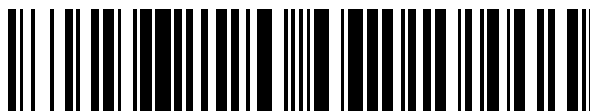


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 762 929**

51 Int. Cl.:

B01F 3/04 (2006.01)

B01F 7/10 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **11.05.2016** **PCT/EP2016/060504**

87 Fecha y número de publicación internacional: **17.11.2016** **WO16180853**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **11.05.2016** **E 16725392 (1)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **02.10.2019** **EP 3294442**

54 Título: **Dispositivo y procedimiento para generar burbujas de gas en un líquido**

30 Prioridad:

11.05.2015 DE 102015208694

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

26.05.2020

73 Titular/es:

AKVOLA TECHNOLOGIES GMBH (100.0%)

Am Borsigturm 100

13507 Berlin, DE

72 Inventor/es:

BEERY, MATAN;

TYCHEK, GREGOR y

LUDWIG, JOHANNA

74 Agente/Representante:

VALLEJO LÓPEZ, Juan Pedro

ES 2 762 929 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

Dispositivo y procedimiento para generar burbujas de gas en un líquido

- 5 La presente invención se refiere a un dispositivo para generar burbujas de gas en un líquido de acuerdo con la reivindicación 1, así como a un procedimiento para generar burbujas de gas en un líquido, mediante el uso de un dispositivo de este tipo conforme a la reivindicación 13.

Descripción

- 10 Las burbujas de gas en los líquidos se requieren para una serie de diferentes aplicaciones, tales como, por ejemplo, para disolver gas en un líquido. Un campo de aplicación importante y de creciente interés de las burbujas de gas en los líquidos es la depuración de agua y otros líquidos en el marco de un así llamado procedimiento de flotación.

- 15 La flotación es un procedimiento de separación por fuerza de gravedad para separar sistemas de sólidos-líquidos o de líquidos-líquidos. A este respecto, las burbujas de gas, por ejemplo de aire, se generan y se introducen en la fase líquida, en donde las partículas hidrófobas que se encuentran en la fase líquida, por ejemplo, sustancias orgánicas o productos de desecho biológico, se depositan en estas burbujas de gas igualmente hidrófobas y suben a la superficie debido al empuje hidrostático causado por las burbujas de gas. En la superficie de la fase líquida se
20 acumulan estos aglomerados para formar una capa de fango, que se puede separar fácilmente por medios mecánicos.

- A este respecto, el efecto de flotación es tanto más pronunciado como mayor sea la superficie específica de los gases ascendentes, en las que se pueden depositar las partículas hidrófobas del agua que se va a depurar. Correspondientemente, es deseable la formación de burbujas mínimas con diámetros de 10 a 100 µm en forma de
25 un "enjambre" de burbujas (también denominado como "agua blanca").

- Una posibilidad para introducir gas en forma de burbujas mínimas en el líquido que se va a depurar, se logra a través del conocido procedimiento DAF ("*dissolved air flotation*" o "flotación por aire disuelto"). A este respecto, un gas
30 existente en forma disuelto bajo presión aumentada en un líquido se introduce en el líquido que se va a depurar y por la caída de presión en el líquido que se va a depurar el gas escapa en forma de burbujas mínimas, que presentan un diámetro ubicado dentro del alcance micrométrico. El procedimiento DAF permite una muy buena separación de microalgas y otros organismos minúsculos, aceites, coloides, así como otras partículas orgánicas e inorgánicas de las aguas negras altamente cargadas, pero requiere, sin embargo, un consumo de energía
35 relativamente alto debido a la introducción de aire en el líquido por medio de una columna de saturación, lo que va asociado a un alto consumo de energía. Con altas temperaturas (mayores de 30 °C) y contenidos de sal (mayores de 30.000 ppm), el procedimiento funciona cada vez con menor eficiencia o incluso deja de funcionar.

- Otra posibilidad para introducir burbujas mínimas de gas en un líquido y previniendo el alto consumo de energía que
40 se presenta en el marco del procedimiento DAF, se describe, entre otros, en el documento WO 2013/167 358 A1, en donde la introducción de gas se efectúa a través de una inyección directa de un gas a través de una membrana de gasificación en el líquido que se va a depurar. En esto se eliminan tanto la corriente de reciclaje que de otra manera es normal en el procedimiento DAF, así como la columna de saturación, ya que el gas se puede tomar, por ejemplo, directamente de una tubería de aire comprimido o de una botella de gas.

- 45 En el documento WO 2008/013349 A1 se emplean discos de cerámica para generar microburbujas para separar impurezas en aguas residuales, en donde los discos de cerámica presentan un tamaño de poros medio de entre 0,01 µm y 0,05 µm. Los tamaños de poros tan pequeños, sin embargo, no son viables de ninguna manera para el uso, por ejemplo, de agua salada o agua fuertemente contaminada, por ejemplo, agua que contiene fango, ya que el
50 agua salada o también el agua que contiene fango presenta una mayor densidad o viscosidad que el agua normal y tapa los pequeños poros de los discos de cerámica. Mientras menor es el tamaño de poros, más difícil es generar burbujas en superficies porosas sumergidas, y mayores también, por lo tanto, el gasto de energía requerido para esto. La membrana y el dispositivo que se describen en el documento WO 2008/013349 A1 no son de ninguna manera razonables desde el punto de vista económico para un uso técnico a gran escala.

- 55 Otro enfoque para la generación de burbujas mínimas se describe en el documento EP 2 081 666 B1, en donde la generación de burbujas mínimas en este caso se efectúa por medio de oscilación. En el marco del procedimiento descrito, un gas comprimido que fluye a través de una tubería se pone en oscilación, sin que al mismo tiempo se produzca una oscilación de la tubería de gas. A este respecto, la oscilación es producida por un oscilador fluido, en
60 donde las oscilaciones generadas son de tal naturaleza que presentan un reflujo de gas de 10 a 30 % de una burbuja formada. Las oscilaciones causadas por el oscilador fluido se ubican en una frecuencia de 1 a 100 Hz, preferentemente de entre 5 y 50 Hz, preferentemente de entre 10 y 30 Hz y las burbujas formadas con esto presentan un diámetro de entre 0,1 y 2 mm. Sin embargo, con el dispositivo descrito en el documento EP 2 081 666 B1 no es posible generar burbujas mínimas (menores de 100 µm) para un uso técnico a gran escala.

- 65 El documento DE-A-1 940 779 desvela un dispositivo de acuerdo con el concepto general de la reivindicación 1.

Por lo tanto, el objetivo de la presente invención consiste en proporcionar un dispositivo y un procedimiento para generar burbujas de gas en un líquido, que permita un uso técnico a gran escala, practicable y favorable en cuanto a los costes, en particular en el marco de la depuración de agua sucia o agua salada.

Este objetivo se logra a través de un dispositivo con las características de la reivindicación 1, así como por medio de un procedimiento de acuerdo con la reivindicación 13.

