



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



① Número de publicación: **2 264 608**

② Número de solicitud: 200402333

⑤ Int. Cl.:
B05D 7/00 (2006.01)

⑫

PATENTE DE INVENCION CON EXAMEN PREVIO

B2

⑫ Fecha de presentación: **30.09.2004**

⑬ Fecha de publicación de la solicitud: **01.01.2007**

Fecha de la concesión: **27.07.2007**

⑮ Fecha de anuncio de la concesión: **16.08.2007**

⑯ Fecha de publicación del folleto de la patente:
16.08.2007

⑰ Titular/es: **Universidad de Sevilla
Pabellón de Brasil
Paseo de las Delicias, s/n
41012 Sevilla, ES**

⑱ Inventor/es: **Gañán Calvo, Alfonso M.;
Mendoza Simón, Eladio y
Riesco Chueca, Pascual**

⑳ Agente: **No consta**

㉑ Título: **Dispositivo y procedimiento para la atomización neumática de líquidos mediante flujo implosivo de gas.**

㉒ Resumen:

Dispositivo y procedimiento para la atomización neumática de líquidos mediante flujo implosivo de gas.

Dispositivo y procedimiento de atomización de líquidos mediante el uso de un gas o vapor impulsor (en adelante, gas) que es introducido a presión en dicho dispositivo. Ambos fluidos son expulsados al exterior tras su mezcla en forma de aerosol o suspensión de gotas arrastrada por el gas. El gas penetra en el dispositivo y presiona la superficie libre del líquido, impulsándolo a través de un tubo hasta la región de mezclado. La sección de salida de dicho tubo está aproximadamente enfrentada con un orificio del recipiente por el que sale al exterior el aerosol. Los bordes interiores de la sección de salida del tubo y el orificio de salida definen una superficie de paso anular al gas. El flujo de gas es esencialmente radial y centrípeto en esa zona, cruzándose con la corriente de líquido. Puede haber un regulador de pérdida de carga para controlar el caudal de líquido.

ES 2 264 608 B2

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

DESCRIPCIÓN

Dispositivo y procedimiento para la atomización neumática de líquidos mediante flujo implosivo de gas.

5 **Descripción de la invención**

Dispositivo y procedimiento de atomización de líquidos mediante el uso de un gas o vapor impulsor (en adelante, gas) que es introducido a presión en dicho dispositivo.

10 **Objeto de la descripción**

El objeto de la presente invención es un dispositivo y procedimiento de atomización o nebulización de un líquido mediante el uso de un gas o vapor impulsor (en adelante, gas) que es introducido a presión en dicho dispositivo. Ambos fluidos son expulsados al exterior tras su mezcla, produciéndose la salida del líquido en forma de aerosol o suspensión de gotas arrastrada por la corriente de gas. El dispositivo consta de una cámara de almacenamiento de líquido, contenida en un recipiente o botella presurizada, y una región de mezclado líquido-gas donde se produce la combinación entre las dos fases citadas y la salida al exterior. El gas de impulsión penetra en el interior de la botella por una boquilla de inyección, abandonando posteriormente dicho recipiente por la región de mezclado. La superficie libre del líquido dentro de la botella es presionada por el gas de impulsión, por lo que el líquido es impulsado hacia la región de mezclado a través de un tubo de alimentación cuya boca de aspiración se encuentra próxima al fondo de la botella. El otro extremo del tubo de alimentación, llamado extremo nebulizador, dispone de un agujero de salida. Dicha sección de salida está aproximadamente enfrentada con un orificio de salida del recipiente por el que sale al exterior la mezcla gas/líquido en forma de suspensión de gotas. Dicho orificio de salida está perforado en la pared del recipiente. Un aspecto central de la invención es que los bordes interiores de dicho orificio de salida y los bordes exteriores de dicho agujero de salida definen dos líneas cerradas en planos aproximadamente paralelos y distanciados entre sí en un corto intervalo de separación; la superficie de paso comprendida entre ambas líneas de borde es de forma de anillo. El flujo de gas que, procedente de la botella presurizada, busca llegar al ambiente exterior a través del orificio de salida, es esencialmente radial y centrípeto en las proximidades de la región de mezclado, produciéndose el cruce con la corriente de líquido procedente del tubo de alimentación sección, a la que intercepta perimetralmente en dicha. Inmediatamente tras pasar a través de dicha superficie anular, el gas intercepta perimetralmente y en sentido esencialmente perpendicular a dicha corriente de líquido. La mínima sección de paso del gas en su flujo aproximadamente radial hacia la salida se produce precisamente en dicha sección anular; dicha sección mínima tiene una superficie del mismo orden que la sección de dicho agujero orificio de salida. El tubo de alimentación puede disponer de un regulador de pérdida de carga que permite regular el caudal de líquido atomizado.

35 **Introducción al estado de la técnica**

Los aparatos nebulizadores permiten la transformación de un preparado líquido en aerosol o suspensión de microgotas. Los dispositivos nebulizadores suelen constar de una cámara de reserva donde se introduce el líquido, una cámara de nebulización donde se genera el aerosol, y una fuente de energía, generalmente una bomba, para impulsar el aire portador de la suspensión.

La atomización de líquidos por vías puramente fluidodinámicas, y en particular por vía neumática, es una operación fundamental en múltiples aplicaciones y desarrollos industriales, tecnológicos, científicos y de la vida cotidiana. Los aerosoles han sido usados en numerosos campos tecnológicos, en particular como medio para tratar las enfermedades de las vías respiratorias mediante la nebulización de medicamentos líquidos. La administración de fármacos en forma de aerosol por vía inhalatoria permite obtener concentraciones adecuadas de medicamentos en el aparato respiratorio minimizando los efectos secundarios. Asimismo son muy conocidas las aplicaciones en el sector agronómico, para pulverización de plaguicidas, por ejemplo en tratamientos de desinsectación. Se utilizan para ello equipos manuales o automáticos (portátiles, montados en vehículos), que permiten una aplicación dirigida y cierta capacidad de regular el grosor de la gota, cuyo diámetro suele variar entre las 100 y las 500 micras. Cuando los tamaños de gota son inferiores, entre 50-100 micras, suele usarse el término nebulización: en las aplicaciones de insecticida, ello aumenta la capacidad de flotación del preparado así como la extensión cubierta cuando se produce la deposición de las gotas.

Son diversos los principios tecnológicos en que se basa la atomización de líquidos. De ellos depende la calidad y estabilidad del aerosol (carácter mono-disperso, tamaño de gotas), así como la facilidad de manejo y economía del procedimiento.

- 60 ■ Atomización centrífuga: es la más extendida, y utiliza una rueda o disco giratorio para romper el chorro líquido en gotas. Dependiendo de la velocidad de giro se obtienen distintos tamaños de gota. El mercado ofrece atomizadores centrífugos de todos los tamaños, desde la escala de laboratorio hasta la gran escala industrial.
- 65 ■ Atomización hidrodinámica, a presión: la caída de presión en una boquilla o los efectos gravitatorios ocasionan la desintegración del líquido. Generalmente, el líquido es impulsado a través de una boquilla estrecha; la dinámica del flujo en dicha boquilla determina el tamaño de gotas, de ahí el mal funcionamiento cuando el líquido utilizado causa abrasión en la boquilla o cuando se producen sedimentaciones que alteran la geo-

metría de la eyección. Se basan en este principio la mayoría de las aplicaciones industriales: humidificación de espacios cerrados, microrriego, tratamiento de superficies en fabricación de aceros y chapas, aplicación de pinturas.

- 5
- Atomización neumática. Se recurre a un segundo fluido, generalmente un gas, para facilitar la atomización del líquido. Los esfuerzos cortantes entre el gas y el líquido producen la desintegración de éste en gotas. La atomización neumática, en general, consigue buenos rendimientos con una presión moderada.
- 10
- Dentro de esta tipología destacan los inhaladores farmacéuticos. Los inhaladores suelen constar de una cámara que contiene el medicamento en forma líquida, un chorro de aire, un conducto de alimentación del medicamento, y una placa de impactación combinada con un deflector. Se inyecta aire comprimido, creándose un efecto Venturi al circular a alta velocidad por un estrechamiento. La bajada de presión producida aspira el líquido desde la cámara de almacenamiento. Al llegar el preparado médico y el chorro de aire a la placa de impactación, el líquido se fragmenta en gotas de tamaño diverso. Las mayores chocan con el deflector y regresan a la cámara, mientras que las menores son arrastradas por el flujo de aire y salen al exterior. Los gases de impulsión pueden ser CFCs (clorofluorocarbonados), con las consiguientes incertidumbres ambientales.
- 15
- Atomización electrohidrodinámica de líquidos (electrospray): es una herramienta fundamental de análisis bioquímico (Electrospray Mass Spectrometry, o ESMS), desde que se descubrió su potencial a mediados de la década de los 80. Una de las ventajas que presenta es la mínima cantidad de analito necesaria en el análisis. Sin embargo, para aplicaciones en que se requiere atomizar o disgregar un volumen de líquido suficientemente grande por unidad de tiempo, uno de los problemas fundamentales que presenta el electrospray es su baja productividad. Ejemplos de este tipo de aplicaciones se encuentran en la industria farmacéutica (encapsulación de principios activos), industria alimentaria (encapsulación de distintos ingredientes orgánicos) e industria fitosanitaria.
- 20
- Atomización ultrasónica: escasamente difundida aún, se basa en la circulación de un líquido sobre una superficie que vibra a alta frecuencia. Puede producir gotas muy finas con flujos pequeños.
- 25
- 30

La llamada tecnología Flow Focusing (FF) (Gañán-Calvo 1998, *Physical Review Letters* 80, 285), mediante el uso de una geometría especial, utiliza la vía neumática para generar microchorros de líquido que posteriormente, pasado el orificio de salida, se rompen en gotas de tamaño muy pequeño y sustancialmente homogéneo. Esta última tecnología también es capaz de generar micro-chorros de líquido mediante otro líquido en lugar de gas, o bien puede generar micro-chorros de gas en el seno de un líquido (el mismo líquido u otro diferente usado como forzador, es decir, con el mismo papel desempeñado por el gas en el procedimiento neumático), con lo cual se generan microburbujas de tamaño perfectamente homogéneo.

