo se aporta oxígeno y el ambiente, debido a eso, se vuelve aerobio.

50 El aumento del valor pH logrado mediante la mencionada extracción, con la puesta a disposición simultánea de magnesio mediante la dosificación de en particular cloruro de magnesio o de otro compuesto de magnesio adecuado, inicia la formación de cristales de MAP, así como el crecimiento de los cristales.

ES 2 911 504 T3

La alimentación del primer recipiente de reacción con lodos tiene lugar en el área interna aireada, en el nivel de los lodos. El magnesio unido de forma catiónica, en particular en forma de cloruro de magnesio, se dosifica sobre la superficie de los lodos, preferentemente sobre el área externa en forma de anillo cilíndrico.

5 En particular se prevé que los lodos o la mezcla de lodos/agua sean extraídos desde la sección de anillo cilíndrico externa. Por ese motivo, en un perfeccionamiento se prevé que un pozo de descarga se encuentre en el área externa de la sección superior del primer recipiente de reacción. En este caso, la salida debe tener lugar mediante el principio de desplazamiento. Con la alimentación del primer recipiente de reacción con lodos, en la misma parte de volumen, al mismo tiempo, los lodos son arrastrados hacia fuera desde el recipiente de reacción. De este modo, el desplazamiento desde el área inferior de la sección de anillo cilíndrico externo tiene lugar hacia un canal de salida.
10 La mezcla de lodos/agua que sale circula en el canal de salida, primero partiendo desde el área de la base del área externa, hacia arriba, y mediante un umbral de salida, hacia un área de salida. La salida de la mezcla de lodos/agua, a continuación, es guiada desde el primer recipiente de reacción hacia el segundo recipiente de reacción.

15 El segundo recipiente de reacción se mezcla de forma mínima, pero sin airearse. Gracias a esto se producen las condiciones del ambiente anaerobias deseadas, de manera que puede tener lugar una redisolución del fósforo que, del modo mencionado, conduce a otra formación de cristales de MAP o al crecimiento de los mismos. Los cristales así producidos igualmente se acumulan en el área inferior del segundo recipiente de reacción, en particular diseñada de forma cónica o esférica, de manera que los mismos, mediante una extracción continua o en forma de intervalos, desde la cantidad de mezcla de lodos/agua, llegan al primer recipiente de reacción. Tiene lugar una recirculación de los lodos, así como de la cantidad de la mezcla lodos/agua.

20 La salida desde el segundo recipiente de reacción tiene lugar mediante una bomba de descarga, desde la parte cilíndrica superior del recipiente, por encima del agitador.

25 Existe la posibilidad de que los lodos digeridos, antes de la carga en el primer recipiente de reacción, de manera opcional, se acidifiquen levemente mediante la adición de un ácido para, con ello, aumentar la concentración de ortofosfato para así intensificar la cristalización subsiguiente del MAP en la entrada hacia el primer recipiente de reacción.

30 Una disposición para la recuperación de fosfato monoamónico desde los lodos, por tanto, en particular se caracteriza porque la disposición presenta un primer recipiente de reacción con una sección superior cilíndrica que presenta un área interna y una externa, que se convierte en una sección inferior que presenta una forma cónica, desde la cual, a su vez, parte un dispositivo de extracción para los cristales de fosfato monoamónico, donde en el área interna de la sección superior se encuentra presente al menos un dispositivo de aireación, así como presenta un segundo recipiente de reacción que está conectado al primer recipiente para formar un circuito que conduce los lodos. De este modo, se prevé que un primer conducto que conduce hacia el segundo recipiente de reacción parta desde una salida del primer recipiente de reacción, y que un segundo conducto que conduce hacia el primer recipiente de reacción parta desde el área de la base del segundo recipiente de reacción.

35 Puede preverse que el segundo recipiente de reacción, de manera opcional, esté conectado a un separador que separe los cristales de fosfato monoamónico, como un separador de ciclón, mediante una bomba de descarga, que mediante un tercer conducto está conectada al primer recipiente de reacción y/o mediante un cuarto conducto está conectada al segundo recipiente de reacción, mediante el cual los cristales de MAP pueden suministrarse al primer recipiente de reacción y/o al segundo recipiente de reacción.

40 En particular se prevé que dentro del área interna del primer recipiente de reacción, sólo en el área inferior o en planos distanciados unos con respecto a otros mediante su altura, respectivamente estén dispuestos uno o varios dispositivos de aireación.

