



OFICINA ESPAÑOLA DE PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

① Número de publicación: **2 281 985**

② Número de solicitud: 200302652

⑤ Int. Cl.:  
**B01F 3/04** (2006.01)  
**B01F 3/08** (2006.01)  
**B01F 5/04** (2006.01)  
**B05B 7/00** (2006.01)

⑫

SOLICITUD DE PATENTE

A1

② Fecha de presentación: **09.01.2004**

④ Fecha de publicación de la solicitud: **01.10.2007**

④ Fecha de publicación del folleto de la solicitud: **01.10.2007**

⑦ Solicitante/s: **Universidad de Sevilla  
OTRI-Pabellón de Brasil  
Paseo de las Delicias, s/n  
41013 Sevilla, ES**

⑦ Inventor/es: **Gañán Calvo, Alfonso M.**

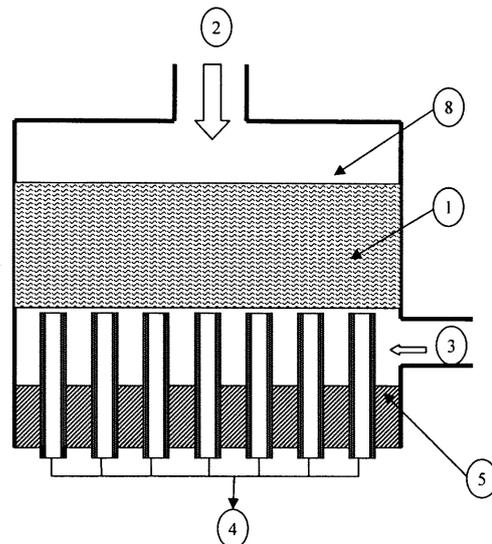
⑦ Agente: **No consta**

⑤ Título: **Procedimiento y dispositivo para la generación de espumas y emulsiones mediante flujo bifásico guiado en una matriz porosa.**

⑤ Resumen:

Procedimiento y dispositivo para la generación de espumas y emulsiones mediante flujo bifásico guiado en una matriz porosa.

La presente invención hace referencia a un procedimiento y dispositivo asociado para la producción de espumas y emulsiones. En ella se hace uso de un medio poroso, a partir de aquí matriz porosa o matriz. El procedimiento exige la coordinación del flujo y el control de la entrefase de dos fluidos inmiscibles: (1) un líquido base, que ha de rodear a las gotas o burbujas de la emulsión o la espuma; (2) un líquido o gas, inmiscible con el líquido base -a partir de aquí, fluido dispersado-, que, al dispersarse, proporciona el material para las gotas o burbujas.



ES 2 281 985 A1

## DESCRIPCIÓN

Procedimiento y dispositivo para la generación de espumas y emulsiones mediante flujo bifásico guiado en una matriz porosa.

### Objeto de la invención

Los objetos de esta invención son un dispositivo y un procedimiento de producción de espumas y emulsiones. En él se hace uso de una matriz que puede ser (i) un medio poroso, o (ii) que contiene una multiplicidad de pequeños canales, o (iii) en general que presenta una geometría o estructura reticular o en láminas delgadas. Cuando el fluido que va a constituir las gotas o burbujas de la emulsión o la espuma (un líquido o un gas respectivamente), inmiscible con el líquido base, se hace fluir simultáneamente con el líquido base en el seno de la matriz, se produce una estructura especial del flujo de manera que el fluido dispersado forma unos torrentes (fingers) estacionarios, rodeados por el líquido base, que se dirigen hacia las bocas receptoras de un haz de tubos dispuesto en la frontera de dicha matriz. En la vecindad de las bocas receptoras, ambos fluidos (el líquido base y el fluido dispersado) son acelerados y salen simultáneamente por los orificios de salida, formando la espuma o emulsión.

### Estado de la técnica

Es bien conocido el interés que la ciencia aplicada dedica a las espumas y emulsiones sintéticas. Para la generación de espumas se dispone actualmente de diversas opciones tecnológicas. La solución más simple consiste en dispersar gas a presión en el seno de una disolución acuosa surfactante, para lo cual se utiliza polvo de cristal. Como variante de este método, si se desea controlar el contenido líquido, se recurre a bombear simultáneamente gas y disolución surfactante a través de un lecho de gránulos o de lana metálica. Otros métodos menos controlables se basan en el simple mezclado por agitación.

La producción de espumas monodispersas compuestas por burbujas pequeñas, como las de las cremas de afeitar, suele basarse en técnicas de aerosol. Se licúa para ello una porción de hidrocarburo o de CFC, llevándola a alta presión. Seguidamente se procede a crear una emulsión de este líquido, mezclado con la disolución surfactante. Cuando dicha mezcla es liberada a presión atmosférica, las gotas de líquido propulsante se evaporan formando burbujas diminutas de gas que se agregan dando lugar a una espuma (Durian, D.J. y Weitz, D.A., "Foams", en *Kirk-Othmer Enciclopedia of Chemical Technology*, 4th edition, Vol. 11, 783-805 (1994)).