35

Posteriormente, la patente WO 0076673 (D1) propuso una configuración de flujo, denominada entonces “violent flow focusing”; a diferencia de FF, el gas enfocante tiene aquí un flujo esencialmente radial y centrípeto (*flujo-diafragma*), dirigido concéntricamente en una capa delgada que intercepta la salida del líquido en una superficie de flujo transversal al eje de movimiento del líquido. Como se explica en D1, el gas procede de una cámara de presión, y la intensa interacción que se produce entre la fase líquida, cuyo movimiento es esencialmente axial, y la fase gaseosa, dirigida radialmente, da lugar a una inmediata transferencia de cantidad de movimiento. En D1, sin embargo, el líquido sale a la atmósfera exterior en forma de chorro.

40

45

Como se comprobará en la descripción subsiguiente, los aspectos diferenciadores de la presente invención, cuyo principio denominaremos *anti-flow-focusing* (AFF), con respecto a D1 (*violent-flow-focusing* o VFF), son los siguientes:

50

- Geometría de flujo cruzado libre, en la que no es preciso que el flujo-diafragma del gas avance por un pasadizo estrecho de paredes planas y convergentes (véanse Figs. 1-5 de D1, especialmente Fig. 2). El único requerimiento es que el agujero de salida y el orificio de salida presenten sendos filos de borde enfrentados y separados a una distancia pequeña entre sí, definiendo una superficie de paso anular por la que el gas está obligado a cruzar con flujo básicamente radial y centrípeto. Esto deja totalmente libre la geometría previa a dicha sección mínima.
- 55
- Geometría especial en la que se especifica adicionalmente que la relación entre sección de paso anular del flujo radial de gas (*flujo-diafragma*) y sección de paso del flujo axial de líquido (*flujo pistón*) es de orden unidad.
- 60
- Presurización conjunta de gas y líquido: una sola cámara de presión a una presión (que llamaremos presión de impulsión) superior a la del ambiente exterior contiene las dos fases antes de su mezclado en el región de nebulización.
- 65
- Selección adecuada de la presión de impulsión de manera que la atomización del chorro líquido se produzca en el intervalo comprendido entre la salida del tubo de alimentación que transporta al líquido (denominado *agujero de salida*) y la salida al exterior de la mezcla de fases por el denominado *orificio de salida*.

Con respecto a D1, del que la presente patente representa un desarrollo posterior, la invención aquí descrita introduce unas concreciones de diseño que permiten la atomización completa del chorro líquido antes de su salida al exterior, a la vez que aseguran una notable simplificación de diseño, al no ser necesario más que un solo elemento de presurización.

La presente invención, perteneciente al campo de los atomizadores neumáticos, pretende combinar las ventajas de un diseño sencillo y robusto, con la operación en régimen continuo a bajas presiones y mediante un gas impulsor que, en la mayoría de los casos, puede ser aire atmosférico. Debido a que la presente invención permite utilizar relaciones de flujo másico de gas frente a líquido tan bajas como una parte de gas por siete partes de líquido, manteniéndose un adecuado nivel de atomización del líquido, el dispositivo objeto de la presente invención es energéticamente muy eficiente. El bajo consumo energético del dispositivo aquí descrito es compatible con una fuente energética renovable: una célula fotovoltaica o un generador eólico, por ejemplo.

Por otra parte, la patente "*Nebulizador neumático de válvula integrada*" P200401504 (D2) muestra un dispositivo atomizador con la misma configuración general que el descrito aquí, basado en el mismo principio de presurización conjunta de líquido y gas, con las siguientes diferencias:

- No se especifica la geometría local de flujo en el punto de encuentro entre las dos fases líquida y gaseosa. Con ello queda abierta la posibilidad de elegir cualquier modalidad de flujo: flow-focusing, violent-flow-focusing (D1) o incluso procedimientos basados en la electrificación (del tipo electrospray o combinación de electrospray y flow focusing, véase la patente "*Dispositivo para la producción de chorros capilares y partículas micro-y nano-métricos*" PCT ESO3/00065).
- El gas abandona la botella de presión por un tubo de evacuación independiente del tubo de alimentación por el que sale el líquido. Este tubo de evacuación es superfluo en la presente invención.
- El dispositivo funciona con tres regímenes de flujo dependientes de la posición de una válvula de tres vías. Esta válvula es también superflua con la presente invención.

Descripción de las figuras

Figura 1: Esquema general del dispositivo AFF con presurización conjunta. En él el gas (G) se introduce en el recipiente presurizado (2) a través de la boquilla (5). La presión del gas impulsa al líquido (L) contenido en la cámara de almacenamiento (1) y lo lleva a través del tubo (6) hasta la región de mezclado (4) en donde interacciona con el gas formando un aerosol que sale al exterior a través del orificio de salida (3).

Figura 1 (detalle inferior): Geometría esencial de la invención en la zona de mezclado (4) incluyendo las entradas de líquido y gas, la salida de la mezcla y los bordes 10 y 11. La corriente líquida es interceptada radialmente de forma perimetral. Se trata pues de un *flujo cruzado perimetral* en el que un flujo diafragma estrangula un chorro líquido.

Figura 2: Esquema de un dispositivo fabricado. En él el gas (G) entra en una botella de plástico (17) a través la abertura (19) e impulsa al líquido (L) contenido en la cámara de almacenamiento (1) hasta la zona de mezclado a través del tubo de alimentación (24) primero y el tubo capilar (22) después. En esa zona el líquido interacciona con el gas formando el aerosol que sale al exterior a través del orificio existente en la placa (21). El detalle (*) muestra la zona de mezclado con arreglo a lo descrito en la figura 1.

Figura 3: Esquema de un dispositivo con dos cámaras y válvula de escape. En ella el gas entra en el recipiente (2) a través de la boquilla (5) y presuriza las cámaras superior (13) e inferior (14) a las presiones p_{0A} y p_{0B} . Los valores que toman dichas presiones están determinados por las caídas de presión que sufre el gas al atravesar el puerto de conexión (15) y la válvula de escape (16). En caso de que dicha válvula se encuentre cerrada, la presión de la cámara inferior impulsa al líquido a través del tubo (6) hasta la zona de mezclado (4) en donde interacciona con el gas y forma el aerosol que sale al exterior a través del orificio de salida (3). Por el contrario, si la válvula está cerrada, el gas introducido sale al exterior por el orificio de salida (3) y la propia válvula (16); las presiones que aparecen en la cámaras superior e inferior generan una diferencia de presión entre el extremo superior e inferior del tubo (6), por lo que el líquido contenido en el mismo circula de vuelta a la cámara de almacenamiento (1).

Figura 4: Esquema de un dispositivo con tres cámaras. Es análogo al dispositivo descrito con la anterior figura, pero el compartimento superior se encuentra a su vez subdividido en dos recintos (13a y 13b), separados entre sí por un segundo puerto de conexión (15a). La pérdida de carga asociada a dicho segundo puerto permite ajustar la presión (p_{0C}) en la cámara superior y, por tanto, la presión (p_1) en la zona de mezclado (4).

Figura 5: Configuración particular en la que las paredes externas del orificio forman un ángulo θ con el eje del mismo.

Figura 6: Esquema de un dispositivo caracterizado por que la cámara de presurización conjunta en la que se encuentran el líquido y el gas consta de dos piezas desmontables (27, 28), estando el líquido totalmente contenido en una de ellas (28). El gas es introducido a través de la boquilla (5) e impulsa al líquido desde la cámara de almacenamiento de líquido (1) hasta la zona de mezclado (4) a través del tubo de transporte (29).

ES 2 264 608 B2

Figura 7: Esquema de dispositivo con vaporizador externo. El líquido vaporizable (L_v) contenido en la cámara de líquido vaporizable (30) es calentado mediante el aporte de un calor (Q). El vapor generado (V) es conducido hasta la boquilla (5) y accede al interior de la botella (2). Dicho vapor se utiliza para la impulsión del líquido atomizable (L_a) hasta el cabezal de mezclado (31) en donde se mezcla con el vapor formando el aerosol.

5

Figura 8: Esquema de dispositivo con vaporizador conjunto. El calor aportado (Q) se utiliza por un lado para calentar el líquido destinado a vaporizarse (L_v) y actuar de vapor de impulsión (V) y, al mismo tiempo, para calentar al líquido destinado a ser atomizado (L_a). El vapor de impulsión y el líquido impulsado alcanzan el cabezal de mezclado (31) y se mezclan formando el aerosol. Opcionalmente, dicho líquido atomizable (L_a) se encuentra en fase sólida antes de ser sometido a calentamiento.

