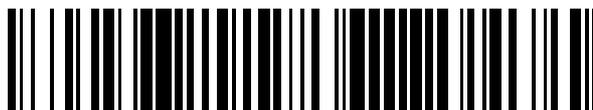


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 427 727**

51 Int. Cl.:

C02F 11/00 (2006.01)

C02F 1/52 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **02.07.2008** **E 08075601 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **19.06.2013** **EP 2028161**

54 Título: **Procedimiento y dispositivo para la recuperación de fosfato de magnesio y amonio en la deshidratación de lodos de clarificación**

30 Prioridad:

27.07.2007 DE 102007035910

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

31.10.2013

73 Titular/es:

**BERLINER WASSERBETRIEBE ANSTALT DES
OFFENTLICHEN RECHTS
NEUE JUDENSTRASSE 1
10179 BERLIN, DE**

72 Inventor/es:

**HANNEMANN, THOMAS, DIPL.-ING.;
JONSCH, GERNOT, DIPL.-ING. y
LENGEMANN, ANDREAS, DIPL.-ING.**

74 Agente/Representante:

DE ELZABURU MÁRQUEZ, Alberto

ES 2 427 727 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 dispositivo para la recuperación de fosfato de magnesio y amonio en la deshidratación de lodos de clarificación
- 5 La invención se refiere a un procedimiento para la recuperación de fosfato de magnesio y amonio (MAP) que encuentra aplicación en el tratamiento de lodo de clarificación y un dispositivo para la realización del procedimiento.
- 10 El fósforo es un elemento importante y vital para los organismos.
Es conocido que el lodo digerido comunal proveniente de plantas de clarificación con eliminación biológica de fósforo constituye una oferta abundante de fósforo presente. Una recuperación posible del fósforo en una forma reutilizable es la cristalización y precipitación como MAP del lodo digerido.
- 15 Para ello, de acuerdo con el documento DE 101 12 934 B4, se conoce un procedimiento en el cual el lodo digerido es aireado para aumentar el valor pH mediante el stripping de CO₂ y, con la adición simultánea de cloruro de magnesio, precipitar el MAP.
Para este procedimiento se conocen reactores por precipitación que presentan una forma específica de la torre de burbujeo en las tres fases como agua fangosa, MAP y aire (Stratful, 1999: Biological phosphorus removal, its role in phosphorus recycling, Environmental Technology, volumen. 20, páginas 681 - 695; Air Prex MAP-Verfahren: <http://pcs-consult.de/html/airprex3.html>). Las desventajas de ello consisten en que mediante la aireación se generan costes energéticos enormes.
- 20 Otro procedimiento es el proceso PHOSNIX (PHOSNIX-process: Technology for recovery of phosphorus resources from wastewater, Unitika, Ltd., JP-0098E), que también se basa en el principio de la torre de burbujeo. Para aumentar el valor pH se adiciona lejía. La aireación se produce manteniendo los cristales MAP en suspensión mediante la corriente de aire.
En este caso, el uso de grandes cantidades de lejía es desventajoso.
- 30 La adición de hidróxido de magnesio en una planta monocámara en forma de una torre de burbujeo se opera en la planta de clarificación de Brisbane (Inglaterra) (v. Münch, A. Benesovsky-Scott, J. Josey y K. Barr: Making a business from struvite crystallization for wastewater treatment, Brisbane Water 240 Donaldson Road, Rocklea, QLD 4106, Australia), pero tiene, sin embargo, las desventajas de que mediante el uso de hidróxido de magnesio se produce un retardo temporal tardío y una precipitación incompleta de los fosfatos. Además, el hidróxido de magnesio es una suspensión y durante el transporte y el almacenamiento debe ser revuelta constantemente.
- 35 En el reactor desarrollado en la instalación de prueba para MAP de la planta de clarificación de Hiagan en Kitakyushu se mezcla y distribuye agua de mar y MAP de tal manera que las partículas de MAP aumentan de tamaño mediante una cristalización. A continuación, del líquido mezclado se sedimentan las partículas de MAP y el agua tratada es retornada a la corriente principal (K. Kumashiro, H. Ishiwatari, Y. Nawamura: A Pilot Plant Study on using Seawater as Magnesium Source for Struvite Precipitation, 1. Water Quality Control Section, Construction Bureau, 96-3 Nishiminato-Mati, Kokurakita-Ku, Kitakyushu, 803-0801, Japón).
En este caso, una elevada carga de cloruro de sodio del agua de proceso es negativa.
- 40 Además, se conocen reactores de lecho fluidizado en los que la mayoría de las veces fluye agua filtrada o centrifugada proveniente del drenaje de lodo a través de una capa de arena de sílice.
- 45 En la planta conocida (Battistoni P., R. Boccadoro, P. Pavan, F. Cecchi: 2001, Struvite crystallisation in sludge dewatering supernatant using air stripping: the new-full scale plant at Treviso, Italy, sewage works, 2nd international conference on recovery of phosphate from sewage and animal wastes, Noordwijkerhout, Holland) de Treviso, el agua filtrada es conducida mediante el stripper de aire al reactor de lecho fluidizado a través de la prensa de filtro de banda después del drenaje de agua del lodo digerido. Este está lleno de arena de sílice, que favorece una formación heterogénea de núcleos para la cristalización del MAP.
La desventaja de este proceso con configuración técnica es el proceso de cristalización tardío, es decir que los fosfatos son transportados a través de toda la planta de tratamiento de lodos y precipitan de manera no deseada en paredes de tuberías, bombas y centrifugas, antes de que se produzca la precipitación deseada del filtrado o centrifugado.
- 50 Otro perfeccionamiento de un procedimiento de recuperación de fósforo mediante un reactor de lecho fluidizado ha sido operado en Tokio (K. Shimamura, T. Tanaka, Y. Miura y H. Ishikawa: 2003, Water Science and Technology Vol 48, N° 1, páginas 163 - 170, Development of a high-efficiency phosphorus recovery method using a fluidized-bed crystallized phosphorus removal system Ebara Corporation, Japón).
- 55 La planta de precipitación correspondiente se compone de un tanque principal y un tanque secundario.
El tanque secundario se usa para la formación de núcleos de cristalización, mientras que en el tanque principal se precipita el MAP.
Debido al tanque adicional para la formación de núcleos, el coste en términos de equipamiento es muy grande. El
- 60