Por lo tanto, se proporciona un dispositivo para generar burbujas de aire en un líquido, en particular un líquido salino y/o un líquido fuertemente contaminado, que comprende por lo menos un árbol hueco rotativo, dispuesto horizontalmente en por lo menos un recipiente, preferentemente un, más preferentemente por lo menos dos, y de manera particularmente preferente por lo menos tres o más discos de cerámica dispuestos verticalmente sobre el árbol hueco rotativo horizontal, con un tamaño de poros medio de entre $0,05\ \mu\text{m}$ y $10\ \mu\text{m}$, así como por lo menos una tubería de alimentación para por lo menos un gas comprimido al espacio interior del por lo menos un árbol hueco rotativo, en donde el gas comprimido se introduce directamente y sin soporte líquido en la tubería de alimentación y en el árbol hueco.

De acuerdo con la presente invención, el por lo menos un árbol hueco comprende por lo menos un primer árbol hueco con un diámetro d_{3a} y un segundo árbol hueco con un diámetro d_{3b} , en donde $d_{3a} < d_{3b}$, de tal manera que el primer árbol hueco se dispone dentro del segundo árbol hueco. Correspondientemente, el árbol hueco está formado por dos árboles huecos (parciales), dispuestos uno dentro del otro, es decir, encajado uno dentro del otro: un primer árbol hueco (parcial) con un diámetro más pequeño, que se dispone dentro de un segundo árbol hueco (parcial) con un diámetro más grande. El diámetro del árbol hueco interior y del árbol hueco exterior se puede ubicar entre 10 y 50 mm, por ejemplo, puede ser de 10, 20 y/o 40 mm.

El gas comprimido se dirige preferentemente dentro del espacio interior del primer árbol hueco (más pequeño). Debido a que el por lo menos un árbol hueco rotativo (más pequeño) está hecho de un material impermeable al gas (por ejemplo, un material perforado), el gas puede penetrar desde el espacio interior del primer árbol hueco (más pequeño) al espacio interior del segundo árbol hueco (más grande).

La permeabilidad al gas del material del primer árbol hueco (más pequeño) se puede lograr mediante agujeros con un diámetro de 1 a 5 mm, que se disponen o distribuyen en diferentes posiciones. También sería concebible el uso de hendiduras introducidas en el material o de una red (rígida).

El primer árbol hueco (más pequeño) y el segundo árbol hueco (más grande) preferentemente están hechos de un material metálico o no metálico. Ambos árboles huecos pueden proporcionarse en una sola pieza.

El árbol hueco empleado en la presente invención también puede describirse como una especie de cilindro hueco, en donde entre la superficie de camisa interior y exterior se prevé un espacio hueco o un volumen hueco, y en donde la superficie de camisa interior es permeable al gas.

De acuerdo con la presente invención, se proporciona un dispositivo para generar burbujas de gas en un líquido, en particular microburbujas, el que permite generar burbujas por medio de discos de gasificación apropiados. El gas comprimido se introduce para esto en el árbol hueco rotativo, apoyado horizontalmente (formado por el árbol hueco interior, más pequeño, y el árbol hueco exterior, más grande), y se introduce a través de los discos de gasificación, que están formados, por ejemplo, por una membrana cerámica con un canal de gas, en el líquido. El uso de dos árboles huecos dispuestos uno dentro del otro permite una distribución uniforme y simétrica de la presión dentro del árbol hueco más grande. Con esto, los discos se abastecen simétricamente con un gas y se logra una producción de burbujas uniforme en el medio que se va a gasificar.

Como se explicará más abajo, la membrana de cerámica presenta, por ejemplo, un tamaño de poros de $2\ \mu\text{m}$, que condiciona la formación de burbujas con un tamaño de burbuja de entre 40 a $60\ \mu\text{m}$. Debido a la rotación del árbol hueco y de los discos de cerámica apoyado sobre el árbol hueco, sobre las burbujas de gas que salen de los discos de cerámica actúan fuerzas de cizallamiento, que tienen influencia sobre el tamaño de las burbujas de gas y del enjambre de burbujas. Por lo tanto, la intensidad o magnitud de las fuerzas de cizallamiento que actúan tiene una influencia directa sobre la efectividad de la generación de burbujas. La intensidad de las fuerzas de cizallamiento, por su parte, se ve influenciada por la velocidad de rotación del árbol hueco, en donde la velocidad de rotación del árbol hueco puede ser de hasta 250 rpm.

En las burbujas generadas en el líquido en forma de un enjambre de burbujas se depositan entonces las partículas de suciedad que se encuentran en el líquido (por ejemplo, sustancias orgánicas o sustancias biológicas) y ascienden en forma de un aglomerado de burbujas de gas correspondiente hacia la superficie del líquido. La capa de materia sólida que entonces se forma en la superficie del líquido pueda ser separada posteriormente por medios mecánicos. Por la combinación específica de la oscilación de gas, la inyección directa de gas en la tubería de alimentación y el árbol hueco, así como la disposición vertical de los discos de gasificación sobre el árbol hueco horizontal, se logra la generación de burbujas mínimas de una manera favorable desde el punto de vista energético y, por lo tanto,

económico, lo que permite realizar de manera razonable una aplicación industrial a gran escala del dispositivo.

En una forma de realización del presente dispositivo, dos árboles huecos rotativos horizontales se disponen de manera paralelamente desplazada entre sí. Cada uno de los árboles huecos presenta por lo menos un disco de gasificación, preferentemente por lo menos dos, y en particular preferentemente por lo menos tres o más discos de gasificación. También es posible y concebible en general que sobre por lo menos un árbol hueco no se dispongan sólo 1 a 4, sino también 10 a 100, preferentemente entre 15 y 50, y de manera particularmente preferente entre 20 y 30 de los discos de gasificación, en lo que el número de discos de cerámica se determina por el volumen de gas requerido. La distancia entre los discos de cerámica dispuestos sobre un árbol hueco es de por lo menos 2 cm.

Si se usa un dispositivo con dos árboles huecos dispuestos de manera desplazada horizontalmente paralela entre sí, por lo menos uno de los discos de gasificación gira en un primer árbol hueco en el mismo sentido con relación a por lo menos un disco de gasificación en el segundo árbol hueco dispuesto de manera desplazada horizontalmente paralela. Correspondientemente, los discos de gasificación engranan de manera desplazada entre sí. En este caso se produce un desplazamiento de fase de 180°. A este respecto, el término "desplazado" en el sentido de la presente invención se refiere a que los árboles huecos se disponen de manera lateralmente, espacialmente u horizontalmente desplazada entre sí; esto significa que los soportes o los apoyos de los respectivos árboles huecos preferentemente están desplazados entre sí a lo largo de un plano horizontal y por una determinada distancia. Los discos de gasificación, que en una variante se disponen en cada uno de los árboles huecos respectivamente de igual manera, debido a la disposición desplazada de los árboles huecos, por lo tanto, no se tocan entre sí, sino que más bien engranan de manera desplazada entre sí. En otra variante del dispositivo, sin embargo, también es concebible y posible una disposición desplazada de los diferentes discos de gasificación. En este caso, los árboles huecos estarían dispuestos de manera respectivamente paralela entre sí, es decir, los soportes de los árboles son respectivamente paralelos entre sí, aunque los discos de gasificación en el respectivo árbol hueco no pueden estar previstos en una configuración fijamente predeterminada, sino que más bien con una distancia diferente en cada árbol hueco con relación a la respectiva entrada de gas en el árbol hueco. Esta distancia se puede seleccionar de tal manera que los discos de gasificación pueden engranar de forma desplazada entre sí.