10

Descripción de las leyendas de las figuras

15

1. cámara de almacenamiento de líquido

2. recipiente o botella presurizada Opcionalmente consta de un

3. orificio de salida al exterior de la mezcla gas/líquido

20

4. región de mezclado

5. boquilla de inyección del gas en la botella

25

6. tubo de alimentación de líquido

7. boca de aspiración del tubo de alimentación

8. extremo nebulizador del tubo de alimentación

30

9. agujero de salida del tubo de líquido

10. borde exterior del agujero de salida en el extremo nebulizador del tubo de alimentación

35

11. borde interior del orificio de salida definido en la pared del recipiente; entre ambos bordes, dispuestos en posición enfrentada y con un pequeño intervalo axial interpuesto, se produce la sección de paso líquido en el movimiento transversal del gas hacia la salida

12. pared que divide el recipiente en dos cámaras presurizadas inferior y superior

40

13. cámara superior en el modo de realización con dos cámaras;

a) recinto de presurización conectado directamente con la boquilla de entrada de gas a presión (5) en la realización con tres cámaras

45

b) recinto de impulsión que rodea la región de mezclado en la realización con tres cámaras

14. cámara inferior; contiene todo el líquido; ello limita el ángulo de manejo del dispositivo o bien obliga a un diseño del puerto de conexión que impida el paso de líquido de la cámara inferior a la superior

50

15. puerto de conexión entre las cámaras superior e inferior

a) segundo puerto de conexión entre los recintos de presurización y de impulsión en el modo de realización con tres cámaras

55

16. válvula de paso de gas entre la cámara inferior y el ambiente exterior

17. botella de plástico

60

18. tapón roscado en la boca de la botella

19. abertura localizada en el tapón destinada al paso de gas desde una fuente externa

20. alojamiento del tapón

65

21. placa de acero de 0.1 milímetros de espesor con un orificio centrado de 0.4 mm

22. tubo capilar de acero con 0.4 milímetros de diámetro interno

ES 2 264 608 B2

23. posicionador encargado de asegurar el posicionamiento relativo entre placa y capilar
24. tubo de alimentación de líquido en el modo de realización descrito
- 5 25. orificios de paso de gas desde la cámara presurizada a la zona de mezclado
26. elemento que produce una pérdida de carga localizada y controlada
27. cámara presurizada en la que se encuentra la zona de mezclado
- 10 28. recipiente desmontable en el que se encuentra el líquido
29. tubo de transporte de líquido
- 15 30. cámara de líquido destinado a vaporizarse.
31. cabezal de mezclado
- 20 p_0 presión aguas arriba del tubo de alimentación: es la presión (p_0) de presurización conjunta del gas y del líquido.
- p_a presión ambiente exterior (p_a)
- 25 p_1 presión en el agujero de salida del tubo de alimentación (p_1)
- p_{0A} presión en la cámara superior en la configuración con dos cámaras y válvula de escape
- 30 p_{0B} presión en la cámara inferior en la configuración con dos cámaras y válvula de escape; presión en la cámara intermedia en contacto con la boquilla de la botella en la configuración con tres cámaras y válvula de escape
- p_{0C} presión en la cámara superior en contacto con la zona de mezclado en la configuración con tres cámaras y válvula de escape
- 35 L líquido
- G gas
- V vapor
- 40 L_a líquido destinado a atomizarse. Opcionalmente puede tratarse de un sólido (en terrones, gránulos, polvo, pastilla), que al ser calentado se fusiona.
- L_v líquido destinado a vaporizarse.
- 45 Q calor aportado

Descripción de la invención

50 Se describe a continuación el método empleado en la presente patente, al que aludiremos como “Anti Flow Focusing” (en adelante AFF), que permite generar aerosoles y suspensiones de partículas extremadamente finos; este método procede de un desarrollo posterior de la configuración de flujo que D1 describe como *violent flow-focusing*. En general, el AFF se basa en una configuración geométrica que maximiza la interacción entre un líquido (fase dispersa) y un fluido altamente acelerado (fase portadora). El método AFF optimiza la transferencia de energía entre ambas

55 fases y, al ser comparado con otros métodos neumáticos actuales, se observa un considerable aumento de la proporción de energía invertida en la generación de superficie en la fase dispersa.

Aunque como fase portadora se puede utilizar cualquier fluido que sea lo suficientemente distinto de la fase dispersa (v.g. inmiscible), habitualmente dicha fase portadora será aire o algún gas inerte, por lo que, para simplificar la descripción de la invención, en adelante nos referiremos a ella simplemente como “gas”, sin que ello implique ningún tipo de restricción en el rango de fluidos que pueden ser utilizados como fase portadora.

60

El líquido es conducido a la zona en donde ocurre la interacción con el gas mediante un medio de transporte hermético que impide la mezcla prematura entre las dos fases. La forma de este medio de transporte de líquido puede variar sustancialmente sin limitar el funcionamiento del AFF, siendo tan sólo algo influyente la forma de la salida del mismo al encontrarse en la zona en donde se produce la interacción entre ambas fases. Para simplificar la descripción de la invención, en adelante nos referiremos a este medio de transporte como “tubo”, sin que ello implique ninguna restricción sobre la forma, número o configuración de las piezas que compongan este medio de transporte.

65

ES 2 264 608 B2

En el AFF (ver Figura 4), un líquido que circula por un tubo de alimentación (6) con un determinado caudal, accede a través del agujero de salida (9) de dicho tubo a una cámara presurizada que se rellena continuamente con un gas. Dicha cámara presurizada dispone de un orificio de salida (3) por el que sale la mezcla de las fases portadora y dispersa. Este orificio debe estar situado frente al agujero de salida (9) del tubo de líquido y próximo al mismo, con un corto desfase axial entre los bordes enfrentados de dicho orificio y dicho agujero que define una sección de paso para el gas. La interacción entre ambas fases ocurre en la región de mezclado situada entre dicho agujero y dicho orificio. El gas que, debido a su presión, busca salir al ambiente exterior, debe cruzar previamente dicha sección de paso definida por el intervalo anular comprendido entre los filos opuestos de dicho orificio y dicho agujero de salida; este hecho imprime al flujo de gas una orientación esencialmente radial y perpendicular al eje de movimiento del líquido a su salida del tubo; este movimiento de gas, que intercepta centrípetamente el flujo de líquido, es denominado *flujo- diafragma*; la mínima sección de paso para el gas en su movimiento a través de dicha capa delgada debe tener una superficie sustancialmente equivalente a la superficie de paso del orificio de salida (3).

Esta configuración geométrica hace que el gas que inunda la cámara presurizada sufra una fuerte aceleración (cambiando bruscamente tanto de velocidad como de dirección) al alcanzar el agujero de salida del tubo y encontrarse con el flujo axial de líquido que sale de dicho tubo. De este modo, el líquido que brota del tubo sufre una violenta implosión como consecuencia de la intensa componente radial y centrípeta del gas con el que está interactuando. Esto genera en el líquido que se encuentra en la sección de salida del tubo una zona central de sobrepresión y, al mismo tiempo, una zona de depresión cerca del borde interno de la salida del tubo. Como consecuencia, se genera un patrón de vorticidad en el líquido que produce la aparición de violentos movimientos turbulentos no estacionarios en la propia zona de salida del líquido del tubo. La violenta interacción por cortadura entre las dos fases, líquido y gas, en la zona de mezclado, conjuntamente con la aparición de dichos violentos movimientos turbulentos en el líquido disgregan al líquido muy eficazmente en pequeñas gotas. La mezcla de ambas fases abandona la cámara presurizada a través del orificio (3) en forma de un aerosol muy denso, que se caracteriza por contener unas gotas extremadamente finas. La distribución del tamaño de gota generado depende fundamentalmente de: (a) la presión p_0 del gas portador dentro de la cámara presurizada a distancias suficientemente grandes del orificio de salida de la misma; (b) el caudal de líquido que brota del tubo; (c) la geometría particular del dispositivo en las inmediaciones del orificio (forma exterior del tubo, tratamiento de las superficies aledañas a dicho orificio y dicho agujero de salida, diámetro de los mismos, etc.) y (c) la geometría de los bordes del orificio y del agujero del tubo.

El gas portador que inunda la cámara presurizada (ver Figura 1) sufre una caída de presión desde dicha cámara (p_0) hasta la presión en el ambiente exterior (p_a); el gas alcanza la presión ambiente justamente en la sección de salida del orificio de salida (3) de la cámara. De este modo, en las inmediaciones del orificio (3), la presión de gas (p_1) es superior, pero próxima a la exterior. Si el agujero de salida del tubo de líquido se sitúa lo suficientemente cerca del orificio de salida de la cámara (cosa que ocurre necesariamente si la sección de paso de gas anteriormente descrita entre el tubo y el orificio es equivalente a la sección del orificio de salida), la presión de gas a la salida del tubo del líquido será inferior a la presión del gas de la cámara presurizada en zonas lo suficientemente alejadas del orificio. De este modo, si el líquido procede de un recipiente comunicado con la cámara presurizada (de acuerdo con el principio de *presurización conjunta*), existe una diferencia de presión entre la superficie libre del líquido en el recipiente que lo contiene (p_0 , presión de la cámara presurizada) y la salida del tubo de líquido (p_1 , presión próxima a la exterior). Consecuentemente si el inicio del tubo (7) se encuentra sumergido en el líquido del recipiente (1), la diferencia de presión entre sus extremos (7 y 8) ocasionará el movimiento del líquido a través del tubo, es decir, el gas portador "succiona" el líquido y lo conduce a la zona de interacción (4), en donde lo disgrega en gotas y lo lleva hacia el exterior de la cámara en forma de un fino aerosol.

