



19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

11 Número de publicación: **2 298 020**

21 Número de solicitud: 200600467

51 Int. Cl.:

**B01F 5/04** (2006.01)

**B01F 3/04** (2006.01)

**B01F 3/08** (2006.01)

12

PATENTE DE INVENCION

B1

22 Fecha de presentación: **22.02.2006**

43 Fecha de publicación de la solicitud: **01.05.2008**

Fecha de la concesión: **07.07.2009**

45 Fecha de anuncio de la concesión: **23.07.2009**

45 Fecha de publicación del folleto de la patente:  
**23.07.2009**

73 Titular/es: **Universidad de Sevilla  
OTRI-Pabellón de Brasil  
Paseo de las Delicias, s/n  
41012 Sevilla, ES**

72 Inventor/es: **Dávila Martín, Javier**

74 Agente: **No consta**

54 Título: **Procedimiento y dispositivo de elevado rendimiento para la generación de gotas y burbujas.**

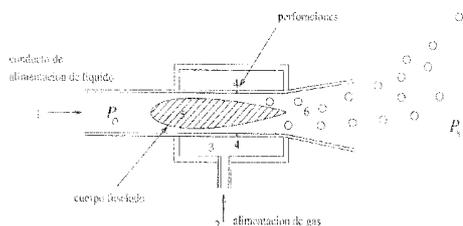
57 Resumen:

Procedimiento y dispositivo de elevado rendimiento para la generación de gotas y burbujas.

La presente invención tiene por objeto un procedimiento y un dispositivo para generar gotas o burbujas en líquidos, con un rango de tamaños que en condiciones normales de temperatura y presión puede ir desde unos cientos de micras hasta varios milímetros.

Cuando el líquido o gas a dispersar se hace pasar a través de pequeños orificios que descargan en una corriente transversal, se produce la formación de unos meniscos de los que se desprenden pequeñas gotas o burbujas. Para que esta generación de gotas o burbujas sea lo más eficiente posible, la fracción de energía empleada en el proceso que se traduce en un aumento de superficie de las interfaces líquido-líquido o líquido-gas debe maximizarse en relación a la energía comunicada al sistema.

El dispositivo objeto de la presente invención es aplicable en campos como la Oxigenación y Aireación de líquidos, la Ingeniería Química y la Tecnología de Alimentos, donde la generación eficiente de pequeñas burbujas de gas o gotas de líquido en el seno de una corriente líquida sea una parte importante del proceso. El objetivo en la mayoría de estas aplicaciones es maximizar la superficie de contacto entre las fases.



ES 2 298 020 B1

Aviso: Se puede realizar consulta prevista por el art. 37.3.8 LP.

## DESCRIPCIÓN

Procedimiento y dispositivo de elevado rendimiento para la generación de gotas y burbujas.

5 **Objeto de la invención**

La presente invención tiene por objeto un procedimiento y un dispositivo para generar gotas o burbujas en líquidos, con un rango de tamaños que en condiciones normales de temperatura y presión puede ir desde unos cientos de micras hasta varios milímetros.

10

Cuando el líquido o gas a dispersar se hace pasar a través de pequeños orificios que descargan en una corriente transversal, se produce la formación de unos meniscos de los que se desprenden pequeñas gotas o burbujas. Para que esta generación de gotas o burbujas sea lo más eficiente posible, la fracción de energía empleada en el proceso que se traduce en un aumento de superficie de las interfaces líquido-líquido o líquido-gas debe maximizarse en relación a la

15

El dispositivo objeto de la presente invención es aplicable en campos como la Oxigenación y Aireación de líquidos, la Ingeniería Química y la Tecnología de Alimentos, donde la generación eficiente de pequeñas burbujas de gas o gotas de líquido en el seno de una corriente líquida sea una parte importante del proceso. El objetivo en la mayoría de estas aplicaciones es maximizar la superficie de contacto entre las fases.