Además, sobre la superficie de los lodos, preferentemente sobre el área externa del primer recipiente de reacción, diseñada en forma de un anillo cilíndrico, debería conducirse un suministro para magnesio catiónico.

45 En un perfeccionamiento se prevé que el primer recipiente de reacción esté conectado a un conducto de suministro de lodos, que de manera opcional está conectado a un dispositivo de acidificación previa.

Otras particularidades, ventajas y características de la invención no sólo resultan de las reivindicaciones y de las características que pueden extraerse de las mismas - en sí mismas y/o en combinación -, sino también de la siguiente descripción de los ejemplos de ejecución preferentes que pueden apreciarse en el dibujo.

50 Muestran:

Figura 1 una representación básica de una disposición para obtener fosfato monoamónico,

Figura 2 una representación básica de un primer recipiente de reacción,

Figura 3 una representación ampliada de un dispositivo de extracción que puede apreciarse en las figuras 1 y 2, y

Figura 4 una sección transversal del dispositivo de extracción según la figura 3.

- 5 Por medio de las figuras se describe un procedimiento de dos etapas, mediante el cual, desde los lodos digeridos, se precipitan cristales de fosfato monoamónico, sin que ello limite la revelación según la invención. Más bien, la misma hace referencia también a un procedimiento de una etapa para la precipitación de cristales de fosfato monoamónico.

El procedimiento de dos etapas se explica de forma estrictamente básica mediante la figura 1.

- 10 Los componentes esenciales de la disposición para la recuperación de fósforo, por tanto, para la precipitación de cristales de fosfato monoamónico, son un primer recipiente de reacción 10, en donde predomina un ambiente aerobio, y un segundo recipiente de reacción 12 con un ambiente anaerobio. El primer recipiente de reacción 10, mediante un primer conducto 14, está conectado al segundo recipiente de reacción 12 que, a su vez, para la recirculación de los cristales de fosfato monoamónico, así como de los lodos que contienen núcleos de cristales,
15 está conectado al primer recipiente de reacción 10, mediante un segundo conducto 16. De este modo, el segundo conducto 16 preferentemente desemboca en un conducto 18, mediante el cual se suministran lodos, desde una instalación de lodos digeridos, hacia el primer recipiente de reacción 10.

- Eventualmente, los lodos digeridos, antes de la carga en el primer recipiente de reacción 10, puede acidificarse levemente mediante un ácido, como por ejemplo H_2SO_4 , para aumentar la concentración de ortofosfato para la intensificación de la cristalización de fosfato monoamónico (MAP) subsiguiente en la entrada hacia el primer
20 recipiente de reacción 10.

- En correspondencia con la representación básica de la figura 1, los lodos, de manera opcional, pueden circular por un recipiente 20, al cual se suministra un ácido, por ejemplo H_2SO_4 , mediante un conducto 22. En tanto no se desee una acidificación correspondiente, está proporcionado un conducto de derivación 24 para poder conducir los lodos
25 directamente hacia el primer recipiente de reacción 10.

- El primer recipiente de reacción 10, en correspondencia con la representación básica según la figura 2, se compone de una sección cilíndrica superior 26 y de una sección inferior 28, diseñada en forma de cono o de embudo. La sección inferior 28 en forma de embudo se convierte en un dispositivo de extracción 30 que puede denominarse
30 como separador, en donde se acumulan cristales de MAP, para después de la apertura de por ejemplo una válvula rotativa 32 o, de otro modo, mediante un dispositivo de descarga asegurado, a través de un drenaje sinfín 34, suministrar los mismos a un contenedor 36. El agua de drenaje que se produce durante el transporte, mediante el sistema sinfín 34, es descargada mediante un conducto 38.

- Las características esenciales pueden apreciarse con claridad en las figuras 3 y 4, en donde se representa de forma detallada el dispositivo de extracción 30, a continuación denominado separador. El separador 30 presenta una geometría cilíndrica hueca y, mediante una brida 35, puede conectarse a la salida de la sección inferior 28 cónica del
35 recipiente de reacción 10. Del lado de la base, por tanto, de forma apartada del recipiente, el separador 30 presenta igualmente una brida 37, con la cual el separador 30 puede conectarse por ejemplo a la válvula rotativa 32 o, de otro modo, a un dispositivo de descarga asegurado.