Con una configuración como la descrita sólo es precisa una fuente de energía externa (gas presurizado) para producir la nebulización, no siendo necesario un sistema de bombeo externo para el líquido. En esta configuración, el caudal de líquido se controla mediante tres parámetros: (a) la distancia entre el borde del tubo y el orificio de salida conjunta de la mezcla, que controla la citada sección de paso mínima para el flujo diafragma, (b) la diferencia de presión causada por la diferencia de altura entre la superficie libre del líquido del recipiente y la salida del tubo (en dispositivos suficientemente pequeños la influencia de este parámetro es despreciable); y (c) la caída de presión ocasionada por las pérdidas de carga generadas en el transporte del líquido desde el recipiente hasta la salida del tubo. Es más sencillo controlar este tercer parámetro ya que el primero requiere modificar la geometría del dispositivo, y el segundo varía con el tiempo (la altura de la superficie libre disminuye con el consumo de líquido). Mediante la interposición de pérdidas de carga localizadas se puede controlar con precisión el caudal de líquido y, por tanto, las características del aerosol obtenido.

El método aquí descrito ha probado ser extremadamente eficaz en la producción de aerosoles y suspensiones, ya que maximiza la interacción entre las fases portadora y dispersa. La eficiencia de nebulización del AFF, entendida como la proporción de la energía total introducida en el sistema (a través del gas portador) que, efectivamente, se destina a la generación de superficie en la fase dispersa, alcanza unos valores muy superiores a los de otros métodos neumáticos de nebulización utilizados hasta la fecha.

Esta geometría da lugar al siguiente hecho, crucial para la invención: la presión en el agujero de salida del tubo de alimentación (p_1) está comprendida entre los valores de la presión ambiente exterior (p_a) y la presión (p_0) de presurización conjunta del gas y del líquido.

ES 2 264 608 B2

El dispositivo y procedimiento objetos de la presente invención facilita la obtención en régimen continuo de un aerosol de buena calidad sin necesidad de recurrir a un gas impulsor distinto del aire atmosférico o el vapor proveniente de una sola fuente. Una presurización ligera es suficiente para impulsar la mezcla de fluidos y la atomización del líquido. Ello asegura consumos energéticos muy moderados, lo que hace compatible a la invención con fuentes renovables y autosuficientes de energía (colector solar, generador eólico).

La invención puede asimismo complementarse con el siguiente añadido: los bordes de orificio y agujero (10 y 11), o su entorno próximo, pueden presentar algún efecto de acabado (rugosidad, dentado, ondulación) de tamaño característico inferior al diámetro medio d_j del chorro de líquido o penacho de gotas en suspensión que se forma en el orificio de salida tras la salida de dicho líquido del agujero de salida (9). Dicha efecto puede elegirse entre los siguientes o similares:

- (i) algún tipo de labrado de dichos bordes (10 y 11), como por ejemplo una ondulación o dentado en el sentido radial y/o azimutal de longitud de onda inferior a d_j ,
- (ii) algún tipo de labrado del entorno del borde del orificio de salida (3) tal como una ondulación o dentado con una longitud característica inferior a d_j , o bien
- (iii) cualquier combinación de labrados de los bordes o su entorno (10 y 11).

Adicionalmente, la altura o amplitud de dichos labrados anteriormente descritos debe ser mayor que el espesor δ de la capa límite viscosa formada por la corriente de gas en las superficies (10 y 11).

La presencia del labrado de los bordes (10 y 11) o su entorno provoca unas perturbaciones en el flujo de gas radial que absorben una gran cantidad de energía cinética del flujo de gas en su evolución cuando éste es obligado a implosionar radialmente sobre el líquido, interaccionar con él, y cambiar de dirección para atravesar el orificio de salida (3). Dicha absorción de energía tiene lugar mediante un conocido mecanismo de desarrollo de las inestabilidades del flujo, que se convierten en fluctuaciones turbulentas, y cuya evolución y crecimiento son fuertemente no lineales en el tiempo. Como consecuencia, esa energía cinética de las perturbaciones provocadas por el labrado anteriormente descrito, es transferida mediante el conocido mecanismo de los flujos turbulentos a las perturbaciones de pequeña escala, que finalmente rompen la superficie del líquido y lo disgregan en pequeñas gotas.

En definitiva, los atributos particulares de la presente invención son:

- Se trata genéricamente de un dispositivo neumático de flujo cruzado, pero a diferencia de otros dispositivos, aquí se produce un flujo cruzado perimetral completo, que rompe el chorro líquido; en esto, la invención sigue el esquema de *violent flow-focusing* (D1): encuentro entre un flujo axial de líquido, que es interceptado por un flujo perimetral, dirigido radial y centrípetamente, de gas.
- La especificación geométrica se basa en la posición enfrentada de los bordes correlativos del agujero de salida de líquido y el orificio de salida de la mezcla. El pequeño intervalo entre ambos bordes define una sección de paso anular mínima que el flujo de gas ha de cruzar radialmente interceptando a continuación el chorro de líquido emergente del tubo de alimentación. Se trata de un *flujo cruzado perimetral* en el que un flujo diafragma estrangula y disgrega un chorro líquido.
- Dicha sección de paso anular mínima tiene una superficie del mismo orden que la de salida del líquido.
- Para una misma diferencia de presiones disponible entre la cámara presurizada y el exterior, esta disposición garantiza una máxima velocidad del gas en la sección de encuentro porque se minimizan las pérdidas por fricción del gas previas a la salida por la superficie de paso anular, pérdidas que anteriormente ocurrían en los “pasajes” de guiado de la la invención D1. Maximizando la velocidad del gas en la zona de interacción con el líquido se maximizan obviamente las diferencias de velocidad entre las fases, con la consiguiente perturbación intensa del líquido, asegurándose una transferencia óptima de energía entre las fases. Las altas velocidades del gas constituyen una diferencia esencial con respecto al procedimiento de flow-focusing.
- La presurización conjunta de ambas fases permite controlar el flujo con simples elementos de pérdida de carga interpuestos en el tubo de alimentación del líquido.

Ejemplo de realización de la invención

A continuación se muestra la realización de un dispositivo real en el que se ha integrado la tecnología AFF con éxito (ver Figura 2). Dicho dispositivo consta de una botella de plástico (17) de 2 litros de capacidad, en cuya boca se encuentra roscado un tapón (18), también de plástico. La unión roscada debe ser estanca para lo cual puede ser necesario utilizar un sellante o una junta tórica adecuada. En el tapón hay una abertura (19), por la cual se introduce gas procedente de una fuente de presurización externa, que en la presente realización es una bomba de aire de diafragma que consume 15 vatios de potencia. Asimismo, en el tapón hay realizado un alojamiento (20, ver detalle) en el cual están integradas varias piezas: (a) un disco (21) de acero de 4 milímetros de diámetro y 0.1 milímetros de espesor con un orificio de 0.4 milímetros practicado en su centro, (b) un tubo capilar (22) de acero de diámetro interno 0.4

milímetros con perfil recto en la punta y situado a 0.1 milímetros de distancia de la cara interna de la placa (21), (c) un posicionador (23) de plástico, cuyo principal misión es asegurar que el capilar (22) se encuentre adecuadamente enfrentado al orificio de la placa (21) y a la distancia deseada de la misma. Todas estas piezas son ensambladas por ajuste a presión, asegurando que no hay movimientos relativos entre las piezas ni fugas indeseadas al exterior. El tubo capilar (22) se conecta con el líquido de la botella con un tubo flexible de Tygon[®] de 0.3 milímetros de diámetro interior y 2.5 milímetros de diámetro exterior.

El funcionamiento del dispositivo es como sigue: el gas accede a la botella (2) a través de la abertura (19) existente en el tapón (18) y presuriza el interior de la botella. Según los fenómenos físicos descritos con anterioridad, dicho gas impulsa al líquido contenido en la botella, y lo fuerza a ascender a través del tubo (24) que conecta el fondo de la botella con el capilar (22). De este modo, el líquido alcanza la zona de mezclado con el gas en el extremo superior del capilar (22), mientras que el gas accede desde la cámara presurizada hasta la zona de mezclado a través de uno o varios orificios de paso de gas (25) practicados en el posicionador (23). Según los fenómenos físicos descritos con anterioridad, el gas y el líquido se mezclan dando lugar a un aerosol. En el extremo inferior del tubo (24), se coloca una pérdida de carga localizada (26), con objeto de regular el caudal de líquido nebulizado. Dicha pérdida de carga localizada (26) puede ser, por ejemplo, un tramo de tubo de 3 milímetros de longitud, 0.1 milímetros de diámetro interior y 1.5 milímetros de diámetro exterior que se introduce en el extremo del tubo de Tygon.

Objeto de la invención

Configuración general

Es objeto de la invención un dispositivo (Fig. 1) para la atomización de un líquido mediante el uso de un gas o vapor impulsor (en adelante, gas (G)) que es introducido a presión en dicho dispositivo, siendo ambos fluidos expulsados al exterior en forma de aerosol o suspensión de gotas transportada por dicho gas; en dicho dispositivo se dispone de una cámara de almacenamiento de líquido (L) (1), contenida en un recipiente o botella presurizada (2) a la presión (p_0) de presurización conjunta del gas y del líquido; dicho recipiente (2) es estanco disponiendo de una boquilla de inyección (5) que permite la entrada del gas a presión y un orificio de salida al exterior (3) de la mezcla gas/líquido; dicho orificio de salida está situado en una región de mezclado (4) donde se produce la combinación de las dos fases líquida y gaseosa, la disgregación de la corriente líquida y la salida al exterior en forma de aerosol; el gas de impulsión, tras penetrar en el recipiente (2) por dicha boquilla de inyección (5), sale por dicho orificio de salida (3) hacia el ambiente exterior; la superficie libre del líquido dentro de dicho recipiente (2) es presionada por el gas de impulsión, siendo el líquido consecuentemente impulsado hacia la región de mezclado a través de un tubo de alimentación (6), cuya boca de aspiración (7) se encuentra próxima al fondo de la botella (2); el otro extremo del tubo de alimentación, llamado extremo nebulizador (8), dispone de un agujero de salida (9) cuyo borde exterior (10) está aproximadamente enfrentado con el borde interior (11) de dicho orificio de salida (3), existiendo entre ambos bordes enfrentados un pequeño desfase axial (e) que define una sección de paso anular para dicho gas impulsor (véase detalle de Fig. 1); dicho orificio de salida (3) está perforado en una pared de dicho recipiente (2) dispuesta aproximadamente en un plano perpendicular al eje de dicho extremo nebulizador (8); el gas procedente de la botella presurizada tiene que atravesar radialmente dicha sección de paso anular comprendida entre el borde interior (11) del orificio de salida (3) y el borde exterior (10) del agujero de salida (9) para salir al exterior por dicho orificio de salida; dicha sección de paso anular es la mínima sección en el recorrido radial del gas y tiene una superficie del mismo orden que la sección de dicho agujero de salida; la presión en el agujero de salida del tubo de alimentación (p_1) está comprendida entre los valores de la presión ambiente exterior (p_a) y la presión (p_0) de presurización conjunta del gas y del líquido.