En una variante del presente dispositivo, el por lo menos un árbol hueco gira a una velocidad de rotación de entre 10 y 250 rpm, preferentemente entre 100 y 200 rpm, y de manera particularmente preferente entre 150 y 180 rpm. En caso de que se use en los árboles huecos dispuestos de manera paralelamente desplazada, puede ser suficiente una rotación más reducida, por ejemplo, de entre 50 y 100 rpm. La velocidad de rotación de los árboles huecos y, por lo tanto, también la velocidad de rotación de los discos de gasificación, al igual que la cantidad de gas y la presión de gas, se pueden modificar en línea (en vivo) durante el funcionamiento del dispositivo en función de la generación de burbujas deseada, es decir, la cantidad y el tamaño de las burbujas.

En otra variante del presente dispositivo, el por lo menos un gas comprimido que se va a introducir se selecciona del grupo consistente en aire, dióxido de carbono, nitrógeno, ozono, metano o gas natural. El metano se usa en particular para remover aceite y gas de un líquido, por ejemplo, en la depuración de un líquido producido durante el fracking. El ozono, por su parte, debido a sus propiedades oxidativas y antibacterianas puede emplearse para la depuración de agua de la acuicultura.

Como se ha descrito más arriba, el gas comprimido se introduce en la por lo menos una tubería de alimentación y posteriormente dentro del por lo menos un árbol hueco, directamente y sin soporte líquido. Correspondientemente, una inyección directa del gas comprimido se efectúa directamente desde un depósito de gas, por ejemplo, una botella de gas o una tubería de gas correspondiente. Por lo tanto, el gas no requiere ningún soporte líquido, como se requiere, por ejemplo, en el caso del DAF, de tal manera que se puede omitir una corriente de reciclaje y una columna de saturación, y tampoco se requieren ninguna energía de densificación para lograr un alto nivel de presión en la corriente de reciclaje DAF. Otra ventaja de la inyección directa de un gas comprimido sin soporte líquido consiste en que de esta manera es posible una generación de microburbujas simple y con poco consumo de energía.

La presión de gas del gas introducido en el por lo menos un árbol hueco es de entre 1 y 5 bares, preferentemente de entre 2 y 3 bares. Para alcanzar este nivel de presión dentro del árbol hueco, el por lo menos un gas comprimido se alimenta con una presión de entre 5 y 10 bar en la tubería de presión. El desarrollo de la presión dentro del árbol hueco preferentemente es constante.

En otra forma de realización del presente dispositivo, el por lo menos un disco de gasificación está hecho de un material cerámico con un tamaño de poros medio de entre 0,1 y 5 µm, en particular preferentemente de entre 2 y 3 µm. A este respecto, un tamaño de poros de 2 µm es el más ventajoso.

El diámetro de burbujas medio de las burbujas introducidas en el líquido a través del disco de gasificación o de la membrana de gasificación, respectivamente, puede ser de entre 10 µm a 200 µm, preferentemente de entre 20 µm a 100 µm, más preferentemente de 30 a 80 µm, y de manera particularmente preferente de 50 µm. La generación de burbujas en la membrana de gasificación o en el disco de gasificación, respectivamente, puede influenciarse en particular a través de un flujo volumétrico gaseoso y una presión apropiados. Mientras mayor sea la presión, tanto

más y tanto mayores serán las burbujas generadas. A este respecto, en este caso el flujo volumétrico ajustado sólo juega un papel secundario.

El disco de gasificación presenta un diámetro exterior de entre 100 y 500 mm, preferentemente de entre 150 y 350 mm. Como material particularmente apropiado para los discos de gasificación se ha demostrado la cerámica, en particular el óxido de aluminio $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$. Sin embargo, también se pueden usar otros óxidos y no óxidos cerámicos, tales como carburo de silicio u óxido de circonio.

Los discos de cerámica pueden sujetarse sobre el árbol hueco en por lo menos una zona (zona de sujeción) y al mismo tiempo se obturan a través de la sujeción por medio de juntas de obturación de cualesquiera materiales deseados. La por lo menos una zona de sujeción está delimitada por respectivamente dos piezas de extremo. Los discos de cerámica preferentemente se mantienen distanciados entre sí por medio de piezas intermedias (elementos distanciadores), que están hechos de materiales metálicos o no metálicos y cuyas medidas y/o dimensiones pueden variar. A este respecto, la presente construcción de árboles huecos, piezas de extremo, piezas intermedias y discos cerámicos es rotativa.

En otra variante del presente dispositivo, el por lo menos un árbol hueco se fabrica en acero fino, por ejemplo, un material V2A o 4VA, Duplex o Super Duplex, o de plástico. El diámetro total del árbol hueco es de entre 10 y 50 mm.

Como ya se ha indicado más arriba, el por lo menos un árbol hueco se dispone en respectivamente dos soportes de árbol con sus correspondientes apoyos de cojinete. En uno de los lados o extremos del árbol hueco, respectivamente, está prevista la por lo menos una tubería de alimentación del gas comprimido al árbol hueco, mientras que en el extremo opuesto a la tubería de alimentación para el gas del árbol hueco se dispone un motor correspondiente para la rotación del árbol hueco, que se conecta, por ejemplo, por medio de un árbol de accionamiento. Los motores de este tipo para el accionamiento de árboles huecos son conocidos y pueden seleccionarse de una extensa variedad en función del tamaño de la instalación.

En otra forma de realización del presente dispositivo, en la por lo menos una tubería de alimentación se prevé por lo menos un dispositivo para generar una pulsación del gas comprimido. Este dispositivo para generar una pulsación pueda producir una pulsación del gas comprimido con una frecuencia de entre 5 y 15 Hz, preferentemente de entre 7 y 13 Hz, y de manera particularmente preferente de entre 9 y 11 Hz. Si se emplea un gas pulsante (u oscilante, respectivamente) para generar las burbujas de gas en el presente dispositivo, se reduce el consumo de energía y la presión de gas se requerida.

En una variante del presente dispositivo, el por lo menos un dispositivo para la generación de pulsaciones es un oscilador fluido, una válvula automática, por ejemplo, en forma de una válvula magnética, y/o un compresor de desplazamiento, por ejemplo, en forma de un compresor de émbolo. En general, también es posible que la pulsación del gas comprimido en la tubería de alimentación también se pueda producir por medio de aire comprimido pulsátil.