De gran valor comercial son en particular las espumas monodispersas de burbuja pequeña, en el rango de las escalas micro-. La estabilización de espumas es un requerimiento esencial para muchas aplicaciones tecnológicas en el campo de la medicina, bioquímica e industria alimentaria. Son innumerables las posibilidades tecnológicas que se abren ante un método de fabricación de microespumas estables: a título de ejemplo cabe citar el uso de disoluciones esclerosantes para el tratamiento de venas varicosas (*sclerotherapy*). Otras aplicaciones frecuentes se constatan en el campo de la cosmética y de la higiene, así como en la producción de materiales de amortiguación.

Son también abundantes las aplicaciones tecnológicas de las emulsiones de microgotas. Así, por ejemplo, ofrecen un campo de interés las tecnologías de

GMD (*gel microdrops*) en la investigación microbiológica. La distribución de tamaños en las microgotas depende de la combinación de varios parámetros clave, como la viscosidad del fluido base o envolvente, la relación de volúmenes entre fluido dispersado y fluido base, la presencia de surfactantes (detergentes o lípidos), la forma en que se comunican y distribuyen los esfuerzos cortantes (en el caso de agitación mecánica, este parámetro depende de la velocidad de giro de las paletas de mezclado).

Sin embargo, viene haciéndose notar la necesidad de obtener espumas y emulsiones que superen los inconvenientes asociados con las escalas micro-: heterogeneidad en los diámetros, estabilidad escasa, falta de resistencia mecánica, incompatibilidad biológica.

Análogos objetivos se asocian a la producción de emulsiones monodispersas. La invención propuesta permite controlar la generación de gotas o burbujas mediante un patrón de flujo sencillo y susceptible de numerosas modificaciones de diseño.

### Explicación de la invención

Es objeto de la invención un dispositivo para la producción de espumas o emulsiones mediante un líquido base (3) y un fluido dispersado (2), líquido o gas, inmiscible con el líquido base, que, al dispersarse, proporciona el material para las gotas o burbujas, caracterizado porque

- a) el líquido base y el fluido dispersado son impulsados y establecen una entrefase en una matriz porosa o reticular (1) con dos superficies opuestas abiertas a la circulación fluida;
- b) las restantes superficies externas de dicha matriz son impermeables;
- c) en una de dichas superficies, superficie de alimentación (8), dicha matriz se encuentra en contacto directo con una fuente de fluido dispersado; dicho fluido es presionado homogéneamente sobre la citada superficie a la presión de alimentación  $p_A$  e inyectando en la matriz un caudal de alimentación  $Q_A$ ;
- d) la cara opuesta de dicha matriz, superficie de generación (5), se encuentra en contacto con una cámara bañada por el líquido base, que es inyectado en la cámara a la presión de base  $P_B$  y con un caudal de base  $Q_B$ ;
- e) se dispone un conjunto de uno o más tubos dirigidos transversalmente a la superficie de generación, cuyos extremos o secciones receptoras (7), abiertos, apoyan sobre la citada superficie de generación o se sitúan a una distancia corta con respecto a ésta, tanto penetrándola ligeramente hacia el interior de la matriz como manteniéndose apartados de ésta, de manera que ofrecen sendas secciones de paso abiertas al flujo de ambos fluidos desde dicha matriz;
- f) los tubos atraviesan, por orificios sellados herméticamente, la pared de la cámara;
- g) los extremos de salida, opuestos a las bocas receptoras, están abiertos al exterior;
- h) la viscosidad del líquido base es superior

a la del fluido dispersado, de modo que las fuerzas viscosas del líquido base son significativamente mayores que las fuerzas de inercia o convección de cantidad de movimiento del líquido base excepto en la proximidad de las bocas receptoras, donde esa condición no necesariamente se cumple;

- i) dichas presiones  $P_A$  y  $P_B$  se ajustan de manera que el fluido dispersado forma, rodeado por el líquido base, un conjunto de torrentes continuos, de pequeño diámetro, en el seno del medio poroso o reticular;
- j) cada uno de dichos torrentes desemboca en una de dichas secciones receptoras, emergiendo de la matriz porosa en forma de pequeños meniscos capilares pulsantes generadores de un tren continuo de burbujas o gotas, que se adentran en los tubos receptores rodeadas del líquido base, de manera que en los extremos de salida del conjunto de tubos se recoge la espuma o emulsión ya formada.

Es también objeto de la invención un dispositivo para la producción de espumas o emulsiones como el anteriormente descrito, caracterizado porque todos los tubos receptores son idénticos entre sí.

Asimismo, es objeto de la invención un dispositivo para la producción de espumas o emulsiones como el anteriormente descrito, caracterizado porque todos los tubos receptores son rectos y paralelos entre sí.

Otro objeto de la invención es un dispositivo para la producción de espumas o emulsiones como el anteriormente descrito, caracterizado porque dicha superficie de generación es plana.

Es también objeto de la invención un dispositivo para la producción de espumas o emulsiones como el anteriormente descrito, caracterizado porque sólo existe un tubo receptor.

También es objeto de la invención un dispositivo para la producción de espumas o emulsiones como el anteriormente descrito, caracterizado porque las secciones de paso de todos los tubos son circulares.