Distintas configuraciones del orificio y agujero de salida

En particular, es también objeto de la presente invención un diseño como se indica: la cara externa de la pared del recipiente en el entorno de dicho orificio de salida (3) está rebajada formando un cráter aproximadamente cónico (ver Figura 5), cuyo borde coincide con el borde de la sección de dicho orificio en la cara interior de dicha pared. De este modo, las paredes del orificio no son paralelas al eje del mismo, sino que forman un cierto ángulo con el eje del orificio.

Es también objeto de la presente invención un dispositivo para la atomización de un líquido mediante el uso de un gas impulsor según lo anterior en el que los bordes de orificio y agujero (10 y 11), o su entorno próximo, pueden presentar algún efecto de acabado (rugosidad, dentado, ondulación) de tamaño característico inferior al diámetro medio d_j del chorro de líquido que se forma en el orificio de salida tras la salida de dicho líquido del agujero de salida (9), y de amplitud mayor que el espesor de la capa límite que forma el gas en contacto con las paredes sólidas.

Configuración de dos cámaras con válvula de escape

Es también objeto de esta invención un dispositivo con una configuración (ver Figura 3) alternativa a la configuración general descrita con anterioridad. Las novedades de esta configuración radican en que la cámara presurizada de gas es dividida por una pared (12) en otras dos nuevas superior (13) e inferior (14) que se encuentran conectadas a través de un puerto de conexión (15) y la presencia de una válvula (16) en la cámara inferior. Esta configuración presenta algunas ventajas sobre la configuración descrita con anterioridad, entre las destacan un mayor control sobre la nebulización y la integración de un procedimiento de purga o limpieza en el mismo dispositivo.

ES 2 264 608 B2

El funcionamiento de esta configuración particular se fundamenta en la diferencia de presión existente entre la cámara superior (13), a presión p_{0A} , y la inferior (14), a presión p_{0B} . Esta diferencia de presión se debe a la pérdida de carga que sufre el gas al atravesar el puerto de conexión (15), existente en la pared (12). Según el estado de apertura de la válvula (16) podemos observar dos condiciones de funcionamiento distintas:

- a) *Nebulización* (válvula cerrada): en este caso la válvula (16) está cerrada y la mayor parte del gas sale al exterior a través del orificio de salida (3) y una pequeña parte atraviesa el puerto de conexión (15) y ocupa el volumen que ha disminuido como consecuencia del líquido consumido en la nebulización. En la mayor parte de los casos (siempre que la densidad del fluido de la fase portadora sea mucho menor que la de fluido de la fase dispersa, lo cual ocurre necesariamente cuando se tratan de gas y líquido respectivamente) el caudal volumétrico de gas que sale al exterior a través del orificio (3) durante la nebulización es muy superior al caudal volumétrico de líquido nebulizado. Por ello, el flujo de gas que accede a la cámara inferior (14) a través del puerto de conexión (15) es muy pequeño, por lo que la pérdida de carga es despreciable y las presiones de las cámaras superior e inferior son prácticamente idénticas ($p_{0A} \approx p_{0B}$). De este modo, el líquido contenido en la cámara inferior está presurizado a la presión de gas inicial y la nebulización ocurre tal y como ocurre en el caso general descrito con anterioridad en el que había una única cámara sin válvula alguna.
- b) *Limpieza o purga* (válvula abierta): en este caso la válvula (16) está abierta. Diseñando y dimensionando adecuadamente el puerto de conexión (15) y la válvula (16), se puede conseguir fácilmente que la pérdida de carga del gas al atravesar la válvula abierta sea despreciable en comparación con la que sufre al atravesar el puerto de conexión (15). De este modo, la cámara inferior (que está comunicada con el exterior) adopta una presión muy próxima a la exterior ($p_{0B} \approx p_a$). En este caso, el caudal volumétrico de gas que accede a la cámara inferior (14) a través del puerto de conexión (15) no es despreciable, como tampoco lo es la pérdida de carga ocasionada en dicho paso. Dimensionando el puerto de conexión (15) de manera que la pérdida de carga que sufre el gas al atravesarlo sea mayor que la que sufre al alcanzar el agujero de salida (9) del tubo (6), (es decir, tal que $p_{0A} - p_{0B} > p_{0A} - p_1$) aparece una presión diferencial entre los extremos del tubo ($p_{0B} < p_1$) que obliga al líquido existente en el mismo a revertir su flujo y volver al depósito de líquido (1). De este modo, al abrir la válvula conseguimos dos efectos: cortar bruscamente la nebulización (lo cual permite tener un control preciso sobre la misma) y limpiar el tubo de líquido (lo cual tiene múltiples ventajas que serán explicadas posteriormente).
- c) *Nebulización regulada* (válvula en posición intermedia): en este caso la válvula está en una posición intermedia entre los estados “cerrado” y “abierto”. Así, a partir de una alimentación de gas a presión constante p_{0A} , se puede controlar la presión p_{0B} de la cámara inferior (14) mediante la apertura de la válvula (16). Dado que dicha presión p_{0B} es la presión de impulsión del líquido, mediante una apertura parcial controlada de la válvula se pueden controlar características del aerosol tales como el caudal o el tamaño de gota generado. El accionamiento de dicha válvula puede ser controlado automáticamente o manualmente (v.g. una palanca de un aerógrafo), permitiendo en este último caso al usuario tener cierta “sensibilidad” sobre el aerosol producido.

Por tanto, la configuración de dos cámaras con válvula de escape permite controlar con precisión la duración de la nebulización (puesta en marcha y paro), las características de la misma y además integra una función de limpieza o purga.

En relación con los elementos descritos, hay que subrayar que no existe ninguna restricción en la naturaleza y las características de la pared (12) que separa las cámaras superior (13) e inferior (14), ni en el puerto de conexión (15) que une ambas cámaras. Puede tratarse de una simple placa con un solo orificio, una placa con múltiples orificios dispuestos en cualquier configuración (reticular, circular, etc.), un filtro con un determinado tamaño de poro o cualquier otro medio de separación que nos permita obtener la pérdida de carga deseada. Aunque la configuración más sencilla constaría de elementos estructurales fijos e inmóviles, esto no impide la utilización de cualquier elemento o conjunto de elementos con una o varias partes móviles actuadas manual o automáticamente (v.g. válvulas controladas electrónicamente desde el exterior). Cualquier solución es posible siempre que se separen ambas cámaras de modo que la pérdida de carga del gas al atravesar el puerto de conexión (15) sea la deseada.

Dada la disposición relativa de las dos cámaras o compartimentos, estando todo el líquido contenido en el compartimento inferior, es preciso limitar en este modo de realización la inclinación de la botella durante su uso. Como alternativa, cabe diseñar el puerto de conexión entre cámaras con un dispositivo que impida el paso de líquido desde la cámara inferior a la superior.

Configuración de tres cámaras con válvula de escape

Esta configuración (Fig. 4) es una variante de la anterior, en la que el compartimento superior (13) está subdividido a su vez en dos recintos: un recinto de presurización (13a) conectado directamente con dicha boquilla de entrada de gas a presión (5) y un recinto de impulsión (13b), que rodea dicha región de mezclado; estando ambos recintos comunicados entre sí por medio de un segundo puerto de conexión (15a) que determina una pérdida de carga en el flujo de gas entre los dos recintos. El objeto de la división en tres cámaras es incrementar las opciones de regulación del dispositivo, especialmente en lo que respecta a la distribución de presiones en la región de mezclado (Fig. 1, detalle).

Configuración con recipiente de líquido desmontable

Es también objeto de la invención un dispositivo (Fig. 6) en el que el recipiente presurizado consta de dos piezas que se ensamblan entre sí. La primera de ellas es una cámara (27) llena de gas en la que está integrada la zona de mezclado entre gas y líquido. La segunda pieza es un recipiente de líquido (28) que se ensambla en la anterior por cualquier medio de unión que asegure fijación y estanqueidad (rosca, ajuste a presión, etc.). El gas se introduce en el dispositivo a través de la boquilla (5), la cual puede estar integrada tanto en la cámara (27) como en el recipiente de líquido (28). El recipiente de líquido puede ser un depósito reutilizable tras su limpieza o bien puede tratarse de cápsulas desechables de un solo uso.

En el caso habitual en el que se atomiza líquido con un gas (y en general, siempre que la fase portadora sea menos densa que la fase dispersa), la entrada de gas en el recipiente de líquido puede incluso hacerse por debajo de la superficie libre del líquido, de modo que el gas introducido formará burbujas en el seno del líquido que, posteriormente, subirán y presurizarán la zona superior a la superficie libre del líquido. Este gas presurizado impulsa al líquido desde el recipiente (28) hasta la zona de mezclado (4) a través del tubo de transporte de líquido (29).