documento EP 1 120 380 A se refiere a un reactor para el ablandamiento y/o tratamiento de agua. En este caso, el agua residual tratada es retornada nuevamente al proceso productivo. En el documento JP 2004 305 991 A se describe un dispositivo de desfosforización granuladora para la eliminación y el tratamiento de lodo de clarificación de fósforo.

5 El objetivo de la invención es crear un proceso rentable y económico para la recuperación de MAP de fósforo disuelto en el tratamiento de lodo de clarificación y un dispositivo para la realización del procedimiento. El objetivo es conseguido mediante el dispositivo según la reivindicación 1 y el proceso según la reivindicación 2.

10 Según la invención, el objetivo es conseguido porque el lodo, como es sabido, es alimentado del tanque digestor por medio de tubos de lodo a un reactor compuesto de un cilindro y una tolva. En este caso, el lodo digerido es mezclado con aire y con el lodo circulante adicionando cloruro de magnesio. Después de la desgasificación del lodo digerido, el mismo es conducido a través de un espacio intermedio y en el sistema de circuito forzado hacia abajo entre elementos de aireador y mezclado con aire. En igual cantidad, el lodo es transportado por debajo de una pared divisoria existente a una zona 1 de una zona de aireación bipartida y mezclado por debajo de las traviesas dispuestas con un lodo circulante en una zona 2.