Otra variante objeto de la invención es un dispositivo para la producción de espumas o emulsiones como el anteriormente descrito, caracterizado porque todos los tubos receptores están construidos y perforados en un bloque de material impermeable.

Es también objeto de la invención un dispositivo para la producción de espumas o emulsiones como el anteriormente descrito, caracterizado porque la distancia entre las bocas receptoras y la superficie de generación es regulable.

Es objeto de la invención, asimismo, un dispositivo para la producción de espumas o emulsiones como el anteriormente descrito, caracterizado porque la distancia entre las bocas receptoras y la superficie de generación es fija.

Es también objeto de la invención un dispositivo para la producción de espumas o emulsiones como el anteriormente descrito, caracterizado porque el tamaño característico del poro o celda reticular está entre 1 nanómetro y 5 milímetros, preferentemente entre 10 nanómetros y 100 micras.

Otro objeto de la invención es un dispositivo para la producción de espumas o emulsiones como el an-

teriormente descrito, caracterizado porque el tamaño característico de cada sección receptora es al menos 10 veces mayor que el tamaño característico del poro o celda reticular.

Es también objeto de la invención un dispositivo para la producción de espumas o emulsiones como el anteriormente descrito, caracterizado porque el área total de la superficie de generación es al menos 4 veces mayor que el área total de las secciones de paso de los tubos.

Asimismo es objeto de la invención un dispositivo para la producción de espumas o emulsiones como el anteriormente descrito, caracterizado porque

- a) el caudal inyectado  $Q_A$  de dicho fluido dispersado está entre 0.001 nanolitros por segundo y 10 litros por segundo, preferentemente entre 1 nanolitro por segundo y 10 microlitros por segundo;
- b) el caudal inyectado  $Q_B$  de dicho líquido base está entre 0.01 nanolitro por segundo y 100 litros por segundo, preferentemente entre 10 nanolitros por segundo y 100 microlitros por segundo;
- c) el tamaño característico transversal del torrente del fluido dispersado está entre 1 nanómetro y 5 milímetros, preferentemente entre 100 nanómetros y 100 micras;
- d) la relación de caudales entre el líquido base y el fluido dispersado que sale por los extremos de salida del conjunto de tubos se mantiene aproximadamente igual (con un máximo de un 20% de variación) a la relación de caudales de alimentación  $Q_A$  y  $Q_B$  de dichos fluidos.

Finalmente, es objeto de la invención un procedimiento para la producción de espumas o emulsiones por el que se dispersa al menos un fluido dispersado, líquido o gas, en el seno de un líquido base inmiscible con el dispersado, usando el dispositivo anteriormente descrito en cualquiera de las formas mencionadas.

#### Breve descripción de las figuras

Figura 1: dispositivo según la invención, con un bloque o matriz porosa (1), flanqueada por dos de sus caras, respectivamente, por una cámara en la que se inyecta fluido dispersado (2), en la que se encuentra la superficie de alimentación (8), y por otra cámara en la que se inyecta líquido base (3), en la que se encuentra la superficie de generación (5). La segunda cámara acomoda un conjunto de tubos receptores (4), en este caso paralelos. Ambos fluidos, en su avance hacia las bocas receptoras (7), única salida practicable, deben cruzar, al menos en parte, la matriz porosa.

Fig. 2: detalle del contacto entre superficie de generación (5) y tubos receptores (4) en el caso en que las bocas receptoras (7) penetran en la matriz porosa (1), previéndose para ello unas cavidades o alveólos que han de alojar un corto segmento de las extremidades correspondientes de los tubos, o bien construyendo la matriz porosa alrededor de dichas extremidades de los tubos. Se muestra la entrefase (6) de los dos fluidos en el seno de dicha matriz.

Fig. 3: detalle del contacto entre superficie de generación (5) y tubos receptores (4) en el caso en que las bocas receptoras (7) están simplemente adosadas a la matriz porosa (1), en contacto directo. Se muestra

la interfase (6) de los dos fluidos en el seno de dicha matriz.

Fig. 4: detalle del contacto entre superficie de generación (5) y tubos receptores (4) en el caso en que las bocas receptoras (7) están ligeramente apartadas de la matriz porosa (1), formándose un intervalo o salto entre superficie de generación (5) y boca receptora (7). Se muestra la interfase (6) de los dos fluidos en el seno de dicha matriz.

#### Descripción de la invención

La presente invención hace referencia a un procedimiento y dispositivo asociado para la producción de espumas y emulsiones. En ella se hace uso de un medio que puede ser (i) un medio poroso, o (ii) que contiene una multiplicidad de pequeños canales, o (iii) en general que presenta una geometría o estructura reticular o en láminas delgadas, a partir de aquí *matriz porosa* o *matriz*. El procedimiento exige la coordinación del flujo y el control de la interfase de dos fluidos inmiscibles: (a) un líquido base, que ha de rodear a las gotas o burbujas de la emulsión o la espuma; (b) un líquido o gas, inmiscible con el líquido base -a partir de aquí, *fluido dispersado*-, que, al dispersarse, proporciona el material para las gotas o burbujas.

