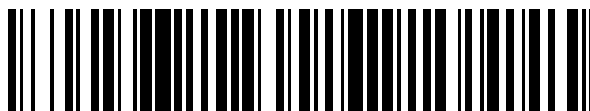


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 373 248**

51 Int. Cl.:

B01F 3/04 (2006.01)

B01F 15/02 (2006.01)

F15B 21/12 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **07824345 .8**

96 Fecha de presentación: **29.10.2007**

97 Número de publicación de la solicitud: **2081666**

97 Fecha de publicación de la solicitud: **29.07.2009**

54 Título: **GENERACIÓN DE BURBUJAS PARA AIREACIÓN Y OTROS PROPÓSITOS.**

30 Prioridad:
30.10.2006 GB 0621561

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
01.02.2012

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
01.02.2012

73 Titular/es:
**Perlemax Ltd
40 Leavygreave Road
Sheffield S3 7RD, GB**

72 Inventor/es:
**ZIMMERMAN, William Bauer Jay y
TESAR, Vaclav**

74 Agente: **de Elzaburu Márquez, Alberto**

ES 2 373 248 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

Generación de burbujas para aireación y otros propósitos

La presente invención se refiere a la generación de burbujas finas.

ANTECEDENTES

5 Las burbujas de gas en líquido frecuentemente se requieren en muchas aplicaciones diferentes y por lo general, aunque no exclusivamente, para los fines de disolver el gas en el líquido. Al igual que cualquier procedimiento industrial, en general se desea que esto se realice de la manera más eficiente posible que, en el caso de disolver el gas en el líquido, no implique que la burbuja alcance la superficie del líquido y libere el gas allí sin haberse disuelto. Idealmente, las burbujas no deben alcanzar la superficie antes de que todo el gas en ellas se haya disuelto. Se reconoce extensamente que una forma de lograr la eficiencia consiste en reducir el tamaño de las burbujas. La relación de área de superficie a volumen de una burbuja más pequeña es mayor, y la disolución ocurre mucho más rápidamente. Además, la tensión superficial de una burbuja pequeña significa que la presión de gas dentro de la burbuja es relativamente mucho mayor que en una burbuja grande, de modo que el gas se disuelve más rápidamente. A su vez, las burbujas pequeñas se elevan más lentamente que las burbujas grandes, y esto proporciona más tiempo para el transporte de gas desde la burbuja hacia el líquido circundante. Asimismo, coalescen menos rápidamente, de manera que las burbujas más grandes, que se elevan hacia la superficie más velozmente, se forman más lentamente.

Las aplicaciones que no implican disolución de gas se aplican en pozos de petróleo donde la elevación de las burbujas puede transportar petróleo hacia la superficie en determinados tipos de pozo. Aquí, las burbujas pequeñas son también ventajosas porque demoran más en coalescer y formar los grandes tarugos de gas que no son eficaces en extracción de petróleo.

El problema colorario asociado con las burbujas finas, no obstante, es que son más difíciles de producir. La reducción del tamaño de la apertura a través de la cual la burbuja se inyecta en el líquido es un primer paso, ya que es difícil formar burbujas pequeñas a través de una apertura grande. Pero, incluso así, una burbuja puede adquirir un gran tamaño cuando crece mientras está unida incluso a una pequeña apertura de suministro de gas. La separación de burbujas es un proceso dinámico. En cualquier caso, dicha reducción en el tamaño de la apertura tiene su costo, ya que la fricción que resiste el flujo de gas a través de dicha apertura fina, y a través del pasaje que conduce a la apertura, implica una caída de presión mayor. La burbuja se forma una vez que el tamaño de la burbuja va más allá de la forma hemisférica, y se puede producir el estrechamiento de la burbuja. No obstante, se necesita aplicar más energía en esta etapa para finalmente separar la burbuja, y en general esto simplemente se logra presionando más gas hacia ésta, aumentando su tamaño.

De hecho, en general las burbujas no pueden tener un diámetro más pequeño que el diámetro de la apertura a través de la cual son inyectadas, y la reducción del tamaño de la burbuja aumenta la energía necesaria para producirlas, de modo que se alcanza un límite más allá del cual la eficiencia del sistema ya no se puede seguir mejorando.

Otro problema es que, a medida que las burbujas crecen más allá de la forma hemisférica, la presión dentro de ellas cae. En consecuencia, dos o más burbujas que crecen en paralelo desde una fuente común tienden a ser inestables más allá de la forma hemisférica. Lo que ocurre es que, más allá de la etapa hemisférica, una burbuja crece bastante más rápidamente que una adyacente (por cualquiera de una serie de razones, p. ej., quizás una está más próxima a la fuente de presión y entonces hay correspondientemente menos arrastre y mayor presión para impulsar la formación de la burbuja). Una vez que hay una diferencia de tamaños, también hay una diferencia de presiones, donde la presión mayor se encuentra en la burbuja más pequeña. En consecuencia, ya que las burbujas están conectadas, la burbuja más pequeña infla a la más grande a expensas de su propio crecimiento. El resultado es que, si múltiples conductos se encuentran conectados a una fuente de presión común, solamente algunos de ellos terminarán produciendo grandes burbujas.

Esta inestabilidad de la formación de burbujas puede conducir a que una de las burbujas crezca desproporcionadamente al tamaño de la apertura. El estrechamiento y la separación consisten en un fenómeno dinámico y, si la burbuja inestable crece rápidamente, puede alcanzar un tamaño grande antes de separarse.

Otro problema con la formación descontrolada de burbujas es que las burbujas en colisión frecuentemente coalescen, de forma que el esfuerzo adicional de formar burbujas pequeñas se desperdicia inmediatamente. Idealmente, las burbujas monodispersas deben proveerse con un espacio suficiente entre ellas para prevenir la coalescencia. De hecho, las condiciones que llevan a la coalescencia pueden depender de una serie de factores asociados con un sitio y una aplicación particular, y de que sea posible una puesta a punto conveniente del sistema de generación de burbujas para que se pueda disponer de la generación de burbujas más eficiente.

55 Los documentos WO99/31019 y WO99/30812 resuelven ambos el problema de la generación de burbujas finas usando aperturas relativamente grandes, inyectando gas en una corriente de líquido impulsada a través de una apertura pequeña directamente delante de la apertura de salida de gas. La corriente de líquido arrastra el gas hacia una corriente fina, mucho más estrecha que la apertura de salida para el gas, y las burbujas finas por último se

forman más allá de la apertura pequeña. No obstante, la disposición física es bastante compleja, aunque se dice que se producen burbujas de 0,1 a 100 micrómetros. Además, si bien la apertura de salida de gas es grande, el líquido en el que se inyecta el gas está necesariamente bajo presión para impulsarlo a través de la apertura pequeña que por ende implica que la presión de gas necesariamente también es mayor, lo cual debe mitigar parte de la ventaja.

5 Varias publicaciones reconocen que la vibración puede ayudar a la separación de una burbuja o, en el caso del documento EP1092541, una gota de líquido. Esa patente sugiere oscilar un lado de un orificio de descarga anular. La producción de gotas de líquido en una matriz gaseosa puede a veces considerarse un problema similar a la producción de burbujas de gas en una matriz de líquido.

10 El documento SU1616561 se refiere a la aireación de una pecera, que comprende forzar aire a través de un tubo donde las aperturas se abren entre solapas que vibran bajo la influencia del movimiento de gas y producen burbujas finas.

El documento GB1281630 emplea una disposición similar, pero también se basa en la resonancia de una cavidad asociada con una solapa de acero para aumentar la frecuencia de oscilación de la solapa y reducir así el tamaño de las burbujas.

15 El documento US4793714 presuriza el lado opuesto de una membrana perforada a través de la cual el gas es forzado hacia el líquido, donde la membrana vibra mediante lo cual se producen las burbujas.

El documento US5674433 emplea una pegajosidad diferente destilando burbujas desde membranas de fibra huecas hidrófobas usando un flujo de volumen de agua sobre las fibras.

20 El documento GB2273700 describe una disposición en la cual se aplican vibraciones sónicas al aire en un dispositivo de aireación cloacal que comprende una disposición de "caño orgánico" poroso, en la que el caño se hace vibrar sónicamente por el flujo de aire. La invención se basa en la vibración del aireador en virtud de la disposición de caño orgánico, perdiendo gran parte del ingreso de energía a través de la inevitable absorción de energía por el agua circundante.

25 El documento DE4405961 también hace vibrar el aire en un dispositivo de aireación para tratamiento cloacal montando un motor que impulsa la bomba de aire en la rejilla de aireación empleada, y de modo que la rejilla vibra con la vibración natural del motor, y se generan burbujas más pequeñas. El documento DE19530625 muestra una disposición similar, solamente que la rejilla es oscilada por una disposición oscilante.