- En el área de la base del separador 30 están proporcionadas conexiones 94, 96 para disgregar y lavar cristales de MAP de distinto tamaño acumulados en el espacio interno 39 del separador 30, así como lodos o escamas de los lodos, llamados en conjunto sustancias. Las conexiones 96 están proporcionadas para aire y las conexiones 94 para agua. Las conexiones 94, 96 están dispuestas de forma alterna, es decir que a una conexión de aire 96 le sucede una conexión de agua 94, y de forma inversa.
40

- Mediante la introducción de aire y agua, a modo de pulsos y/o de forma alterna y/o simultánea, tiene lugar una disgregación de los cristales de MAP acumulados, y un lavado. Al mismo tiempo tiene lugar una agrupación de los cristales de MAP, de manera que los cristales de MAP grandes, es decir, pesados, permanecen en el área inferior del separador 30, mientras que los cristales de MAP más pequeños, más livianos, en particular microcristales o cristales pequeños, así como partículas y las escamas de los lodos, se elevan y retornan en suspensión al recipiente de reacción 10. Gracias a esto se asegura que los cristales de MAP pequeños, que son difíciles de separar con
45 métodos habituales, sean suministrados nuevamente al recipiente de reacción 10 y, con ello, al proceso. Esto conduce a un ulterior incremento del crecimiento de esos cristales de MAP pequeños.
50

El separador 30 puede cerrarse del lado de la base, mientras que del lado del recipiente no debe estar proporcionado un cierre.

5 Para asegurar que los cristales de MAP en suspensión efectivamente lleguen a la sección cilíndrica superior 26, para poder crecer, según la invención se prevé que por encima del separador 30 esté dispuesta una guía 31, que en particular presenta igualmente la geometría de un cilindro hueco, en la sección inferior 28 en forma de embudo, cuyo eje longitudinal 41 coincide con el eje longitudinal 43 del separador 30, y en particular también con el eje longitudinal 45 del recipiente de reacción 10.

10 La guía 31, del lado del separador, presenta una ampliación 33 en forma de un embudo, gracias a lo cual se asegura que las sustancias en suspensión, que salen desde el separador 30, lleguen a la sección superior 26 del recipiente de reacción 10 a través de la guía 31. Mediante esas medidas está asegurado que los microcristales lavados y las escamas de los lodos sean suministrados nuevamente al proceso, ya que la sección inferior 28 en forma de embudo, del recipiente de reacción 10, puede ser atravesada verticalmente hacia arriba. Si no se proporcionara una guía correspondiente, el flujo en una orientación hacia arriba se frenaría debido al aire de lavado y al agua de lavado, mediante al ensanchamiento del perfil de flujo en la sección inferior 28 en forma de un embudo, y se perdería la fuerza ascensional, de modo que las sustancias lavadas no llegarían al circuito de flujo que se describe a continuación, en la sección superior cilíndrica 26 del recipiente de reacción 10. Mediante la guía 31, que también puede denominarse como tubo guía, y la ampliación 33 en forma de embudo, las sustancias lavadas son retenidas y son guiadas de forma dirigida a la sección superior cilíndrica 26 del recipiente de reacción 10, así como hacia el área de entrada del flujo en una orientación hacia arriba.

20 Expresado de otro modo, la guía 31 se utiliza para conducir o guiar sustancias lavadas, desde el separador 30, directamente hacia el espacio interno 46 de la sección superior 26, que está rodeada por la pared separadora 40.

25 En la sección superior del primer recipiente de reacción está instalada una pared separadora 40 que forma un anillo en sección, que se extiende distanciada con respecto a la pared externa 42 de la sección superior 26, de modo que entre la pared separadora 40 que forma un cilindro hueco y la pared externa 42 del primer recipiente de reacción 10 se encuentra presente un espacio interno 44 anular en sección, que corresponde a una sección del anillo cilíndrico. El borde superior de la pared separadora 40 se extiende distanciada con respecto al nivel de los lodos 47.

Del lado de la base, la pared separadora 40 termina casi por encima del área en la cual la sección superior 26 se convierte en la sección inferior 28, tal como puede apreciarse en la representación gráfica.

30 Dentro del espacio interno 46 rodeado por la pared separadora 40 se encuentran dispositivos de aireación 48, 50; en particular en forma de aireadores de membrana, para aportar aire al espacio interno 46 que está relleno con la mezcla de lodos/agua.

