



19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

11 Número de publicación: **2 365 027**

51 Int. Cl.:  
**B01F 3/04** (2006.01)  
**B01F 15/02** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **03734762 .2**  
96 Fecha de presentación : **28.01.2003**  
97 Número de publicación de la solicitud: **1478452**  
97 Fecha de publicación de la solicitud: **24.11.2004**

54 Título: **Aparato de mezclado.**

30 Prioridad: **28.01.2002 GB 0201921**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:  
**20.09.2011**

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:  
**20.09.2011**

73 Titular/es: **Anthony Gibson Wynes**  
**Mill Lane, The Beckery**  
**Glastonbury, Somerset BA6 9NT, GB**

72 Inventor/es: **Wynes, Anthony Gibson**

74 Agente: **Ponti Sales, Adelaida**

ES 2 365 027 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

Aparato de mezclado.

CAMPO DE LA INVENCIÓN

5 [0001] La presente invención se refiere a un aparato y a un procedimiento para provocar la mezcla en masas de líquido utilizando burbujas gaseosas. Un aspecto principal se refiere a la provocación de mezcla en grandes masas de agua, tal como estanques, lagos, embalses o, efectivamente, en el mar, donde habitualmente la mezcla de líquido es importante. Otro aspecto se refiere a la gasificación en plantas de tratamiento de líquidos, por ejemplo de aguas residuales o tratamiento de otros residuos, en los que habitualmente la mezcla de gas es importante.

ANTECEDENTES

10 [0002] Existen circunstancias en las que es importante ser capaz de mezclar burbujas de aire u otro gas en una masa de líquido con el fin de tratar dicha masa. Un ejemplo bien conocido es el tratamiento de aguas residuales. Los efluentes y aguas residuales industriales requieren aireación. Aunque menos conocido, es de gran importancia el tratamiento, o ayuda para su regeneración natural, de grandes suministros de agua estática, tal como ríos, lagos y embalses. En particular, en los casos en los que hay poco o ningún flujo natural o circulación, tales grandes masas de agua son  
15 sensibles a ciertos problemas, los cuales pueden causar que dichas masas sean inadecuadas para su utilización, a menos que se tomen medidas especiales. En particular, las masas de agua tienden a estratificar de manera estable en capas de diferente temperatura, las cuales no se mezclan entre sí y contienen diferentes niveles de oxígeno disuelto. El agua de capas más profundas contiene, generalmente, muy poco oxígeno disuelto. Podría contener altos niveles de metales disueltos u otros contaminantes. Habitualmente, no es adecuada para su utilización. Esto es un problema para  
20 el embalse si el nivel de éste baja. Otro tema es el crecimiento de algas, en particular algas verdiazules, cuya presencia no es deseada en embalses, y que proliferan a ciertas profundidades en agua quieta, en particular en las capas superficiales iluminadas por el sol, donde consumen oxígeno ("DBO"). Las reacciones químicas que ocurren a mayores profundidades, o en el lecho, también pueden consumir oxígeno ("DQO"). El mar, análogamente, también tiende a estratificarse, a pesar de los flujos mareales, por ejemplo pueden darse problemas en piscifactorías de marisco, al  
25 aparecer concentraciones no deseables de organismos, tal como algas, cerca de la zona de la factoría o cuando son arrastradas hacia el interior de ésta en una capa estable de agua. Los procedimientos e instalaciones para las piscifactorías son un importante aspecto que se propone en esta memoria.

[0003] A lo largo de los años han aparecido diversas propuestas para tratar estos problemas. Un enfoque es generar una fuente lineal o puntual de burbujas mediante el bombeo de aire comprimido a través de una serie de orificios en un tubo que descansa sobre el lecho, o a través de un bloque poroso. Las burbujas ascendientes arrastran agua y generan una pluma de burbujas que tiende a subir –una mezcla de agua y burbujas–, la cual causa el intercambio y mezcla vertical, reduciendo los efectos negativos de la estratificación térmica. Un perfeccionamiento de esto es proporcionar un tubo vertical cerca del fondo de la masa de agua y bombear aire comprimido hacia el interior de dicho tubo, del mismo modo que una bomba de succión (tipo "air lift"), de utilización en dragados. El desequilibrio resultante de presión  
35 hidrostática fuerza a subir de manera continua a la mezcla aire/agua de baja densidad por el interior del tubo, creando un flujo sustancial hacia arriba en el cual puede disolverse (una ventaja secundaria) algo de oxígeno adicional. La mezcla de aire/agua que sale por la parte superior del tubo arrastra agua adicional de cerca del fondo al subir hacia la superficie, incrementando el efecto de intercambio vertical. El mejor efecto de arrastre se consigue cuando las burbujas son pequeñas y están homogéneamente distribuidas en el tubo y el flujo es fuertemente turbulento y rotacional (arremolinamiento). La Patente U.S. n° 3452966 (Smolski) describe un dispositivo, conocido comercialmente como "Helixor", en el que el interior del tubo cilíndrico se encuentra ocupado por una banda extrusionada integralmente con un giro helicoidal, con el fin de causar un flujo rotacional al dirigir aire comprimido hacia el interior de dos entradas en su extremo inferior a partir de orificios en un tubo de conducción de aire. Este dispositivo ha sido ampliamente utilizado a lo largo de los años. Sin embargo, es difícil de fabricar, y las burbujas de aire tienden a ser grandes y a seguir la ruta más  
40 corta por el interior de la hélice sin mezclarse con el agua. Además, la resistencia al flujo es elevada. Ver también la patente EP-A-826640. Otras propuestas anteriores utilizan un tubo de aspiración ("de aspiración tube") con un interior vacío, sin rotación o creando un flujo rotacional mediante el direccionamiento en ángulo en toda la circunferencia de orificios de admisión de chorros de aire comprimido cerca de la base de la columna. Ver las Patentes WO 79/00895 y U.S.A. 3855367. Sin embargo, el impulso rotacional provocado en este tubo es pequeño.

50 [0004] En el campo del tratamiento de aguas residuales, se describen muchos aparatos de gasificación que utilizan impulsores rotantes o palas para controlar la mezcla entre líquido y gas, pero la necesidad de un control mecánico *in situ* hace que sean caros y limitados en su campo de aplicación.

**[0005]** En JP-A-09/112508 se describe un aparato para la producción de un flujo ascendente de agua aireada con remolinos. Un tubo corto vertical de aspiración comprende un conjunto de paletas radiales para impartir un flujo arremolinado al agua que sale por su extremo superior. El agua entra en el tubo de aspiración por una abertura central dispuesta en una placa en la base del dispositivo, y también a través de una abertura anular con dirección circunferencial con un conjunto adicional de paletas en ángulo para inducir un flujo en vórtice en el líquido entrante. Un conjunto de toberas está posicionado alrededor de la placa de la base para inyectar burbujas de aire comprimido y provocar el ascenso del agua en un flujo con vórtice.

