



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

⑪ Número de publicación: **2 180 931**

⑤① Int. Cl.⁷: B05B 7/06

⑫

TRADUCCION DE PATENTE EUROPEA

T3

⑧⑥ Número de solicitud europea: **97904459.1**

⑧⑥ Fecha de presentación: **18.02.1997**

⑧⑦ Número de publicación de la solicitud: **0 899 017**

⑧⑦ Fecha de publicación de la solicitud: **03.03.1999**

⑤④ Título: **Procedimiento de atomización de líquidos.**

③⑩ Prioridad: **13.05.1996 ES 9601101**

④⑤ Fecha de la publicación de la mención BOPI:
16.02.2003

④⑤ Fecha de la publicación del folleto de patente:
16.02.2003

⑦③ Titular/es: **Universidad de Sevilla
Vicerrectorado de Investigación,
Valparaíso, 5 - 2 Planta
41013 Sevilla, ES**

⑦② Inventor/es: **Ganan Calvo, Alfonso y
Barrero Ripoll, Antonio**

⑦④ Agente: **Díez de Rivera y Elzaburu, Ignacio**

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).

DESCRIPCION

Procedimiento de atomización de líquidos.

Campo de la invención

La presente invención se refiere generalmente al campo de la atomización de líquidos y más en particular a un procedimiento que usa parámetros geométricos apropiados y propiedades físicas para asegurar que el líquido a atomizar se descarga en forma de un microchorro capilar continuo y uniforme, a través de un orificio adecuado.

Antecedentes de la técnica

La retirada combinada de una interfaz entre dos fluidos no miscibles (dos líquidos o un líquido y un gas) ha sido estudiada recientemente por autores tales como E.O. Tuck y J.M. van den Broek ("Un flujo de superficie libre de tipo vértice debido a una fuente o sumidero sumergido", J. Austral. Math. Soc. Ser. B., 25,433-450, 1984), L. K. Forbes y G.C. Hocking ("Flujo causado por un sumidero puntual en un fluido que posee una superficie libre", J. Austral. Math. Soc. Ser. B., 32,231-249, 1990) y T. J. Singler y J. F. Geer Singler ("Una solución de perturbación híbrida-Galerkin a un problema de retirada selectiva", Phys. Fluids A, 5,1156-1166, 1993). Se reconoce que se trata de un caso particular de un fenómeno de inestabilidad interfacial más general conocido como *retirada selectiva/retirada combinada*. Los estudios en este campo se han orientado en gran medida a la determinación de parámetros (por ejemplo la distancia desde el sumidero a la superficie libre, la relación de densidad de fluido, la tensión superficial entre los fluidos) en el comienzo de la retirada combinada (es decir del barrido del fluido por detrás de la superficie libre cuando el fluido delante de la misma es retirado a una distancia dada de la superficie). Sin embargo, la dinámica de fluidos del microchorro producido por retirada combinada aparentemente permanece inexplorada. La observación y el estudio del microchorro, sus propiedades peculiares y sus usos potenciales, condujeron al presente procedimiento de atomización.

Los métodos de atomización existentes convierten el tipo de energía suministrada al sistema (por ejemplo energía cinética del gas en atomizadores neumáticos, energía eléctrica en atomizadores piezoeléctricos sónicos y ultrasónicos, energía mecánica en atomizadores rotativos, energía electrostática en atomizadores electrohidrodinámicos, etc.) en energía libre de tensión superficial, puesto que la superficie líquido-gas se expande dramáticamente por el efecto de estos procesos. En función del grado de desorden resultante, parte de la energía resulta también degradada en la dispersión estadística de los tamaños de gotas resultantes. Dependiendo de cómo de desordenada y rápidamente (o gradual y eficientemente) tienen lugar los procesos por los que las energías arriba mencionadas se convierten en energía de superficie libre, las vaporizaciones resultantes son adecuadas para diferentes usos específicos.