15 A continuación, el lodo es llevado en igual cantidad por encima de un borde de rebose a un pozo de toma dividido. En el cilindro del reactor están dispuestas la zona 1 y la zona 2 de una zona de aireación bipartida. Entre estas dos zonas se encuentra una pared que comienza como mínimo 1 m por encima del nivel de lodo y termina como mínimo 1 m por debajo de los elementos de aireador.

20 En la zona 1 se produce la adición de lodo digerido y en la zona 2 la toma de lodo digerido. En la zona 1 de la zona de aireación bipartida, la mayor parte del CO₂ es separada y en la zona 2 el lodo ya parcialmente desgasificado es cargado otra vez de aire, de manera que exista nuevamente una presión parcial. Para garantizar una circulación suficiente, la incorporación de aire en Nm³/h tiene el triple de valor que el volumen en m³ del tanque.

25 Debido a la corriente turbulenta que se produce en el ascenso de las burbujas de gas, la inyección a presión de aire asegura un buen mezclado y desgasificación del lodo digerido. Una circulación del reactor se produce, exclusivamente, iniciado por la incorporación de aire.

30 Por encima de un pozo de circulación, el lodo es desgasificado en la superficie del lodo y desviado horizontalmente en sentido a la pared del tanque. En el desvío del lodo por debajo de la zona de aireación, las partículas pesadas de MAP son conducidas a una zona de aireación y, a continuación, a una punta de tolva.

En el paso del cilindro y de la tolva se encuentran dispuestos elementos de aireación con conductos principales de aire de alimentación.

35 Por encima de los elementos de aireación y por debajo del nivel de lodo se encuentra un pozo de circulación. Entre el nivel de lodo y el pozo de circulación se encuentra dispuesto un pozo de toma bipartido.

40 Las ventajas del procedimiento según la invención y el dispositivo según la invención son que mediante la adición de cloruro de magnesio al lodo digerido y el salto del valor pH iniciado por la desgasificación se produce la precipitación del MAP. Por lo demás, gracias a las velocidades de circulación relativamente altas en la corriente circulante, los productos precipitados se mantienen en suspensión y se ligan a los núcleos de cristalización.

Los cristales producidos permanecen en suspensión hasta ser lo suficientemente grandes para que la velocidad de sedimentación sea mayor que la velocidad de circulación. Solo entonces, sedimentan al fondo de la tolva por debajo de las traviesas.

45 En la zona de los 30° de la tolva, los mismos son empujados por la corriente de fondo a la punta de tolva con 60° de inclinación.

Allí se sedimentan por la fuerza de gravedad al tanque de descarga de MAP. Si el tanque de descarga está lleno de MAP se cierra la compuerta entre el tanque de descarga y la punta de la tolva.

A continuación se abre la compuerta entre tanque de descarga y sin fin y el MAP cristalino es transportado al contenedor mediante el sin fin.

50 Cuando el tanque de descarga se ha vaciado, las compuertas se accionan en sentido inverso y el proceso de llenado comienza nuevamente.

Pequeños cristales de MAP que todavía se encuentran en suspensión y llegan al pozo de toma se precipitan allí al fondo de la tolva debido a la baja velocidad de circulación imperante allí en la parte abierta hacia abajo del pozo y son arremolinados nuevamente por la corriente de fondo. De esta manera llegan nuevamente al circuito de circulación. Esta parte del pozo de toma actúa como separador MAP para cristales pequeños.

La invención se explica a continuación en detalle mediante las figuras 1 y 2.

La figura 1 muestra la estructura principal y el modo de funcionamiento del tanque de reacción.

La figura 2 muestra una vista de arriba del tanque de reacción.