35 La entrada de aire debe cumplir tres funciones. De este modo, mediante la entrada de aire, se alcanza un perfil de flujo de los lodos que circula en el recipiente de reacción 10, con un mezclamiento simultáneo. Además, tiene lugar una agrupación de los cristales de MAP, como se explica a continuación. Finalmente tiene lugar un intercambio de gases en los lodos, que básicamente es una mezcla de lodos/agua, donde tienen lugar una extracción de CO₂ y una disolución de oxígeno.

40 El mezclamiento del primer recipiente de reacción 10, así como la conformación del flujo en una orientación determinada en la parte superior 26 del recipiente de reacción 10, se genera debido a la diferencia de densidad resultante entre el medio no aireado que se encuentra dentro del espacio externo 44 y el medio aireado en el espacio interno 46, así como debido a la fuerza ascensional de las burbujas de aire que salen desde los dispositivos de aireación 48, 50. Debido a la diferencia entre el medio "pesado" en el espacio externo anular 44 y el medio "más liviano" que se encuentra presente en el espacio interno 46, los lodos o la mezcla de lodos/agua se succionan desde el espacio anular 44, hacia el centro del recipiente, circulando por consiguiente alrededor del borde inferior de la pared separadora 40.

45 Dentro del espacio interno 46, los lodos se mezclan con aire, para después ser impulsados en la dirección ascendente en el espacio interno 46, en un flujo vertical, hacia la superficie de los lodos 47. En la superficie de los lodos 47, la mezcla de lodos/agua forma gases, y circula después de forma horizontal, por encima del borde superior de la pared separadora 40, hacia el exterior, hacia el espacio anular 44. En el espacio anular 44 externo no aireado tiene lugar después el movimiento descendente vertical, en dirección de la sección inferior 28.

50 El circuito descrito es accionado mediante un aporte de energía, por medio de la compresión adiabática del aire en un compresor, y la expansión politrópica después de la entrada en la mezcla de lodos/agua. El aire es suministrado a los aireadores de membrana 48, 50 mediante ventiladores 52, 54, por medio de conductos 56, 58.

Para que los cristales de MAP puedan precipitarse es necesario el amonio que se encuentra presente en los lodos, así como el magnesio catiónico que se suministra en forma de cloruro de magnesio en el ejemplo de ejecución, a saber, sobre la superficie de los lodos 47, preferentemente por encima del espacio anular 44. En la representación básica de la figura 1, el cloruro de magnesio es agredado mediante un conducto 60.

5 Mediante el aporte de energía se regula también la fuerza ascensional en el espacio interno 46 de la sección superior 26 del primer recipiente de reacción 10. El mismo agrupa el tamaño del cristal de MAP. Cuanto más grande es la estructura del cristal, por tanto, cuanto mayor es el peso de los cristales de MAP, tanto mayor es la velocidad de sedimentación en función de la gravedad. A partir de un tamaño determinado y, con ello, de un peso de los cristales, la fuerza ascensional en el espacio interno 46 ya no es suficiente para arrastrar los cristales en el flujo vertical hacia arriba, de manera que los cristales caen en dirección de la sección inferior 28, se sedimentan allí, y se acumulan en el separador 30. Los cristales más pequeños, por otra parte, son arrastrados con el flujo y también son guiados en el circuito del proceso, hasta que se alcanza un tamaño tal pueden depositarse en la sección inferior 28 en forma de cono o de embudo y, con ello, en el separador 30.

15 La entrada de aire mediante los aireadores de membrana 48, 50 conduce a una extracción de CO₂ desde la mezcla de lodos/agua. Debido a esto se eleva el valor pH, a saber, en particular a un valor de entre 7,5 y 8,2. El aumento del valor pH, con la puesta a disposición simultánea de magnesio mediante la dosificación de cloruro de magnesio o de otro compuesto de magnesio adecuado, inicia la formación de cristales de MAP, así como el crecimiento de los cristales.

20 Los lodos digeridos en sí mismos, que son suministrados al recipiente de reacción 10 mediante el conducto 18, son suministrados al nivel de los lodos 47 del primer recipiente de reacción 10, en correspondencia con la figura 2.