El modelo de flujo objeto de la invención consta de una matriz porosa limitada por dos superficies opuestas abiertas a la circulación fluida. Las restantes superficies de la matriz porosa son impermeables. En una de dichas superficies opuestas (*superficie de alimentación*), la matriz porosa se encuentra en contacto directo con una fuente de fluido dispersado; dicho fluido es presionado homogéneamente sobre la citada superficie a la *presión de alimentación*  $P_A$ , con un caudal de alimentación  $Q_A$ . La superficie opuesta (*superficie de generación*) se encuentra en contacto con una cámara bañada por el líquido base, que es inyectado en la cámara a la presión de base  $P_B$  y con un caudal de base  $Q_B$ . La sobrepresión  $\Delta p = P_A - P_B$  permite controlar la interfase que el citado fluido dispersado establece al abrirse paso por el medio poroso, desplazando el líquido base. Adicionalmente, se dispone un conjunto de tubos dirigidos transversalmente a la superficie de generación, cuyos extremos o bocas receptoras, abiertas, apoyan sobre la citada superficie de generación o se sitúan a una distancia corta con respecto a ésta, tanto penetrándola ligeramente hacia el interior de la matriz como manteniéndose apartados de ella; los tubos atraviesan, por orificios sellados herméticamente, la pared de la cámara; los *extremos de salida*, opuestos a las bocas receptoras, están abiertos al exterior.

Es característica esencial en la presente invención la formación de una interfase líquido base/fluido dispersado situada en la matriz porosa; dicha interfase es creada por la relación entre las presiones de inyección  $P_A$  y  $P_B$  de ambos fluidos, de la que, a su vez, dependen los caudales  $Q_A$  y  $Q_B$ . La proximidad a la superficie de generación de unas bocas receptoras adosadas, con sus correspondientes secciones de paso que abren, a través de tubos, a la atmósfera exterior, da lugar a unos focos de baja presión que crean caminos preferentes para ambos fluidos. Así pues, mediante una adecuada regulación de las presiones de alimentación y de base, el fluido dispersado se hace fluir simultáneamente con el líquido base en el seno de la matriz porosa, produciéndose una estructura especial del flujo tal que el fluido dispersado forma unos torrentes ("fingers") que se dirigen hacia los orificios

de salida rodeados por el líquido base. En la proximidad de las bocas receptoras, ambos fluidos son acelerados de modo que cuando el fluido dispersado abandona la matriz porosa para emerger a la superficie de generación lo hace buscando las secciones de paso de las bocas de los tubos, donde la presión es mínima. Bajo determinadas condiciones de flujo y de presiones, la emergencia de los fingers y su captación por los tubos receptores se produce en forma de gotas o burbujas envueltas por el líquido base. Dichas gotas o burbujas avanzan seguidamente por los tubos del conjunto, formando a su salida la espuma o emulsión.

La disposición de los tubos receptores puede ser objeto de variantes de diseño:

- El dispositivo más simple constaría de un solo tubo receptor;
- en otros dispositivos, la directriz de los tubos receptores puede organizarse como una radiación tri- o bidimensional, en cuyo caso la superficie de generación sería aproximadamente esférica o cilíndrica;
- o bien, los tubos receptores pueden ser rectos y esencialmente paralelos entre sí, constituyendo un haz de tubos;
- las secciones de paso de los tubos receptores pueden ser diversas o uniformemente idénticas; la producción de emulsiones o espumas monodispersas exigirá diseños con tubos homogéneos;
- la fijación de tubos entre sí puede realizarse merced a diversas soluciones constructivas si éstos son exentos; alternativamente, cabe generar los huecos de tubo mediante perforaciones en una matriz sólida no permeable a los fluidos base y dispersado.

Por otra parte, la separación de las bocas receptoras con respecto a la superficie de generación admite variantes de diseño:

- Cabe situar las bocas receptoras en contacto con la superficie de generación, simplemente adosadas;
- O bien puede establecerse una distancia corta, separando las bocas de la superficie hacia el exterior de la matriz porosa;
- O bien cabe hacer que las bocas receptoras penetren en la matriz porosa, previendo para ello unas cavidades o alveolos que han de alojar un corto segmento de las extremidades correspondientes de los tubos, o bien construyendo la matriz porosa alrededor de dichas extremidades de los tubos.

En el caso de bocas penetrantes o distanciadas, la distancia entre bocas y superficie de generación (*distancia de contacto*) será corta, no superando un orden de magnitud de dos o tres veces el tamaño transversal o diametral de la sección de paso de los tubos.

Una alternativa de diseño consiste en usar la distancia de contacto como una variable de regulación, modificable a voluntad durante el proceso de ajuste previo a la producción de espumas o emulsiones, que, conjuntamente con las presiones  $p$  y  $p + \Delta p$ , permita controlar el proceso de dispersión fluida.