En otra forma de realización del presente dispositivo, el dispositivo para la generación de pulsaciones proporciona durante cada pulsación un reflujo de gas de < 10 por ciento, preferentemente > 9 por ciento, o > 30 por ciento, preferentemente > 35 por ciento.

Como se ha dicho más arriba, es particularmente preferente una frecuencia de pulsación, en particular una frecuencia de oscilación del gas comprimido de entre 9 y 11 Hz, ya que a esta frecuencia se generan microburbujas con un diámetro de burbuja medio de aproximadamente 50 μm . En cambio, a una mayor frecuencia por encima de 10 Hz, por ejemplo, a 15 Hz, el diámetro de burbuja es mayor que a una frecuencia más baja.

Si por el contrario no se ajustan en una frecuencia de oscilación, sólo se genera un diámetro de burbuja con un tamaño de 60 μm y mayor.

El presente dispositivo se usa en un procedimiento para generar burbujas de gas en un líquido dentro de un recipiente, con las siguientes etapas:

- Introducir un gas comprimido en por lo menos una tubería de alimentación, en donde el gas comprimido se introduce directamente y sin soporte líquido en la tubería de alimentación;
- introducir el gas comprimido en por lo menos un árbol hueco rotativo, dispuesto horizontalmente, en particular el primer árbol hueco rotativo; y en donde el por lo menos un árbol hueco gira a una velocidad de rotación de entre 10 y 250 rpm, preferentemente de entre 100 y 200 rpm, y de manera particularmente preferente de entre 150 y 180 rpm, y
- introducir el gas comprimido a través de por lo menos un disco de gasificación dispuesto de manera vertical sobre el árbol hueco rotativo horizontal en el líquido bajo generación de burbujas de gas.

Con el presente procedimiento es posible generar burbujas en el líquido con un tamaño de burbuja ubicado entre 1

μm y $200\ \mu\text{m}$, preferentemente entre $20\ \mu\text{m}$ y $100\ \mu\text{m}$, más preferentemente aún entre $30\ \mu\text{m}$ y $89\ \mu\text{m}$, y de manera particularmente preferente entre $45\ \mu\text{m}$ y $50\ \mu\text{m}$.

5 En una variante preferente del presente dispositivo para generar burbujas de gas en una instalación para la depuración de un líquido, preferentemente agua, en particular para la depuración de agua salada o la depuración previa de la misma, así como de aguas residuales que contienen fangos y otros líquidos contaminados.

10 Una instalación de este tipo para la depuración de un líquido, por ejemplo, agua, comprende por lo menos un recipiente con un dispositivo para generar burbujas de gas de acuerdo con la descripción presentada más arriba y por lo menos un recipiente (célula de flotación) para recibir el por lo menos un líquido mezclado con burbujas de gas, en donde el mencionado recipiente presenta por lo menos una unidad de filtro para separar los componentes orgánicos contenidos en el líquido.

15 En una variante de la presente disposición, delante del recipiente con el dispositivo para la generación de burbujas de gas se puede conectar por lo menos una unidad de floculación para recibir el líquido que se va a depurar y para recibir por lo menos un agente floculante para la floculación de componentes contenidos en el líquido.

20 En otra variante de la presente instalación, la por lo menos una unidad de floculación, el por lo menos un dispositivo para la generación de burbujas de gas y el por lo menos un recipiente (célula de flotación) con la por lo menos una unidad de filtro se disponen de tal manera, que se encuentran conectados en comunicación líquida entre sí, de tal manera que el líquido que se va a depurar, mezclado con el agente floculante, se transporta fuera de la unidad de floculación al dispositivo para generar las burbujas de gas y posteriormente desde este dispositivo al recipiente (célula de flotación) con la unidad de filtro.

25 La unidad de floculación puede estar diseñada bien sea como una unidad separada de los demás recipientes o conectada en una sola pieza con los demás recipientes. En el líquido que se va a depurar, por ejemplo, el agua que se va a depurar, se introduce un agente floculante apropiado, por ejemplo, sales de Fe^{3+} o Al^{3+} , tales como FeCl_3 , y dado el caso se mezcla intensivamente con el líquido mediante el uso de un mecanismo agitador. El líquido mezclado con el agente procurador en la unidad de floculación luego se transfiere preferentemente al por lo menos un recipiente con el dispositivo para generar las burbujas de gas en forma de una corriente de líquido, en donde la corriente de líquido en este recipiente se mezcla con burbujas de gas introducidas por medio del dispositivo para la generación de burbujas de gas.

35 El aglomerado de burbujas de gas y componentes orgánicos floculados que se forma en esto, se alimenta luego al otro recipiente (célula de flotación) con la por lo menos una unidad de filtro, en el que el aglomerado de burbujas de gas y los componentes orgánicos floculados ascienden dentro de la célula de flotación a la superficie del líquido, donde se acumulan y se separan por medios mecánicos. El líquido que de esta manera se ha liberado de la mayor parte de los componentes orgánicos se aspira entonces a través de la unidad de filtro dispuesta en la superficie del fondo de la célula de flotación y se transfiere a otras etapas de tratamiento. Correspondientemente, en una forma de realización de la presente instalación, la por lo menos una unidad de filtro se dispone en la célula de flotación por debajo de la capa formada por los componentes orgánicos floculados y ascendidos a la superficie. Es particularmente preferente, si por lo menos una unidad de filtración se dispone en el fondo de la célula de flotación, correspondientemente sumergida en la zona de líquido de la célula de flotación.

45 La unidad de filtración presenta en particular una forma rectangular adaptada al recipiente (célula de flotación). La longitud de la unidad de filtración corresponde preferentemente a 0,5 hasta 0,8 veces, más preferentemente a 0,6 veces la longitud de la célula de flotación. La anchura de la unidad de filtración corresponde preferentemente a 0,6 hasta 0,9 veces, más preferentemente a 0,8 veces la anchura de la célula de flotación. Por lo tanto, la unidad de filtración no se extiende enteramente sobre la anchura total de la célula de flotación, sino que presenta más bien una pequeña distancia a las paredes laterales alargadas de la misma. En su altura, la unidad de filtración está diseñada de tal manera que se ubica dentro de un alcance de entre 0,1 a 0,9 veces, preferentemente de 0,6 a 0,7 veces la altura del recipiente (célula de flotación). Obviamente, también son concebibles otras dimensiones para la unidad de filtración empleada.

55 En una forma de realización preferente, la por lo menos una unidad de filtración existe en forma de una membrana de filtración de cerámica, en particular en forma de una membrana de microfiltración o de ultrafiltración de cerámica. Este tipo de membranas de filtración de cerámica presentan una alta resistencia química y una larga duración. Además, las membranas de filtración de cerámica son más permeables al agua y menos susceptibles a la impurificación, ya que presentan un mayor carácter hidrofóbico que una membrana de polímero. Debido a su estabilidad mecánica tampoco se requiere un filtrado previo. Como particularmente apropiado se ha demostrado un módulo de membrana que presenta un tamaño de poros medio de $20\ \text{nm}$ a $500\ \text{nm}$, preferentemente de $100\ \text{nm}$ a $300\ \text{nm}$, y de manera particularmente preferente de $200\ \text{nm}$. El módulo de membrana de filtración empleado preferentemente puede estar formado por varias placas, uno o varios tubos u otras formas geométricas. Como material de cerámica particularmente apropiado se ha demostrado el óxido de aluminio en forma de $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$, aunque también se pueden emplear otros óxidos o no óxidos de cerámica, tales como carburo de silicio u óxido de circonio para el uso en la unidad de filtro.