Además, mediante un conducto 66, existe la posibilidad de conducirlos a un antiespumante para reducir la formación de espuma sobre la superficie de los lodos 47, o directamente hacia el conducto de entrada 18.

25 En el espacio externo entre la pared separadora 40 y la pared externa 42, por tanto, en el espacio anular 44, se encuentra un pozo de descarga 98 que desemboca en un tubo 70, partiendo del cual los lodos se suministran al segundo recipiente de reacción 12 mediante el primer conducto 14.

La salida desde el primer recipiente de reacción 10 tiene lugar según el principio de desplazamiento. Con la alimentación del primer recipiente de reacción 10 con lodos, con una misma cantidad de volumen, al mismo tiempo, los lodos son arrastrados hacia fuera desde el recipiente de reacción 10.

30 El desplazamiento tiene lugar desde el área inferior de la sección superior 26, desde el espacio anular 44, hacia el interior del pozo de descarga 98. La mezcla de lodos/agua que sale, fluye hacia el pozo de descarga 98; en la representación ilustrada en correspondencia con la dirección de la flecha 74, hacia arriba, para después llegar al área de salida mediante un umbral de salida 76, como se ilustra mediante la flecha 77.

35 Los lodos que llegan al segundo recipiente de reacción 12 mediante el primer conducto 14, así como la mezcla de lodos/agua, están expuestos a un ambiente anaerobio. Para asegurar esto sólo tiene lugar un mezclado suave (agitador 78), sin efectuar una aireación. En tanto en el primer recipiente de reacción 10, las bacterias contenidas en los lodos digeridos, bajo condiciones aerobias, paralelamente con respecto a la cristalización del ortofosfato, hayan absorbido fosfato de forma aumentada, bajo las condiciones anaerobias, en el segundo recipiente de reacción 12, puede tener lugar una redisolución del fósforo que conduce a otra cristalización del MAP, así como a un crecimiento de los cristales.

40 Una cantidad mezclada de lodos/agua predeterminada se extrae entonces de forma continua o en intervalos, por tanto, a modo de proceso por lotes, desde la sección inferior 80 del segundo recipiente de reacción 12, que igualmente presenta una forma de cono o de embudo, cuya área superior debe presentar una forma de cilindro, y mediante el segundo conducto 16 recircula hacia el primer recipiente de reacción 10, como ha sido explicado anteriormente. Para ello, en el segundo conducto 16 se encuentra una bomba 84.

45 La salida desde el segundo recipiente de reacción 12 tiene lugar mediante una bomba de descarga 100. La mezcla de lodos/agua que entra, que no recircula hacia el primer recipiente de reacción 10, es extraída y desviada mediante esa bomba de descarga 100. De este modo, existe la posibilidad de conducir los lodos directamente, mediante un conducto 88, a un sistema de drenaje, o sin embargo, de manera opcional, de guiarlo a través de un separador 90, como un hidrociclón, para separar los cristales de MAP o los núcleos de cristales que aún se encuentren presentes en los lodos, que después, mediante un tercer conducto 92, se suministran al primer recipiente de reacción 10 y/o mediante un cuarto conducto 102, son conducidos de regreso al segundo recipiente de reacción 12. En este caso se trata esencialmente de microcristales.

ES 2 911 504 T3

Los cristales de MAP precipitados en el primer recipiente de reacción 10 llegan al separador 30, que parte desde el punto más bajo de la sección inferior 28 del recipiente de reacción 10.

- 5 Con respecto al separador 30 cabe señalar que el mismo puede estar diseñado libre de cierres del lado del recipiente, para la función de separación. No obstante, puede estar proporcionado un cierre que separe el separador del recipiente, por ejemplo para realizar trabajos de mantenimiento, como por ejemplo en las conexiones 94, 96.

El separador 30, por ejemplo, puede componerse de acero inoxidable y eventualmente puede presentar un revestimiento antiadherente, en particular en el interior, o también puede estar realizado en acero, con un revestimiento antiadherente en el interior. Los diámetros típicos de un separador 30 correspondiente se encuentran entre 300 mm y 600 mm en el caso de una longitud de construcción de entre 400 mm y 1500 mm.