En otra variante de la invención, el recipiente (28) tiene una válvula y está separado de la cámara (27) mediante una pared en la que hay un puerto de conexión tal y como se explicó anteriormente para el dispositivo general con dos cámaras y válvula de escape. De este modo, en este dispositivo se integran todas las ventajas de la configuración de dos cámaras con válvula de escape (posibilidad de limpieza, control de la nebulización, etc.) y la posibilidad de desmontar el recipiente de líquido a voluntad para funciones de limpieza o recarga.

Regulador de pérdida de carga

En otra variante de la invención, el tubo de alimentación (6) incorpora un regulador de pérdida de carga. Dicho regulador de carga, que puede ser incluido en cualquiera de los dispositivos descritos, puede consistir en un simple obstáculo fijo al paso de líquido (v.g. un tramo de tubo de pequeño diámetro, un filtro con el tamaño de poro adecuado, una frita, etc.) o bien puede ser un elemento de pérdida de carga variable (v.g. una válvula controlada externamente).

Impulsión mediante vapor

En esta variante de la invención el gas a presión utilizado para producir la atomización es un vapor (V) obtenido a partir de un líquido vaporizable (L_v). Sin que ello signifique restricción alguna en cuanto al líquido, dicho líquido vaporizable puede elegirse entre las siguientes sustancias o combinaciones de ellas: agua, CFC's, alcoholes, cetonas, éteres, ésteres, parafinas, alcanos, cicloparafinas, naftenos o cicloalcanos o hidrocarburos aromáticos, olefinas, alquenos, y otros hidrocarburos no saturados.

Generalmente, la vaporización de dicho líquido vaporizable se lleva a cabo mediante aplicación de calor. Esta aplicación de calor se puede realizar de forma externa, en un recipiente independiente con respecto al cuerpo del dispositivo (Fig. 7), donde se almacena separadamente el líquido destinado a atomizarse (L_a).

Opcionalmente, ambos líquidos atomizable (L_a) y vaporizable (L_v) se almacenan en el dispositivo de forma conjunta (Fig. 8), con la apropiada separación; y dicha aplicación de calor calienta conjuntamente al líquido que ha de ser vaporizado y al líquido que ha de ser atomizado. Típicamente, la botella o recipiente presurizado (2) se encuentra rodeada (como en una botella *Thermos*) por una capa de almacenamiento del líquido vaporizable. El calentamiento conjunto de ambos líquidos vaporiza, sin embargo, sólo a uno de ellos, el contenido en la capa exterior, que, ya en fase de vapor, penetra en el interior de la cámara de presión por la boquilla de inyección (5). Una exigencia de este tipo de impulsión es que el punto de ebullición del líquido vaporizable sea suficientemente más bajo que el del líquido a atomizar.

En esta configuración, generalmente la temperatura de las dos fases líquidas previamente a su vaporización o atomización es aproximadamente la misma.

En esta configuración, la potencia calorífica aplicada para mantener dicha temperatura común a dichas dos fases líquidas puede usarse como parámetro de control de la presión y el caudal del vapor introducido a presión por la boquilla de inyección (5).

Una opción alternativa supone utilizar como materia prima en el dispositivo un sólido que va a ser atomizado. Para ello es preciso conseguir el cambio de fase de éste, generalmente mediante aplicación de calor. El sólido se puede introducir en forma de gránulos, polvo, tabletas o terrones. La configuración más favorable es aquella en la que la fase sólida destinada a convertirse en líquido atomizable y el líquido vaporizable destinado a convertirse en vapor de impulsión se almacenan conjuntamente con la apropiada separación (tipo botella térmica de doble pared), y son calentados simultáneamente hasta una temperatura aproximadamente común para asegurar la producción de las condiciones de trabajo.

La potencia calorífica aplicada para mantener dicha temperatura común en dichas dos fases líquidas se utiliza también como parámetro de control de la tensión superficial y la viscosidad de dicho líquido destinado a ser atomizado. Estas propiedades, en efecto, son esenciales para el control del tamaño de gotas.

Aplicaciones

Finalmente, la invención incluye un procedimiento para la atomización de un líquido mediante el uso de un gas impulsor según los dispositivos descritos en los párrafos anteriores.

5

Dicho procedimiento puede destinarse a diversos fines: en uno de los casos previstos, el aerosol o suspensión de gotas formado se utiliza para la humidificación o climatización de espacios, tanto interiores como exteriores.

10

En el caso de mezclar el líquido a atomizar con ciertos aditivos, el aerosol puede destinarse a la ambientación, perfumado del aire, dispersión de sustancias balsámicas, desinsectación, control biológico de infecciones de transmisión aérea ("*airborne infectious transmission*") y otras aplicaciones en las que el aire atmosférico constituye el vehículo de transporte básico de las gotas o sus restos (tras la evaporación del líquido o disolvente) hacia las zonas objetivo finales, que pueden ser el aparato respiratorio de cualquier ser vivo, su piel externa, o sus ojos.

15

En el caso de que el líquido contenga pigmentos, polímeros, monómeros, u otras sustancias como pinturas, lacas, partículas cerámicas o metálicas, aceites o revestimientos de cualquier naturaleza, dichas zonas objetivo finales también pueden ser cualquier tipo de superficies que se deseen tratar por deposición de las sustancias mencionadas sobre dichas superficies.

20

En otra aplicación prevista, el aerosol o suspensión de gotas formado se utiliza para la elaboración de alimentos.

En una aplicación que también es explícitamente incluida, dicho líquido es un carburante y dicho gas un comburente, y el gas aerosol o suspensión de gotas formado es usado como mezcla en un motor de combustión.

25

También se prevé otra aplicación en la que el aerosol se utiliza para refrigerar la zona de mecanizado y la herramienta en una operación cualquiera de mecanización de un material metálico, polimérico o cerámico.

30

En otra aplicación adicional prevista, el aerosol se utiliza como medio de atrapamiento volumétrico de polvo, partículas de cualquier naturaleza o moléculas suspendidas en el medio en el que se dispersa el aerosol.

En otra aplicación, dicho líquido es una pintura, laca o revestimiento, y el aerosol o suspensión de gotas formado se utiliza para la aplicación de dicha pintura, laca o revestimiento sobre una superficie situada en el exterior.

35

40

45

50

55

60

65

REIVINDICACIONES

1. Dispositivo para la atomización de un líquido mediante el uso de un gas o vapor impulsor (en adelante, gas) que es introducido a presión en dicho dispositivo, siendo ambos fluidos expulsados al exterior en forma de aerosol o suspensión de gotas transportada por dicho gas; en dicho dispositivo se dispone de una cámara de almacenamiento de líquido (1), contenida en un recipiente o botella presurizada (2) a la presión (p_0) de presurización conjunta del gas y del líquido; dicho recipiente (2) es estanco disponiendo de una boquilla de inyección (5) que permite la entrada del gas a presión y un orificio de salida al exterior (3) de la mezcla gas/líquido; dicho orificio de salida está situado en una región de mezclado (4) donde se produce la combinación de las dos fases líquida y gaseosa, la disgregación de la corriente líquida y la salida al exterior en forma de aerosol; el gas de impulsión, tras penetrar en el recipiente (2) por dicha boquilla de inyección (5), sale por dicho orificio de salida (3) hacia el ambiente exterior; la superficie libre del líquido dentro de dicho recipiente (2) es presionada por el gas de impulsión, siendo el líquido consecuentemente impulsado hacia la región de mezclado a través de un tubo de alimentación (6), cuya boca de aspiración (7) se encuentra próxima al fondo de la botella (2); el otro extremo del tubo de alimentación, llamado extremo nebulizador (8), dispone de un agujero de salida (9) cuyo borde exterior (10) está aproximadamente enfrentado con el borde interior (11) de dicho orificio de salida (3), existiendo entre ambos bordes enfrentados un pequeño desfase axial que define una sección de paso anular para dicho gas impulsor; dicho orificio de salida (3) está perforado en una pared de dicho recipiente (2) dispuesta aproximadamente en un plano perpendicular al eje de dicho extremo nebulizador (8); el gas procedente de la botella presurizada tiene que atravesar radialmente dicha sección de paso anular comprendida entre el borde interior (11) del orificio de salida (3) y el borde exterior (10) del agujero de salida (9) para salir al exterior por dicho orificio de salida; dicha sección de paso anular es la mínima sección en el recorrido radial del gas y tiene una superficie del mismo orden que la sección de dicho agujero de salida; la presión en el agujero de salida del tubo de alimentación (p_1) está comprendida entre los valores de la presión ambiente exterior (p_a) y la presión (p_0) de presurización conjunta del gas y del líquido.

2. Dispositivo para la atomización de un líquido mediante el uso de un gas impulsor según la reivindicación 1 **caracterizado** porque la cara externa de la pared del recipiente (2) en el entorno de dicho orificio de salida (3) está rebajada formando un cráter aproximadamente cónico, cuyo borde coincide con el borde interior (11) de la sección de dicho orificio en la cara interior de dicha pared.

3. Dispositivo para la atomización de un líquido mediante el uso de un gas impulsor según las reivindicaciones 1 o 2 **caracterizado** porque los bordes de orificio y agujero (10 y 11), o su entorno próximo, pueden presentar algún efecto de acabado (rugosidad, dentado, ondulación) de tamaño característico inferior al diámetro medio d_f del chorro de líquido o penacho de gotas en suspensión que se forma en el orificio de salida tras la salida de dicho líquido del agujero de salida (9), y de amplitud mayor que el espesor de la capa límite que forma el gas en contacto con las paredes sólidas.