20

**Estado de la técnica**

Los métodos de oxigenación o aireación existentes se basan en el aumento de la superficie de contacto gas-líquido con objeto de acercar la concentración de oxígeno disuelto al valor de saturación. La mayoría de los sistemas que se emplean actualmente (C.E. Boyd 1998, *Acuicultural Engineering* **18**, 9-40) tratan de fragmentar una masa de líquido en aire, que se reincorpora seguidamente a la masa de líquido, o bien producen burbujas que son introducidas directamente en el líquido. Existen algunos dispositivos que producen la rotura de un chorro de gas en presencia de una corriente de líquido, como pueden ser los venturís o algunas bombas que son al mismo tiempo propulsoras y succionadoras de

25

30

La forma más eficiente de generar burbujas es inyectar gas en el seno de un coflujo de líquido. Sin embargo, esto supone que para obtener grandes caudales habría que situar en la corriente principal cientos o miles de agujas. Por lo tanto, parece más interesante realizar la inyección de gas mediante multitud de orificios practicados en la pared del conducto principal, de forma que a la salida de éstos la corriente transversal de líquido produce un gran arrastre sobre el gas que sale por los orificios. Esta disposición de flujo cruzado puede dar lugar a los distintos regímenes o modos (S. E. Forrester y C.D. Rielly 1998, *Chemical Engineering Science* **53**, pág. 1517-1527) que se muestran en la Figura 1.

40

El modo de *burbujeo* se produce a bajos caudales del fluido a dispersar y está caracterizado por una producción regular de burbujas aproximadamente esféricas y de tamaño uniforme cerca del orificio de inyección. El diámetro de las gotas o burbujas resultantes está determinado por el equilibrio entre la fuerza de resistencia aerodinámica producida por la corriente principal y la fuerza de tensión superficial, por lo que es posible obtener burbujas extremadamente pequeñas. Sin embargo, este modo de funcionamiento tiene como fundamental desventaja que, para las configuraciones geométricas habituales, la relación entre el caudal de gas inyectado y el de líquido impulsor es demasiado baja para las aplicaciones de interés general, ya que se obtiene una eficiencia muy baja. Para valores más elevados del caudal de fluido a dispersar se forma un chorro continuo anclado a la salida del orificio que posteriormente se rompe de forma caótica en fragmentos irregulares. Este es el denominado *modo chorro*, en el que las fuerzas de flotación suelen ser despreciables y si la inercia del fluido inyectado es también despreciable el chorro de gas alcanza en la zona de rotura una velocidad muy parecida a la del líquido que le rodea. En ausencia de otras fuerzas importantes el diámetro medio equivalente de las gotas o burbujas que se producen se puede aproximar a (P.F. Wace, M.S. Morrell y J. Woodrow 1987, *Chemical Engineering Communications* **62**, pág. 93-106)

55

$$d_{eq} \approx 2,4 \sqrt{Q_g / u_l},$$

donde  $Q_g$  es el caudal del fluido inyectado por el orificio y  $u_l$  la velocidad del líquido que rodea al chorro. Para completar la descripción de los modos posibles basta mencionar que el modo pulsante es un régimen intermedio entre los dos anteriores y el modo con cavidad sólo se forma en algunas configuraciones geométricas a grandes caudales del fluido a dispersar.

60

En el caso de que las burbujas, el chorro o la cavidad formados alcancen una zona de turbulencia desarrollada de la corriente de líquido, el proceso de la generación de burbujas está bien documentado en C. Martínez-Bazán, J.L. Montañes y J.C. Lasheras 1999 (*Journal of Fluid Mechanics* **401**, pág. 157-182 y 183-207). En este caso los esfuerzos turbulentos son los causantes de la disgregación de las burbujas y se pueden llegar a producir burbujas mucho menores que el orificio de inyección si el número de Weber basado en el tamaño de las estructuras del flujo en la zona de

65

rotura ( $l$ ), la velocidad del líquido ( $u_1$ ) y la tensión superficial ( $\sigma$ ) ( $We = \rho_1 u_1^2 l / \sigma$ , donde  $\rho_1$ , es la densidad del líquido) es lo suficientemente grande. En este tipo de rotura se han realizado recientes progresos (A. Sevilla, Tesis Doctoral, Universidad Carlos III de Madrid).

5 En el dispositivo presentado en este documento se favorece la formación de burbujas más pequeñas mediante la generación de zonas de cortadura intensa en el flujo. Esto hace que las burbujas obtenidas puedan tener tamaños significativamente menores que el ligamento de gas del que son generadas. La fragmentación de burbujas mediante pequeñas estructuras de cortadura intensa es también objeto de la patente de Dávila y Gordillo 2004. Desde un punto de vista conceptual, la presente invención tiene como ventaja fundamental respecto de la anterior que las burbujas se forman directamente a partir del menisco anclado, en vez de a partir de burbujas ya generadas mediante cualquier otro procedimiento, lo cual es clave para que el rendimiento energético pueda maximizarse.