60 El tanque de reacción se compone de un cilindro 1 y una tolva 2. Por debajo de la tolva 2 se encuentra el tanque de descarga de MAP 3, diseñado de acuerdo con el volumen de producción de cristales a esperar. Por debajo de este tanque de descarga de MAP 3 está dispuesto el sin fin 4 que transporta el MAP a un contenedor. El tanque de descarga

de MAP 3 es bloqueado por compuertas 5 hacia el sin fin 4 o bien hacia el tanque de reacción, de manera que el sin fin 4 no esté expuesto a la presión del lodo. En el tanque de reacción se encuentran en el plano del paso del cilindro 1 a la parte de tolva 2 elementos aireadores 6 diseñados para una capacidad de aire total en Nm³/h de 3 veces el valor del volumen de depósito del tanque. En el tanque de reacción existe un nivel de lodo 7 constante. El lodo digerido fluye del tanque digestor al tanque de reacción. En este caso, el lodo digerido ya aireado es desplazado a través del pozo de toma 8 desde debajo de los elementos de aireación 6 a un tanque colector. El aire saliente es evacuado a la atmósfera. Por encima de los elementos de aireación 6 se coloca un pozo de circulación 9 cilíndrico que refuerza considerablemente la circulación. Debido a las bajas velocidades de circulación en la parte de tolva 1, el MAP se deposita en la pared de la parte de tolva 1 y allí, debido a la fuerte inclinación, precipita hacia su punta y cae al tanque de descarga 3.

El tanque de reacción es un recipiente redondo colocado sobre pilares 10. Como el tanque es atravesado constantemente por el lodo digerido no es forzadamente necesario un aislamiento térmico, sin embargo el lodo estaría, entonces, menos enfriado y mejor para drenar.

Para aumentar el gradiente de la presión parcial del CO₂ disuelto respecto de la presión parcial del CO₂ en las burbujas encerradas en el lodo, el cilindro 1 del tanque es dividido en dos zonas de aireación conectadas consecutivamente. Las zonas son realizadas mediante la incorporación de una pared separadora 11 dispuesta de manera central en el tanque. La pared separadora 11 comienza 1 m por encima del nivel de lodo 7 y termina, más o menos, 1 m por debajo de los elementos de aireación 6. El lodo fluye por debajo de la pared separadora 11 mediante el desplazamiento de la zona 1 12 a la zona 2 13. En la zona 1 12 se encuentra la alimentación de lodo digerido. En la zona 2 13 se encuentra la toma de lodo digerido.

Los elementos esenciales del sistema son los elementos de aireación 6 con los conductos principales de alimentación de aire 14, el pozo de circulación 9 y el compresor de aire 15. La inyección a presión de aire se usa para la circulación del lodo digerido y para aumentar el valor pH y, en consecuencia, la precipitación iniciada por esta causa.

Adicionalmente, circundante por encima de los elementos de aireación 6 está estructurado un pozo de circulación 9 que termina, más o menos, 500 mm por debajo del nivel de lodo 7.

De esta manera, mediante diferencias de densidad dentro del pozo de circulación 9 se produce un movimiento ascendente. Por encima de un pozo de circulación, en la superficie del lodo se desgasifica el lodo y es desviado en sentido a la pared de tanque 16. Entre el pozo de circulación 9 y la pared de tanque 16 desciende el lodo más pesado y al abandonar el espacio intermedio 17 fluye en dirección al centro de tanque.

El lodo es desviado por debajo de los elementos de aireación 6. En el desvío del lodo, las partículas pesadas de MAP llegan a la zona de estabilización 18 por debajo de los elementos de aireación 6 y descienden hacia la punta de tolva.

La zona de estabilización 18 está formada por la tolva 2 bipartida. En la parte superior con una inclinación de 30° se depositan en el fondo las partículas pesadas de MAP y son transportadas mediante la circulación a la punta de tolva. La punta de tolva tiene una inclinación de 60°. Por este motivo, las partículas precipitan en sentido al tanque de descarga 3.

Mediante el pozo de circulación 9 instalado se producen en el tanque velocidades de circulación de hasta 0,5 m/s y los pequeños cristales son mantenidos en suspensión y así no llegan a la zona de estabilización 18.