Como regla, el chorro consiste en pequeñas gotas de tamaño uniforme. Un tamaño de gota pequeño siempre está en conflicto con un caudal alto de flujo en el fluido a atomizar, que da lugar

a un elevado uso de energía por unidad de tiempo. También, la uniformidad en tamaño de gota descansa en procesos graduales, no turbulentos, escasamente aleatorios que son incompatibles con la conversión rápida de energía volumétrica a energía superficial requerida por los caudales de flujo típicamente elevados que se presentan en muchos casos y con la sencillez tecnológica del atomizador. La sencillez mecánica y la expeditividad en el atomizador, y la irreversibilidad y aleatoriedad en el proceso de atomización, están todas altamente correlacionadas.

Los atomizadores neumáticos existentes implican la rotura en cascada de la interfaz desde un número de Weber alto a un número de Weber unidad, cumpliéndose esto último cuando los diámetros de gota son tales que las fuerzas de tensión superficial compensan la inercia del gas respecto al líquido. Dichos atomizadores incluyen el modelo coaxial directo de S. Nukiyama y Y. Tanasawa ("Experimentos sobre la atomización de líquidos en la corriente de aire", Trans. Soc. Mech. Eng. Jpn., 5, 68-75, 1939) o los modelos de ráfaga de aire desarrollados por I. D. Wigg ("Predicciones de tamaño de gota para atomizadores de fluidos gemelos", J. Inst. Fuel, 27, 500-505, 1964), G.E. Lorenzetto y A.H. Lefebvre ("Mediciones del tamaño de gota en un atomizador de ráfaga de aire de chorro plano", AIAAJ, 15, 1006-1010, 1977), A.K. Jasuja ("Atomización por ráfaga de aire de chorro plano de combustibles alternativos de petróleo líquidos bajo condiciones de presión de aire ambiente elevada", ASME Paper 82-GT-32, 1982), y N.K. Risk y A.H. Lefebvre ("Características de vaporización de atomizadores de ráfaga de aire de chorro plano", Trans. ASME J. Eng. Gas Turbines Power, 106, 639-644, 1983), entre otros muchos, o los referidos por A. Ünal ("Separación de flujo y escape de líquido en procesos de atomización de gas", Metall. Trans. B., 20B, 613-622, 1989), basados en la atomización coaxial de un metal líquido utilizando un flujo de gas supersónico.

Los procesos de cascada en atomizadores neumáticos existentes implicaban flujos altamente turbulentos y aleatoriedad, lo que da lugar a tamaños de gota y atomizados altamente dispersos.

Otra desventaja principal de este tipo de atomizador es que proporciona tamaños limitados (por encima de 20 micras de media en el mejor caso).

Los atomizadores silbantes tienen también sus desventajas, entre las que destacan el ruido, una relativa complejidad -utilizan generadores de onda y dispositivos piezoeléctricos para excitar el chorro capilar producido- y un tamaño limitado de gota (por lo general mayor de 50 μm).

Un nuevo sistema de atomización que también proporciona tamaños de gota extremadamente pequeños, monodispersos, es la atomización electrostática o por electropulverización. El sistema ha sido dado a conocer (p. ej. por M. L. Colelough y T.J. Noakes, "Aparato y proceso para producir polvos y otros materiales granulares", Solicitud de Patente europea 87305187.4, 1987). La principal desventaja de este método en muchos casos es que requiere la utilización de una

fuente de CC a alta tensión -lo cual plantea graves problemas- y a partir de ella un sistema de descarga (p. ej. coronas eléctricas), añadiéndose ambos a la inherente complejidad, gran peso y baja manejabilidad de este sistema.

La US-A-4 717 049 describe un aparato generador de gotitas de acuerdo con el preámbulo de la reivindicación 1.