- 10 La guía 31 igualmente puede componerse de acero inoxidable o de acero, y eventualmente puede estar provista de un revestimiento antiadherente. Los diámetros típicos pueden ser de 300 mm a 600 mm. La longitud, como máximo, corresponde a la altura de la sección inferior 28 en forma de embudo o de cono, del primer recipiente de reacción 10. El dimensionamiento, así como la disposición, deben tener lugar de manera que los cristales de MAP puedan circular sin impedimentos hacia el separador 30, mediante técnica de flujo.

- 15 El volumen del primer recipiente de reacción 10 debería corresponder de 2 a 20 veces la cantidad de entrada volumétrica por hora hacia el primer recipiente de reacción 10. Se consideran preferentes los mismos dimensionamientos con relación al segundo recipiente de reacción 12. Con respecto a la entrada de aire mediante los filtros de membrana 48, 50 cabe señalar que la cantidad debería ascender de 5 a 35 veces la cantidad de entrada volumétrica por hora hacia el primer recipiente de reacción 10.

- 20 La dosificación de cloruro de magnesio depende de la concentración de aportación de los iones de PO_4 , NH_4 y Mg en los lodos.

En el segundo recipiente de reacción 12, según la invención, debe predominar un ambiente anaerobio. Por eso, también tiene lugar sólo un mezclado suave. El aporte de energía mediante el agitador 78 debe ser de 2 - 20 vatios por m^3 de la mezcla de lodos/agua.

- 25 En tanto se realice la acidificación previa prevista de manera opcional, el valor pH en la acidificación previa no debería bajar por debajo de 5,0.

REIVINDICACIONES

- 5 1. Procedimiento para recuperar fosfato monoamónico a partir de lodos, que se suministran a un recipiente de reacción (10) en el que predomina un ambiente aerobio, y en el cual los lodos se suministran a un circuito, con ayuda de aireación, donde a los lodos se agrega magnesio catiónico, como cloruro de magnesio, y donde cristales de fosfato monoamónico se precipitan desde los lodos que se separan mediante un dispositivo de extracción (30) que se encuentra presente en el área de la base del recipiente de reacción, caracterizado porque se disgregan y se lavan sustancias que contienen cristales de fosfato monoamónico acumulados en el dispositivo de extracción (30), donde gas y líquido se introducen en el dispositivo de extracción (30) en forma de pulsos y/o de forma alterna y/o de forma simultánea, y porque sustancias que salen desde el dispositivo de extracción (30), del lado del recipiente, mediante una guía (31), son conducidas por una sección inferior (28) del recipiente de reacción (10), diseñada en forma de embudo o de cono, y en una sección superior (26) cilíndrica adyacente se exponen al flujo que se encuentra allí.
- 15 2. Procedimiento según la reivindicación 1, caracterizado porque un gas, como el aire, y un líquido, como el agua, en particular agua de proceso, se introduce en el área de la base del espacio interno del dispositivo de extracción (30), que preferentemente presenta una geometría interna cilíndrica hueca.
- 20 3. Disposición para recuperar fosfato monoamónico desde lodos, que comprende un recipiente de reacción (10) con una sección superior (26) cilíndrica, que se convierte en una sección inferior (28) diseñada en forma de embudo o de cono, desde la cual, a su vez, parte un dispositivo de extracción (30) de cristales de fosfato monoamónico, donde en la sección superior (26) se encuentra presente al menos un dispositivo de aireación (48, 50), caracterizada porque el dispositivo de extracción (30) presenta al menos una primera conexión (96) para el gas que debe introducirse y al menos una segunda conexión (94) para el líquido que debe introducirse, y porque en la sección inferior (28) está dispuesta una guía (31) orientada hacia el dispositivo de extracción (30), que presenta una geometría en forma de un cilindro hueco con una ampliación (33) que se extiende del lado del dispositivo de extracción, para el guiado de sustancias en suspensión en el dispositivo de extracción (30), hacia la sección superior cilíndrica (26).
- 25 4. Disposición según la reivindicación 3, caracterizada porque en particular en el área de la base del dispositivo de extracción (30) están proporcionadas varias primeras conexiones (96) y/o varias segundas conexiones (94), preferentemente distribuidas de modo uniforme alrededor de la circunferencia del dispositivo de extracción.
- 30 5. Disposición según la reivindicación 3 ó 4, caracterizada porque de manera alterna, primeras y segundas conexiones (96, 94) están conectadas con el dispositivo de extracción (30).
- 30 6. Disposición según al menos una de las reivindicaciones 3 a 5, caracterizada porque el espacio interno del dispositivo de extracción (30) que recolecta cristales de fosfato monoamónico presenta una geometría cilíndrica o cónica.
7. Disposición según al menos una de las reivindicaciones 3 a 6, caracterizada porque el dispositivo de extracción (30), del lado del recipiente, está diseñado libre de cierres.
- 35 8. Disposición según al menos una de las reivindicaciones 3 a 7, caracterizada porque el dispositivo de extracción (30), del lado de la base, presenta un dispositivo de cierre, como una válvula de cierre o una válvula rotatoria (32).
9. Disposición según al menos una de las reivindicaciones 3 a 8, caracterizada porque el eje longitudinal de la guía (31) coincide con el eje longitudinal del dispositivo de extracción (30), y preferentemente con el eje longitudinal del recipiente de reacción (10).