15 La mayoría de los métodos de atomización existentes convierten una parte de la energía que se suministra al sistema (energía cinética en el caso de los atomizadores neumáticos, eléctrica en los sónicos y ultrasónicos piezoeléctricos, mecánica en los rotativos, electrostática en los atomizadores electro hidrodinámicos, etc.) en energía de tensión superficial, ya que la superficie de la interfaz líquido-gas aumenta drásticamente en estos procesos. En las aplicaciones que se citan en la presente invención, eso supone que la energía aportada aumenta al disminuir el tamaño de las gotas o burbujas formadas. Sin embargo, en muchos atomizadores (y en el dispositivo que aquí se describe) parte de la energía se transfiere al fluido en forma de energía cinética y esto junto con el aumento de la superficie gas-líquido puede permitir acelerar en gran medida la transferencia de partículas o iones a través de la interfaz. En cualquier caso existirá un óptimo a partir del cual un aumento de la energía aportada no supone una mejora de la eficiencia del proceso y viceversa, una disminución de la energía aportada para la atomización supone una disminución del rendimiento.

## 25 Descripción de la invención

El objeto de la presente invención es un procedimiento y un dispositivo de atomización y fragmentación de gotas o burbujas en el seno de una corriente líquida. De entre los muchos procedimientos habitualmente empleados para producir burbujas de pequeño tamaño esta invención utiliza la inyección a través de orificios en un flujo transversal para la posterior rotura en fragmentos que típicamente están en el rango milimétrico.

35 Cuando se inyecta gas (o un líquido inmiscible) en una corriente transversal de líquido se forma un menisco que posteriormente se desprende del orificio, formándose burbujas que son fácilmente fragmentables en otras de menor tamaño debido a la cortadura (capa límite) o a las pequeñas estructuras de la corriente turbulenta del flujo principal. El dispositivo basado en este procedimiento consta por lo tanto de las fases de inyección y rotura, que se suceden al inyectar el gas (o líquido inmiscible) a través de pequeños orificios y por donde también discurre una corriente transversal de líquido, alcanzándose velocidades suficientes para producir una fuerte cortadura o unas elevadas fluctuaciones que produzcan la rotura del menisco anclado al orificio o de las burbujas desprendidas de éste. En este sentido, el procedimiento propuesto es semejante al de los venturis, en los que además también se recupera parte de la energía cinética que se le comunica al flujo mediante una tobera divergente situada a continuación de la zona de inyección y rotura. Sin embargo, nuestro dispositivo tiene la ventaja de que el consumo energético es mucho menor ya que se minimiza el caudal de líquido de la corriente principal y además las burbujas desprendidas de los orificios son sustancialmente más pequeñas.

45 Mediante este procedimiento se consiguen unas burbujas extremadamente pequeñas, siendo el principal límite de tipo constructivo. Con mecanizados de precisión estándar pueden obtenerse burbujas de unas pocas decenas de micras, aunque en este caso los rendimientos no son tan elevados. Como ventaja adicional se produce una elevada agitación de la mezcla, aumentando considerablemente la transferencia de gas al líquido. Los caudales de aire y líquido pueden controlarse mediante válvulas de regulación, alcanzándose la máxima eficiencia cuando la velocidad del líquido en el orificio es típicamente del orden de 10 m/s y la relación de caudales es del orden de la unidad. En el caso de la oxigenación o aireación de agua la tasa de eficiencia estándar (SAE) puede alcanzar valores muy superiores a los 2 kg de oxígeno por kilovatio-hora que se obtienen con los mejores sistemas actuales.

Las burbujas generadas mediante este método de atomización tienen las siguientes propiedades:

- 55 1. Tienen un tamaño pequeño; el rango de diámetros valía típicamente entre las decenas de micras y unos pocos milímetros.
- 60 2. Se encuentran en movimiento dentro de una corriente turbulenta, lo cual favorece aún más la transferencia iónica o molecular desde el gas al líquido o del líquido al líquido en el caso de la formación de emulsiones de líquidos inmiscibles.

Esto puede permitir entre otras aplicaciones una eficiente disolución de gases en líquidos o, análogamente, un aumento considerable de la velocidad de las reacciones que se producen en los reactores químicos líquido-gas o líquido-líquido.