En otra forma de realización preferente, la instalación, en particular la célula de flotación, comprende un medio para la ventilación de la unidad de filtración, para ventilar de manera apropiada la por lo menos una unidad de filtración. Un medio de ventilación apropiado puede presentar la forma, por ejemplo, de mangueras agujereados. El medio de ventilación se puede alimentar con aire, con el fin de producir grandes fuerzas de cizallamiento en la superficie de la unidad de filtración, para prevenir o minimizar la impurificación en la superficie de la membrana. Otras posibilidades para prevenir o reducir la impurificación de la unidad de filtración son el tratamiento con sustancias químicas apropiadas, tales como ácido cítrico para prevenir una impurificación inorgánica, o con un agente de oxidación apropiado, por ejemplo, hidrocloreuro de sodio para reducir la impurificación biológica.

Correspondientemente, la instalación descrita puede emplearse en un procedimiento para la depuración de un líquido, en particular para la depuración de agua, por ejemplo, para la depuración o la depuración previa de agua de mar. A este respecto, un procedimiento de este tipo comprende las siguientes etapas:

- Opcionalmente introducir el líquido que se va a depurar en por lo menos una unidad de floculación y añadir por lo menos un agente floculante al líquido que se va a depurar para la floculación de componentes contenidos en el líquido, por ejemplo, componentes orgánicos,
- transferir el líquido opcionalmente mezclado con el por lo menos un agente de floculación a por lo menos un recipiente conectado de manera posterior con un dispositivo para generar burbujas de gas y contactar el líquido opcionalmente mezclado con el agente de floculación con las burbujas de gas introducidas en este recipiente, para formar un aglomerado de burbujas de gas, en particular un aglomerado de flóculos-microburbujas de gas,
- transferir el líquido mezclado con las burbujas de gas y el agente de floculación opcional a una célula de flotación, en donde se separa el aglomerado de burbujas de gas que ha ascendido a la superficie de la célula de flotación, y
- aspirar el líquido liberado del aglomerado de burbujas de gas a través de la por lo menos una unidad de filtro dispuesta en la célula de flotación, y
- transferir el líquido aspirado a través de la unidad de filtración a otras etapas de tratamiento.

Por lo tanto, el presente procedimiento representa un proceso híbrido, consistente en la generación de burbujas de gas mediante el uso de discos de gasificación dispuestos verticalmente sobre un árbol hueco, la microfiltración y la filtración de membrana en un dispositivo unitario singular.

La presente invención se describe más detalladamente a continuación, basándose en un ejemplo de realización con referencia a los dibujos. En las figuras:

- La figura 1A muestra una primera vista lateral esquemática de un dispositivo para la generación de burbujas de gas en un líquido de acuerdo con una forma de realización,
- La figura 1B muestra una segunda vista lateral esquemática de un dispositivo para la generación de burbujas de gas en un líquido de acuerdo con una forma de realización,
- La figura 2A muestra una vista esquemática de dos árboles huecos dispuestos de manera paralelamente desplazada entre sí con varios discos de gasificación de acuerdo con una segunda forma de realización,
- La figura 2B muestra una vista lateral esquemática de discos de gasificación rotativos y
- La figura 3 muestra una vista lateral esquemática de una instalación para depurar un líquido que comprende un dispositivo para generar burbujas de aire.

En la figura 1A se muestra una construcción general de una primera forma de realización del dispositivo de acuerdo con la presente invención para generar burbujas de gas.

La vista lateral en la figura 1A comprende un dispositivo 1 con una tubería de alimentación 2 para alimentar el gas comprimido, y con un árbol hueco 3, a través del que el gas comprimido se introduce en los discos de gasificación 4.

En la forma de realización mostrada en la figura 1A, sobre el árbol hueco se disponen cuatro discos de gasificación circulares, hechos de un material de cerámica. Los discos de cerámica están hechos de óxido de aluminio y presentan un diámetro exterior de 152 mm y un diámetro interior de 25,5 mm. La superficie de la membrana tiene una extensión de 0,036 m² y el tamaño de poros de los discos de gasificación es de alrededor de 2 µm. El gas se alimenta desde el árbol hueco 3 al interior de un espacio hueco del disco de cerámica 4 y desde el interior del espacio hueco pasa a través de los poros del material de cerámica al líquido que se va a depurar, que se encuentra alrededor y por encima del árbol hueco dotado con los discos de gasificación, bajo formación de microburbujas con un tamaño de burbujas de aproximadamente 45 a 50 µm. Los discos de gasificación 4 se disponen sobre el árbol hueco mediante elementos de fijación de acero inoxidable o de plástico. La distancia entre los discos de gasificación entre sí puede seleccionarse de cualquier manera deseada.

En el extremo opuesto a la alimentación de gas 2 del árbol hueco 3 se prevé un dispositivo apropiado para mover el árbol hueco. Este dispositivo puede preverse en forma de un motor, que transmite el movimiento de rotación correspondiente a través de varios engranajes al árbol hueco.

La forma de realización mostrada en la figura 1B ilustra la construcción del árbol hueco 3. Éste está formado por dos árboles huecos dispuestos uno dentro del otro 3a, 3b: un árbol hueco 3a con un diámetro más pequeño, que se dispone dentro de un árbol hueco 3b con un diámetro más grande. Con este principio se puede lograr una distribución muy uniforme y simétrica de la presión dentro del árbol hueco de mayor diámetro 3b. Por lo tanto, los discos de cerámica 4 se abastecen simétricamente con gas y se logra una producción uniforme de burbujas en el medio que se va a clasificar. Los árboles 3a, 3b pueden fabricarse de materiales metálicos o no metálicos.

Los discos de cerámica 4 se fijan sobre el árbol en por lo menos una zona de fijación, y al mismo tiempo se obturan a través de la fijación mediante juntas de obturación de cualquier material deseado. La por lo menos una zona de fijación se delimita por medio de respectivamente dos piezas de extremo 6.

Como elementos distanciadores entre los discos de cerámica 4 sirven piezas intermedias 5, que pueden estar hechas de materiales metálicos o no metálicos y cuyas medidas pueden variar. Lo fundamental es que el aparato entero, formado por los árboles huecos 3a, 3b, las piezas de extremo 6, las piezas intermedias 5 y los discos de cerámica 4 esté en rotación.