40

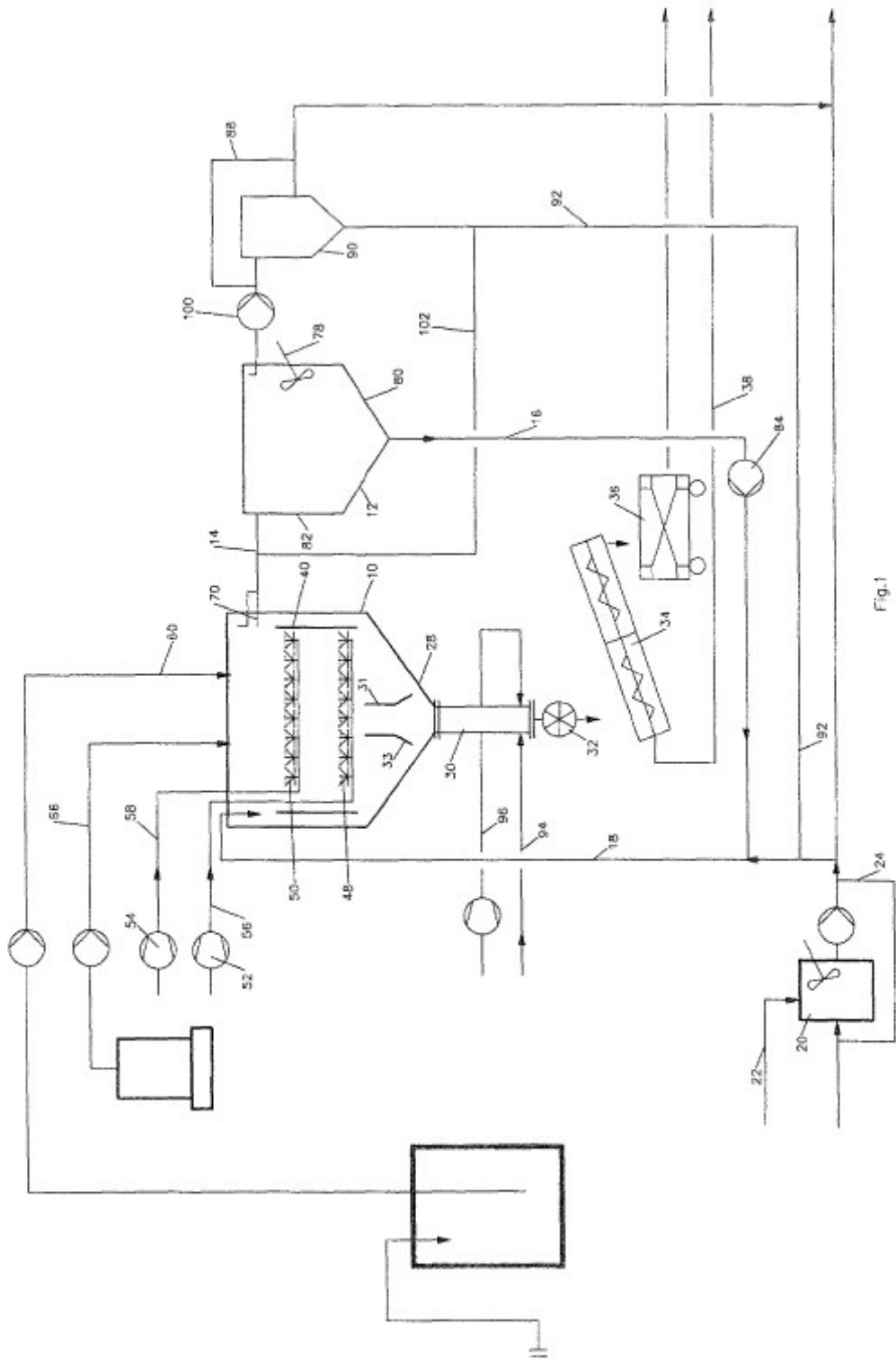


Fig. 1