**[0006]** La presente invención proporciona un aparato de mezclado según la reivindicación 1, y un procedimiento de uso de este según la reivindicación 18.

**[0007]** La extensión radial de las paletas puede estar preferentemente sustancialmente por completo, fuera del diámetro del tubo de aspiración. Puede definirse una región central libre entre ellas. El pie del tubo comprende o se conecta con la parte radial protuberante hacia afuera por debajo de la cual se disponen las paletas. Las paletas son, preferentemente, sustancialmente verticales, por la simplicidad de su construcción. Preferentemente son planas, nuevamente por la simplicidad de su construcción, aunque pueden utilizarse paletas curvas. De esta manera, puede inducirse sustancialmente, o por completo, la rotación del flujo, es decir, inducirse componente tangencial en éste, mediante la disposición en ángulo de las paletas en relación a la dirección radial, especialmente si la velocidad de flujo en las paletas es del mismo orden que aquélla de subida por el tubo. Debido a que las paletas pueden tener una disposición fija –la rotación se debe al impulso del flujo al pasar a ras de ellas– no son necesarias partes móviles. Las paletas pueden sujetarse por debajo por una base común, por ejemplo una placa por debajo del tubo de aspiración. Pueden encontrarse intercaladas entre las placas superior e inferior, o entre otros elementos. Tal base o placa puede utilizarse por sí sola, o junto con otra estructura con el fin de montar el aparato en una posición y orientación adecuada respecto a la masa de líquido en cuestión, o respecto al fondo o lecho de ésta. Por ejemplo, una alternativa conocida es suspender el conjunto ensamblado mediante un cable o cables desde arriba. Como mínimo con el fin de airear y/o de mezclar agua en embalses, habitualmente es deseable montar el dispositivo a suficiente distancia del fondo para evitar la aspiración de lodo, piedras u otras sustancias no deseables, por ejemplo, sedimento contaminado, y/o para proteger el ecosistema del fondo. Con este fin, una base de soporte adecuada tiene una estructura inferior estabilizante, por ejemplo, patas o una plataforma o armazón más amplio, con un pedestal o plataforma erguida, adaptada para el montaje del aparato de mezclado con su tubo o tubos de aspiración y para la disposición de las paletas.

**[0008]** El número de paletas no es crítico. Habitualmente será de entre tres y diez. Sin embargo, puede optimizarse significativamente para un montaje dado, por ejemplo mediante pruebas previas. Los presentes inventores observaron que un espaciado horizontal entre paletas es preferentemente de, como mínimo, 1/3 de su longitud de cuerda, si el tamaño de la base lo permite.

**[0009]** Una característica preferente es que la superficie de la pared interna axial (vertical) del tubo de aspiración se encuentre con una parte que se proyecta hacia fuera o pared protuberante, la cual se encuentra situada por encima de las paletas en un ángulo de menos de 90° con dicha curva gradual. Preferentemente, el radio de esta curva es de, al menos, 50 mm y, más preferentemente, de al menos 100 mm, aunque esto depende de las dimensiones totales del dispositivo. Descrito de manera alternativa, el radio de la curva es, preferentemente, entre 1/5 ó 1/7 y 1/10 del diámetro del tubo de aspiración adyacente. Es deseable que la superficie interna de la pared protuberante hacia afuera se curve pasando de ser vertical a ser, al menos, horizontal.

**[0010]** Con el fin de crear un flujo, se proporciona una disposición de inyectores de gas para la inyección de gas, por ejemplo de aire comprimido, preferentemente situadas, al menos, en el pie del tubo de aspiración, o adyacentes a éste. Preferentemente, esto significa que comprende una ristra de chorros, distribuidos sobre la región de la base del tubo, y preferentemente alrededor de ésta. Preferentemente, se distribuye un conjunto de chorros en disposición circular en relación al tubo de aspiración sobre la pared interior de dicho tubo, y/o por debajo de tal nivel, por ejemplo, al nivel de las paletas. Estas boquillas inyectoras se dirigen, preferentemente, en oblicuo respecto a la dirección radial de manera que induzcan o sigan la rotación alrededor del eje del tubo, aunque cuando se utilicen paletas como las propuestas anteriormente, esto no es esencial. Se ha descubierto que un gran número de chorros relativamente pequeños resulta más efectivo que unas pocas salidas grandes de tubería para conducción de aire (en los que las burbujas grandes se mezclan pobremente), y mejor que un “bloque burbujeante” de material permeable, el cual genera microburbujas altamente dispersables pero que requiere presiones elevadas. Preferentemente, hay por lo menos 10, más preferentemente como mínimo 20 chorros. Preferentemente cada chorro no es mayor de 2 ó 3 mm de ancho. Para economizar, es preferente que la pérdida de carga en los chorros no sea superior a, aproximadamente, 0,5 barios, más preferentemente no superior a, aproximadamente, 0,3 barios. Alternativamente, o adicionalmente, el tamaño de burbuja durante la utilización del dispositivo es, preferentemente, no superior a, aproximadamente, 10 mm (tamaño inicial, en el extremo de admisión). Las burbujas mayores arrastran agua con menos efectividad y reducen la tendencia a subir de la pluma que se eleva.

[0011] Otra propuesta preferida es la inyección de, como mínimo, parte del aire en el tubo de aspiración hacia arriba, a partir de un punto o región de inyección central en la parte inferior del tubo o por debajo de éste. Se ha descubierto que esto promueve una elevada tasa de flujo junto a las otras características que se proponen en este documento.

5 [0012] El punto o región central de inyección está, preferentemente, en una posición axial, o debajo de ésta, en la que el tubo de aspiración se ensancha hacia afuera.

[0013] No es crítico el medio que se utilice para la alimentación de gas presurizado a los chorros, pero puede seleccionarse tal medio para que adopte la forma más simple dependiendo de la disposición de los chorros. De esta manera, donde el tubo de aspiración mismo tiene un conjunto de chorros en circunferencia, éstos pueden alimentarse mediante un distribuidor anular de gas situado alrededor de la pared del tubo. Un suministro central de gas puede conducir a un punto central de inyección como se ha propuesto anteriormente. Unos conductos de gas pueden suministrar otros puntos de inyección desde este punto central, por ejemplo a través de tubos radiantes. Una realización preferente tiene un conjunto de tubos que radian hacia fuera desde el punto central de inyección, estos tubos tienen conjuntos respectivos de uno o más orificios de inyección para la inyección de gas. Estos chorros pueden distribuirse en todo el área de base inferior al tubo de aspiración, y/o por los laterales en esta región, por ejemplo por los márgenes libres de las paletas.