Resumen de la invención

De acuerdo con un primer aspecto de la presente invención, se proporciona un dispositivo para la atomización de un líquido que comprende:

una fuente de alimentación que incluye una abertura en un primer extremo para añadir líquido a un canal interior de la fuente de alimentación, cuyo canal conduce a una abertura de salida para la expulsión del líquido del mismo;

una cámara de presión que posee una primera abertura para la entrada de gas a la cámara de presión y una segunda abertura para la salida de gas de la cámara de presión, estando posicionada la segunda abertura aguas debajo de dicha abertura de salida, caracterizado porque la abertura de salida de la fuente de alimentación está posicionada en la cámara de presión y porque la abertura de salida de la fuente de alimentación y la segunda abertura de la cámara de presión están construidas y dispuestas de tal forma, que en funcionamiento, el líquido que fluye de la abertura de salida de la fuente de alimentación pasará a través de la segunda abertura y saldrá por ella en un microchorro capilar continuo, firme, para romperse aguas abajo por efecto de la inestabilidad capilar.

De acuerdo con un segundo aspecto de la presente invención se dispone de un procedimiento de atomización de líquidos, que comprende:

forzar un líquido a través de un canal de una fuente de alimentación de manera que se obligue al líquido a ser expulsado por una abertura de salida, y

forzar un gas a través de una cámara de presión, en la cual está posicionada la abertura de salida de la fuente de alimentación, siendo forzado el gas de forma que abandone la cámara de presión a través de una abertura situada en línea con el camino de flujo del líquido expulsado por la abertura de salida de la fuente de alimentación;

donde se mantiene una interfaz líquido-gas estable y el líquido forma un chorro capilar continuo y estable entre la abertura de salida de la cámara de alimentación y la abertura de la cámara de presión al exterior, y donde el microchorro se rompe aguas abajo por efecto de la inestabilidad capilar.

De acuerdo con un tercer aspecto de la presente invención, se proporciona un procedimiento de atomización de líquidos que comprende:

alimentar líquido a través de una fuente de alimentación a una boca de salida;

alimentar gas a través de un orificio posicionado aguas abajo de la boca de salida de la fuente de alimentación en una dirección paralela a la dirección de flujo que sale por la boca de salida de la fuente de alimentación;

donde el gas se alimenta a una cámara de presión en la cual está posicionada la boca de salida, y la alimentación de líquido y la alimentación de gas se realizan cada una con unos caudales relativos entre sí de forma que se mantiene un microchorro capilar continuo estable de líquido que sale por el orificio y que se rompe aguas abajo por efecto de la inestabilidad capilar para forma partículas en aerosol.

La realización de la presente invención descrita e ilustrada a continuación se basa en la retirada del líquido a ser atomizado por un flujo de gas. El líquido fluye a través de un punto de alimentación alojado en una cámara de presión. El punto de alimentación está situado frente a un orificio que comunica la cámara de presión con el exterior. El gas expulsado fluye a través de la cámara y rodea al líquido a ser atomizado, suministrado por el punto de alimentación, para formar la atomización. Esto proporciona gotas de tamaño extremadamente pequeño (1 micra o menos) y altamente monodisperso (dependiendo de las condiciones de funcionamiento, la desviación estándar relativa es del 10-30%). El sistema propuesto posee también la sencillez y la economía de un sistema neumático. Adicionalmente, el tamaño de gota se puede ajustar a voluntad a través del caudal de flujo del líquido inyectado y la caída de presión a través de la cámara de presión a partir de la cual se retira concéntrica y axialmente el chorro de líquido. El microchorro capilar formado por el líquido que fluye desde el punto de alimentación a la salida del cambiador de presión se acelera y estabiliza por el esfuerzo viscoso tangencial ejercido por el gas sobre la superficie del líquido. El microchorro abandona la cámara de presión a través del orificio de salida y luego se divide en microgotas con las propiedades siguientes:

- (1) un tamaño extremadamente pequeño (1 micra o menos) que resulta de la rotura del microchorro capilar, y
- (2) dispersión de tamaño muy pequeña con tal de que el diámetro del chorro sea estable, como es el caso siempre que sea estable el caudal del flujo de líquido.