El documento JP2003-265939 sugiere vibrar de manera ultrasónica la superficie de un sustrato poroso a través del cual pasa un gas hacia un líquido que fluye sobre la superficie.

30 El documento EP-A-376008, que describe un método de acuerdo con el preámbulo de la reivindicación 1 y un generador de burbujas de acuerdo con el preámbulo de la reivindicación 13, describe emplear válvulas solenoides para abrir y cerrar el flujo de gas a una salida para crear burbujas pequeñas que tengan una separación sustancial, de modo que haya menos tendencia a coalescer. Además, con toberas de piso con gas suministrado de manera esencialmente vertical con una alta frecuencia (no especificada), las burbujas se desgarran habiendo alcanzado un tamaño pequeño.

El documento EP-A-135822 describe una fuente pulsante de gas presurizado suministrada hacia una estructura de difusor de tipo placa sinterizada para aireación de un líquido y para producir burbujas pequeñas.

40 El documento US-A-5524660 describe una tobera de tipo placa que usa una estructura desviadora fluidica en la que un chorro líquido se conecta a una primera pared, luego a otra en respuesta a un circuito de control de retroalimentación.

A partir de lo expuesto anteriormente, es obvio que la generación de burbujas pequeñas tiene aplicación en la industria de tratamientos cloacales, donde se desea disolver oxígeno en el agua que se está tratando. Esto tiene como fin suministrar bacterias de respiración que están digiriendo las aguas cloacales. Cuanto más oxígeno tengan, más eficiente será el proceso de digestión. No obstante, existe un requerimiento similar en biorreactores y fermentadores, en general donde se rocían para propósitos de aireación. Específicamente, la industria de fabricación de levadura posee este requerimiento, donde el crecimiento y la reproducción de bacterias exigen abastecimiento de oxígeno constante para propósitos de respiración.

50 Otra aplicación consiste en la carbonización de bebidas, donde se desea disolver dióxido de carbono en la bebida. Un procedimiento que busca disolver el gas pero no obstante se beneficia de las burbujas pequeñas es la extracción de reservas de petróleo difíciles de recoger en algunos campos que o bien tienen poco petróleo restante, o tienen el petróleo bloqueado en la arena. De hecho, gran parte del petróleo en las reservas de petróleo de Canadá tiene la forma de arena petrolífera. Burbujear gas a través de dichas reservas portadoras de petróleo tiene el efecto de elevar el petróleo a medida que las burbujas suben bajo gravedad y traen con ellas el petróleo. Las burbujas se forman en agua y se bombean hacia el pozo o la reserva, y el petróleo se transporta en la interface entre el gas y el agua de cada burbuja a medida que pasa por las reservas. Cuanto más pequeña sea la burbuja, más grande será el área de superficie relativa para transporte del petróleo.

Es un objeto de la presente invención mejorar las disposiciones de la técnica anterior.

BREVE SUMARIO DE LA DESCRIPCIÓN

De acuerdo con el aspecto más general de la presente invención, se provee un método para producir pequeñas burbujas de gas en un líquido que comprende las etapas de:

5 proveer una fuente del gas bajo presión;

proveer un conducto que se abra hacia un líquido bajo una presión menor que la de dicho gas, estando dicho gas en dicho conducto; y

10 oscilar el gas que pasa por dicho conducto sin oscilar el conducto, al margen de cualquier reacción del gas oscilante, caracterizado porque dicha oscilación se efectúa con un oscilador fluídico, donde dichas oscilaciones efectuadas por el oscilador fluídico son del tipo que tiene entre 10 y 30% de contraflujo de gas de una burbuja emergente.

15 Por lo tanto, toda la energía del sistema consiste en oscilar el gas, y no el conducto por el que pasa, mediante lo cual se puede maximizar la eficiencia del sistema. La energía no se desperdicia en oscilar el conducto que tendrá una masa mucho mayor y en consecuencia requerirá más energía para oscilar. A pesar de cualquier resonancia, la fricción todavía representa una proporción de la energía empleada. En el caso del documento DE4405961, que usa vibración de "desperdicio" del motor y el compresor de un sistema de aireación, el motor y el compresor, como consecuencia, deben montarse debajo del agua en la rejilla de aireación.

Las vibraciones sónicas y ultrasónicas como las sugeridas en los documentos GB2273700 y JP2003-265939 respectivamente tienen alta frecuencia y pueden no ser tan eficaces en generar burbujas.

20 Si bien pueden impartirse altas energías, la separación de burbujas más eficaz ocurre con oscilaciones de golpe (amplitud) más largo, en lugar de frecuencias más altas.

Preferiblemente, dichas oscilaciones efectuadas por el oscilador fluídico se efectúan a una frecuencia entre 1 y 100 Hz, preferiblemente entre 5 y 50 Hz, más preferiblemente entre 10 y 30 Hz.

Preferiblemente, las burbujas formadas tienen entre 0,03 y 2 mm de diámetro, más preferiblemente entre 0,05 y 0,1 mm.

25 Como se indicó precedentemente, dicha oscilación es del tipo que tiene entre 10% y 30% de contraflujo de gas de una burbuja emergente. Esto preferiblemente es provisto por una disposición en la que un oscilador fluídico divide el flujo entre dos trayectos, donde por lo menos uno de dichos trayectos forma dicha fuente. En este caso, el flujo está principalmente solo en la dirección hacia adelante, donde el flujo cesa periódicamente en forma de onda cuadrada con la base de la onda cuadrada esencialmente sin flujo.

30 Contraflujo significa aquí que, de un caudal de gas neto de dicho conducto de $x \text{ m}^3\text{s}^{-1}$, $(x+y) \text{ m}^3\text{s}^{-1}$ está en la dirección positiva, mientras que $(-y) \text{ m}^3\text{s}^{-1}$ está en la dirección negativa, definiéndose a $100 (y/(y+x))$ como el porcentaje de contraflujo. Cierta contraflujo es inevitable, particularmente con la disposición en la que el flujo se divide en dos trayectos, ya que habrá siempre cierto rebote. De hecho, esto es también una tendencia como la generación de burbujas, ya que con la remoción de presión, la contrapresión dentro de la burbuja tiende a causar cierto contraflujo. Por cierto, contraflujo aquí significa en la abertura del conducto, ya que el contraflujo puede variar en virtud de la compresibilidad del gas.

40 Preferiblemente, el oscilador fluídico comprende un desviador provisto con el gas a presión constante a través de un puerto de suministro que se divide en puertos de salida respectivos, y que incluye un medio para oscilar el flujo desde un puerto de salida hacia el otro. Preferiblemente, dicho medio comprende cada puerto de salida controlado por puertos de control respectivos. Preferiblemente, los puertos de control se interconectan mediante un circuito de control cerrado. Alternativamente, una ramificación de cada puerto de salida puede suministrar a cada puerto de control respectivo, mediante lo cual parte del flujo en un puerto de salida se convierte en un flujo de control, transfiriendo el flujo de suministro desde ese puerto de salida hacia el otro puerto de salida.

45 Cuando se emplea un circuito de control, las partes de control se disponen de modo que cada una posea menor presión cuando el gas fluye por su respectiva salida, y mayor presión cuando no hay flujo en su respectiva salida. En consecuencia, cuando el gas fluye fuera de un puerto de control, separa el flujo de suministro principal del gas de la pared en la que se forma el puerto de control, y transfiere ese flujo desde el puerto de salida asociado con esa pared hacia el otro puerto de salida, conectando el flujo principal del puerto de suministro a la pared asociada con el otro puerto de control, y entonces la situación se revierte con el flujo principal del puerto de suministro oscilando entre dichos puertos de salida con una frecuencia determinada por una serie de factores que incluyen la longitud del circuito de control.

50 Preferiblemente, hay por lo menos dos de dichos conductos, donde cada puerto de salida está conectado a uno u otro de dichos conductos.

La frecuencia de las oscilaciones puede ajustarse cambiando la longitud de dicho circuito cerrado.

Preferiblemente, el volumen de flujo de dicho gas oscilante es suficiente como para que una pluralidad de dichos conductos pueda suministrarse simultáneamente. Preferiblemente, el caudal volumétrico de cada ciclo de oscilación es suficiente para llenar una burbuja en cada conducto hasta por lo menos el tamaño hemisférico antes de cambiar la oscilación, de modo que todas las burbujas tienen sustancialmente el mismo tamaño antes de separarse del conducto por el quiebre de presión.