El accionamiento 7 para el movimiento rotativo del árbol puede efectuarse directamente en el árbol, pero también se puede accionar a través de diferentes transmisiones de fuerza mecánicas, por ejemplo: engranajes de rueda cónica, engranajes de reducción de 90°. Por lo tanto, el accionamiento 7 del árbol por una parte puede tener su posición en el medio que se va a gasificar, pero por otra parte también en el exterior del medio que se va a gasificar. El accionamiento 7 se puede realizar por medio de todos los tipos de accionamientos conocidos (por ejemplo: eléctrico / hidráulico / neumático).

El árbol 3a,b se apoya en por lo menos dos posiciones, y se pueden emplear diferentes tipos de apoyo, por ejemplo: rodamientos de bolas, rodamiento ranurado de bolas, rodamientos de agujas, rodamiento de rodillos. La alimentación de gas 2 al interior del árbol rotativo debe efectuarse a través de por lo menos una junta de obturación. Ésta puede estar posicionada tanto dentro como también fuera del medio que se va a gasificar. El accionamiento 7 y la alimentación de gas 2 al interior del árbol pueden posicionarse en cualquier sitio deseado en el árbol.

La representación mostrada en la figura 2A presenta dos árboles huecos con respectivamente cuatro discos de gasificación, que están dispuestos de manera paralelamente desplazada entre sí. Los discos de gasificación sobre cada árbol hueco se mueven en el mismo sentido entre sí y debido a su disposición horizontalmente desplazada engranan entre sí (figura 2B). Una disposición de este tipo con dos árboles huecos paralelos con los discos de gasificación correspondientes permite generar un gran número de microburbujas y, por lo tanto, una gran superficie de burbujas de gas y que está disponible para la acumulación de sustancias extrañas, tales como componentes orgánicos. Correspondientemente, se dispone de una gran superficie específica, en la que se pueden depositar las partículas de sustancias extrañas hidrófobas del líquido que se va a depurar, y esto permite una buena separación de las sustancias extrañas orgánicas del líquido que se va a depurar mediante flotación.

Como ya se ha descrito detalladamente más arriba, el presente dispositivo para generar burbujas de gas también puede comprender por lo menos un oscilador fluídico, que se prevé dentro de una de las tuberías de alimentación de gas 2. Por la generación de una oscilación del gas a una frecuencia de aproximadamente 9 a 10 Hz, se asegura un diámetro de burbujas de gas de 45 a 50 µm. Correspondientemente, en combinación con los discos de gasificación dispuestos sobre el árbol hueco, se asegura un tamaño de burbujas de entre 45 a 50 µm.

La figura 4 a su vez muestra una representación esquemática de una instalación 20 para depurar un líquido, en particular agua, que comprende por lo menos una de las formas de realización descritas más arriba de un dispositivo para la generación de burbujas de gas. La vista lateral de la instalación 20 en la figura 4 muestra una unidad de floculación 10, en la que se introduce el agua que se va a depurar y el agente de floculación. Después de mezclar el agua que se va a depurar con el agente de floculación, por ejemplo, mediante el uso de un mecanismo agitador, la mezcla se puede transferir desde la unidad de floculación 10 a través de una pared de separación a otra sección o recipiente separado 20, dentro del que se prevé por lo menos un árbol hueco 20a con cuatro discos de gasificación de acuerdo con la forma de realización mostrada en la figura 1.

En el procedimiento experimental se usó agua sucia que se había mezclado con sustancias húmicas. A este respecto, la totalidad de las sustancias orgánicas en el agua sucia se estimularon mediante sustancias húmicas, que en la naturaleza se forman por descomposición biológica normal. Para la floculación de las sustancias húmicas contenidas en el agua se pueden usar como precipitantes en particular sustancias que contienen hierro y aluminio con iones trivalentes. En el presente ejemplo se usó una solución de FeCl_3 como agente de floculación. Después de añadir el agente de floculación mediante el uso de un mezclador estático, en la unidad de floculación 10 se efectuó una floculación de los ácidos húmicos contenidos en el agua sucia por medio del agente de floculación FeCl_3 .

El agua sucia mezclada con FeCl_3 luego se transfirió desde la unidad de floculación 10 al recipiente 20 que contenía el dispositivo de gasificación consistente en un árbol hueco con cuatro discos de gasificación con un flujo volumétrico de 400-700 l/h.

5

A través del dispositivo de gasificación 20a en el recipiente 20 se inyectó aire, por lo que se produjo una formación de microburbujas directamente en el agua introducida, mezclada con el agente de floculación. Los discos de gasificación o las placas de gasificación, respectivamente, del dispositivo de gasificación giraban en el mismo sentido a una velocidad de rotación de 180 rpm, con lo que se produjo un desplazamiento de fase de 180° . Las

10

microburbujas formadas se unieron con los flóculos para formar aglomerados de flóculos-burbujas de aire, que en el posterior desarrollo se introdujeron en la célula de flotación 30 prevista corriente abajo. Por la ligadura de microburbujas a los componentes orgánicos floculados, los aglomerados formados correspondientemente en la célula de flotación ascendieron en dirección a la superficie del líquido que se encontraba dentro de la célula de flotación 30 y formaron una superficie de materia sólida en la superficie del agua que fue separada por medios

15

mecánicos, por ejemplo, mediante el uso de rascadores. Debajo de esta capa de materia sólida, en la célula de flotación 30 se encontraba el agua predepurada. El agua predepurada de esta manera se aspiró mediante el uso de una bomba apropiada a través de la unidad de filtración 40 dispuesta en la célula de flotación 30 y luego ya estaba disponible como agua depurada para el tratamiento adicional, por ejemplo, mediante procesos de desalinización adicionales. Para prevenir una impurificación de la superficie de la unidad de filtración 40, a través de mangueras

20

dotadas con agujeros se puede dirigir aire directamente sobre la superficie de la unidad de filtración 40, con lo que se logra una remoción mecánica de depósitos en la superficie de la unidad de filtración 40.

REIVINDICACIONES

1. Dispositivo (1) para generar burbujas de gas en un líquido dentro de un recipiente, que comprende:

- por lo menos un árbol hueco rotativo (3), dispuesto horizontalmente en el por lo menos un recipiente, en donde el por lo menos un árbol hueco (3) comprende por lo menos un primer árbol hueco (3a) con un diámetro d_{3a} , y un segundo árbol hueco (3b) con un diámetro d_{3b} , en donde $d_{3a} < d_{3b}$, de tal manera que el primer árbol hueco (3a) está dispuesto dentro del segundo árbol hueco (3b); y
- por lo menos una tubería de alimentación (2), para por lo menos un gas comprimido, al espacio interior del por lo menos un árbol hueco rotativo (3), en particular del primer árbol hueco rotativo (3a), pudiéndose introducir directamente el gas comprimido y sin soporte líquido en la tubería de alimentación (2) y el árbol hueco (3a), **caracterizado por**
- al menos un disco de gasificación de cerámica (4), dispuesto sobre el por lo menos un árbol hueco, con un tamaño de poros medio de entre 0,05 μm y 10 μm .

2. Dispositivo de acuerdo con la reivindicación 1, **caracterizado por que** el por lo menos un árbol hueco rotativo (3a) está hecho de un material permeable al gas, en particular, de un material perforado.