**Descripción detallada de la invención**

La formación de un menisco anclado a la salida de un orificio es consecuencia del equilibrio de las fuerzas de resistencia aerodinámica, tensión superficial e inercia, ya que el efecto de la gravedad suele ser despreciable en este proceso. Dependiendo de la configuración geométrica y de las velocidades de los dos fluidos el menisco rompe en pequeños fragmentos dando lugar a tamaños muy diversos. Se utiliza un rango paramétrico (conjunto de valores especiales de las propiedades de los fluidos, tamaño de los orificios, caudales, etc.) tal que de la ruptura del menisco se producen fragmentos de diámetro típico de unos cientos de micras, de forma que la eficiencia energética sea máxima, si es ése el objetivo, pudiendo ser en otros casos el objetivo alcanzar los menores tamaños posibles a costa de reducir la eficiencia.

Cuando se mantienen constantes los caudales de líquido y de gas (o de líquido a dispersar), se forma a la salida del orificio un menisco en una corriente laminar de líquido con una velocidad media  $u_l$ , aplicando una presión de impulsión del líquido

$$P_o = P_s + \frac{k_l}{2} \rho_l u_l^2,$$

donde  $P_o$  y  $P_s$  son la presión aguas arriba y aguas abajo del dispositivo respectivamente,  $\rho_l$  es la densidad del líquido y  $k_l$  es la constante de pérdida de carga del flujo de líquido impulsor (Idelchik, Hemisphere, 1986). Así mismo, en el gas hay que aplicar una presión que venza la pérdida de carga provocada por los orificios

$$P_g = P_l + \frac{k_g}{2} \rho_g u_g^2,$$

donde  $k_g$  es la constante de pérdida de carga del orificio,  $\rho_g$  la densidad del gas,  $u_g$  la velocidad del gas en el orificio y  $P_l$  la presión en zona de descarga, que está relacionada con la presión de impulsión del líquido a través de

$$P_l = P_o - \frac{1}{2} \rho_l u_l^2 \left( 1 - \frac{A_l^2}{A_o^2} \right),$$

donde  $A_l$  y  $A_o$  son las áreas de paso de la zona de inyección de gas y de impulsión de líquido y se ha supuesto que esta transición de áreas es suave para que no existan pérdidas de presión de remanso. De esta forma  $P_l$ , y por lo tanto también  $P_g$ , pueden ser bastante inferiores a  $P_o$  si  $u_l$  es suficientemente elevada. El consumo energético del gas o líquido a dispersar está por lo tanto determinado por la presión en la zona de descarga ( $P_l$ ) y por la pérdida de carga en la inyección. Para tener igualdad en el caudal que atraviesa cada orificio es conveniente disponer de una cámara de remanso a la presión uniforme  $P_g$ . La pérdida de presión ocasionada en la inyección dependerá del diámetro de los orificios practicados en la pared del conducto principal, que estará entre 0,01 (por razones de mecanizado) y 3 mm (para que sea despreciable la flotabilidad de las gotas o burbujas formadas).

El número de Weber (cociente entre las fuerzas dinámicas o de inercia y las de tensión superficial) es

$$We = \rho_l u_l^2 d / \sigma,$$

donde  $\sigma$  es la tensión superficial y  $d$  el diámetro del menisco alargado. En el rango de interés para las aplicaciones que aquí se incluyen los valores de  $We$  suelen ser muy grandes, lo que significa que en el proceso de ruptura de una burbuja o gota que tuviera un diámetro del orden del del menisco, la tensión superficial no jugaría un papel importante, siendo dominantes las fuerzas de presión y las dinámicas. Esto quiere decir que se pueden producir mediante este procedimiento gotas o burbujas de un tamaño mucho menor que las del menisco, aunque ciertamente de esta ruptura surgen tamaños muy diversos. Por ejemplo, en la rotura de burbujas de aire en agua ( $\sigma = 70$  mN/m) en una corriente con velocidades de varios metros por segundo, se pueden alcanzar altos valores del número de Weber, basado en el diámetro de la burbuja formada, con tamaños de burbujas de unas pocas decenas de micras. Además, también resultarán burbujas de mayor tamaño cuando éstas alcancen zonas donde la cortadura no es muy intensa.

## ES 2 298 020 B1

En este proceso los consumos energéticos derivan de la impulsión de los dos fluidos (que se invierten en aumentar la energía superficial, la energía cinética y en disipación viscosa) y por lo tanto pueden calcularse mediante la expresión  $W = W_l + W_g = Q_l (P_o - P_s) + Q_g (P_g - P_s)$ , donde  $Q_l$  es el caudal del líquido que proporciona la corriente principal y  $Q_g$  el del gas o líquido dispersado. Para las aplicaciones de oxigenación o disolución de gases en líquidos la eficiencia de disolución estándar ( $SAE$ ) en kg de  $O_2$  por kWh puede obtenerse de

$$SAE = \frac{\alpha_g Q_g \rho_g Y_{O_2}}{W_l + W_g}$$

donde  $Q_g$  se expresa en  $m^3/h$ ,  $\rho_g$  en  $kg/m^3$  y la potencia en kW.  $\alpha_g$  es la fracción de  $O_2$  disuelto en el líquido respecto del inyectado e  $Y_{O_2}$  la fracción volumétrica de oxígeno en el gas inyectado (0,21 para aire en condiciones normales).