Sin desear estar influenciados por ninguna teoría particular, se cree que el crecimiento inicial de una burbuja de plana a través de la boca del conducto hacia hemisférica se acelera y da impulso al líquido que está siendo desplazado fuera de la boca. Normalmente, a medida que se suministra más gas, la burbuja simplemente crece y el impulso del retratamiento del líquido continúa, aunque retardado, ya que el índice de crecimiento del radio de burbujas es proporcional a la raíz cúbica del volumen de gas en la burbuja. No obstante, si el suministro de gas hacia la burbuja se reduce súbitamente, se observa un régimen de separación dinámica mediante el cual la burbuja se "desgarra" del conducto. Por lo tanto, la burbuja se forma en un tamaño mucho más pequeño que el que se produciría con una presión de llenado estable.

Preferiblemente, el conducto abre el líquido en una superficie del material en la que se forma el conducto, estando dicha superficie en un plano que es sustancialmente vertical con respecto a la gravedad. Se observa que la tendencia de la burbuja a elevarse transversalmente con respecto al conducto en virtud de la disposición de la superficie del material que rodea el conducto sirve para causar un efecto de constricción a medida que la burbuja rebota al final de cada oscilación. De hecho, en un experimento, donde la superficie que contiene el conducto era horizontal, se produjeron burbujas de 500 micrómetros de diámetro e incluso, al llevar la superficie a 90 grados con todo lo demás igual, se lograron burbujas de un décimo de ese diámetro.

Preferiblemente, dicho conducto comprende una membrana que tiene una ranura que está cerrada, donde la presión de gas detrás de la membrana sirve para distender la ranura a fin de permitir que se forme una burbuja de gas a través de la ranura, donde la ranura se cierra detrás de la burbuja, donde la oscilación del flujo de gas está sincronizada en términos de presión, caudal, amplitud y frecuencia con las propiedades elásticas de la membrana para fomentar la formación de pequeñas burbujas. En este sentido, con una presión de gas constante, el modo de operación de dicho difusor de membranas es oscilatorio y, en consecuencia, las oscilaciones del gas pueden sincronizarse de manera que, a medida que la presión detrás de la ranura cae, ya ha salido suficiente gas de la ranura como para que la burbuja no pueda volver a ser oprimida en la ranura por su propia tensión de superficie antes de que se cierre la ranura.

En este sentido, el material de la superficie a través de la cual se forma el conducto es preferiblemente no humectable por el gas, de modo que la burbuja no tiende a adherirse a éste. El vidrio es un material adecuado en este sentido, aunque también son adecuados otros materiales tales como Teflon®.

La invención permite la readaptación en instalaciones existentes que comprenden un suministro de gas bajo presión y uno o más generadores de burbujas provistos por dicho suministro, y que comprenden una pluralidad de conductos que se abren hacia el líquido. En este caso, el oscilador de gas se interpone entre el suministro y el generador de burbujas. Preferiblemente, dicho generador de burbujas comprende una cámara conectada a dicho suministro de gas y una pared porosa de dicha cámara que separa dicha cámara del líquido, y que comprende dicha pluralidad de conductos. Dichos conductos pueden ser aperturas formadas en dicha pared. La pared puede ser de metal, por ejemplo metal sinterizado en el que dichos conductos son poros en dicho metal. Alternativamente, la pared puede consistir en una cerámica porosa y los conductos en poros de dicha cerámica.

Un tercer aspecto de la presente invención provee una disposición alternativa, que puede preferirse particularmente si se desean burbujas muy pequeñas de distribución de tamaño muy uniforme, una fase del gas oscilante se emplea para impulsar líquido a través del conducto después de la formación de una burbuja en la otra fase de oscilación, mediante lo cual la burbuja se separa por la fuerza de dicho líquido impulsado. Preferiblemente, esto se provee mediante la disposición anteriormente descrita en este documento en relación con el desviador donde los conductos de cada salida están dispuestos enfrentados entre sí en un ángulo inclinado, preferiblemente en ángulos rectos uno respecto del otro, manteniendo una salida llena con el líquido. Por consiguiente, mientras la primera salida llena una burbuja en la boca de su conducto, en la segunda fase, el líquido es impulsado fuera del otro conducto desplazando la burbuja formada en el primer conducto. La disposición es especialmente adecuada cuando se suministra una pluralidad de conductos, es decir, conductos de gas, en paralelo desde una salida, estando una pluralidad similar de conductos, es decir, conductos de líquido, dispuesta opuesta a los conductos de gas y suministrada en paralelo por la otra salida. Las burbujas en los conductos de gas se formarán todas establemente de un tamaño aproximadamente equivalente, siempre que no excedan demasiado el tamaño hemisférico, y pueden ser frenadas más pronto que en el caso de carecer del ímpetu del líquido impulsado por los conductos de líquido. Dicha disposición se denomina convenientemente sistema de desplazamiento, ya que las burbujas son desplazadas de su conexión hacia la apertura que las forma.

Una disposición adecuada comprende una placa que tiene dos colectores paralelos, paralelos a una superficie de la placa en contacto con el líquido y suministrada por las respectivas salidas del desviador, una zanja en la superficie y dispuesta entre y paralelas a los colectores, y conductos que conducen desde lados opuestos de la zanja hacia dichos colectores. Preferiblemente, la zanja tiene forma de V. Preferiblemente, la zanja con forma de V tiene un ángulo recto.

Preferiblemente, la salida del desviador que alimenta el colector que suministra los conductos de líquido está provista con una válvula de purga de gas mediante la cual los conductos de líquido se llenan de líquido.

5 Por lo tanto, con un oscilador fluídico determinado, cuyo caudal y frecuencia de oscilación se ajustan fácilmente en el sitio, se puede poner a punto la disposición más ideal de generación de burbujas (es decir, tamaño y distribución) para las circunstancias particulares, donde se puede ajustar la distribución de tamaño y espacial de burbujas más apropiada.

10 En teoría, la viscosidad del líquido no debería afectar el proceso de formación de burbujas, pero cuando se aplica el sistema de desplazamiento en líquidos más viscosos se puede observar un mecanismo distinto que posiblemente puede ser también aplicable en líquidos de viscosidad inferior, aunque con la frecuencia de operación mayor de líquidos de baja viscosidad, no se observaría tan fácilmente. De hecho, un cuarto aspecto de la presente invención se refiere a esta disposición alternativa y que puede además explicar el funcionamiento del primer aspecto de la presente invención.

Un método para producir burbujas pequeñas de gas en un líquido no dentro del alcance de la presente invención comprende las etapas de:

15 proveer una fuente del gas bajo presión;

proveer un conducto que se abra hacia un líquido bajo presión inferior a dicho gas a través de una pluralidad de aberturas del conducto, teniendo dichas aberturas un extremo abierto y un extremo en contacto con el conducto, estando dicho gas en dicho conducto; y

20 oscilar el gas que pasa por dicho conducto, de forma que el líquido sea arrastrado hacia el conducto a través de por lo menos una de dichas aberturas y forme un tapón de líquido en el conducto empujado a lo largo de dicho conducto por el gas, de manera que cuando dicho tapón alcanza otras de dichas aberturas, el gas es empujado hacia afuera de dichas aberturas por el tapón de líquido, formando así una burbuja cuando dicho tapón alcanza el extremo abierto de dichas aberturas.

25 Por consiguiente, en este caso, las burbujas son o bien desplazadas por un flujo de líquido transversal a las aberturas ni contraídas por la inercia del líquido delante de la burbuja en formación. En cambio, son empujadas por el tapón de líquido que se separa de la burbuja de atrás. Por otra parte, no hay nada que indique que los mecanismos de desplazamiento y/o constricción descritos anteriormente no puedan además estar contribuyendo a la separación de las burbujas y a este mecanismo de constricción.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

30 Las realizaciones de la invención se describen a continuación a modo de ejemplo, con referencia a los dibujos adjuntos, en los que:

la Figura 1 es una vista en planta de un desviador adecuado para oscilar gas en un método de acuerdo con la presente invención;

35 la Figura 2 es un gráfico de frecuencia de oscilación trazado contra la longitud de un circuito de retroalimentación para una disposición del desviador que se muestra en la Figura 1;

la Figura 3 es un gráfico de presión de burbujas frente a volumen de burbujas para las aberturas de los conductos de dos diámetros diferentes;

la Figura 4 es una placa generadora de burbujas de una disposición alternativa de la presente invención;

40 la Figura 5 es una vista de frente que muestra las dimensiones relativas de los conductos de líquido y gas de la placa de burbujas que se muestra en la Figura 4;

la Figura 6 es una ilustración esquemática de la disposición general que emplea la placa de burbujas de las Figuras 4 y 5;

la Figura 7 es una ilustración esquemática de la disposición general de una realización preferida de la presente invención;

45 la Figura 8 es un corte transversal de un generador de burbujas del sistema de la Figura 7;

la Figura 9 es un corte de un generador de burbujas no necesariamente de acuerdo con la presente invención;

las Figuras 10 a y b son respectivamente una vista en perspectiva esquemática de un difusor empleado en un método de acuerdo con la presente invención y un corte lateral que muestra la constricción de la burbuja; y

50 las Figuras 11 a y b son respectivamente cortes laterales (a) a (e), a través de una membrana elástica que muestra el desarrollo de una burbuja, y un gráfico de presión gas/líquido diferencial ΔP en la membrana en cada una de las etapas de formación de burbujas que se muestra en la Figura 11 a.