[0014] Otro aspecto de la invención es un procedimiento para mezclar burbujas de gas con una masa de líquido, especialmente el tratamiento o aireación de un lago, estanque, mar o embalse, o una masa de líquido residual tal como aguas residuales, mediante la provisión de un tubo de aspiración en el líquido y la conducción de gas comprimido de cualquiera de las maneras descritas en esta memoria, con el fin de causar la mezcla del gas con el líquido y un flujo correspondiente hacia arriba de líquido gasificado por el tubo de aspiración y de salida por su extremo superior. Para la mayoría de fines, el aire es un gas adecuado. Para el tratamiento de residuos, en los casos en los que la gasificación es químicamente importante, es preferente gas que contenga oxígeno, por ejemplo aire, oxígeno o aire enriquecido en oxígeno.

[0015] Una mejora opcional del sistema es proveer al tubo de aspiración de etapas superior e inferior, la parte superior del tubo de aspiración inferior conduce a la base del tubo de aspiración superior a través de un orificio de admisión de líquido entre ellas. Este orificio de admisión de líquido puede ser un orificio de circunferencia completa, por ejemplo, con un conjunto de paletas, las cuales pueden tener una o más de cualquiera de las características descritas anteriormente para la primera disposición de paletas. Es especialmente preferente que el tubo de aspiración superior tenga un diámetro mayor que el tubo inferior. Se ha descubierto que esto proporciona una mejor tasa de flujo de agua a tasas de flujo de aire elevadas, por ejemplo reduce la saturación en comparación con un ensamblaje de una sola etapa. Además, el tubo de aspiración superior puede tener su propio conjunto o conjuntos de boquillas de inyección de gas, por ejemplo en distribución circunferencial o en cualquier otra disposición, como se ha propuesto anteriormente.

[0016] En general, es preferente que el tubo de aspiración en la presente invención esté completamente libre de obstrucciones internas en la mayor parte de su longitud o en toda ella. Preferentemente, tiene una sección transversal uniforme (preferentemente es cilíndrico). La realización preferente tiene una disposición de las paletas enteramente externa al diámetro proyectado de la parte longitudinal principal de tubo de aspiración, en su extremo de admisión. Sería posible, sin embargo, proporcionar paletas en ángulo que fuesen sustancialmente, o por completo, menores que el diámetro del tubo, e incluso interiores al tubo, bajo la condición de que su extensión axial estuviese suficientemente limitada para que no perjudicasen seriamente al flujo y/o interfirieran con la libre dispersión de las burbujas de gas. Al menos 80%, más preferentemente al menos 90%, de la longitud axial del tubo se encuentra libre de atravesamiento por paletas.

[0017] Podría preverse la provisión de una disposición de paletas localizada axialmente por encima de la admisión del tubo, por ejemplo en la salida de éste. Estas paletas se extienden menos del 20%, menos del 10%, o con mayor preferencia, menos del 5% de la longitud axial del tubo de aspiración completo (incluyendo cualquier extensión que porten las paletas). Preferentemente Las paletas, al ser cortas, ocluyen (en visión en planta) menos de la mitad, y preferentemente menos del 25%, del área de flujo en visión en planta del tubo de aspiración inmediatamente antes de estas paletas. Sería posible, aunque no preferente, proporcionar un aparato de mezclado con su disposición de paletas en ángulo que estuviese situado en otro sitio que no fuese el extremo de admisión del tubo de aspiración, sujeto a que éstas sean paletas fijas y que estuviesen localizadas axialmente, por ejemplo según los criterios propuestos anteriormente.

[0018] A continuación se describen las realizaciones de nuestras propuestas, con referencia a los dibujos adjuntos.

#### BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

[0019] En los dibujos, la figura 1 es una sección transversal axial esquemática de una primera realización de aparato de mezclado;

La figura 2 es una sección radial de II-II de la figura 1;

La figura 3 es una sección axial de una segunda realización con tubos de aspiración superior e inferior;

La figura 4 es una sección transversal en IV-IV de la figura 3, que muestra un conjunto inferior de paletas de admisión;

5 Las figuras 5 y 6 muestran, respectivamente, la disposición de conjuntos superior e inferior de chorros de aire en ángulo en la segunda realización, en V-V y en VI-VI de la figura 3;

La figura 7 muestra la disposición de paletas de admisión superiores en la segunda realización como en VII-VII de la figura 3;

La figura 8 muestra una base de soporte, y

10 Las figuras 9 y 11 muestran un ensamblaje suplementario de paletas superiores (en visión en planta), instalados lateralmente, y en sección XI-XI en la figura 9.

#### DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LAS REALIZACIONES PREFERENTES

[0020] Con referencia a las figuras 1 y 2, un aparato de mezclado/aireador tiene un tubo de aspiración cilíndrico vertical  
15 -1- abierto en su extremo superior (salida) y extremos inferiores -17,16-. El material del tubo -1- no es crítico; puede ser de metal o plástico, dependiendo de las circunstancias. En esta realización, el diámetro interno del tubo es de 600 mm. El rendimiento del dispositivo en cuanto a flujo de agua varía de una manera predecible de acuerdo con la longitud del tubo de aspiración y la profundidad del agua. Típicamente, la longitud es de 1 ó 2 a 3 ó 4 metros, para su utilización en la mezcla de capas líquidas, por ejemplo en un embalse. Para el tratamiento de aguas residuales puede ser más corto, de acuerdo con la profundidad disponible de líquido. El extremo inferior (admisión) -16- del tubo de aspiración -1- se une a un plato anular plano en forma de anillo -2-, el cual se proyecta radialmente hacia fuera desde la base del tubo. Para el transporte conveniente del dispositivo, en la práctica se une o suelda una sección corta de tubo -13- en la abertura de la placa anular -2- y, a continuación, en una etapa separada se atornilla o une al pie de la sección principal -12- del tubo de aspiración -1-.

[0021] El ensamblaje se monta sobre una placa plana de base -5-. Durante su utilización, ésta puede fijarse sobre un pie o armazón de soporte (ver figura 8) para proporcionar la altura y estabilidad deseadas, sobre el fondo de una masa de agua. El pie o armazón habitualmente incluirá también medios para localizar y fijar un tubo de suministro de aire comprimido al dispositivo. La placa de base es de, por ejemplo, acero inoxidable.