Para maximizar la eficiencia energética hay que reducir el coste de impulsión sin aumentar en exceso el tamaño medio de las burbujas resultantes y por lo tanto sin disminuir en exceso  $\alpha_g$ . Este tamaño depende de la velocidad del líquido que no debe ser ni demasiado baja (para que se desprendan las burbujas de cada orificio antes de que se produzca coalescencia) ni demasiado elevada ya que esto supondría unas pérdidas de energía cinética importantes aguas abajo del dispositivo. Por lo tanto la velocidad del líquido en la zona de inyección del fluido a dispersar estará típicamente comprendida entre 0,01 y 20 m/s.

Dado que el tamaño de las burbujas desprendidas de los orificios de inyección depende de la velocidad del líquido, pero no del caudal del líquido, es conveniente reducir en lo posible el área de paso del conducto en la zona de inyección del fluido a dispersar (típicamente entre 10 diámetros de los orificios de inyección aguas arriba y aguas debajo de los puntos de inyección), sin reducir en exceso la superficie donde se practican los orificios de inyección. Esto puede conseguirse por ejemplo introduciendo en el conducto principal un cuerpo fuselado, obteniéndose una sección con forma anular. Así, al mismo tiempo que se reduce el área de paso, no se aumenta en exceso la pérdida de carga. De esta forma el conducto tendría una superficie exterior suficientemente grande como para poder practicar el número de orificios suficientes para realizar la inyección del gas produciéndose burbujas de pequeño tamaño. Cualquier conducto con una sección en forma de ranura alargada también maximizaría la superficie exterior al mismo tiempo que minimizaría el caudal sin reducir la velocidad del líquido impulsor. Esto se conseguiría por ejemplo, si la sección tuviese forma rectangular y su relación anchura/longitud fuera menor de 0.5, preferiblemente menor que 0,05. Dado que el tamaño máximo de las burbujas producidas suele estar en el rango de los milímetros, la anchura de las ranuras deberá ser menor de 5 mm.

Teniendo en cuenta los tamaños típicos de burbujas que se producen (las mayores burbujas están en el rango de los milímetros) y de las propiedades de la corriente turbulenta en la que están inmersas (con fluctuaciones de velocidad cercanas al metro por segundo), puede suponerse que al menos un 50% del  $O_2$  se disolverá en el líquido si el tiempo de residencia de las burbujas en el depósito de descarga es suficientemente prolongado. Por lo tanto, para sobrepresiones de tan sólo 0,1 bar (suficiente para conseguir velocidades mayores de 10 m/s en el punto de inyección si  $k_1 < 0.2$ ), en el caso de utilizar aire en condiciones normales (20°C y 1 atm)

$$SAE = \frac{Q_g}{Q_l + (P_g / P_o) Q_g} 45 \text{ kg } O_2 / \text{kWh.}$$

Hay que tener en cuenta que para relaciones de caudal  $Q_l/Q_g$  próximas a la unidad se produce con frecuencia la coalescencia entre burbujas, lo que impone un valor mínimo de  $Q_l/Q_g$ . A pesar de esto la eficiencia resultante puede ser muy elevada, pudiéndose llegar a más de 6 kg  $O_2/kWh$  y aunque a estos valores les debe ser aplicado el rendimiento de la bomba impulsora del líquido es claro que pueden alcanzarse eficiencias superiores a las obtenidas mediante los procedimientos habituales.

### Descripción de las figuras

Figura 1. Representación esquemática de los distintos modos de rotura de gotas o burbujas en un flujo cruzado: a) modo de burbujeo, b) modo pulsante, c) modo chorro y d) modo con cavidad.

Figura 2. Para complementar la descripción que se está realizando y con objeto de ayudar a una mejor comprensión de las características de la presente invención se acompaña a la presente memoria descriptiva, como parte integrante de la misma, la Figura 2 que, con carácter ilustrativo y no limitativo, recoge un modelo de prototipo de difusor de gases en líquidos:

1. Conducto de alimentación del líquido.
2. Alimentación del gas.

3. Cámara a presión de gas.
4. Orificios por los que se inyecta el gas.
- 5 5. Cuerpo fuselado.
6. Zona de ruptura de las burbujas.