Breve descripción del dibujo

La Figura 1 es una representación esquemática de un atomizador según la invención.

Descripción detallada de la invención

La formación de un microchorro y su aceleración se basan en la abrupta caída de presión asociada a la violenta aceleración que experimenta el gas al pasar a través de un orificio. Esto da lugar a una gran diferencia de presión entre el líquido y el gas, lo cual a su vez produce una

zona en gran medida curvada en la superficie del líquido próxima al orificio y a la formación de un punto de vértice desde el que fluye un microchorro firme con tal de que se rellene la cantidad de líquido retirada a través del orificio.

La ventana de parámetros utilizada (es decir, el conjunto de valores especiales correspondientes a las propiedades del líquido, caudal de flujo utilizado, diámetro de la aguja de alimentación, diámetro del orificio, relación de presión, etc.) deberá ser suficientemente amplia para ser compatible con virtualmente cualquier líquido (viscosidades dinámicas del orden de 10^{-4} a $1 \text{ kg m}^{-1} \text{ s}^{-1}$); de esta forma, el microchorro capilar que emerge del extremo de la aguja de alimentación es absolutamente estable y las perturbaciones producidas por la rotura del chorro no pueden desplazarse aguas arriba. Aguas abajo, el microchorro se divide en gotas de forma pareja simplemente por el efecto de la inestabilidad capilar (véase, por ejemplo Raileigh, "Sobre la inestabilidad de los chorros", Proc. London Math. Soc, 4-13, 1878), en forma similar a un chorro laminar capilar que caiga desde un grifo medio abierto.

Cuando se alcanza el régimen estacionario, firme, el chorro capilar que emerge del extremo de la gota en la boca de salida del punto de alimentación se retira concéntricamente a la lanza. Una vez emerge el chorro de la gota, el líquido se acelera por las fuerzas tangenciales de barrido ejercidas por la corriente de gas que fluye en su superficie, lo cual disminuye gradualmente la sección transversal del chorro.

Las fuerzas ejercidas por el flujo de gas sobre la superficie del líquido deberían ser suficientemente firmes para evitar oscilaciones superficiales. Por tanto, cualquier turbulencia en el movimiento del gas debería ser evitada, incluso si la velocidad del gas es alta, asegurando el tamaño característico del orificio que el movimiento del gas es laminar (semejantemente a las capas límite formadas en el chorro y en la superficie interior de la lanza u orificio).

En resumen, el flujo de gas, que efectúa la retirada de líquido y su subsiguiente aceleración una vez se ha formado el chorro, deberá ser muy rápido, pero también uniforme, a fin de evitar la perturbación de la frágil interfaz capilar (la superficie de la gota que emerge del chorro) y por tanto su rotura. Por tanto, las fuerzas dinámicas ejercidas por el gas no deberían exceder nunca la tensión superficial (gota y microchorro) en todo momento durante el proceso. En términos de números de dinámica de fluidos no dimensionales, el número de Weber (es decir, la relación de fuerza dinámica a tensión superficial) no debería exceder de la unidad durante el proceso. El número de Weber para el microchorro será inevitablemente la unidad porque la caída de presión en el gas es semejante en magnitud al efecto de la tensión superficial:

$$\frac{2\gamma}{d_j} \sim \frac{1}{2} \rho v_g^2$$

donde γ y ρ son la tensión superficial y la densidad del líquido, respectivamente, y d_j y v_g son el diámetro característico del chorro y la velocidad característica del gas. También, la veloci-

dad del gas alrededor de la gota que produce el chorro debe estar relacionada con la que existe a través del orificio mediante las áreas, es decir $V_g D_o^2 \sim v_g d_o^2$, donde V_g es la velocidad del gas alrededor de la gota, y D_o y d_o son los diámetros del punto de alimentación y orificio respectivamente. Puesto que la velocidad máxima posible del gas en el orificio es similar a la velocidad del sonido, se tiene