DESCRIPCIÓN DETALLADA

En la Figura 1, se muestra un desviador fluídico 10 en corte, que comprende un bloque 12 en el que se forman pasajes indicados en general en 14. Un pasaje de entrada 14a posee un suministro 16 de fluido bajo presión conectado allí por un puerto de entrada 18. Dos pasajes de salida 14b,c se ramifican desde el pasaje de entrada 14a. Dos pasajes de control 14d,e están opuestos uno al otro en cualquiera de los laterales del pasaje de entrada justo delante de la ramificación 14f entre los dos pasajes de salida 14b,c. Los pasajes de control son suministrados por los puertos de control 20d,f que están interconectados por un conducto de circuito cerrado 22. Cuando el fluido pasa por el pasaje de entrada 14a e ingresa en la ramificación divergente 14f, tiende a adherirse a un lateral u otro bajo la influencia del efecto Coanda, y preferencialmente ingrese en uno u otro de los pasajes de salida 14b,c. De hecho, el efecto es tan fuerte que, siempre que la región de presión contracorriente de los pasajes de salida 14b, c sea favorable, más de 90% del flujo en el pasaje de entrada 14a ingresará en uno u otro de los pasajes de salida 14b,c. Los pasajes de salida 14b,c están conectados a los respectivos puertos de salida A,B.

Si el flujo es predominantemente hacia el pasaje de salida 14b, por ejemplo, entonces el flujo de fluido sigue de cerca la pared 14g del pasaje de entrada 14a y a través de la boca del pasaje de control 14d, reduciendo la presión en el pasaje de manera acorde en virtud del efecto venturi. De manera inversa, no hay tanto flujo adyacente al pasaje de control 14e. En consecuencia, se crea una diferencia de presión en el circuito de control 22 y el fluido fluye desde el puerto de control 20f, alrededor del circuito de control 22, e ingresa en el puerto de control 20d. Eventualmente, el flujo fuera del pasaje de control 14d se torna tan fuerte que el flujo desde el pasaje de entrada 14a hacia el pasaje de salida 14b se separa de la pared 14g que contiene la boca del pasaje de control 14d, y en cambio se conecta a la pared opuesta 14h, donde dicho flujo es transferido hacia el pasaje 14c. Luego, tiene lugar la condición opuesta, y la presión en el puerto de control 14e se reduce, y aumenta en el puerto de control 14d, donde el flujo en el circuito de control 22 también se invierte. La disposición oscila por lo tanto, en un modo conocido, dependiendo de varios factores que incluyen la longitud del circuito 22, cuya longitud afecta la inercia del flujo de control y la velocidad con la que se transfiere. Otros factores, incluyendo la geometría del sistema, la contrapresión de las salidas y el flujo a través del desviador 10 también afectan la frecuencia.

La disposición que se muestra en la Figura 1 convenientemente comprende una pila de varias placas Perspex™, cada una con un espesor de aproximadamente 1,2 mm y corte láser con la forma del contorno del pasaje 14. Las placas de cubierta superior e inferior cierran y completan el pasaje 14 y sostienen la pila junta, siendo la parte inferior (o superior) provista con los puertos 18, 20d, 20f, A y B. Sin embargo, se ha demostrado experimentalmente que la disposición aumenta a escala eficazmente y está dentro del ámbito del experto en la materia.

La Figura 2 ilustra la variación de frecuencia de oscilación de un sistema que emplea aire como el fluido en el desviador de la Figura 1, con un circuito de control de material plástico que tiene un diámetro interno de 10 mm y un flujo de aire de 10 litros por minuto. Se logran fácilmente para proporcionar flujos de aire significativos en este intervalo de frecuencia de oscilación.

Cuando las salidas A,B del desviador 10 se conectan a los difusores de burbujas 30 en una disposición 100 como la que se ilustra esquemáticamente en la Figura 7, se producen burbujas más finas que cuando se emplea un caudal estable de magnitud similar. Varios difusores 30 están conectados en paralelo a cada puerto de salida A,B mediante tuberías apropiadas 17. A su vez, ya que las burbujas son más finas, se producen menos burbujas grandes: se separan más pronto en virtud del suministro de aire oscilante.

Se muestra un difusor 30 adecuado en la Figura 8, que comprende una carcasa 32 de forma cilíndrica, superficial y hueca, y que tiene una abertura de entrada central 34 para conexión a la tubería 17. La cámara 36 formada por la carcasa 32 es cerrada por un disco poroso 38, que puede ser de cerámica o de metal sinterizado. Dichos difusores de burbujas se conocen y se usan en la industria de tratamiento de aguas, y dichos productos están disponibles, por ejemplo, de Diffuser Express, una división de Environmental Dynamics Inc de Columbia, MO, EE. UU.

En realidad, con respecto a la Figura 7, la única parte todavía no empleada en la industria de tratamiento de aguas cloacales es el desviador 10, y la disposición de la presente invención ofrece la oportunidad de readaptar el método de la invención a instalaciones existentes, simplemente interponiendo un desviador 10 de tamaño y configuración apropiados al suministro de una red existente de difusores 30. Existen, desde luego, otras formas de difusor y son aplicables a la presente invención.

Si bien la descripción anterior se expone con referencia al tratamiento de aguas cloacales, como ya se mencionó, la presente invención puede tener aplicación en muchos otros campos en los que un gas necesita difundirse hacia un líquido. En el régimen de tratamiento de aguas cloacales, a diferencia de lo que sucede en la búsqueda de eficiencia, la igualdad del tamaño de la burbuja o su minimización de tamaño absoluta puede no ser imperativa. En cambio, la capacidad de readaptar la disposición puede ser más importante. No obstante, en aplicaciones nuevas, o en otras aplicaciones en las que, por razones particulares, se desean un tamaño de burbuja muy pequeño y una distribución de tamaño muy uniforme, puede emplearse la disposición ilustrada en las Figuras 4 y 5.

Haciendo referencia primero a la Figura 3, se muestran dos trazados de presión interna frente al tamaño de burbuja que se está formando a partir de dos aperturas de distinto tamaño (0,6 y 1,0 mm). La presión aumenta sustancialmente en forma lineal con un volumen en aumento hasta que la burbuja alcanza una forma hemisférica. De allí en más, no obstante, la presión disminuye a medida que la burbuja crece. Por lo tanto, en cualquier presión