La energía potencial aportada es convertida completamente en energía cinética.

La disposición de los elementos de aireación 6 se produce sobre traviesas 19 por encima de la tolva 2. Al estar lleno el tanque, se produce una columna de agua de 4 a 7 m, preferentemente de 6 m por encima de los elementos de aireación 6. Teniendo en cuenta las pérdidas de presión y los ensuciamientos en los elementos de aireación 6 se requiere una presión de impulsión de un máximo 0,8 bar.

El sistema de conducción de aire se compone del conducto principal de aire 14 y de los conductos distribuidores 20.

Estos conductos distribuidores 20 son conectados más o menos 300 a 700 mm por encima de los soportes de traviesas 19 mediante sujeciones a los mismos.

En la zona 1 12 y en la zona 2 13 del tanque se encuentra en la pared del pozo de circulación 9 un paso roscado que conduce al plano de traviesas.

En el punto inferior del conducto principal de aire 14 se integra un conducto de vaciado y control DN 100 que es conducido hacia fuera del tanque. Por medio del mismo se evacua condensado y se controla si ha penetrado lodo digerido en el conducto principal de aire 14 a través de un elemento de aireación 6 defectuoso.

Sobre más o menos 2 m de la circunferencia, el pozo de toma 8 bipartido se configura entre el cilindro 1 y el pozo de circulación 9. El pozo de toma 8 está abierto arriba hacia la cámara de gases 21. Dicha abertura se encuentra, más o menos, a 500 mm sobre el nivel de lodo 7, de manera que allí el lodo ya no fluye hacia abajo.

Desde el nivel de las traviesas 19, una mitad del pozo de toma 8 está abierto hacia el fondo del tanque. En esta parte del pozo de toma 8, el lodo es desplazado hacia arriba. Debido a la baja velocidad de circulación de un máximo de 0,04 m/s, un MAP eventualmente arrastrado cae y es lavado hacia la tolva 2. Las burbujas de gas todavía arrastradas escapan.

El lodo fluye a la segunda parte del pozo de toma 8 por sobre el borde de rebose 22 que se encuentra a la altura del nivel de lodo. Dicha parte está cerrada hasta la tolva 2. En la tolva 2 se encuentra la tubería de desagüe 23.

ES 2 427 727 T3

Si el nivel de lodo 7 aumenta debido a la formación de espuma, el lodo fluye al pozo de toma 8 y de allí a la tubería de desagüe 23.

5 El lodo fluye a un tanque de depósito gracias a la diferencia de altura geodésica. El compresor de aire 15 es instalado por debajo del tanque en una cubierta insonorizada. El caudal es de 1,5 a 3 veces el valor del volumen de tanque en Nm^3/h , la presión de impulsión de 0,4 a 0,8, preferentemente de 0,7 bar, el consumo eléctrico de más o menos 0,02 a 0,03 KW/Nm^3 .

10 Los compresores de émbolo giratorio o turbocompresores son usados como generadores de aire comprimido. Para conseguir una regulación efectiva del compresor de aire y determinar la eficiencia del proceso se miden la alimentación de lodo al tanque, el valor pH del lodo en la entrada y en la salida del tanque y el volumen de circulación de aire.

10 El fosfato libre disuelto que se encuentra en el tanque es cristalizado como MAP mediante un salto de pH producido por la aireación y por la adición de cloruro de magnesio.

15 El MAP presente como cristales sueltos individuales es quitado del circuito del tanque. En función de la producción de MAP se separa periódicamente el tanque de descarga de MAP del tanque de reacción mediante una compuerta y mediante la apertura de una compuerta se conecta un sin fin de descarga al tanque de descarga de MAP 3. Mediante un sin fin 4, el MAP es transportado a un contenedor. La descarga del sin fin se encuentra por encima del borde superior del tanque de descarga de MAP 3, de manera que la fase líquida se mantiene en su mayoría dentro del tanque.