4. Dispositivo para la atomización de un líquido mediante el uso de un gas impulsor según las reivindicación 1 a 3, **caracterizado** porque el recipiente presurizado (2) consta de dos partes comunicadas entre sí, estando todo el líquido contenido en una de las partes, y siendo el contenedor de líquido una pieza separable a voluntad para funciones de limpieza o recarga.

5. Dispositivo para la atomización de un líquido mediante el uso de un gas impulsor según las reivindicaciones 1 a 4, **caracterizado** porque el recipiente presurizado incluye un tabique (12) de separación que lo subdivide en dos compartimentos; todo el líquido está contenido en el compartimento inferior (14), donde existe una válvula de purgado de gas (16) que comunica con el ambiente exterior; dicha boquilla de inyección de gas a presión (5) está situada en el compartimento superior (14); ambos compartimentos están comunicados entre sí por medio de un puerto de conexión (15) situado en el tabique (12), que determina una pérdida de carga en el flujo de gas entre los dos compartimentos; dicho tubo de alimentación (6) atraviesa dicho tabique, asegurándose la estanqueidad del tabique en la zona de paso del tubo; y existe un posicionador que, mediante la obturación selectiva de vías, establece tres modos de operación: nebulización, con válvula (16) cerrada; limpieza o purga, con válvula abierta y flujo de gas invertido en el tubo de alimentación, desde el agujero de salida (9) hacia la boca de aspiración (7); nebulización regulada, con válvula en posición de cierre parcial.

6. Dispositivo para la atomización de un líquido mediante el uso de un gas impulsor según la reivindicación 5, **caracterizado** porque el compartimento superior (13) está subdividido a su vez en dos recintos: un recinto de presurización (13a) conectado directamente con dicha boquilla de entrada de gas a presión (5) y un recinto de impulsión (13b), que rodea dicha región de mezclado; estando ambos recintos comunicados entre sí por medio de un segundo puerto de conexión (15a) que determina una pérdida de carga en el flujo de gas entre los dos recintos.

7. Dispositivo para la atomización de un líquido mediante el uso de un gas impulsor según las reivindicaciones 1 a 6, **caracterizado** porque dicho tubo de alimentación (6) incorpora un regulador de pérdida de carga.

8. Dispositivo para la atomización de un líquido mediante el uso de un vapor impulsor según las reivindicaciones 1 a 7, **caracterizado** porque consta de un calentador que produce la vaporización de un líquido o sólido vaporizable que se usa como vapor impulsor.

9. Dispositivo para la atomización de un líquido mediante el uso de un vapor impulsor según la reivindicación 8, **caracterizado** porque consta de dos zonas separadas en las que se almacenan ambas sustancias atomizable y vaporizable; y por que el calentador calienta conjuntamente al líquido o sólido que ha de ser vaporizado y al líquido que ha de ser atomizado.
- 5
10. Dispositivo para la atomización de un líquido mediante el uso de un vapor impulsor según la reivindicación 9, **caracterizado** porque dispone de un sistema para controlar que la temperatura de las dos fases líquidas, atomizable y vaporizable, previamente a su vaporización o atomización, sea aproximadamente la misma.
- 10
11. Dispositivo para la atomización de un líquido mediante el uso de un vapor impulsor según la reivindicación 10, **caracterizado** porque dispone de un control sobre la potencia calorífica aplicada para mantener dicha temperatura común a dichas dos fases líquidas que permite regular la presión y el caudal del vapor introducido a presión por la boquilla de inyección (5).
- 15
12. Dispositivo para la atomización de un líquido mediante el uso de un vapor impulsor según las reivindicaciones 8 a 11, **caracterizado** porque dispone de una cámara calentadora que, mediante la aplicación local de energía calorífica, produce la fusión de un sólido. para su posterior atomización.
- 20
13. Dispositivo para la atomización de un líquido mediante el uso de un vapor impulsor según la reivindicación 12, **caracterizado** porque consta de dos partes separadas en las que se almacena una fase sólida destinada a convertirse en líquido atomizable y un líquido o sólido vaporizable destinado a convertirse en vapor de impulsión y por que el calentador calienta ambas fases simultáneamente hasta una temperatura aproximadamente común para asegurar la producción de las condiciones de trabajo.
- 25
14. Dispositivo para la atomización de un líquido mediante el uso de un vapor impulsor según la reivindicación 13, **caracterizado** porque dispone de un control sobre la potencia calorífica aplicada para mantener dicha temperatura común a dichas dos fases líquidas que permite regular la tensión superficial y la viscosidad de dicho líquido destinado a ser atomizado.
- 30
15. Procedimiento para la atomización de un líquido mediante el uso de un gas impulsor según el dispositivo de las reivindicaciones 1 a 14.
- 35
16. Uso de un dispositivo de atomización de un líquido mediante el uso de un gas impulsor según la reivindicación 15, para la humidificación o climatización de espacios interiores o exteriores.
- 40
17. Uso de un dispositivo de atomización de un líquido mediante el uso de un gas impulsor según la reivindicación 15, para la dispersión de líquidos que contienen aditivos destinados a la ambientación, perfumado del aire, dispersión de sustancias balsámicas, desinsectación, control biológico de infecciones de transmisión aérea y otras aplicaciones en las que el aire atmosférico constituye el vehículo de transporte básico de las gotas o sus restos (tras la evaporación del líquido o disolvente) hacia las zonas objetivo finales, que pueden ser el aparato respiratorio de cualquier ser vivo, su piel externa, o sus ojos.
- 45
18. Uso de un dispositivo de atomización de un líquido mediante el uso de un gas impulsor según la reivindicación 15, para la elaboración de alimentos.
- 50
19. Uso de un dispositivo de atomización de un líquido mediante el uso de un gas impulsor según la reivindicación 15, para la mezcla de un líquido carburante y un gas comburente en un motor de combustión.
- 55
20. Uso de un dispositivo de atomización de un líquido mediante el uso de un gas impulsor según la reivindicación 15, para la aplicación de dicha pintura, laca o revestimiento sobre una superficie situada en el exterior.
- 60
21. Uso de un dispositivo de atomización de un líquido mediante el uso de un gas impulsor según la reivindicación 15, para el análisis elemental de muestras mediante las técnicas de espectrometría atómica.
- 65
22. Uso de un dispositivo de atomización de un líquido mediante el uso de un gas impulsor según la reivindicación 15, para el tratamiento de cultivos mediante dispersión de un pesticida, insecticida o cualquier otra sustancia utilizada en el sector agrícola.
23. Uso de un dispositivo de atomización de un líquido mediante el uso de un gas impulsor según la reivindicación 15, para refrigerar la zona de mecanizado y la herramienta en una operación cualquiera de mecanización de un material metálico, polimérico o cerámico.
24. Uso de un dispositivo de atomización de un líquido mediante el uso de un gas impulsor según la reivindicación 15, para el atrapamiento volumétrico de polvo, partículas de cualquier naturaleza o moléculas suspendidas en el medio en el que se dispersa el aerosol.

FIGURA 1

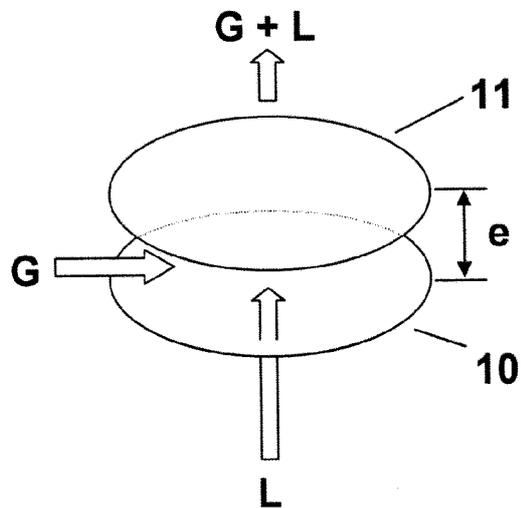
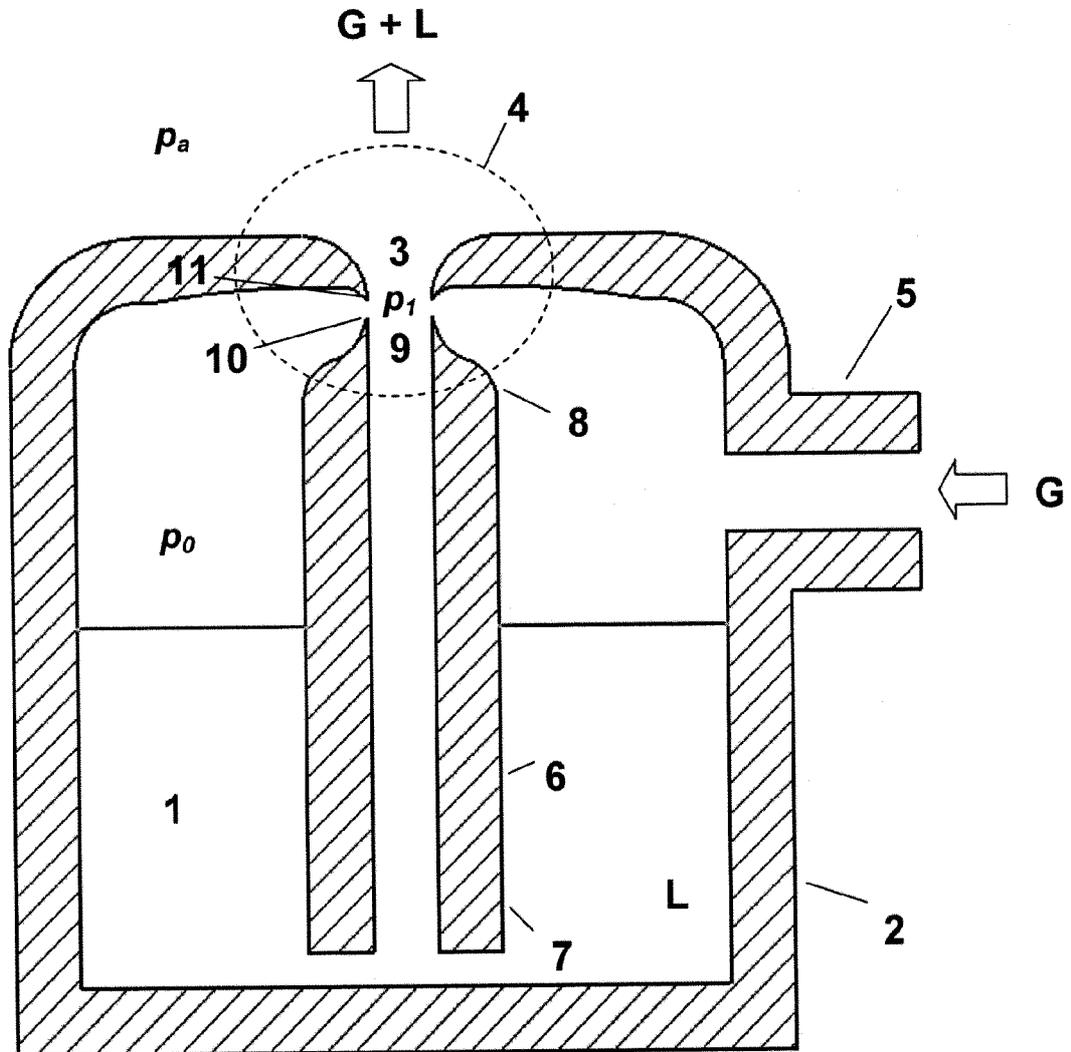