- determinada, una burbuja puede tener dos tamaños. Cabe destacar, no obstante, que si dos burbujas están creciendo desde dos puertos que son suministrados por una fuente común en paralelo uno del otro, entonces ya que la presión aumenta con el crecimiento del tamaño de la burbuja, el crecimiento de las dos burbujas es estable. Sin embargo, una vez que la burbuja alcanza la forma hemisférica, el crecimiento estable finaliza y, a medida que una burbuja sigue creciendo, su presión disminuye. En consecuencia, si hubiese algún desequilibrio entre el crecimiento de las dos burbujas de manera que una alcanzara la forma hemisférica y más allá, la presión en aquella cuyo crecimiento es más lento será mayor, en lugar de inferior, que la de la burbuja cuyo crecimiento es más rápido. Por consiguiente, lo que ocurre es que las burbujas de crecimiento más rápido crecen hasta un tamaño mayor, y las burbujas con un crecimiento más lento son más pequeñas y puede que nunca se separen.
- En las Figuras 4 y 5, un difusor 50 comprende una placa 52 que tiene una superficie superior 54 en la que se forma un surco de ángulo recto 56, con cada uno de sus lados 58,60 en un ángulo de 45° hacia la superficie superior 54. Debajo de la superficie pero paralelos a ella se encuentran dos pasajes de suministro 62,64 que también yacen paralelos, y están dispuestos uno en uno de los lados del surco 56. Subiendo desde cada pasaje se dispone una pluralidad de puertos 62a,64a. Los puertos 64a son relativamente estrechos y están abiertos en el medio de la cara 60 del surco 56. Los puertos 62a son relativamente amplios y están abiertos en la base del surco 56. Hay tantos puertos 62a como puertos 64a, y cada puerto 62a está dispuesto opuesto a un puerto 64a correspondiente. Además, el pasaje 62 y los puertos 62a están dispuestos de manera tal que la dirección de descarga de fluido desde el puerto 62a es paralela a la cara 60 del surco 56.
- El pasaje 62 puede ser más grande que el pasaje 64, pero los puertos 62a son definitivamente más grandes que los puertos 62b. La razón de esto es que el pasaje 62 está dispuesto para transportar líquido, el líquido en el que está ubicado el difusor 50. El pasaje 64, por otra parte, transporta gas. La disposición es tal que el diámetro del puerto de gas 62b es pequeño, de acuerdo con el tamaño deseado de la burbuja que se ha de formar, y posiblemente tan pequeño como de 0,5 mm o menos, dependiendo de la técnica empleada para formar el puerto 64a. En el material de tipo Perspex™, los orificios pueden ser perforados mecánicamente hasta aproximadamente 0,5 mm, pero existen otros métodos que permiten realizar orificios más pequeños, si se desea.
- Pasando a la Figura 6, un tanque 80 de líquido 82 tiene un difusor 50 en su base. Un suministro de gas 16 suministra gas bajo presión hacia un desviador 10 de la clase que se muestra en la Figura 1, y cuyas dos salidas A,B están conectadas a pasajes 64,62 respectivamente por los caños 86,88 respectivamente. Sin embargo, si bien la conexión de salida A y el caño 86 están cerrados, la conexión B posee una purga 84 hacia el entorno encima del tanque 80, de modo que su presión es sustancialmente ambiente. En consecuencia, el caño 88 se llena de líquido hasta la altura de líquido en el tanque 80. De hecho, cuando se cierra el suministro de aire 16, también se cierra la salida A, y en consecuencia el desviador 10 está situado encima del nivel del líquido en el tanque.
- Sin embargo, cuando se abre el suministro de aire 16, la presión de la ramificación A crece, aunque en forma oscilante, hasta la mitad de la presión de suministro, y esto se dispone para ser mayor que la presión hidrostática en el fondo del tanque 80, de modo que el aire en última instancia pasa por el pasaje 64 y sale de los puertos 64a formando burbujas 90 en el líquido 82. Cuando un pulso de presión llega a la salida B, el nivel de líquido en el caño 88 se reduce, ya que la purga 84 es controlada por una válvula 94 que transmite el pulso de presión hacia un flujo de líquido en el pasaje 62 y fuera de los respectivos puertos 62a. No obstante, cuando el desviador transfiere el líquido nuevamente hacia la salida A, la presión hidrostática en el tanque 82 retorna el líquido a través de los puertos 62a rellenando el caño 88. Si el caño 88 se rellena por completo, de modo que la salida de presión 88 es ambiente para el momento en que el flujo se transfiere nuevamente a la salida B, es absolutamente una cuestión de diseño. Puede disponerse que solamente cuando la presión en el caño 88 está sustancialmente a presión hidrostática cerca del fondo del tanque 80 haya suficiente presión en el caño 88 para purgar suficiente gas a través de la válvula 94. En cualquier caso, el nivel de líquido en el caño 88 debe disponerse en algún punto entre la parte superior y la parte inferior de los tanques, y oscila encima y debajo de ese nivel a medida que el suministro de gas es transferido hacia y desde la salida B.
- Los puertos 62a son más grandes simplemente debido a la mayor resistencia de líquido para fluir, pero también porque un gran pulso de flujo, en lugar de un chorro de flujo estrecho, es mejor para desplazar las burbujas.
- El régimen de contrapresión en las salidas A,B está dispuesto de modo tal que no interfiera adversamente con la oscilación del desviador 10, y cada pulso hacia la salida A está dispuesto de modo tal que se forme una burbuja hemisférica en la boca de cada puerto 64a. Cuando el pulso se transfiere hacia la salida B, se emite un chorro de agua desde la boca de cada puerto 62a y se dirige contra el lado de la burbuja en los puertos 64a y las desplaza. Las burbujas 90 así formadas son por lo tanto muy pequeñas, o por lo menos mucho más pequeñas que lo que serían de otro modo, y de una distribución de tamaño muy uniforme.
- Cuando la disposición anteriormente descrita se emplea con un líquido de viscosidad relativamente baja, como agua, funciona muy bien. Sin embargo, cuando se emplea con más líquidos viscosos, como petróleo, se observa un mecanismo diferente que da origen a una disposición alternativa de la presente invención (se muestra en la Figura 9 y se describe en más detalle a continuación) y posiblemente una explicación alternativa sobre por qué la oscilación del gas en una situación de readaptación descrita con referencia a las Figuras 7 y 8 puede funcionar, o en realidad cómo la disposición descrita con referencia a las Figuras 4 a 6 puede estar funcionando.

La Figura 9 ilustra un generador de burbujas 1000, en el que una placa 12' posee un conducto 64' que tiene una pluralidad de puertos 64a' que conectan el conducto 64 con el líquido 82 en el que se han de formar las burbujas. El conducto 64' está conectado vía el tubo 86' a una fuente de gas bajo presión mayor que la presión del líquido en los puertos 64a', de modo que hay un flujo neto de gas a lo largo del conducto 64'. No obstante, simultáneamente, el gas también oscila en virtud de un mecanismo fluídico (no se muestra en la Figura 9) tal como el desviador 10 de la Figura 1.

Con líquidos de alta viscosidad tales como un aceite de motor, como el líquido 82, se puede observar que las oscilaciones permiten la introducción de parte del líquido en el conducto 64' a través de algunos de los puertos 95. El mecanismo exacto todavía no se explica, aunque podría ser a través del efecto venturi del gran flujo de gas periódicamente a través del conducto 64', arrastrando líquido a través de determinados puertos (p. ej., los puertos 95a), o se puede deber a la fase de baja presión de las oscilaciones y a la presión relativamente mayor en el líquido en este punto del ciclo de presión de gas. En cualquier caso, a pesar de haber un flujo neto de gas en el conducto 64' y fuera de los puertos 64a', aparecen tapones 97 de líquido en el conducto y avanzan a través de éste, impulsados por el flujo neto de gas. A medida que viajan por el conducto, cierran progresivamente las bocas 98 de los puertos (p. ej., el puerto 95b) y el líquido ingresa en los puertos detrás del gas ya en el puerto. Cuando el líquido del tapón contacta el cuerpo principal del líquido 82 en el extremo abierto 99 del puerto, la interface gas/líquido en el puerto completa la interface de gas/líquido de la burbuja 101 que está siendo formada en ese momento por el gas. En consecuencia, se separa fácilmente del puerto 95b y se libera en el cuerpo líquido 82.

Con este mecanismo, una serie inclinada de burbujas surge de los puertos 64a'; y posiblemente varias de dichas corrientes, si se forman varios tapones 97 (como se muestra por ejemplo en 103, donde el tapón está prácticamente extenuado habiendo empujado una serie de burbujas 105 y perdido parte de su volumen hacia el cuerpo principal de líquido 82). Además, se muestra un nuevo tapón 107 que está siendo arrastrado hacia el conducto 64'.

Si dicho mecanismo está funcionando con sistemas de viscosidad inferior, (donde el mecanismo es más difícil de observar en virtud de, entre otros, la mayor frecuencia de operación de dichos sistemas), entonces el modo de operación anteriormente descrito del sistema de desplazamiento que se muestra en las Figuras 4 a 6 puede no estar completo, o incluso totalmente correcto. No obstante, la persona experimentada puede encontrar una disposición que se adapte a los requerimientos particulares de una aplicación determinada. De hecho, si la teoría descrita precedentemente con referencia a la Figura 9 es correcta, puede explicar la razón por la cual el gas oscilante produce burbujas finas. Pueden producirse no porque las oscilaciones por sí mismas causen movimientos inerciales del líquido que desprenden las burbujas desde el extremo abierto de los puertos de salida, como se describió anteriormente, y contraigan las burbujas, sino que los tapones de líquido quedan atrapados en el sistema y empujan las burbujas desde atrás.