$P_o$  = presión de impulsión del líquido.

10  $P_s$  = presión a la salida del dispositivo.

#### Modo de realización de la invención

15 El sistema propuesto para el desarrollo de la presente invención, requiere del suministro de unos caudales de líquido impulsor y de gas o líquido a dispersar. Ambos caudales deben ser los apropiados para que el sistema esté dentro del rango paramétrico de interés para alcanzar las especificaciones de una aplicación concreta. Se aumentará el número de orificios de inyección del fluido a dispersar y la sección transversal del conducto principal en la zona de inyección si la velocidad del líquido en esta zona es muy elevada para los caudales requeridos y por ello la eficiencia resulta muy

20 baja como consecuencia de unas presiones de excesivas aguas arriba de los conductos. Así mismo se podrá disponer de varios conductos principales por los que fluye el líquido impulsor dispuestos en paralelo y en los que se inyecta el gas o líquido a dispersar a través de múltiples orificios.

Puede suministrarse un mayor caudal de líquido impulsor y de gas o líquido a dispersar por cualquier medio en

25 aplicaciones específicas (oxigenación, reactores químicos gas-líquido o líquido-líquido, etc.) ya que esto no interfiere en el funcionamiento del atomizador. Por lo tanto pueden usarse cualesquiera métodos de suministro de líquido impulsor y de gas o líquido a dispersar (compresores, bombas volumétricas, botellas de gas comprimido, etc.).

El caudal del fluido a dispersar debe ser lo más homogéneo posible entre los distintos orificios, lo cual puede

30 requerir, alternativamente, la inyección a través de medios porosos, placas perforadas o cualquier otro método capaz de distribuir un caudal homogéneo entre los diferentes puntos de alimentación. Los materiales de que puede estar fabricado el atomizador son múltiples (metal: plástico, cerámica, vidrio), dependiendo fundamentalmente la elección del material de la aplicación específica en la que vaya a emplearse el dispositivo.

En la figura 2 se presenta el esquema de un prototipo ya probado, en el que el líquido impulsor se introduce por un conducto de entrada (1) y el gas a dispersar se introduce por otro extremo del sistema (2) en una cámara a presión

35 (3). En este prototipo se han utilizado presiones de alimentación del gas a fragmentar desde 0,05 a 2,5 bar por encima de la presión atmosférica  $P_s$  a la que se descarga. La entrada al conducto de impulsión de líquido está a una presión  $P_o > P_s$ . La presión de alimentación del gas debe ser siempre ligeramente superior a la del líquido en la zona de inyección, en función de la pérdida de carga del sistema inyector de gas, para asegurar una cierta relación de caudales líquido/gas. Los parámetros geométricos fundamentales son el área de paso de líquido en la zona de inyección del gas y la geometría de la tobera divergente situada aguas abajo de la inyección en la zona de fragmentación de las burbujas producidas (6).

40

En este prototipo la inyección de gas se realizó a través de 36 orificios (4), con diámetros de 0,3 mm. La sección del conducto principal de impulsión de líquido era de forma anular, formada por un conducto de diámetro interior de 20 mm y un cuerpo fuselado (5) que en el punto de inyección tenía un diámetro de 18 mm. El ángulo de la tobera divergente situada aguas abajo de la sección de inyección era de 20°. El resto de las medidas del prototipo no afectan en modo alguno a la generación y fragmentación de las burbujas, siempre que la cámara de presión del gas tenga

50 dimensiones grandes (longitud y diámetro) en comparación con los orificios.

55

60

65

REIVINDICACIONES

1. Dispositivo de generación de gotas y burbujas **caracterizado** porque:

- a) existe un conducto principal, limitado por paredes sólidas, por el que circula el líquido impulsor del movimiento
- b) existen, en la denominada zona de inyección, unos orificios practicados en la pared del conducto principal, que comunican una cámara de presión con el flujo del conducto principal, por los que se inyecta el gas o líquido a dispersar.
- c) el conducto principal en la zona de inyección del fluido a dispersar está formado por uno o varios conductos en paralelo de forma que al menos uno tiene una sección transversal rectangular con una relación entre la dimensión mínima (anchura) y la dimensión máxima (longitud) menor que 0,5, una sección transversal anular con una relación entre el diámetro interior y el exterior mayor que 0,1 ó cualquier otro tipo de sección transversal compuesta por secciones rectangulares o anulares o combinaciones de ambas, cada una con las mismas relaciones geométricas mencionadas.