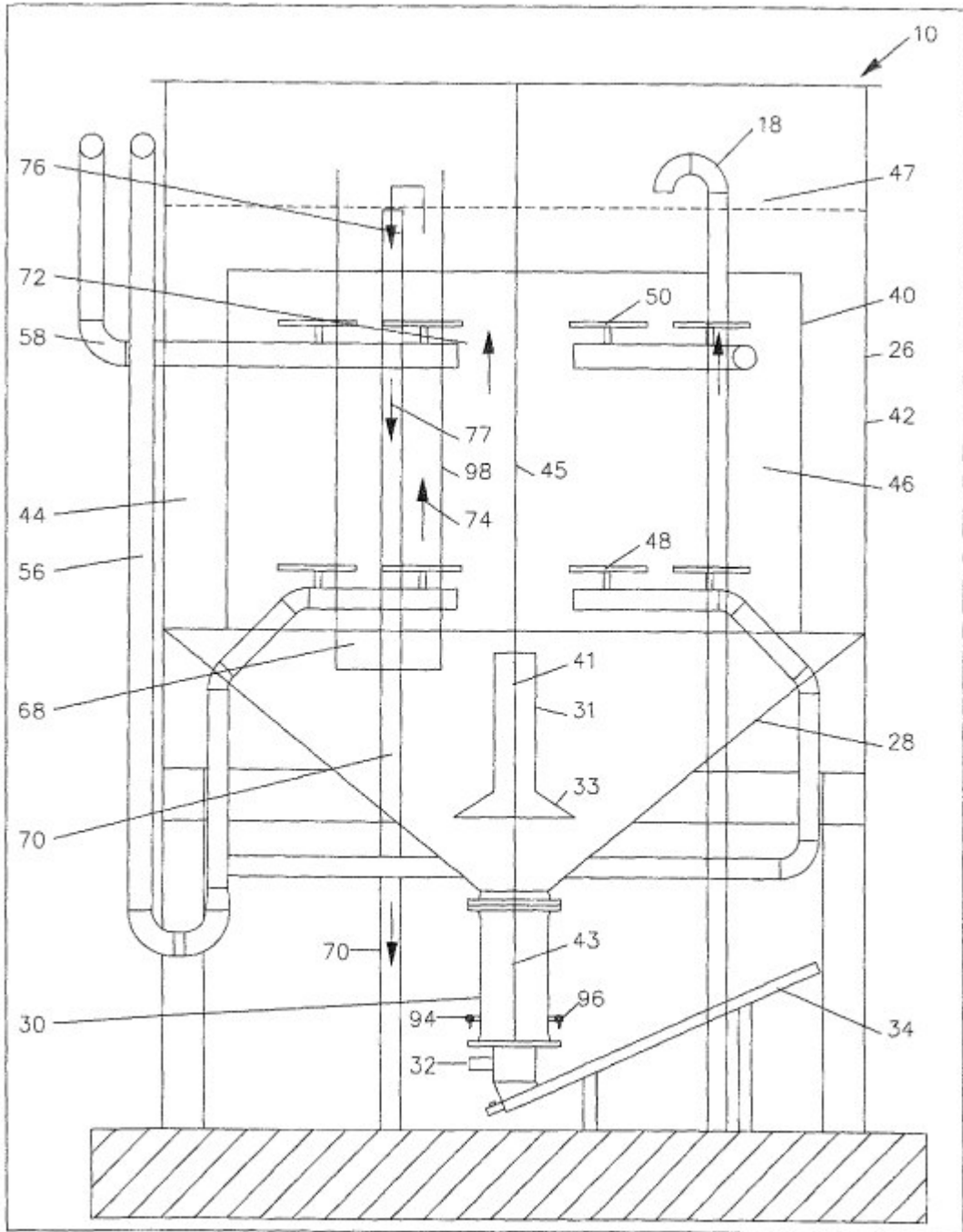


Fig.2