$$V_g \sim (d_o/D_o)^2 \times 320 \text{ m/s}$$

y para el diámetro del chorro,

$$d_j - \frac{4\gamma}{\rho_g v_g^2} - \frac{4.2 \cdot 10^2}{1.2 \cdot 320^2} \sim 5 \mu\text{m}$$

$$(\gamma = 2.10^2 \text{ N/m}^2 \text{ para el n-heptano})$$

Esto sugiere que se pueden obtener tamaños de gota micrométricos.

En los diámetros más pequeños posibles con este sistema (semejantes al espesor de la capa límite), las energías cinéticas por unidad de volumen del líquido y del gas deberían ser del mismo orden. La velocidad del líquido resultante será:

$$V_l = (\rho_g/\rho_l)^{1/2} v_g \sim 10 \text{ m/s}$$

donde ρ_l es la densidad del líquido. A partir de la ecuación precedente, el caudal de líquido resulta ser

$$Q_l \sim d_j^2 v_l \sim 10^{-11} \text{ m}^3/\text{s}$$

en los menores tamaños de gota.

El flujo de gas debería ser laminar a fin de evitar un régimen turbulento - las fluctuaciones turbulentas en el flujo de gas, que tiene una frecuencia elevada, perturbarían la interfaz líquido-gas. Los números de Reynolds alcanzados en el orificio son:

$$\text{Re} = v_g d_o / \nu_g \sim 4000$$

donde ν_g es la viscosidad cinemática del gas. Aunque el número es bastante elevado, existen grandes gradientes de presión aguas abajo (una geometría altamente convergente), de forma que es muy poco probable que se desarrolle un régimen turbulento.

La diferencia esencial con los atomizadores neumáticos existentes (que poseen números de Weber elevados) es que el propósito no es la rotura de la interfaz líquido-gas, sino el opuesto, es decir, aumentar la estabilidad de la interfaz hasta que se obtenga un chorro capilar. El chorro, que será muy delgado siempre que la caída de presión resultante de la retirada sea suficientemente elevada, se divide en gotas cuyos tamaños son mucho más uniformes que los resultantes de la ruptura desordenada de la interfaz líquido-gas en los atomizadores neumáticos existentes.

El procedimiento propuesto para la atomización de líquidos se puede usar para la inyección electrónica de combustible, así como en inhaladores para la administración de medicamentos o de anestesia y en nebulizadores para análisis

químicos, entre otros. También, permite la producción en masa de polvos cerámicos y de semiconductores por sinterización utilizados en la fabricación de materiales cerámicos, semiconductores, plásticos, etc.

A fin de complementar la descripción anterior y facilitar el entendimiento de la invención, esta memoria incluye un plano ilustrativo y no limitativo correspondiente a un modelo prototipo.

Figura 1: Representación esquemática de un prototipo de atomizador.

1. Aguja de alimentación
2. Extremo de la aguja de alimentación utilizado para insertar el líquido a atomizar.
3. Cámara de presión.
4. Orificio usado como entrada de gas.
5. Extremo de la aguja de alimentación usado para evacuar el líquido a atomizar.
6. Orificio a través del cual tiene lugar la expulsión.
7. Atomización (vaporización)

D_o = diámetro de la aguja de alimentación;
 d_o = diámetro del orificio a través del cual se hace pasar el microchorro; e = longitud axial del orificio a través del cual se realiza la evacuación; H = distancia desde la aguja de alimentación a la boca de salida del microchorro; P_o = presión dentro de la cámara; P_a = presión atmosférica.