En la Figura 10, un difusor de vidrio 150 está construido a partir de dos láminas de vidrio 152,154 adheridas cara a cara, donde, en una lámina 154, canales 156,158 han sido mordentados, de modo que, cuando se conectan como se muestra, se forma un gran conducto 156 del cual dependen varios conductos más pequeños 158 y emergen en la superficie 160 del difusor 150. En uso, cuando se conecta a una ramificación de un desviador (como el que se ha mostrado y descrito con referencia a la Figura 1), las burbujas se forman en las aberturas 162 de cada conducto 158. Si los canales 158 están aproximadamente a 60 micrómetros de profundidad y ancho, las burbujas de un diámetro correspondiente se presionan desde los conductos 158. Si el flujo de gas se oscila como se describió anteriormente, las burbujas de ese tamaño se rompen. No obstante, si la cara 160 se torna horizontal, es, de hecho, posible que se formen burbujas mucho más grandes, circ 500 micrómetros de diámetro, con una tensión de superficie que se maneja para adherir la burbuja a la abertura y simplemente crecer, aunque en forma oscilante, hasta que finalmente la masa de líquido desplazado separa la burbuja. Sin embargo, cuando la cara 160 se orienta verticalmente, como se muestra en las Figuras 10a,b, la burbuja rebotante en la primera o segunda oscilación no se ajusta con toda equidad contra la abertura, sino que es distorsionada hacia arriba por la gravedad, y esto produce la constricción de la burbuja mucho más pronto. Este es el caso particularmente si el material del difusor 150 no es pegajoso, en lo que respecta al gas, y es el caso del vidrio, en el que el gas es aire. Asimismo, para materiales no pegajosos tales como Teflon®. Por lo tanto, sin ninguna otra cosa, se pueden producir burbujas en el orden de 50 a 100 micrómetros.

Pasando a la Figura 11, algunos difusores existentes empleados en la limpieza de aguas residuales, como aquellos ilustrados en las Figuras 7 y 8, tienen una membrana (38, en la Figura 8 y en la Figura 11 a) que tiene una serie de ranuras cortadas a través de ella. El modo de operación es ya oscilatorio en algún grado, incluso con un flujo de gas estable, ya que la presión distiende la membrana, abre las ranuras y, a medida que las burbujas se contraen, hay cierto rebote de los labios de la ranura antes de que comience una nueva burbuja. No obstante, con referencia a la Figura 11a y a una presión de gas oscilante, la presión diferencial ΔP en una ranura 170 aumenta desde cero como se muestra en (a). En (b), el gas comienza a deformar la membrana 38 y es forzada a través de la ranura, comenzando la formación de una burbuja 90. A medida que la presión continúa aumentando, la membrana se sigue deformando, como se muestra en (c) acelerando el crecimiento de la burbuja. No obstante, en este punto, la diferencia de presiones comienza a disminuir de modo que se facilita el rebote natural de la membrana elástica, cerrando la burbuja 90 como se muestra en (d). Finalmente, con presión cero, la membrana regresa a la posición que se muestra en (a) y (e), pero en esta última con la burbuja 90 liberada.

- 5 Combinando la oscilación del flujo de gas con la resonancia elástica de la membrana, es posible la formación de burbujas pequeñas con poco gasto de energía. La Figura 11b muestra una forma preferida de desarrollo de presión de onda cuadrada que es potencialmente el resultado tanto de la disposición fluidica como de la membrana ranurada, y muestra las posiciones de la presión potencial en cada etapa del desarrollo de la burbuja ilustrada en la Figura 11 a.
- En toda la descripción y en las reivindicaciones de la presente memoria, los términos "que comprende" y "que contiene" y variaciones de estos términos, por ejemplo "comprendiendo" y "comprende", significan "que incluye/n pero sin limitarse a ello ",y no se tienen como fin excluir (ni se excluyen) otros restos, aditivos, componentes, enteros o etapas.
- 10 En toda la descripción y en las reivindicaciones de la presente memoria, el singular abarca el plural, a menos que el contexto requiera otra cosa. En particular, si se usa el artículo indefinido, se entenderá que la memoria contempla la pluralidad como también la singularidad, a menos que el contexto requiera otra cosa.
- 15 Los rasgos, enteros, características, compuestos, restos químicos o grupos descritos junto con un aspecto, realización o ejemplo particular de la invención se entenderán como aplicables a cualquier otro aspecto, realización o ejemplo descrito aquí, a menos que sea incompatible.

REIVINDICACIONES

1. Un método para producir pequeñas burbujas de gas en un líquido, que comprende las etapas de:
 5 proveer una fuente (16) del gas bajo presión;
 proveer un conducto (64a,158,170) que se abra hacia un líquido (82) bajo presión inferior a aquella de dicho gas, estando dicho gas en dicho conducto; y
 oscilar el gas que pasa por dicho conducto sin oscilar el conducto, al margen de cualquier reacción del gas oscilante, caracterizado porque dicha oscilación se efectúa mediante un oscilador fluídico (10), en el que dichas oscilaciones efectuadas por el oscilador fluídico son del tipo que posee entre 10 y 30% de contraflujo de gas de una burbuja emergente (90,105).
- 10 2. Un método según la reivindicación 1, en el que dichas oscilaciones efectuadas por el oscilador fluídico ocurren a una frecuencia entre 1 y 100 Hz, preferiblemente entre 5 y 50 Hz, más preferiblemente entre 10 y 30 Hz.
3. Un método según la reivindicación 1 o 2, en el que las burbujas formadas tienen entre 0,1 y 2 mm de diámetro, más preferiblemente entre 0,5 y 1,0 mm.
- 15 4. Un método según la reivindicación 1, 2 o 3, en el que el oscilador fluídico comprende una disposición en la que el flujo de gas es oscilado entre dos trayectos (62,64), donde por lo menos uno de dichos trayectos (64) forma dicha fuente.
5. Un método según la reivindicación 4, en el que dicho oscilador comprende un desviador provisto con el gas bajo presión constante a través de un puerto de suministro (18) que se divide en respectivos puertos de salida (14b,c), y que incluye medios (22,14d,f,20d,f) para oscilar el flujo desde un puerto de salida hacia el otro.
- 20 6. Un método según la reivindicación 5, en el que dichos medios comprenden cada puerto de salida controlado por puertos de control (14d,e) respectivos; preferiblemente donde los puertos de control están interconectados por un circuito cerrado (22) y están dispuestos de manera tal que cada uno tiene presión reducida cuando el gas fluye a través de éste, y cada uno tiene mayor presión cuando no hay flujo a través de su salida respectiva, y entonces cuando el gas fluye hacia afuera de un puerto de control, hacia su respectivo puerto de salida, el flujo de gas es transferido desde ese puerto de salida hacia el otro, mediante lo cual el flujo que va hacia el puerto de suministro oscila entre dichos puertos de salida; preferiblemente donde la frecuencia de las oscilaciones se puede ajustar cambiando la longitud de dicho circuito cerrado; y opcionalmente donde una ramificación de cada puerto de salida suministra al puerto de control respectivo, mediante lo cual parte del flujo en un puerto de salida se torna un flujo de control, transfiriendo el flujo de suministro desde ese puerto de salida hacia el otro puerto de salida.
- 25 7. Un método según la reivindicación 5 o 6, en el que hay por lo menos dos de dichos conductos, estando cada puerto de salida conectado a uno o al otro de dichos conductos.
8. Un método según cualquier reivindicación precedente, en el que el conducto (158) abre el líquido en una superficie (160) del material en el que se forma el conducto, estando dicha superficie en un plano que es sustancialmente vertical con respecto a la gravedad, y/o en el que el material de la superficie a través de la cual se forma el conducto es no humectable por el gas, de manera que la burbuja no tiende a adherirse a ésta; y preferiblemente en el que dicho material es vidrio o Teflon® y/o en el que el flujo en volumen de dicho gas oscilante es suficiente para que se suministre simultáneamente a una pluralidad de dichos conductos, siendo el caudal de volumen para cada ciclo de oscilación suficiente para llenar una burbuja en cada conducto hasta por lo menos tamaño hemisférico antes de transferir la oscilación, de forma que todas las burbujas tienen sustancialmente el mismo tamaño antes de ser separadas desde el conducto por el quiebre de presión.
- 35 9. Un método según cualquier reivindicación precedente, en el que dicho conducto comprende una membrana (38) que tiene una ranura normalmente cerrada (170), presión de gas detrás de la membrana que sirve para distender la membrana, abriendo la ranura para permitir que se forme una burbuja (90) de gas a través de la ranura, cerrando la ranura detrás de la burbuja, donde la oscilación del flujo de gas se sincroniza en términos de presión, caudal, amplitud y frecuencia con propiedades elásticas de la membrana para fomentar la formación de burbujas pequeñas.
- 40 10. Un método según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 8 en el que una fase del gas oscilante se emplea para impulsar líquido por el conducto (64a) después de la formación de una burbuja en la otra fase de oscilación, donde la burbuja se separa por la fuerza de dicho líquido impulsado; preferiblemente donde los conductos de cada salida están dispuestos enfrentados en un ángulo inclinado, preferiblemente en ángulos rectos, uno respecto del otro, manteniendo una salida (62) llena con el líquido, preferiblemente donde mientras la primera salida (64) llena una burbuja en la boca de su conducto (64a) durante una primera fase de oscilación, en su segunda fase se impulsa líquido fuera del otro conducto (62a), desplazando la burbuja formada en el primer conducto, y preferiblemente donde hay una pluralidad de conductos, que son conductos de gas, suministrados en paralelo desde una salida, y una pluralidad similar de conductos, que son conductos de líquido, dispuestos opuestos a los conductos de gas y suministrados en paralelo por la otra salida.
- 45 50 55