[0022] Un conjunto de ocho paletas -4- se extiende verticalmente entre la placa de base -5- y la placa anular en forma de anillo -2-, de esta manera montando el ensamblaje de tubo de aspiración sobre la placa de base -5-. Visto desde arriba, estas paletas -4- son, simplemente, piezas rectangulares planas, de plástico o de metal de acuerdo con los requisitos de diseño. Es importante, como se muestra en la figura 2, que todas estén en ángulo respecto a la dirección radial (a, aproximadamente, 70°) de manera que el agua que entra en el conjunto (flecha W), entre con un componente cinético sustancialmente rotacional o de remolino respecto al eje del tubo. Puede ser preferente que estas paletas sean curvas (en visión en planta), es decir como se vería en la figura 2) con el fin de seguir las líneas de flujo más de cerca.

[0023] En efecto, puede ser curvas en dos planos con el fin de seguir la curva vertical de la ruta de flujo que se pretende. Sin embargo, esto complica la construcción y los presentes inventores han obtenido buenos resultados, así como soporte adecuado del tubo -1-, con Las paletas planos y rectos que se muestran.

[0024] Se proporciona un sistema de inyección de aire -6- en la región central de la placa de base -5-. Se ha montado un cámara central de distribución -62- a través de un orificio central en la placa de base. La parte de la cámara que se proyecta por debajo de la placa de base tiene un conector de tubería -65- al que se encuentra conectado un tubo de admisión de aire -61-. Este tubo, a su vez, se encuentra conectado durante la utilización, a un suministro de un tubo principal de alimentación de aire comprimido que recorre el lecho del lago. Por encima de la placa de base -5-, el distribuidor de aire -62- tiene una superficie hacia arriba con un conjunto de chorros centrales de aire -71- dirigidos verticalmente. Desde el distribuidor -62- radian hacia fuera ocho tubos subsidiarios de suministro de aire -63- que se extienden horizontalmente a través de la base encontrándose con el margen interno de cada uno de Las paletas respectivos -4-, y que tienen una extensión vertical -64- que recorre hacia arriba el margen interno de éstos. Se proporcionan aberturas de chorro dirigidas hacia arriba -72- sobre la parte radial del tubo -63-, y aberturas de chorro dirigidas oblicuamente hacia dentro -73- en las extensiones verticales -64- de estos tubos. Ver la figura 2 para las flechas que indican la dirección de los chorros, co-rotacional con el flujo W a través de Las paletas para minimizar la  
45 50 interrupción del flujo. Estos componentes de inyección de aire están hechos de acero inoxidable en esta realización.

**[0025]** El lector inteligente entenderá que cuando este aparato se coloca verticalmente adyacente al lecho de una masa de agua, y se bombea aire comprimido al sistema de aire –6- tal que los chorros de aire emiten rápidamente a través de las diversas aberturas de chorro –71, 72, 73-, se induce un flujo hacia arriba arremolinado de mezcla aire/agua en el tubo de aspiración –1- y se inicia un influjo correspondiente de agua –W- a través de las paletas –4- desde la base. La orientación de las paletas proporciona rotación al flujo de aspiración entero, el cual se mantiene en su recorrido hacia arriba por el tubo de aspiración. Se potencia dicha rotación mediante los chorros de aire en ángulo –73-.

**[0026]** Se apreciará que el interior del tubo de aspiración se encuentra completamente libre de obstrucciones, de manera que la mezcla de aire/agua se eleva libremente, y los presentes inventores han descubierto que esto proporciona excelentes tasas de flujo relativas a la tasa de aire de suministro. En la desestratificación, o en otras aplicaciones de la mezcla en grandes masas de agua, los presentes inventores han descubierto que la “pluma de burbujas” crea volúmenes muy grandes de líquido en movimiento (en puntos muy por encima del de mezclado).

**[0027]** Un perfeccionamiento importante es la provisión de una superficie convexa curvada en la cara interna/inferior de la placa anular en forma de anillo –2-. Un paso brusco en el sitio de unión de la placa anular –2- con el tubo –1- conduciría a la separación del flujo en la esquina y el efecto sería de estrechamiento del tubo de aspiración. Por esta razón, se proporciona una transición gradual curvada con el fin de promover una unión suave del flujo hacia arriba en los lados del tubo en su extremo inferior. En la realización que se ilustra, esto se realiza de manera económica uniendo segmentos convexos hacia abajo –80-, por ejemplo de material plástico, en las superficies inferiores planas de la placa anular en forma de anillo –2- entre las paletas –4-. La persona capacitada apreciará que también puede proporcionarse esta característica mediante la conformación curva apropiada de la placa anular –2-; a su vez, esto requerirá efectuar modificaciones para hacer que los márgenes superiores de las paletas –4- sean complementarios.

**[0028]** Se muestra una segunda realización en las figuras 3 a 7. Las características distintivas son las siguientes, comenzando desde el pie del dispositivo según se muestra en la figura 3. La base –56- tiene una inclinación hacia arriba hacia una coronación central donde se encuentran los chorros centrales de inyección de aire –71’-. Esto mejora el direccionamiento del flujo en el centro del fondo. El extremo inferior del tubo de aspiración –1’- se forma integralmente con una campana que se ensancha hacia afuera –2’-, formando una superficie curva suave de transición –25- desde la pared vertical del tubo hasta una pared superior horizontal de la admisión.

**[0029]** Las paletas de admisión –4’- (ocho en esta realización) son correspondientemente convexas y cóncavas en sus márgenes inferior y superior, con el fin de complementar los miembros por encima y por debajo de ellos. También son curvos en visión en planta, como se muestra en la figura 4.

**[0030]** En esta realización, no se proporcionan chorros de aire suplementarios en la región de la base y paletas. Sin embargo, éstos pueden ser ventajosamente incluidos. Se proporciona un conjunto de chorros de aire –75- en la pared del tubo –1’- cerca de su extremo inferior. Estos chorros de aire están dispuestos en ángulo hacia arriba y lateralmente, con el fin de promover un flujo rotatorio hacia arriba, aunque su efecto principal es crear una fuerza de flotación dentro del tubo. Proceden de un distribuidor anular, el cual no se muestra.

**[0031]** La próxima diferencia, y la más evidente, es que esta realización tiene un tubo de aspiración de dos etapas. Un tubo de aspiración superior –1a- de mayor diámetro que el tubo inferior tiene su campana abierta de extremo inferior –2a- solapada sobre el extremo abierto del tubo inferior –1’-. Un conjunto superior de paletas de guía –4a- (ver figura 7) conecta los dos tubos. Pueden proporcionarse soportes suplementarios de interconexión (no se muestran) para mantener la alineación de los dos tubos. Se proporciona un conjunto superior de chorros de aire –75a- alrededor de la pared de la parte inferior del tubo de aspiración superior –1a-. Ver también la figura 5, en la que se muestra que estos chorros también están dispuestos en ángulo hacia arriba y lateralmente respecto a la dirección radial.