2. Dispositivo de generación de gotas o burbujas según la reivindicación 1 **caracterizado** porque, en la zona de inyección del fluido a dispersar, el conducto principal está formado por uno o varios conductos en paralelo de forma que al menos uno tiene una sección transversal rectangular o una sección transversal compuesta o combinada con al menos una sección rectangular, con una relación entre la dimensión característica mínima (anchura) y la dimensión característica máxima (longitud) menor que 0,05.

3. Dispositivo de generación de gotas o burbujas según la reivindicación 1 **caracterizado** porque, en la zona de inyección del fluido a dispersar, el conducto principal está formado por uno o varios conductos en paralelo de forma que al menos uno tiene una sección transversal anular o una sección transversal compuesta o combinada con al menos una sección anular, con una relación entre el diámetro interior y exterior mayor que 0,9.

4. Dispositivo de generación de gotas o burbujas según las reivindicaciones 1 a 3 **caracterizado** porque el conducto principal está formado por uno o varios conductos en paralelo de forma que al menos una de las secciones transversales en las zonas de inyección del fluido a dispersar que pudiera haber en cada uno de estos conductos tiene una dimensión característica mínima (anchura de la ranura) menor de 5 mm.

5. Dispositivo de generación de gotas o burbujas según las reivindicaciones 1 a 4 **caracterizado** porque el tamaño de los orificios por los que se inyecta el fluido a dispersar en el flujo del conducto principal está comprendido entre 0,01 y 3 mm.

6. Procedimiento de generación de gotas y burbujas **caracterizado** por utilizar un dispositivo de generación de gotas o burbujas según las reivindicaciones 1 a 5 de forma que la velocidad media del líquido impulsor del movimiento en la zona de inyección es de al menos 0,01 m/s.

7. Dispositivo de generación de gotas o burbujas según las reivindicaciones 1 a 5 **caracterizado** por su uso como Aireador de líquidos y por el uso del procedimiento de generación de gotas y burbujas según la reivindicación 6.

8. Dispositivo de generación de gotas o burbujas según las reivindicaciones 1 a 5 **caracterizado** por su uso como Oxigenador de líquidos y por el uso del procedimiento de generación de gotas y burbujas según la reivindicación 6.

9. Dispositivo de generación de gotas o burbujas según las reivindicaciones 1 a 5 **caracterizado** por su uso para la disolución de gases en líquidos y por el uso del procedimiento de generación de gotas y burbujas según la reivindicación 6.

10. Dispositivo de generación de gotas o burbujas según las reivindicaciones 1 a 5 **caracterizado** por su uso para provocar la reacción química entre gases y líquidos y por el uso del procedimiento de generación de gotas y burbujas según la reivindicación 6.

11. Dispositivo de generación de gotas o burbujas según las reivindicaciones 1 a 5 **caracterizado** por su uso para provocar la reacción química entre líquidos inmiscibles y por el uso del procedimiento de generación de gotas y burbujas según la reivindicación 6.

12. Dispositivo de generación de gotas o burbujas según las reivindicaciones 1 a 5 **caracterizado** por su uso para la producción de alimentos y por el uso del procedimiento de generación de gotas y burbujas según la reivindicación 6.

13. Dispositivo de generación de gotas o burbujas según las reivindicaciones 1 a 5 **caracterizado** por su uso para la producción de emulsiones y por el uso del procedimiento de generación de gotas y burbujas según la reivindicación 6.