A fin de asegurar el comportamiento adecuado de

la entrefase, es preciso que la viscosidad de líquido base sea superior a la del fluido dispersado. El líquido base fluye a través de la matriz de modo que las fuerzas viscosas son significativamente mayores que las fuerzas de inercia o convección de cantidad de movimiento (es decir, dicho flujo tiene lugar a bajos números de Reynolds), excepto posiblemente en la proximidad de las bocas receptoras. En la zona alrededor de las bocas receptoras, donde los fluidos se aceleran, las fuerzas viscosas no son necesariamente mayores que las de inercia o convección de cantidad de movimiento.

Parámetros importantes para el control del proceso son la geometría de la matriz porosa, su permeabilidad (tamaño característico de poros), la higroscopicidad del material base de la matriz (ángulo de contacto del material de la matriz porosa con el líquido base), la geometría y disposición de los tubos receptores (diámetros interior y exterior, longitud, distancia de contacto, carácter regulable o no de ésta), las propiedades de ambos fluidos (coeficientes de viscosidad y tensión superficial mutua), y la relación entre  $P_A$  y  $P_B$ .

#### Modo de realización de la invención

Se ha tomado una sección de tubo cilíndrico de latón de diámetro exterior 12 mm e interior 6.5 mm, de 16 mm de longitud, con un reborde interior en uno de sus extremos y una rosca interior de métrica fina M8/0.5 mm en el otro extremo; el reborde tiene como objeto que una pieza cilíndrica introducida en el interior del tubo no pueda salir por el extremo del tubo que tiene dicho reborde. Dicha pieza cilíndrica, fabricada en DELRIN® tiene de diámetro 6.5 mm y altura 3 mm, con siete taladros longitudinales pasantes (en la dirección del eje del cilindro) de 0.7 mm de diámetro, formando una disposición hexagonal simétrica respecto al eje del cilindro. Cada taladro se encuentra a 1 mm de los otros taladros más próximos. Se introducen por los taladros de 0.7 mm de la pieza cilíndrica anterior siete tubos de acero inoxidable de longitud 5 mm, diámetro exterior 0.71 mm e interior 0.5 mm, de manera que el ajuste entre tubo y pieza cilíndrica es muy prieto y hermético. Los extremos de dichos tubos se encuentran en el plano de una de las caras de la pieza cilíndrica por un lado, y por la otra cara los tubos

sobresalen 2 mm. La pieza cilíndrica con los tubos así dispuestos se introduce en el tubo de latón primero, o cuerpo del dispositivo, por el extremo roscado de manera que la cara de dicha pieza cilíndrica que coincide con los extremos de los tubos de 0.71 mm de diámetro mira hacia el tubo. Previamente, se ha introducido una junta tórica de 7x1 mm, de silicona, entre el reborde del cuerpo y la pieza cilíndrica para evitar fugas. Se realiza un taladro lateral de 1.55 mm en el cuerpo del dispositivo a la altura justa a la que quedan los extremos sobresalientes de los tubos de la pieza cilíndrica, para que entre el líquido base (ver figura 1). En dicho taladro se introduce por ajuste prieto un tubo de acero inoxidable de 1/16' de pulgada, que conduce el fluido dispersante hacia el dispositivo. Se introduce entonces, por el extremo roscado del cuerpo como la pieza cilíndrica, una pastilla porosa cilíndrica sinterizada de partículas de acero inoxidable ("frit" de la marca UPCHURCH, para 0.5 micras de paso), con un diámetro exterior de 6.5 mm y longitud 1.5 mm, hasta que dicha pastilla se encuentra con los extremos de los tubos de la pieza cilíndrica. Se presiona finalmente el conjunto por el extremo roscado del cuerpo con un tapón de cierre roscado con métrica fina M8/0.5 mm, usando una junta tórica de silicona entre la pastilla porosa y el tapón roscado. Dicho tapón roscado tiene un taladro central pasante de 1.55 mm alineado con el eje del cilindro para permitir el paso del fluido dispersado (ver figura 1). En dicho taladro se introduce por ajuste prieto un tubo de acero inoxidable de 1/16' de pulgada, que conduce el fluido dispersado hacia el dispositivo. El tapón roscado descrito tiene interiormente una oquedad apropiada para que el fluido dispersado se distribuya uniformemente por la pastilla porosa, mientras que los bordes del tapón aprietan la junta tórica de silicona contra la pastilla porosa. De esta forma, se obliga a que todo el fluido dispersado pase por la pastilla porosa en dirección de las bocas de los tubos de 0.7 mm que se encuentran en contacto con la otra cara de la pastilla (ver figura 1). De esta forma queda listo el dispositivo de producción de la microespuma. Se le hace funcionar introduciendo un caudal de gas de 120 ml/min como fluido dispersado, y 100 ml/min de una mezcla de 60% glicerina, 39.5% agua y 0.5% de Tween® 80 como fluido dispersante.