**[0032]** Los presentes inventores han descubierto que esta construcción (la cual puede doblar las longitudes de tubo sugeridas anteriormente) proporciona mejores posibilidades de incrementar el flujo de agua a tasas de flujo de aire elevadas en comparación con el dispositivo convencional Helixor, el cual tiende a saturarse, es decir a alcanzar un flujo de agua máximo a una tasa de flujo de aire intermedia, la cual apenas se incrementa a partir de entonces con incrementos adicionales de flujo de aire.

**[0033]** La figura 8 muestra un ejemplo de un pie de soporte o armazón de base diseñado para soportar una columna de mezclado como se muestra en las figuras 1 y 2, sobre el lecho de un lago o embalse. El armazón de base –8- consiste en un armazón de fondo plano consistente en elementos laterales del armazón –81, 82-, con elementos paralelos intermedios del armazón –83-, sobre los cuales se soporta un pedestal o plataforma central –86-. El área del armazón de base es mucho mayor que el área de la base de la placa de base –5- del de mezclado. Puede ser, por ejemplo, cinco veces más grande. Los espacios entre los elementos del armazón –81, 82, 83- quedan cerrados por los paneles –88- de un material adecuado para evitar el hundimiento dentro del material del lecho. Éstos pueden ser paneles cerrados de

metal o material plástico, o paneles de malla. Los elementos del armazón pueden construirse para permitir el fácil intercambio de tales paneles –88-.

5 **[0034]** La plataforma central –86- tiene una altura que se determina a partir de las condiciones operativas deseadas. En particular, habitualmente se prefiere que la admisión del de mezclado esté por encima del lecho de manera que no se perturbe innecesariamente el fondo. Una altura típica de la plataforma es de entre 0,3 y 1,5 m.

**[0035]** La parte superior de la plataforma tiene elementos de armazón y preferentemente también una placa de base –85-, con orificios de fijación en las esquinas –87- para la unión con los orificios correspondientes –51- de la placa de base de la columna –5-. También pueden utilizarse como sujeciones de grúa para desplazar el soporte –8- a su posición.

10 **[0036]** La figura 9 muestra un conector opcional de paleta de salida -9-, el cual puede unirse al extremo de salida –17- del tubo de aspiración –1- para controlar o potenciar el arremolinamiento en esa posición. Esto puede ser deseable si hay una tendencia a que el arremolinamiento se vuelva desordenado en el tubo de aspiración de otra manera vacío –1-. El ejemplo ilustrado tiene una manga externa de adaptación –91- con cuatro paletas radiales –92- que se extienden a su través. La manga –91- encaja sobre la parte superior del tubo de aspiración –1- como se muestra en la figura 10. La sección en la figura 11 muestra la posición en ángulo de las paletas –92-, por ejemplo en un ángulo  $\alpha = 30^\circ$ . Debido a  
15 que estas paletas –92- son de extensión axial reducida (por ejemplo, 100 mm; mucho más cortos que el tubo de aspiración –1- completo), causan poco arrastre y ocluyen poco del área de flujo en visión en planta, como puede observarse en la figura 9. Alternativamente, una o más disposiciones de paletas fijas de este tipo podrían ser una parte integral de la construcción del tubo de aspiración.

## REIVINDICACIONES

1. Aparato de mezclado que comprende un tubo de aspiración (1) para su sujeción vertical en una masa de líquido, el tubo de aspiración (1) tiene un extremo superior de salida (17) y un extremo inferior de admisión (16), una disposición de inyectores de gas (6) para la inyección de gas en el líquido de manera que, durante su utilización, se elevará líquido gasificado por flotación dentro del tubo de aspiración (1) con salida en su extremo de salida (17) con arremolinamiento rotacional del líquido alrededor de la dirección axial del tubo de aspiración, mientras líquido adicional es arrastrado en el extremo de admisión (16); una disposición de paletas en ángulo (4) adyacentes al extremo de admisión (16) del tubo de aspiración (1), el cual actúa, durante su utilización, en concierto con el flujo de admisión causado por la gasificación del líquido, para inducir dicho arremolinamiento rotacional del líquido, sobresaliendo la extensión radial de dichas paletas (4) al menos parcialmente del diámetro del tubo de aspiración (1), y conectándose el extremo de admisión del tubo de aspiración con una proyección radial externa (2; 2') por debajo de la cual están dispuestas dichas paletas (4), **caracterizado por el hecho de que** la proyección radial externa comprende una parte de pared que se proyecta hacia fuera, y una superficie de la pared interna axial del tubo de aspiración (1) se encuentra con dicha parte de pared que se proyecta hacia fuera a través de una superficie de transición (25) que se curva gradualmente en sección axial, con el fin de promover una unión suave del flujo hacia arriba, **y por el hecho de que** el tubo de aspiración (1) es alargado y su interior está abierto por encima de la disposición de paletas (4) de modo que un segmento abierto (19) de interior de tubo de aspiración, no obstruido por encima de la disposición de paletas se extiende por, al menos, un 80% de la longitud del tubo de aspiración (1).
2. Aparato de mezclado según la reivindicación 1 en el que dicho segmento abierto de interior de tubo de aspiración no obstruido se extiende por, al menos, un 90% de la longitud del tubo de aspiración (1).
3. Aparato de mezclado según la reivindicación 2 en el que dicho segmento abierto de interior de tubo de tiraje no obstruido por encima de la disposición de paletas se extiende por la longitud total del mismo.
4. Aparato de mezclado según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el radio de dicha curva gradual de dicha superficie de transición está comprendido entre 1/10 y un 1/5 del diámetro del tubo de aspiración adyacente, o es de al menos 50 mm.
5. Aparato de mezclado según la reivindicación 1 que tiene una placa de base (5) por debajo del extremo de admisión (16) del tubo de aspiración (1), definiendo dicha proyección radial hacia fuera (2) del extremo de admisión (16) junto con la placa de base (5) dicha área de admisión de líquido de extensión circunferencial que se extiende en dirección radial (54), extendiéndose las paletas (4) entre la proyección radial (2) y la placa de base (5).
6. Aparato de mezclado según la reivindicación 5 en la que las paletas (4) están unidas rígidamente con la proyección radial (2) y con la placa de base (5), y soportan el tubo de aspiración (1) sobre la placa de base (5).
7. Aparato de mezclado según cualquiera de las reivindicaciones anteriores en el que las paletas (4) son planas y/o verticales.
8. Aparato de mezclado según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que tiene una región abierta (18) por debajo del centro del extremo de admisión (16) del tubo de aspiración (1), rodeado por la disposición de paletas (4).
9. Aparato de mezclado según cualquiera de las reivindicaciones anteriores en el que la disposición del inyector de gas (6) tiene un área con una formación de boquillas de inyección (71, 72) distribuidas en el área transversal del tubo de aspiración (1), adyacente a su extremo de admisión (16).
10. Aparato de mezclado según cualquiera de las reivindicaciones anteriores en el que la disposición del inyector de gas (6) incluye uno o más chorros centrales (71) y/o chorros (72) distribuidos en la sección transversal del tubo de aspiración en un rango de posiciones diferentes radiales y circunferenciales respecto al eje del tubo de aspiración.
11. Aparato de mezclado según la reivindicación 9 ó 10 y según la reivindicación 5, en el que dicho conjunto de chorros de inyección de gas (71, 72) está sobre una placa de base (5) o adyacente a la misma, por debajo del extremo de admisión (16) del tubo de aspiración (1).
12. Aparato de mezclado según cualquiera de las reivindicaciones anteriores en el que la disposición de inyector de gas (6) tiene un conjunto lateral de chorros en dirección radial hacia dentro (73) en disposición anular, en o debajo del extremo de admisión del tubo de aspiración (1).