3. Dispositivo de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado por** al menos dos árboles huecos rotativos, dispuestos de manera horizontalmente paralelos entre sí, con por lo menos un disco de gasificación cada uno.

4. Dispositivo de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado por que** por lo menos dos, en particular preferentemente por lo menos tres o más discos de gasificación están dispuestos sobre el por lo menos un árbol hueco rotativo.

5. Dispositivo de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado por que** sobre el por lo menos un árbol hueco rotativo están dispuestos entre 10 y 100, preferentemente entre 15 y 50, de manera particularmente preferente entre 20 y 30 discos de gasificación.

6. Dispositivo de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado por que** el por lo menos un árbol hueco pueda girar a una velocidad de rotación de entre 10 y 250 rpm, preferentemente de entre 100 y 200 rpm, y de manera particularmente preferente de entre 150 y 180 rpm.

7. Dispositivo de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado por que** se selecciona el por lo menos un gas comprimido del grupo consistente en aire, CO_2 , N_2 , ozono, metano o gas natural.

8. Dispositivo de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado por que** la presión del gas en el por lo menos un árbol hueco rotativo es de entre 1 y 5 bares, preferentemente de entre 2 y 3 bares.

9. Dispositivo de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado por que** se usa como disco de gasificación un disco de gasificación de cerámica con un tamaño de poros medio de entre 0,1 μm y 5 μm , manera particularmente preferente de entre 2 μm y 3 μm .

10. Dispositivo de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado por que** está previsto en la por lo menos una tubería de alimentación (2) por lo menos un dispositivo para generar una pulsación del gas comprimido.

11. Dispositivo de acuerdo con la reivindicación 10, **caracterizado por que** el por lo menos un dispositivo para generar la pulsación en el gas comprimido produce una pulsación del gas comprimido a una frecuencia de entre 5 y 15 Hz, preferentemente de entre 7 y 13 Hz, y de manera particularmente preferente de entre 9 y 11 Hz.

12. Dispositivo de acuerdo con las reivindicaciones 10 u 11, **caracterizado por que** el por lo menos un dispositivo para la generación de pulsaciones es un oscilador fluido, una válvula automática, en particular una válvula magnética, y/o un compresor de desplazamiento, en particular un compresor de émbolo.

13. Procedimiento para generar burbujas de gas en un líquido dentro de un recipiente, mediante el uso de por lo menos un dispositivo de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 12, en donde el procedimiento comprende las siguientes etapas:

- introducir un gas comprimido en por lo menos una tubería de alimentación (2), introduciéndose directamente el gas comprimido y sin soporte líquido en la tubería de alimentación (2);
- introducir el gas comprimido en el espacio interior del por lo menos un árbol hueco rotativo (3), dispuesto horizontal, en particular el primer árbol hueco rotativo; en donde el por lo menos un árbol hueco (3) gira a una velocidad de rotación de entre 10 y 250 rpm, preferentemente de entre 100 y 200 rpm, y de manera particularmente preferente de entre 150 y 180 rpm, y

- introducir el gas comprimido a través de por lo menos un disco de gasificación (4), dispuesto vertical sobre el árbol hueco rotativo horizontal (3), en el líquido generando burbujas de gas.

5 14. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 13, **caracterizado por que** las burbujas generadas en el líquido presentan un tamaño de burbuja de entre 1 μm y 200 μm , preferentemente de entre 20 μm y 80 μm , en particular de entre 45 μm y 50 μm .

10 15. Procedimiento de acuerdo con las reivindicaciones 13 y 14, **caracterizado por que** el gas que fluye dentro de la por lo menos una tubería de alimentación (2), mediante el uso de por lo menos un dispositivo para la generación de pulsaciones, dispuesto dentro de la por lo menos una tubería de alimentación, experimenta una pulsación a una frecuencia de entre 5 y 15 Hz, preferentemente de entre 7 y 13 Hz, y de manera particularmente preferente de entre 9 y 11 Hz.