20 Lista de las referencias existentes para la solicitud de patente "Procedimiento y dispositivo para la recuperación de fosfato magnésico amónico en la deshidratación de lodos de clarificación".

20	1	cilindro
	2	tolva
	3	tanque de descarga
	4	sin fin
25	5	compuerta
	6	elementos de aireación
	7	nivel de lodo
	8	pozo de toma
	9	pozo de circulación
30	10	soportes
	11	pared divisoria
	12	zona 1
	13	zona 2
	14	conductos principales de aire
35	15	compresor
	16	pared de tanque
	17	espacio intermedio
	18	zona de estabilización
	19	traviesas
40	20	conducto distribuidor
	21	cámara de gases
	22	borde de rebose
	23	tubería de desagüe

REIVINDICACIONES

5 1. Dispositivo compuesto de un cilindro y una tolva, caracterizado porque en el cilindro (1) existen una zona 1 (12) y una zona 2 (13) de una zona de aireación bipartida, separadas mediante una pared (11), y en la parte inferior de la tolva (2) está dispuesto un tanque de descarga (3) conectado por medio de la compuerta (5) con la tolva (2) y por medio de otra compuerta con el sin fin (4), estando dispuestos en el paso del cilindro (1) y de la tolva (2) elementos de aireación (6) con conductos principales de aire de alimentación (14) que son alimentados por medio de compresores de aire (15), estando la tolva (2) conformada bipartida, teniendo la parte superior de la tolva (2) una inclinación de 30° y la punta de tolva una inclinación de 60°, habiendo un pozo de circulación (9) por encima de los elementos de aireación (6) y por debajo del nivel de lodo, entre el cilindro (1) y el pozo de circulación (9) se encuentra dispuesto un pozo de toma (8) bipartido, una mitad del pozo de toma (8) está abierta hacia el fondo del tanque desde el nivel de la traviesa (19) y una segunda mitad está cerrada hacia la tolva (2).

15 2. Procedimiento para la recuperación de fosfato de magnesio y amonio (MAP) en el tratamiento de lodo digerido, mediante la alimentación del lodo digerido de un tanque digestor por medio de tuberías de lodo a un tanque de reacción, mediante la mezcla de lodo digerido con aire y el lodo en circulación así como la adición de cloruro de magnesio, realizado mediante un dispositivo según la reivindicación 1, caracterizado porque después de la desgasificación del lodo digerido en la superficie del lodo del tanque de reacción por encima de un pozo de circulación (9), el mismo es desviado horizontalmente en sentido a la pared de tanque y conducido a través de un espacio intermedio (17), forzado en el sistema de circuito hacia abajo entre elementos de aireación (6) y mezclado con aire, teniendo la alimentación de aire en Nm³/h el triple del valor del volumen de tanque en m³, por lo cual en la zona 1 (12) de la zona de aireación bipartida se separa la mayor parte del CO₂ y en la zona 2 el lodo ya desgasificado en parte es nuevamente cargado de aire y, consecuentemente, transportado, a continuación, en la misma cantidad por debajo de una pared separadora (11) existente a una zona 1 (12) de una zona de aireación bipartida y mezclado por debajo de traviesas (19) con el lodo circulante en una zona 2 (13) de la zona de aireación bipartida, siendo los cristales de MAP más pesados conducidos a una zona de estabilización (18) y, a continuación, a una tolva y precipitan desde allí al tanque de descarga de MAP que, después de estar lleno es cerrado mediante una compuerta entre el tanque de descarga y la punta de tolva, a continuación se abre la compuerta entre el tanque de descarga y el sin fin y el MAP cristalino es transportado mediante el sin fin a un contenedor, después del vaciado del tanque de descarga las compuertas son accionadas en sentido inverso y el proceso de llenado comienza nuevamente, a continuación el lodo digerido es alimentado en igual cantidad por sobre un borde de rebose (22) a un pozo de toma (8) dividido.