13. Aparato de mezclado según la reivindicación 13 ó 14 en el que el conjunto lateral de chorros (73) incluye chorros distribuidos en diferentes sitios de los ejes.

5 14. Aparato de mezclado según cualquiera de las reivindicaciones anteriores en el que la disposición del inyector de gas (6) comprende un distribuidor (62) para su conexión a un suministro de gas comprimido, y una pluralidad de ramificaciones hacia fuera (63, 64) que proporcionan un conjunto de una pluralidad de boquillas de inyección de gas (72, 73).

10 15. Aparato de mezclado según cualquiera de las reivindicaciones anteriores en el que el extremo de salida (17) del tubo de aspiración (1) se encuentra unido a un tubo de aspiración adicional (1a) de mayor área en sección transversal, con una admisión adicional de líquido (54a) adyacente al sitio de unión, para la admisión de líquido adicional para unirse con líquido de salida del primer tubo de aspiración (1).

16. Aparato de mezclado según la reivindicación 17 en el que la admisión adicional de líquido (54a) tiene una disposición de paletas inclinadas adicional (4a) para la inducción de arremolinamiento rotacional del líquido adicional que entra el tubo de aspiración adicional (1a).

15 17. Aparato de mezclado según cualquiera de las reivindicaciones anteriores que comprende una base de soporte (8) substancialmente mayor en área que la base del tubo de aspiración y disposición de paletas, la base de soporte proporciona una parte inferior para descansar sobre el lecho o fondo de una masa de líquido y un pie elevado (86) sobre el que se monta el tubo de aspiración (1) con su disposición de paletas en ángulo (4).

20 18. Procedimiento para causar la mezcla en una masa de líquido, mediante la provisión de aparatos de mezcladores de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 17 en dicha masa de líquido y suministro de gas a presión a la disposición de inyección de gas (6) del mismo, gasificando líquido en el tubo de aspiración (1) causando de esta manera que el líquido gasificado se eleve por flotación por dentro del tubo (1) y salga por su extremo de salida (17), arrastrando hacia el interior al mismo tiempo líquido en su extremo de admisión (16) sobre la disposición de paletas en ángulo (4) para imponer un flujo de arremolinamiento en el líquido que se eleva dentro del tubo de aspiración (1).

25 19. Procedimiento según la reivindicación 18 en el que la masa de líquido es un lago, estanque, mar o embalse.

20. Procedimiento según la reivindicación 18 en el que la masa de líquido bajo tratamiento es de aguas residuales

21. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 18 a 20 en el que el gas es un gas que contiene oxígeno, tal como oxígeno, aire o aire enriquecido con oxígeno.

30 22. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 18 a 21 en el que el aparato de mezclado está soportado sobre un lecho o fondo de una masa de agua, o se suspende en la masa de agua.