## REIVINDICACIONES

1. Dispositivo para la producción de espumas o emulsiones mediante un líquido base y un fluido dispersado, líquido o gas, inmiscible con el líquido base, que, al dispersarse, proporciona el material para las gotas o burbujas, **caracterizado** porque

- a) el líquido base y el fluido dispersado son impulsados y establecen una entrefase en una matriz porosa o reticular con dos superficies opuestas abiertas a la circulación fluida;
- b) las restantes superficies externas de dicha matriz son impermeables;
- c) en una de dichas superficies (superficie de alimentación), dicha matriz se encuentra en contacto directo con una fuente de fluido dispersado; dicho fluido es presionado homogéneamente sobre la citada superficie a la presión de alimentación  $p_A$  e inyectando en la matriz un caudal de alimentación  $Q_A$ ;
- d) la cara opuesta de dicha matriz (superficie de generación) se encuentra en contacto con una cámara bañada por el líquido base, que es inyectado en la cámara a la presión de base  $P_B$  y con un caudal de base  $Q_B$ ;
- e) se dispone un conjunto de uno o más tubos dirigidos transversalmente a la superficie de generación, cuyos extremos o secciones receptoras, abiertos, apoyan sobre la citada superficie de generación o se sitúan a una distancia corta con respecto a ésta, tanto penetrándola ligeramente hacia el interior de la matriz como manteniéndose apartados de ésta, de manera que ofrecen sendas secciones de paso abiertas al flujo de ambos fluidos desde dicha matriz;
- f) los tubos atraviesan, por orificios sellados herméticamente, la pared de la cámara;
- g) los extremos de salida, opuestos a las bocas receptoras, están abiertos al exterior.

2. Dispositivo para la producción de espumas o emulsiones según la reivindicación 1, **caracterizado** porque todos los tubos receptores son idénticos entre sí.

3. Dispositivo para la producción de espumas o emulsiones según la reivindicación 1, **caracterizado** porque todos los tubos receptores son rectos y paralelos entre sí.

4. Dispositivo para la producción de espumas o emulsiones según la reivindicación 1, **caracterizado** porque dicha superficie de generación es plana.

5. Dispositivo para la producción de espumas o emulsiones según la reivindicación 1, **caracterizado** porque sólo existe un tubo receptor.

6. Dispositivo para la producción de espumas o emulsiones según la reivindicación 1, **caracterizado** porque las secciones de paso de todos los tubos son circulares.

7. Dispositivo para la producción de espumas o emulsiones según la reivindicación 1, **caracterizado** porque todos los tubos receptores están construidos y

perforados en un bloque de material impermeable.

8. Dispositivo para la producción de espumas o emulsiones según la reivindicación 1, **caracterizado** porque la distancia entre las bocas receptoras y la superficie de generación es regulable.

9. Dispositivo para la producción de espumas o emulsiones según la reivindicación 1, **caracterizado** porque la distancia entre las bocas receptoras y la superficie de generación es fija.

10. Dispositivo para la producción de espumas o emulsiones según la reivindicación 1, **caracterizado** porque el tamaño característico del poro o celda reticular está entre 1 nanómetro y 5 milímetros, preferentemente entre 10 nanómetros y 100 micras.

11. Dispositivo para la producción de espumas o emulsiones según la reivindicación 1, **caracterizado** porque el tamaño característico de cada sección receptora es al menos 10 veces mayor que el tamaño característico del poro o celda reticular.

12. Dispositivo para la producción de espumas o emulsiones según la reivindicación 1, **caracterizado** porque el área total de la superficie de generación es al menos 4 veces mayor que el área total de las secciones de paso de los tubos.

13. Procedimiento para la producción de espumas o emulsiones por el que se dispersa al menos un fluido dispersado, líquido o gas, en el seno de un líquido base inmiscible con el fluido dispersado, usando el dispositivo según las reivindicaciones 1 a 12, **caracterizado** por:

- a) la viscosidad del líquido base es superior a la del fluido dispersado, de modo que las fuerzas viscosas del líquido base son significativamente mayores que las fuerzas de inercia o convección de cantidad de movimiento del líquido base excepto en la proximidad de las bocas receptoras, donde esa condición no necesariamente se cumple;
- b) las presiones de los fluidos ( $P_A$  y  $P_B$ ) se ajustan de manera que el fluido dispersado forma, rodeado por el líquido base, un conjunto de torrentes continuos, de pequeño diámetro, en el seno del medio poroso o reticular;
- c) cada uno de dichos torrentes desemboca en una de dichas secciones receptoras, emergiendo de la matriz porosa en forma de pequeños meniscos capilares pulsantes generadores de un tren continuo de burbujas o gotas, que se adentran en los tubos receptores rodeadas del líquido base, de manera que en los extremos de salida del conjunto de tubos se recoge la espuma o emulsión ya formada.
- d) el tamaño característico transversal del torrente del fluido dispersado está entre 1 nanómetro y 5 milímetros, preferentemente entre 100 nanómetros y 100 micras;
- e) el caudal inyectado  $Q_A$  de dicho fluido dispersado está entre 0.001 nanolitros por segundo y 10 litros por segundo, preferentemente entre 1 nanolitro por segundo y 10 microlitros por segundo;
- f) el caudal inyectado  $Q_B$  de dicho líquido base está entre 0.01 nanolitro por segundo

y 100 litros por segundo, preferentemente entre 10 nanolitros por segundo y 100 microlitros por segundo;

- g) la relación de caudales entre el líquido base y el fluido dispersado que sale por los

5

extremos de salida del conjunto de tubos se mantiene aproximadamente igual (con un máximo de un 20% de variación) a la relación de caudales de alimentación  $Q_A$  y  $Q_B$  de dichos fluidos.