20
25
30

Figura 1

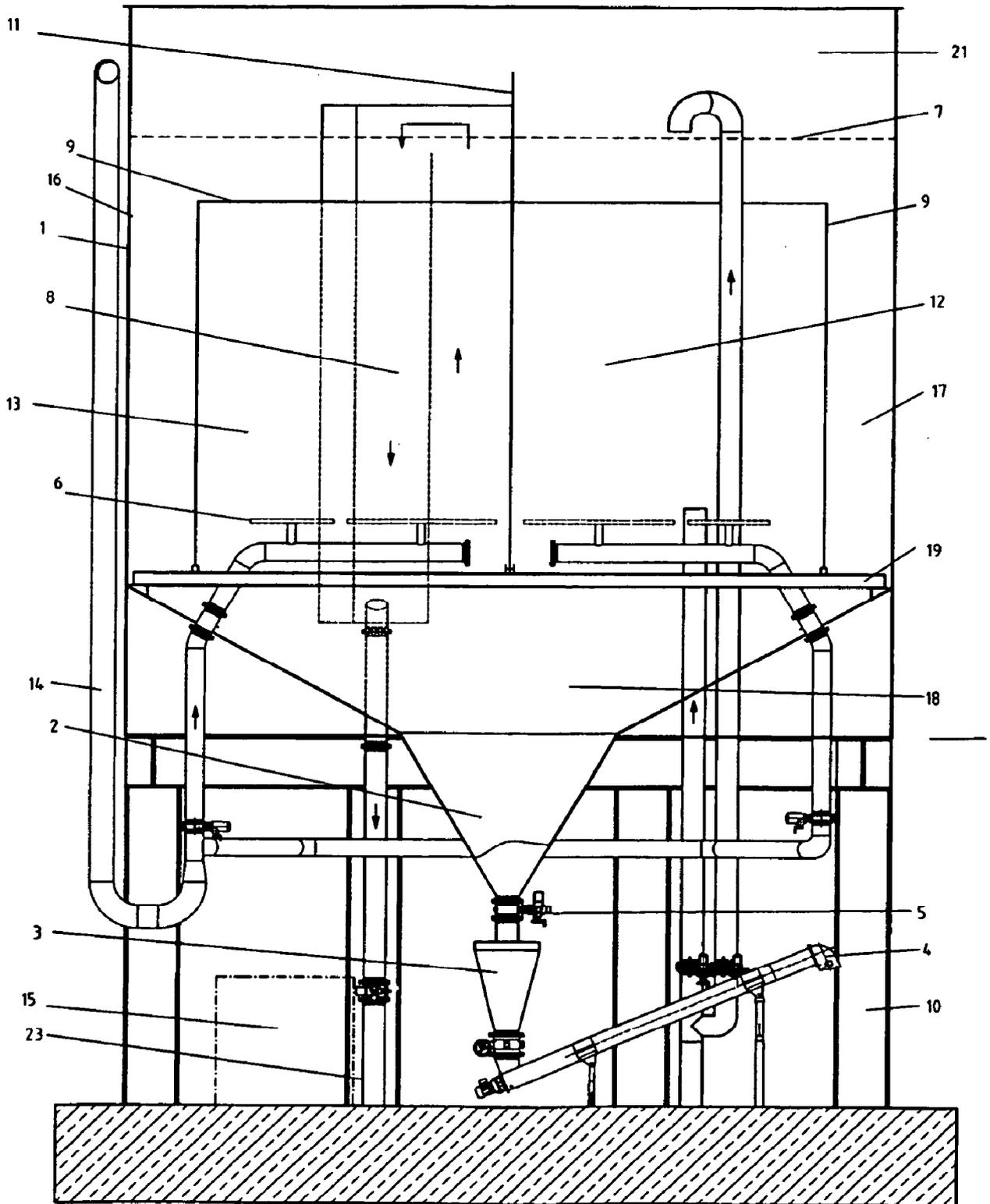


Figura 2