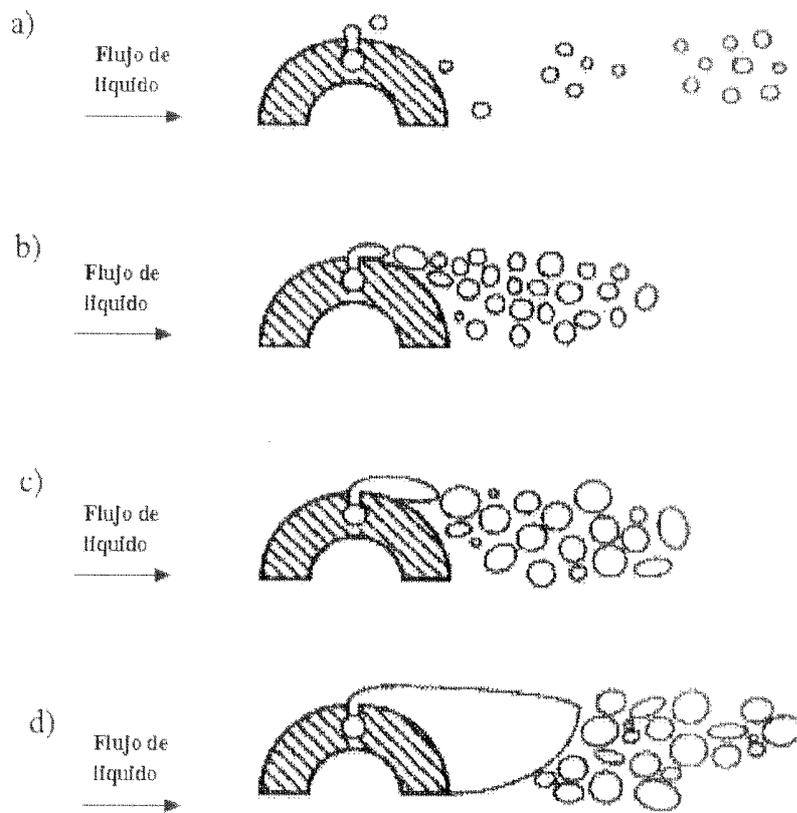


Figura 1

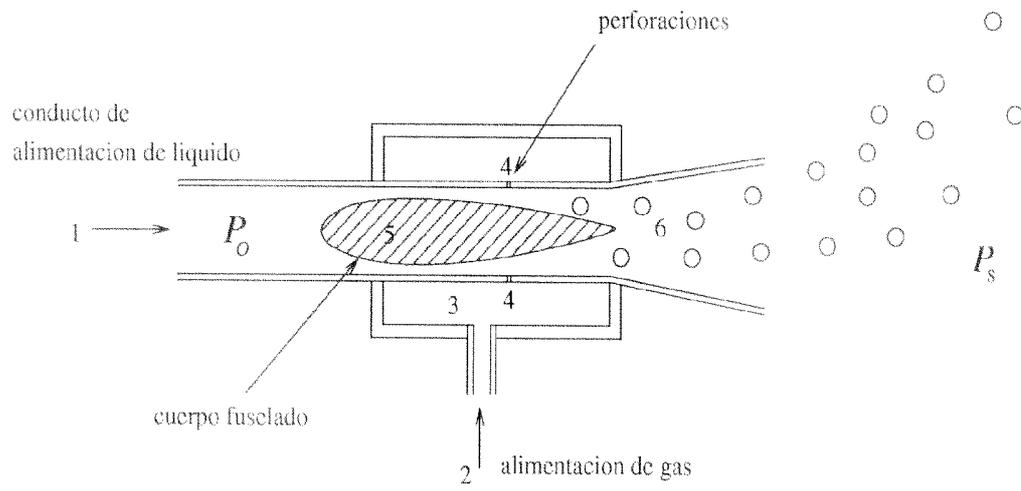


Figura 2



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

① ES 2 298 020

② N° de solicitud: 200600467

③ Fecha de presentación de la solicitud: **22.02.2006**

④ Fecha de prioridad:

## INFORME SOBRE EL ESTADO DE LA TÉCNICA

⑤ **Int. Cl.:** Ver hoja adicional

### DOCUMENTOS RELEVANTES

Categoría	⑥ Documentos citados	Reivindicaciones afectadas
X	US 3545731 A (MCMANUS) 08.12.1970, resumen; columna 1, línea 4 - columna 2, línea 26; columna 3, línea 59 - columna 6, línea 49; figuras 2-5.	1-13
A	US 6017022 A (SHIRTUM et al.) 25.01.2000, resumen; columna 4, línea 47 - columna 6, línea 6; columna 8, líneas 19-33; figura 2.	1,7-11

#### Categoría de los documentos citados

X: de particular relevancia

Y: de particular relevancia combinado con otro/s de la misma categoría

A: refleja el estado de la técnica

O: referido a divulgación no escrita

P: publicado entre la fecha de prioridad y la de presentación de la solicitud

E: documento anterior, pero publicado después de la fecha de presentación de la solicitud

#### El presente informe ha sido realizado

para todas las reivindicaciones

para las reivindicaciones n°:

**Fecha de realización del informe**

24.03.2008

**Examinador**

A. Figuera González

Página

1/2

CLASIFICACIÓN DEL OBJETO DE LA SOLICITUD

**B01F 5/04** (2006.01)

*B01F 3/04* (2006.01)

*B01F 3/08* (2006.01)