- 5 11. Readaptación de una instalación existente (100) que comprende un suministro (16) de gas bajo presión y uno o más generadores de burbujas (30) provistos por dicho suministro, y que incluye una pluralidad de conductos (38) que se abren hacia el líquido, donde dicha readaptación se efectúa interponiendo un oscilador de gas (10) entre el suministro y el generador de burbujas para oscilar el flujo de gas, para lo cual se emplea el método según la reivindicación 1.
- 10 12. Readaptación según la reivindicación 11, en la que dicho generador de burbujas comprende una cámara (36) conectada a dicho suministro de gas, y una pared porosa (38) de dicha cámara que separa dicha cámara del líquido y que comprende dicha pluralidad de conductos; y preferiblemente donde dichos conductos pueden ser aperturas formadas en dicha pared, donde la pared es preferiblemente de metal, preferiblemente metal sinterizado donde dichos conductos consisten en poros en dicho metal; o donde la pared es una cerámica porosa y los conductos son poros de dicha cerámica.
13. Un generador de burbujas para llevar a cabo el método según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 10, que comprende:
- una fuente (16) del gas bajo presión;
- 15 un conducto (64a,158,170) conectado a dicha fuente y que se abre hacia un líquido (82) bajo presión inferior a la de dicho gas; y
- un oscilador fluídico (10) en dicho conducto para oscilar el gas que pasa por dicho conducto sin oscilar el conducto, al margen de cualquier reacción del gas oscilante, caracterizado porque el oscilador fluídico está dispuesto para oscilar el gas y proveer entre 10 y 30% de contraflujo de gas de una burbuja emergente durante cada oscilación.
- 20 14. Un generador de burbujas según la reivindicación 13, en el que el oscilador fluídico divide el flujo de gas entre dos trayectos de flujo de gas, y en el que dicho oscilador fluídico comprende un desviador que tiene un puerto de suministro (18) conectado a dicha fuente y por lo menos dos puertos de salida (14b,c) que se dividen de dicho puerto de suministro, y medios (22,14d,f,20d,f) para oscilar el gas que fluye en dicho puerto de suministro desde un puerto de salida hacia el otro.
- 25 15. Un generador de burbujas según la reivindicación 14, en el que dichos medios comprenden un puerto de control respectivo (14d, f) asociado con cada puerto de salida; y preferiblemente en el que los puertos de control están interconectados por un circuito cerrado (22) dispuesto de modo tal que cuando el gas fluye en el puerto de suministro (18), cada puerto de control (14b,c) tiene una presión de gas reducida cuando el gas fluye a través de su respectiva salida y una presión de gas mayor cuando no hay flujo en su salida respectiva, y de modo que, cuando el gas fluye hacia afuera de un puerto de control hacia su respectivo puerto de salida, el flujo de gas es transferido desde ese puerto de salida hacia el otro, mediante lo cual el flujo hacia el puerto de salida oscila entre dichos puertos de salida.
- 30 16. Un generador de burbujas según la reivindicación 13, 14 o 15, en el que dicho conducto comprende una membrana (38) que tiene una ranura normalmente cerrada (170), una presión de gas detrás de la membrana que sirve para distender la membrana que abre la ranura para permitir que se forme una burbuja (90) de gas a través de la ranura, cerrándose la ranura se cierra detrás de la burbuja, donde la oscilación del flujo de gas se sincroniza en términos de presión, caudal, amplitud y frecuencia con las propiedades elásticas de la membrana para fomentar la formación de burbuja pequeñas.
- 35 17. Un generador de burbujas según cualquiera de las reivindicaciones 13 a 16, en el que el oscilador oscila el gas a una frecuencia entre 1 y 100 Hz, preferiblemente entre 5 y 50 Hz, más preferiblemente entre 10 y 30 Hz.
18. Un generador de burbujas según cualquiera de las reivindicaciones 13 a 17, en el que el conducto (158) abre el líquido en una superficie (160) del material en el que se forma el conducto, estando dicha superficie en un plano sustancialmente vertical con respecto a la gravedad.
- 45 19. Un generador de burbujas según la reivindicación 18, en el que el material de la superficie a través de la cual se forma el conducto es no humectable por el gas, de manera que la burbuja no tiende a adherirse a ésta; y preferiblemente donde dicho material es vidrio o Teflon®.
- 50 20. Un generador de burbujas según la reivindicación 14, o cualquiera de las reivindicaciones 15 a 19 cuando depende de la reivindicación 14, que comprende una placa que tiene dos colectores paralelos, paralelos a una superficie de la placa en contacto con el líquido y provistos por salidas respectivas del desviador, habiendo una zanja en dicha superficie y dispuesta entre y paralela a los colectores, y conductos que conducen desde lados opuestos de la zanja hacia dichos colectores.
- 55 21. Un generador de burbujas según la reivindicación 20, en el que la salida del desviador que alimenta al colector que suministra los conductos de líquido está provista con una válvula de purga de gas mediante la cual los conductos de líquido se llenan del líquido; y/o en el que los conductos de líquido son de un perfil transversal más grande que los conductos de gas; y/o en el que los conductos de gas suministran desde una posición intermedia entre la parte inferior de la zanja y la parte superior de la superficie, y los conductos de líquido suministran desde una posición en la parte inferior de la zanja, y preferiblemente en el que el conducto de líquido está dispuesto paralelo al lado de la zanja que contiene los conductos de gas.