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

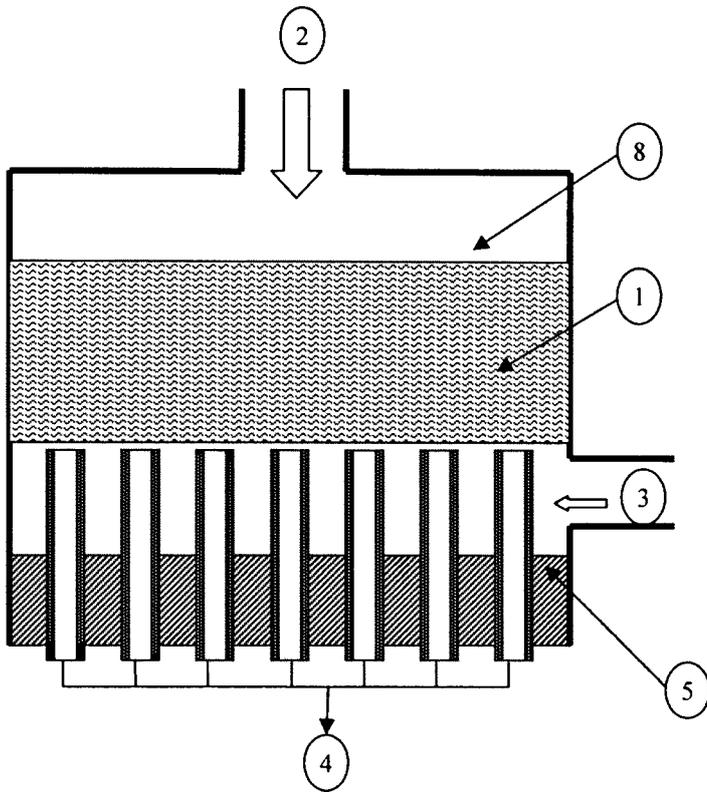


Fig. 1

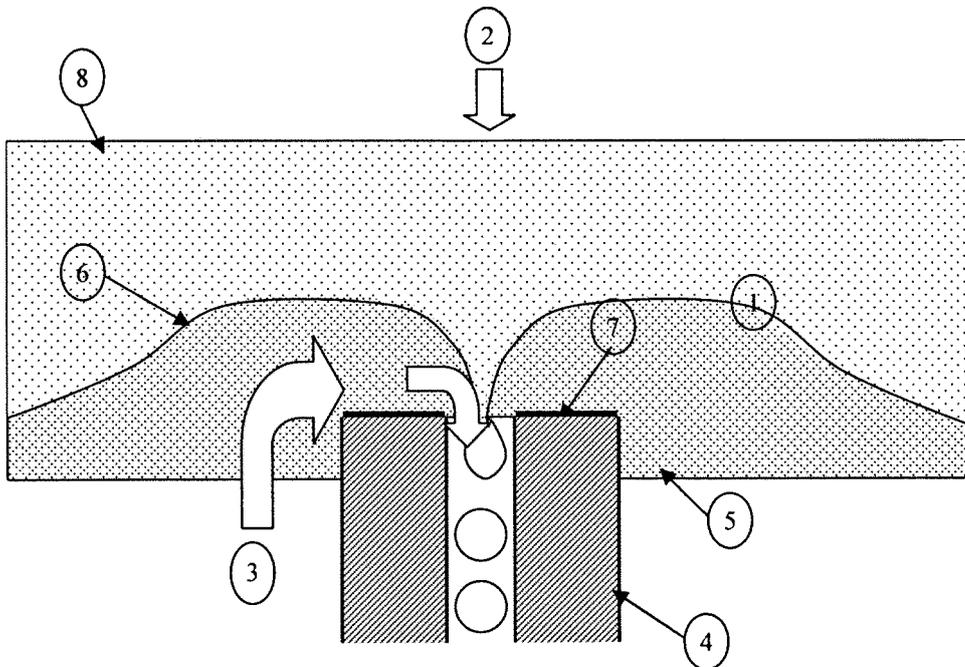


Fig. 2

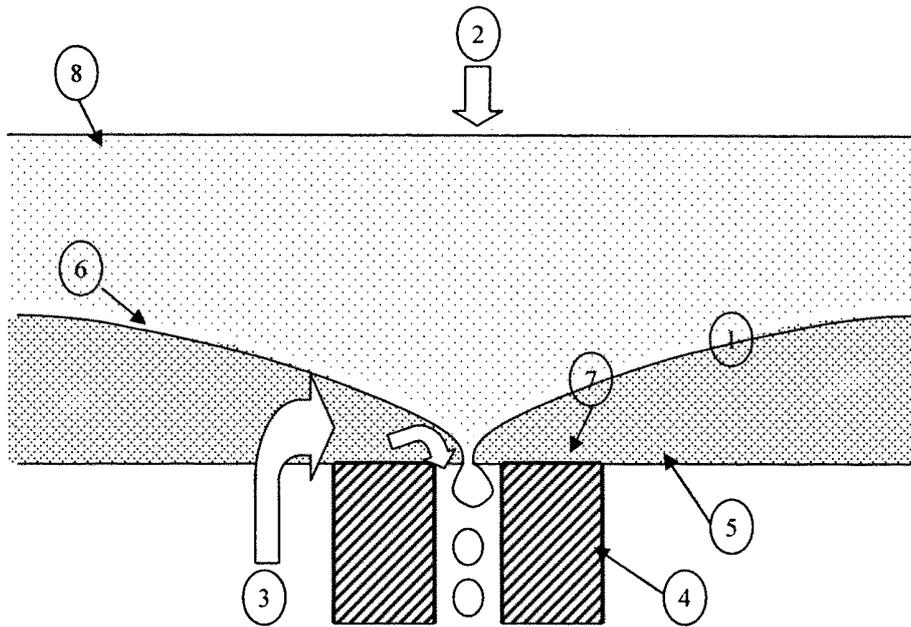


Fig. 3

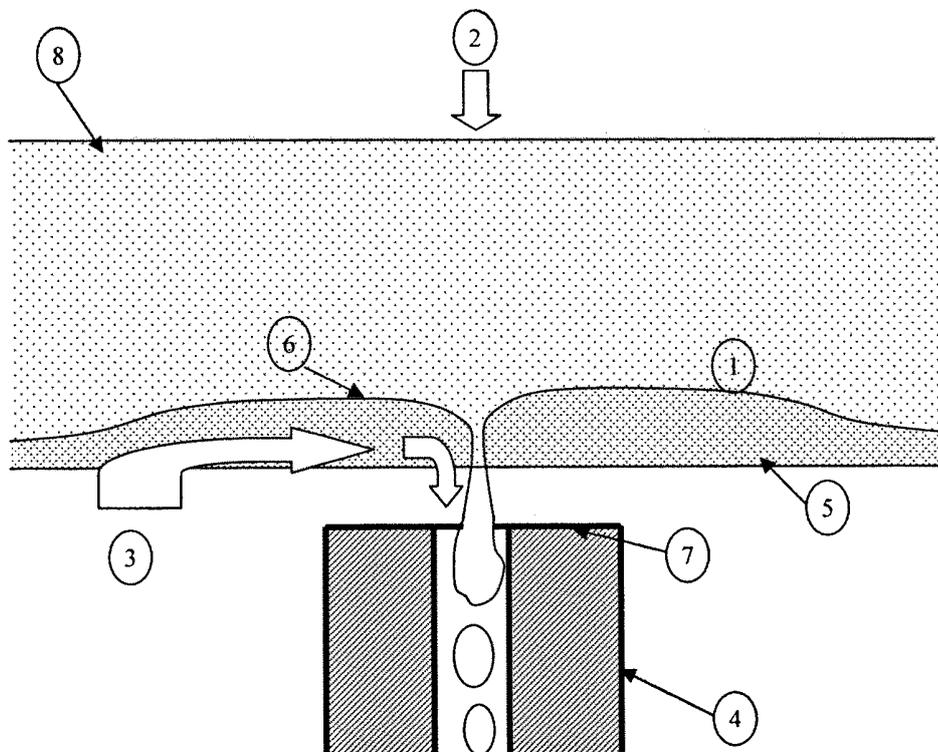


Fig. 4



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

① ES 2 281 985

② Nº de solicitud: 200302652

③ Fecha de presentación de la solicitud: 09.01.2004

④ Fecha de prioridad:

## INFORME SOBRE EL ESTADO DE LA TÉCNICA

⑤ Int. Cl.: Ver hoja adicional

### DOCUMENTOS RELEVANTES

Categoría	Documentos citados	Reivindicaciones afectadas
X	US 4201691 A (ASHER et al.) 06.05.1980, todo el documento.	1-4,6-7, 9-13
X	US 4668632 A (YOUNG et al.) 26.05.1987, columna 4, líneas 15-38; columna 6, línea 31 - columna 7, línea 37; columna 8, líneas 22-33; columna 10, líneas 23-26; reivindicaciones 1-5,13-14,29; figuras 1-5,12-14.	1-7,9-10
A	JP 06071150 A (NOMURA MICRO SCIENCE et al.) (resumen), 15.03.1994. En: PATENT ABSTRACTS OF JAPAN [CD-ROM] & JP 06071150 A (NOMURA MICRO SCIENCE et al.) 15.03.1994, párrafos 13-22; figuras 1,2.	1-4,9
A	JP 2001149252 A (TAKARA BELMONT) (resumen), 05.06.2001. En: PATENT ABSTRACTS OF JAPAN [CD-ROM].	

#### 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 nº:

Fecha de realización del informe

04.09.2007

Examinador

L. Dueñas Campo

Página

1/2

CLASIFICACIÓN DEL OBJETO DE LA SOLICITUD

**B01F 3/04** (2006.01)

**B01F 3/08** (2006.01)

**B01F 5/04** (2006.01)

**B05B 7/00** (2006.01)