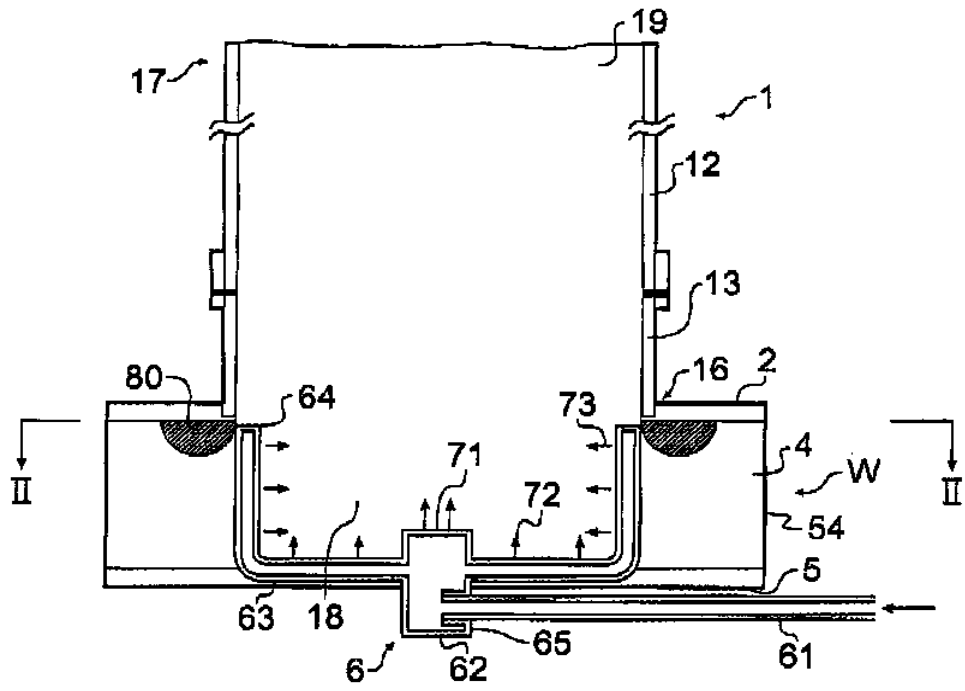


Fig. 1

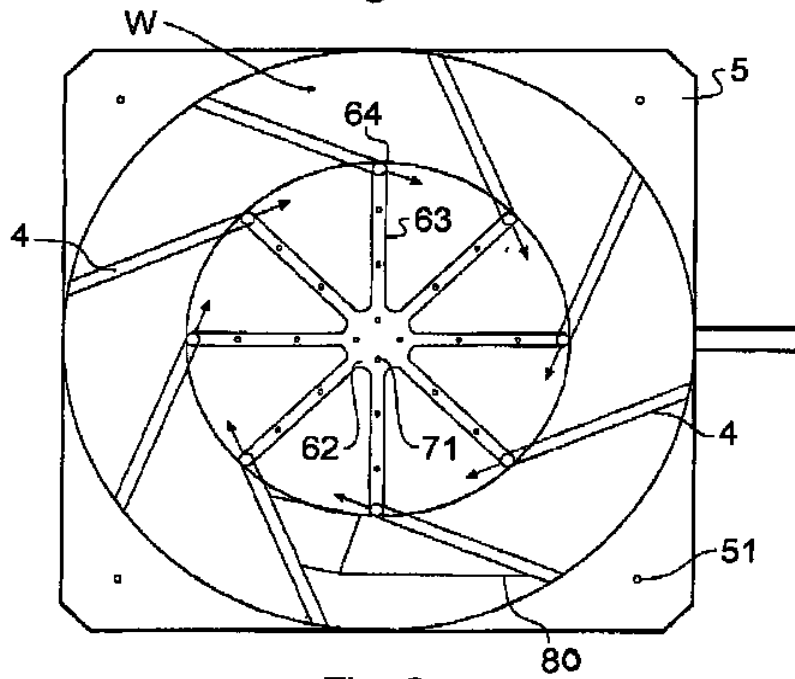


Fig. 2

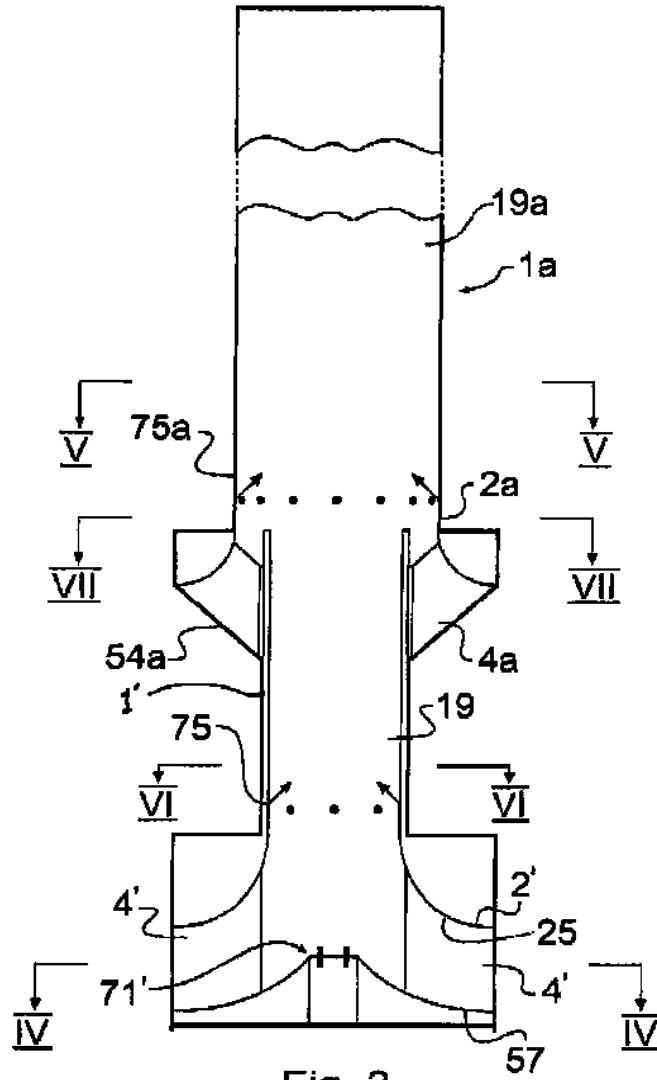


Fig. 3

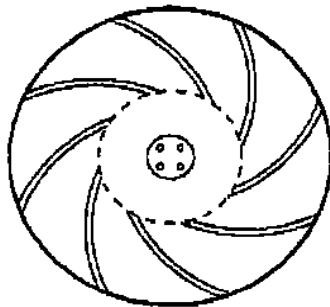


Fig. 4

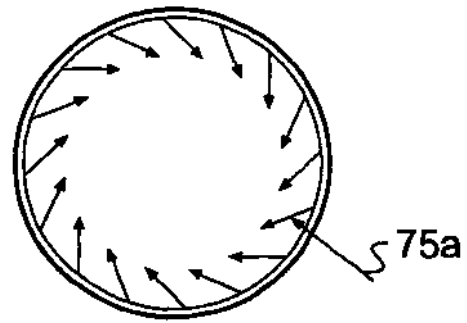


Fig. 5

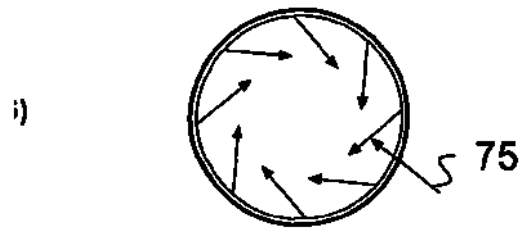