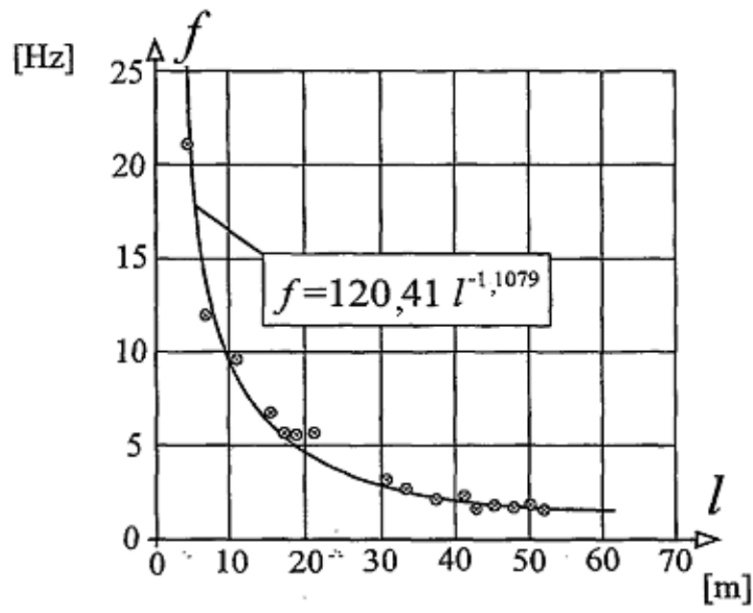


Fig. 2

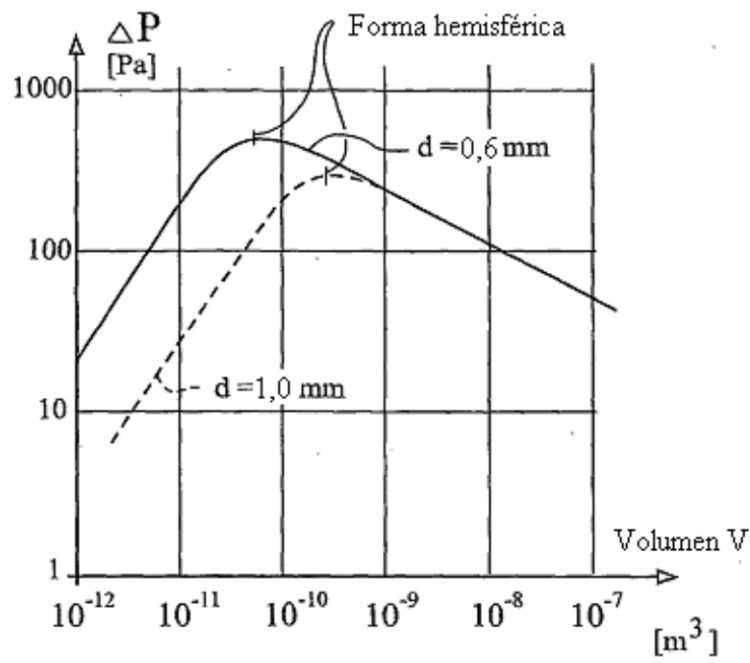


Fig. 3

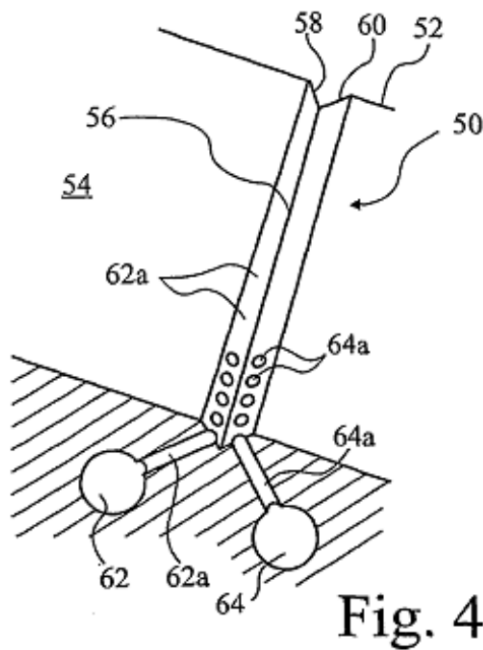


Fig. 4

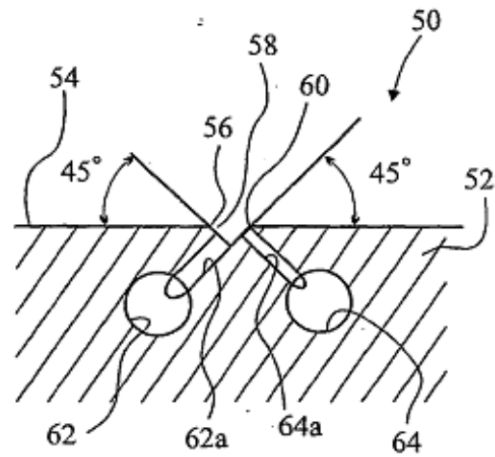


Fig. 5

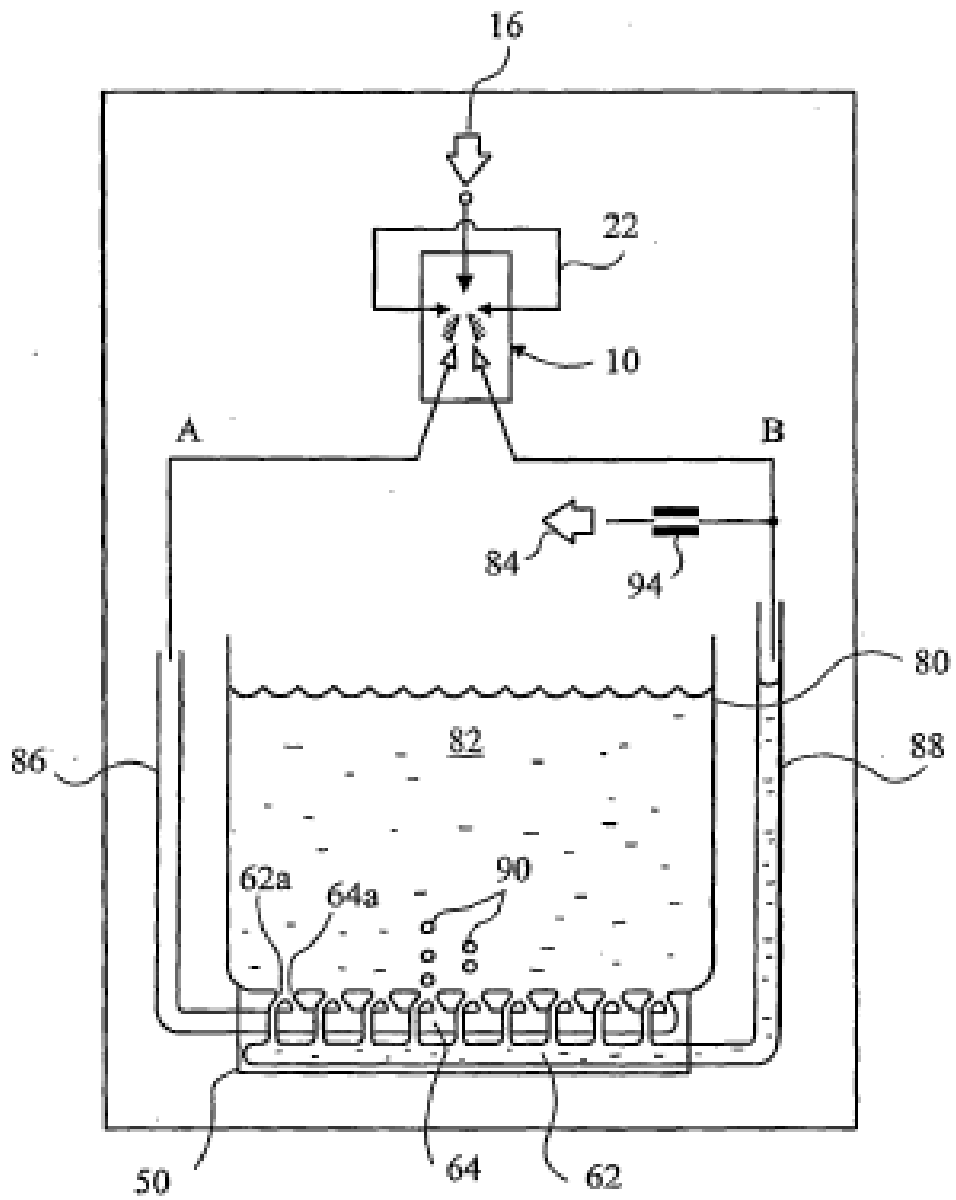


Fig. 6

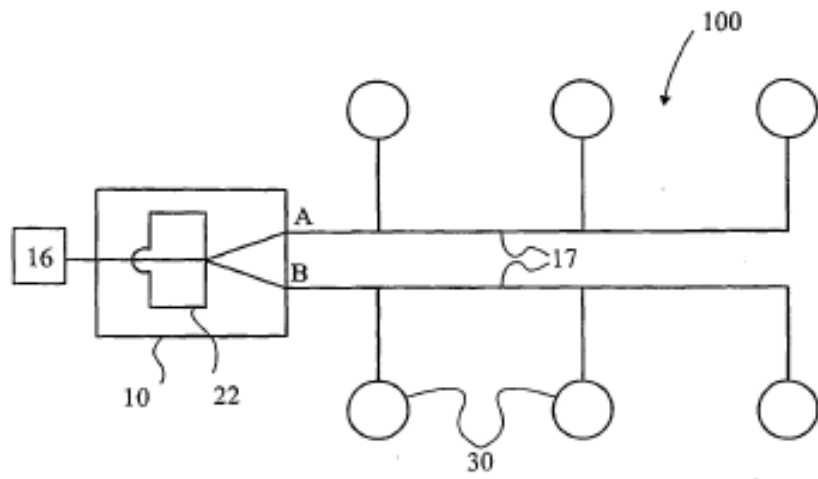


Fig. 7

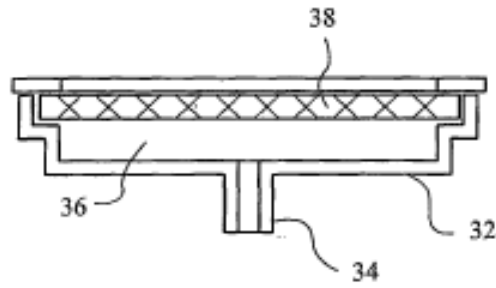


Fig. 8

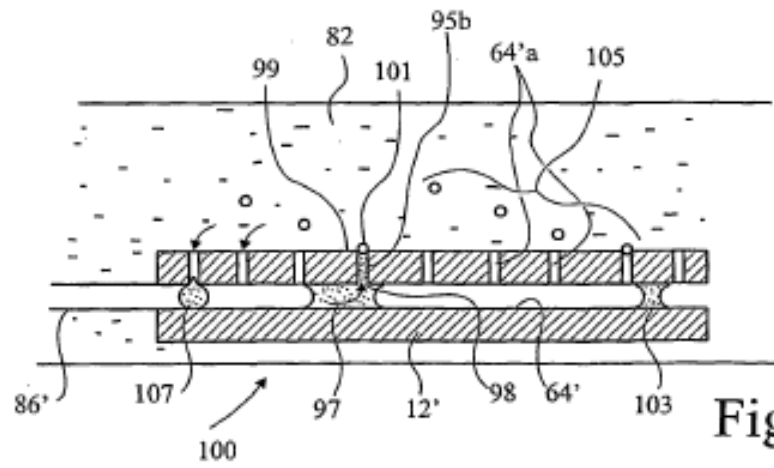


Fig. 9