Ejemplos de usos de la invención

El sistema de atomización propuesto obviamente requiere el suministro del líquido a atomizar y del gas a usar en la vaporización resultante. Ambos deben alimentarse a una tasa que asegure que el sistema permanece dentro de la ventana de parámetros estable. La multiplexación es efectiva cuando los caudales de flujo exceden los correspondientes a una célula individual. Los caudales utilizados deberían garantizar también que la relación de masas entre los flujos es compatible con las especificaciones de cada aplicación.

Obviamente, el gas puede ser suministrado externamente a un caudal superior en aplicaciones específicas (p. ej. combustión, inhalación de medicamentos) porque existe necesidad de no interferir con el funcionamiento del atomizador.

El gas y el líquido pueden ser aportados por cualquier tipo de sistema de suministro continuo (p. ej. un compresor o un recipiente a presión para el primero y una bomba volumétrica o una botella a presión para el segundo). Si es necesaria la multiplexación, el caudal de líquido deberá ser tan uniforme como sea posible entre las células;

esto puede suponer la propulsión a través de varias agujas capilares, medios porosos o cualquier otro medio capaz de distribuir un flujo uniforme entre diferentes puntos de alimentación.

Cada dispositivo de atomización individual consistiría en un punto de alimentación (una aguja capilar, un punto con un microcanal abierto, una microprotuberancia o un borde continuo, etc.) de 0,05-2 mm (pero preferentemente 0,1-0,4 mm) de diámetro, donde la gota, que emerge del microchorro pueda anclarse, y un pequeño orificio de 0,05-2 mm (preferentemente 0,1-0,25 mm) de diámetro enfrente a la gota y separado 0,1-2 mm (preferentemente 0,2-0,5 mm) del punto de alimentación. El orificio comunica el gas de expulsión alrededor de la gota, a una presión incrementada, con la zona en la que se produce la atomización, a una presión disminuida.

El atomizador puede hacerse de una variedad de materiales (metal, plástico, cerámica, vidrio); la elección viene dictada por la aplicación a la que se destina.

La Figura 1 representa un prototipo ensayado, en el que el líquido a atomizar se inserta a través de un extremo del sistema (2) y el gas propulsor se introduce por vía de una entrada especial (4) en la cámara de presión (3). El prototipo se ensayó con tasas de alimentación de gas de 100 a 2000 mBar por encima de la presión atmosférica P_a a la cual se descargó el líquido atomizado. La envolvente completa alrededor de la aguja de alimentación (1) estaba a una presión $P_o > P_a$. La presión de alimentación de líquido, P_l , debería ser siempre ligeramente superior a la presión del gas propulsor, P_o . En función de la caída de presión en la aguja y el sistema de alimentación de líquido, la diferencia de presión ($P_l - P_o > 0$) y el caudal del líquido a atomizar, Q , están linealmente relacionados, siempre que el flujo sea laminar -lo cual es realmente el caso en este prototipo. Las dimensiones críticas son la distancia desde la aguja a la placa (H), el diámetro de la aguja (D_o), el diámetro del orificio (6) a través del cual se descarga el microchorro (d_o) y la longitud axial, e , del orificio (es decir, el espesor de la placa en la que se ha realizado el orificio). En este prototipo, H se varió de 0,3 a 0,7 mm manteniendo constantes las distancias ($D_o = 0,45$ mm, $d_o \sim 0,2$ mm) y $e \sim 0,5$ mm. La calidad de la vaporización resultante (7) no varió apreciablemente con los cambios de H siempre que el régimen de funcionamiento (es decir, gota estacionaria y microchorro) se mantuviera. Sin embargo, la estabilidad del sistema sufrió para distancias H superiores (de unos 0,7 mm). Las otras dimensiones del atomizador no tuvieron efecto alguno en la vaporización o en el funcionamiento del prototipo con tal de que la zona alrededor de la aguja (su diámetro) fuera suficientemente grande con respecto a la aguja de alimentación.