FIG1A

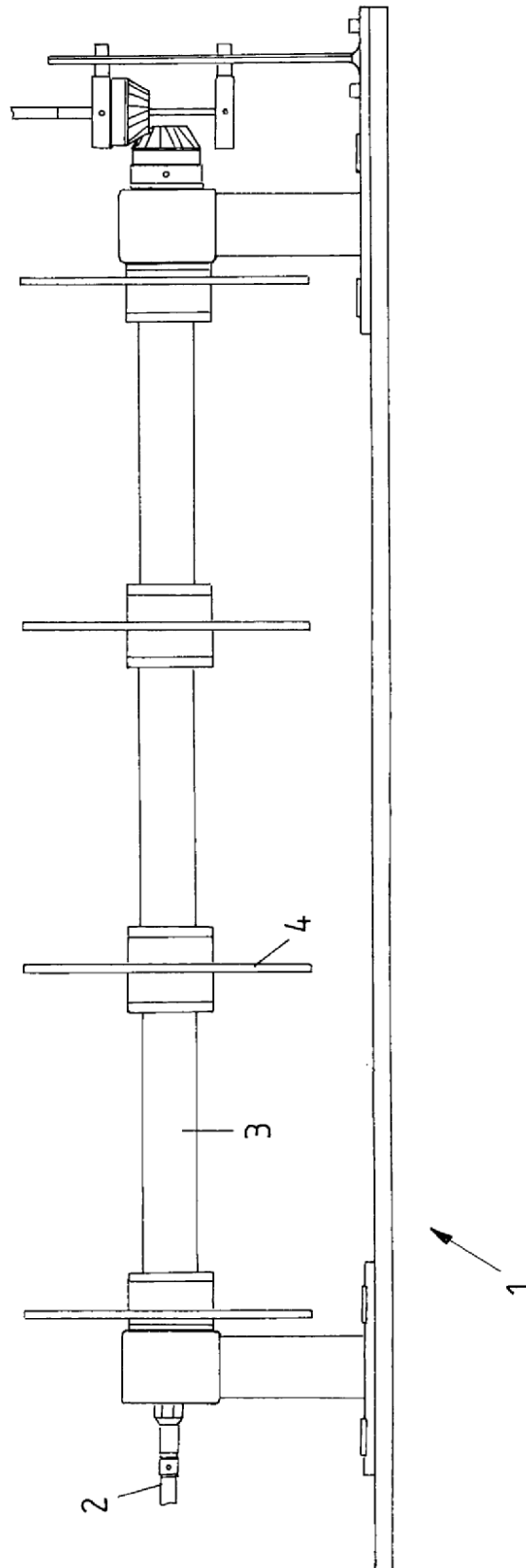


FIG 1B

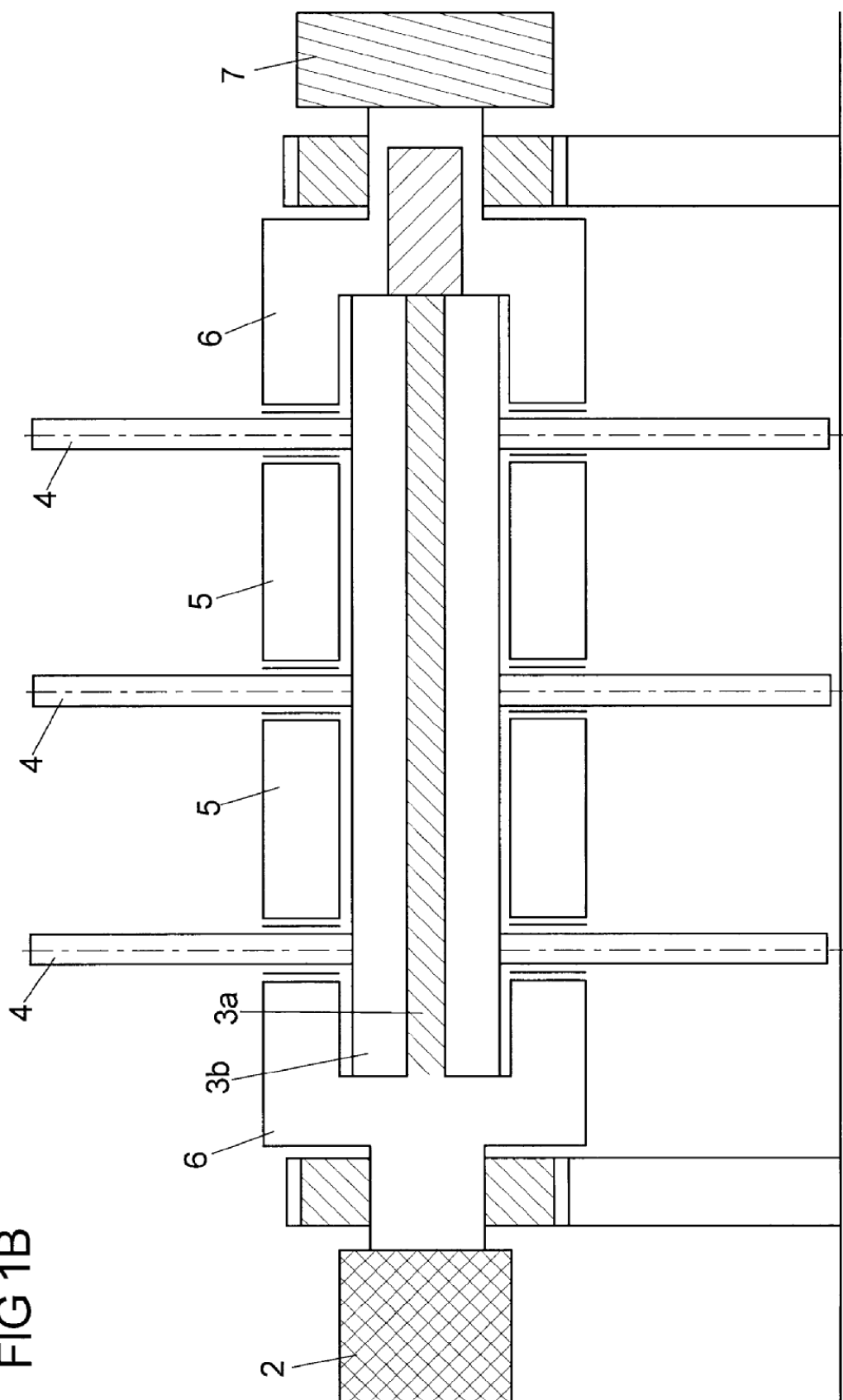


FIG 2A

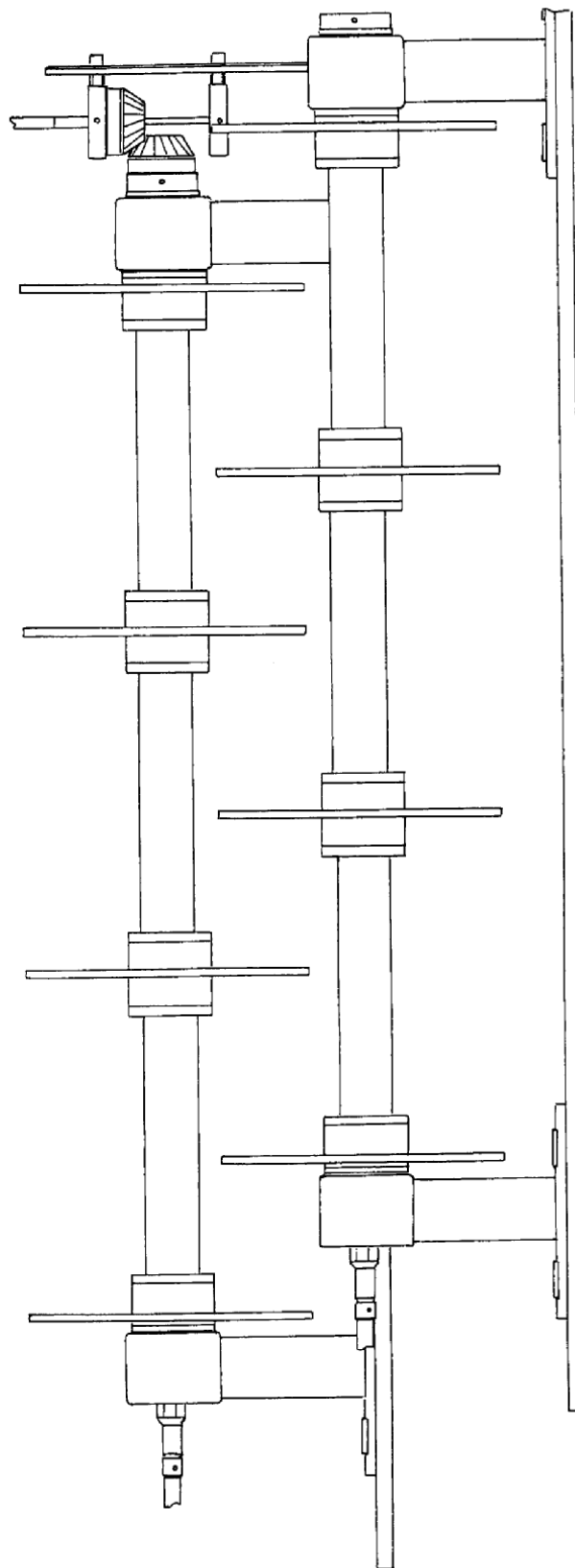


FIG 2B

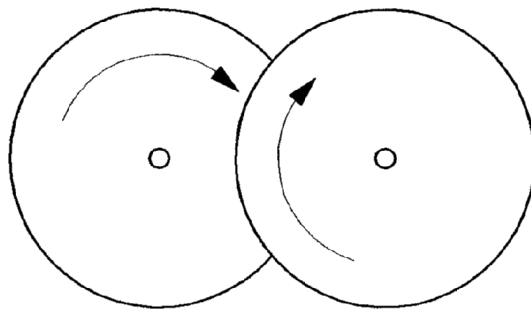


FIG 3