Fig. 6

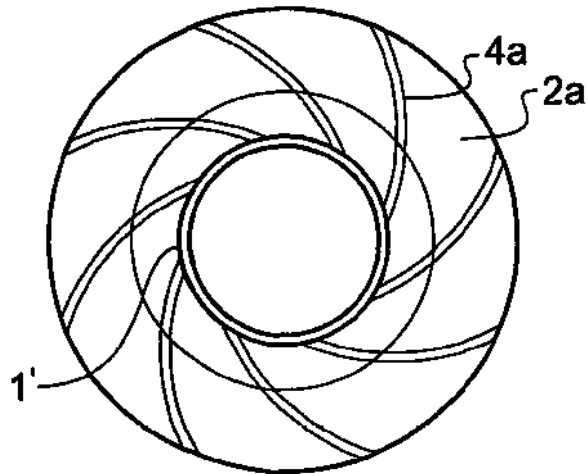


Fig. 7

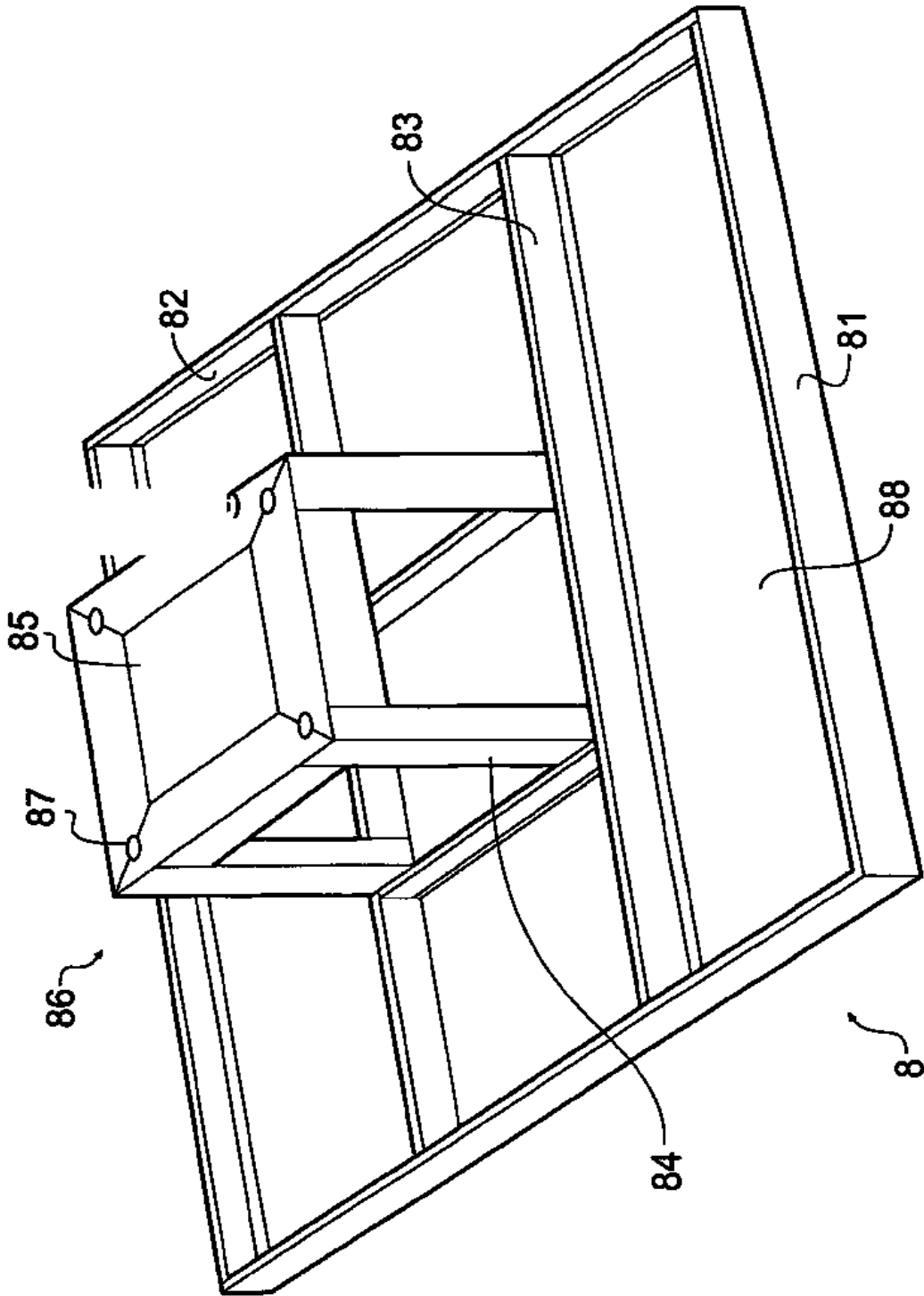


Fig. 8

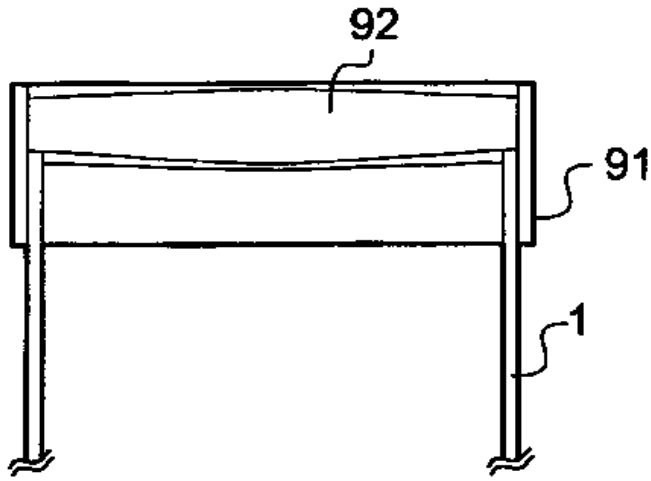


Fig. 10

i)

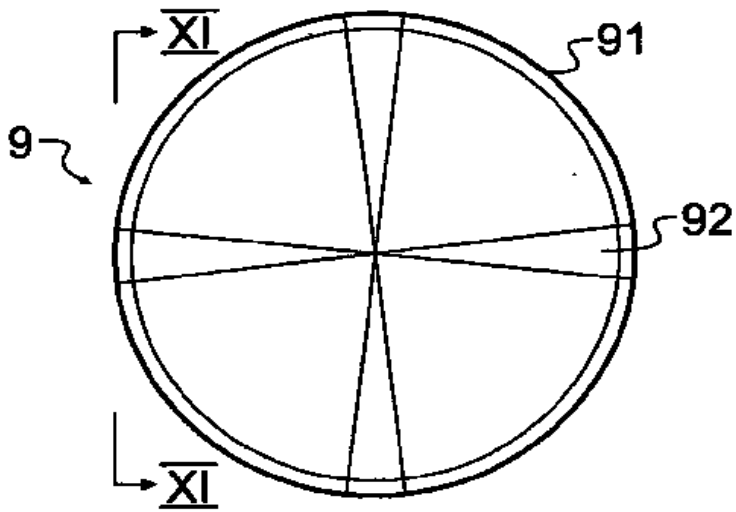


Fig. 9

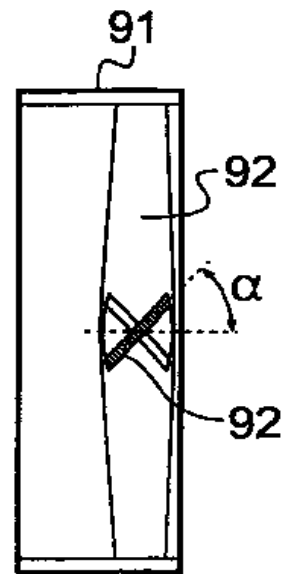


Fig. 11