REIVINDICACIONES

1. Un dispositivo para la atomización de un líquido que comprende:

una fuente de alimentación (1) que incluye una abertura en un primer extremo para añadir líquido a un canal interior de la fuente de alimentación, cuyo canal conduce a una abertura de salida para la expulsión de líquido del mismo;

una cámara de presión (3) que posee una primera abertura (4) para la entrada de gas a la cámara de presión y una segunda abertura (6) para la salida de gas de la cámara de presión, estando posicionada la segunda abertura (6) aguas abajo de dicha abertura de salida, **caracterizado** porque la abertura de salida de la fuente de alimentación (1) está posicionada en la cámara de presión (3) y porque la abertura de salida de la fuente de alimentación (1) y la segunda abertura (6) de la cámara de presión (3) están construidas y dispuestas de tal forma, que en funcionamiento, el líquido que fluye de la abertura de salida de la fuente de alimentación pasará a través de la segunda abertura y saldrá por ella en un microchorro capilar (6) continuo, firme, para romperse aguas abajo por efecto de la inestabilidad capilar.

2. El dispositivo de la reivindicación 1, en el que el diámetro (D_0) de la abertura de la fuente de alimentación (1) y su posición en la cámara de presión (3) con respecto a la abertura (4) es tal que, en utilización, el líquido que fluye saliendo de la abertura de la fuente de alimentación (1) está rodeado por el gas de la cámara de presión (3) para formar un chorro de líquido que tiene un diámetro d_j , que viene definido por la fórmula:

$$d_j = \frac{4\gamma}{\rho_g v_g^2}$$

siendo γ la tensión superficial del líquido, ρ la densidad del líquido y v_g la velocidad del gas.

3. El dispositivo de la reivindicación 1 ó la reivindicación 2, en el que la fuente de alimentación (1) es una aguja de alimentación que posee una abertura de salida con un diámetro (D_o) del orden de aproximadamente 0,05 mm a unos 2 mm, y la segunda abertura de la cámara de presión (3) tiene un diámetro (d_o) del orden de aproximadamente 0,05 mm a unos 2 mm.

4. El dispositivo de la reivindicación 1 ó la reivindicación 2, en el que la fuente de alimentación (1) es una aguja de alimentación que posee una abertura de salida con un diámetro (D_o) del orden de aproximadamente 0,1 mm a unos 0,4 mm, y la segunda abertura de la cámara de presión (3) tiene un diámetro (d_o) del orden de aproximadamente 0,1 mm a unos 0,25 mm.

5. El dispositivo de cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en el que la abertura de salida de la fuente de alimentación (1) está posicionada en un punto del rango (H) de aproximadamente 0,2 mm a unos 0,5 mm, desde la segunda abertura de la cámara de presión (3).

6. El dispositivo de cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en el que se inserta una formulación de líquido que posee una viscosidad dinámica del orden de aproximadamente 10^{-4} a aproximadamente 1 kg/m/s.

7. El dispositivo de la reivindicación 6, en el que la formulación del líquido comprende un medicamento.

8. El dispositivo de la reivindicación 6 ó la reivindicación 7, en el que la formulación de líquido se utiliza en la fabricación de un polvo seco.

9. Un procedimiento de atomización de líquidos, que comprende:

forzar un líquido a través de un canal de una fuente de alimentación (1) de manera que se obligue al líquido a ser expulsado por una abertura de salida; y

forzar un gas a través de una cámara de presión (3), en la cual está posicionada la abertura de salida de la fuente de alimentación (1), siendo forzado el gas de forma que abandone la cámara de presión a través de una abertura (6) situada en línea con el camino de flujo del líquido expulsado por la abertura de salida de la fuente de alimentación;

donde se mantiene una interfaz líquido-gas estable y el líquido forma un chorro capilar (6) continuo y estable entre la abertura de salida de la fuente de alimentación y la abertura de la cámara de presión (3) al exterior, y donde el microchorro se rompe aguas abajo por efecto de la inestabilidad capilar.

10. El procedimiento de la reivindicación 9, en el que el líquido tiene una viscosidad del orden de unos $0,3 \times 10^{-3}$ a unos 5×10^{-2} kg/m/s.

11. El procedimiento de la reivindicaciones 9 ó la reivindicación 10, en el que el líquido es forzado a través del canal a un caudal del orden de aproximadamente 1 μ l/s a unos 100 μ l/s.

12. El procedimiento de la reivindicación 11, en el que el líquido es forzado a través del canal a un caudal del orden de aproximadamente 0,01 μ l/s a unos 10 μ l/s.

13. El procedimiento de cualquiera de las reivindicaciones 9 a 12, en el que el gas es forzado a través de la abertura de la cámara de presión (3) a una velocidad del orden de unos 50 m/s a unos 2000 m/s.

14. El procedimiento de cualquiera de las reivindicaciones 9 a 12, en el que el gas es forzado a través de la abertura de la cámara de presión (3) a una velocidad del orden de unos 100 m/s a unos 500 m/s.

15. El procedimiento de cualquiera de las reivindicaciones 9 a 14, en el que el líquido es expulsado a través de una abertura circular de salida que posee un diámetro (D_o) del orden de aproximadamente 0,1 mm a unos 0,4 mm y en el que la abertura de la cámara de presión es circular y posicionada directamente frente a la abertura de salida de la fuente de alimentación y tiene un diámetro (d_o) del orden de unos 0,1 mm a 0,25 mm.

16. Un procedimiento de atomización de líquidos que comprende:

alimentar líquido a través de una fuente de alimentación (1) a una boca de salida;

alimentar gas a través de un orificio (6) posicionado aguas abajo de la boca de salida de la fuente de alimentación en una dirección paralela a la dirección de flujo que sale por la boca de salida de la fuente de alimentación;

donde el gas se alimenta a una cámara de presión (3) en la cual está posicionada la boca de salida, y la alimentación de líquido y la alimentación de gas se realizan con unos caudales relativos entre sí de forma que se mantiene un microchorro capilar continuo y estable de líquido que sale por el orificio y que se rompe aguas abajo por efecto de la inestabilidad capilar para formar partículas en aerosol.

17. El procedimiento de la reivindicación 16, en el que se fuerza el gas hacia una zona alrededor de la boca de salida de la fuente de alimentación

a una presión del orden de 100 a 2000 mBar por encima de la presión atmosférica.

18. El procedimiento de la reivindicación 16 ó la reivindicación 17, en el que el gas procedente de la cámara de presión (3) rodea al líquido que sale de la boca de salida de la fuente de alimentación que es expulsado al orificio concéntricamente.

19. El procedimiento de cualquiera de las reivindicaciones 16, 17 y 18, en el que las partículas en aerosol formadas son de tamaño uniforme hasta el punto de tener una desviación estándar de tamaños relativos del 10 al 30 %.

20. El procedimiento de cualquiera de las reivindicaciones 9 y 11 a 19, en el que el líquido tiene una viscosidad del orden de 10^{-4} a 1 kg/m/s.

21. El procedimiento de cualquiera de las reivindicaciones 9 a 20, en el que el chorro capilar (6) estable tiene un diámetro d_j que se define por la fórmula

$$d_j = \frac{4\gamma}{\rho_g v_g^2}$$

siendo γ la tensión superficial del líquido, ρ la densidad del líquido y v_g la velocidad del gas.

NOTA INFORMATIVA: Conforme a la reserva del art. 167.2 del Convenio de Patentes Europeas (CPE) y a la Disposición Transitoria del RD 2424/1986, de 10 de octubre, relativo a la aplicación del Convenio de Patente Europea, las patentes europeas que designen a España y solicitadas antes del 7-10-1992, no producirán ningún efecto en España en la medida en que confieran protección a productos químicos y farmacéuticos como tales.

Esta información no prejuzga que la patente esté o no incluida en la mencionada reserva.