FIGURA 2

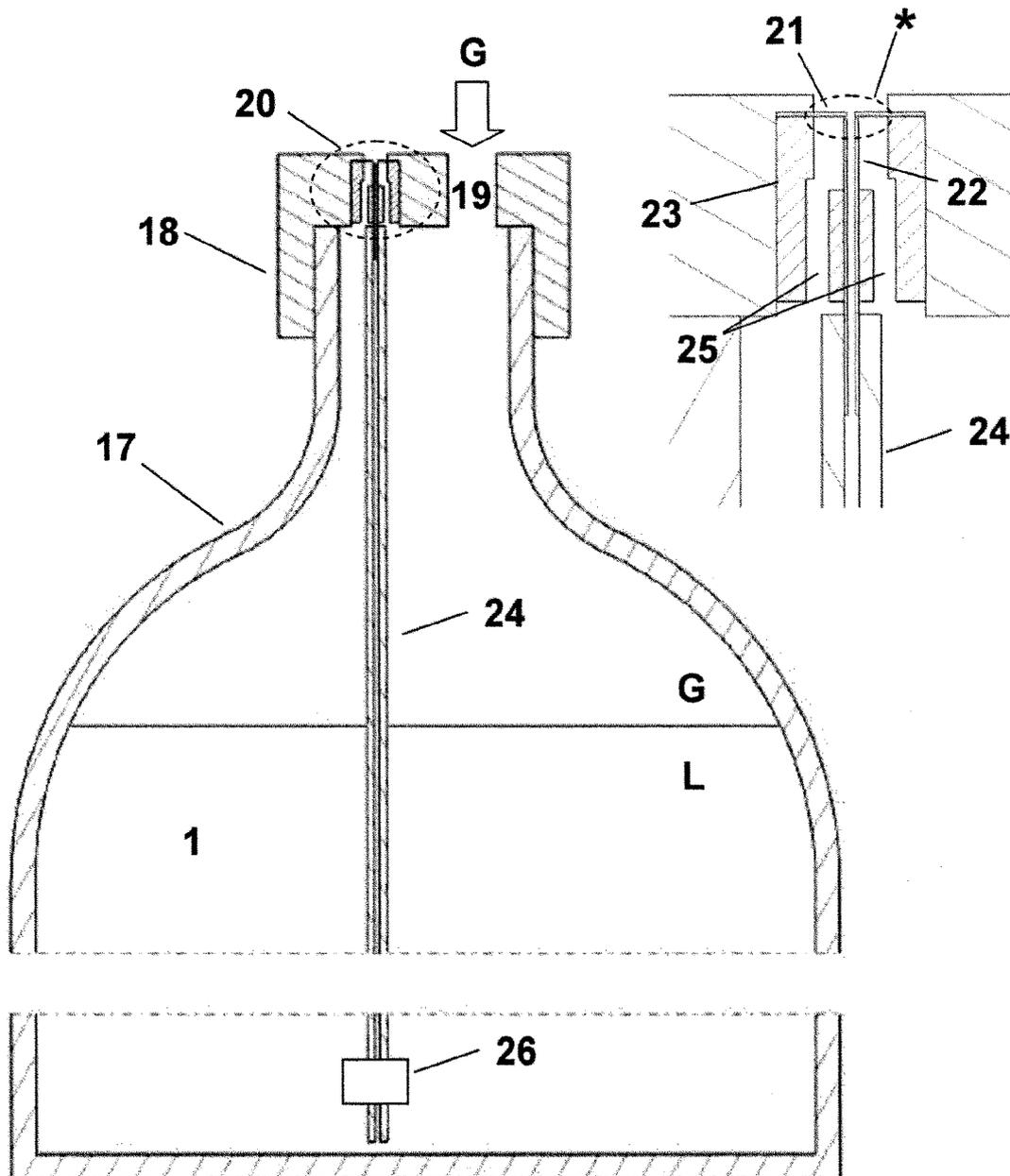


FIGURA 4

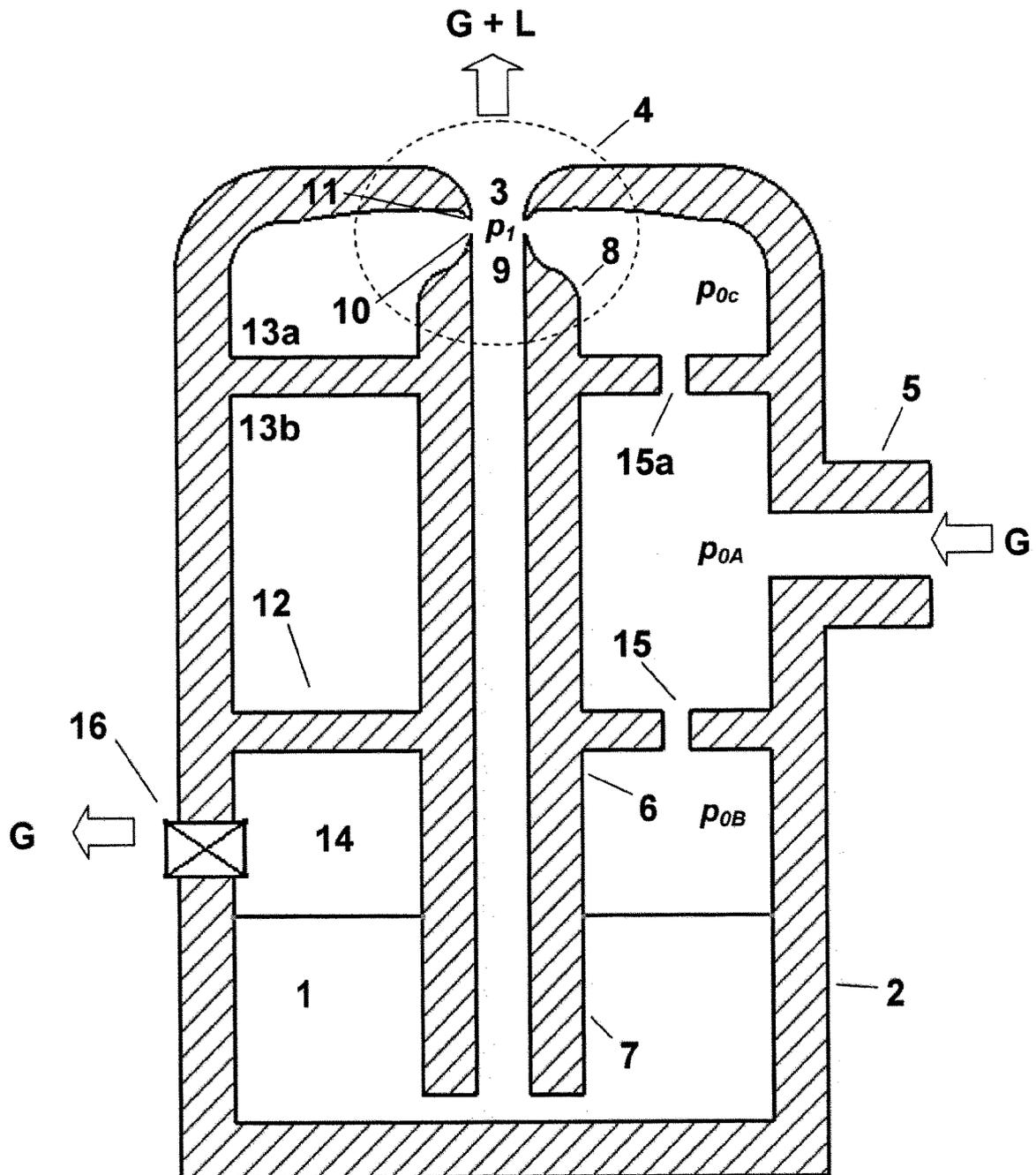


FIGURA 5

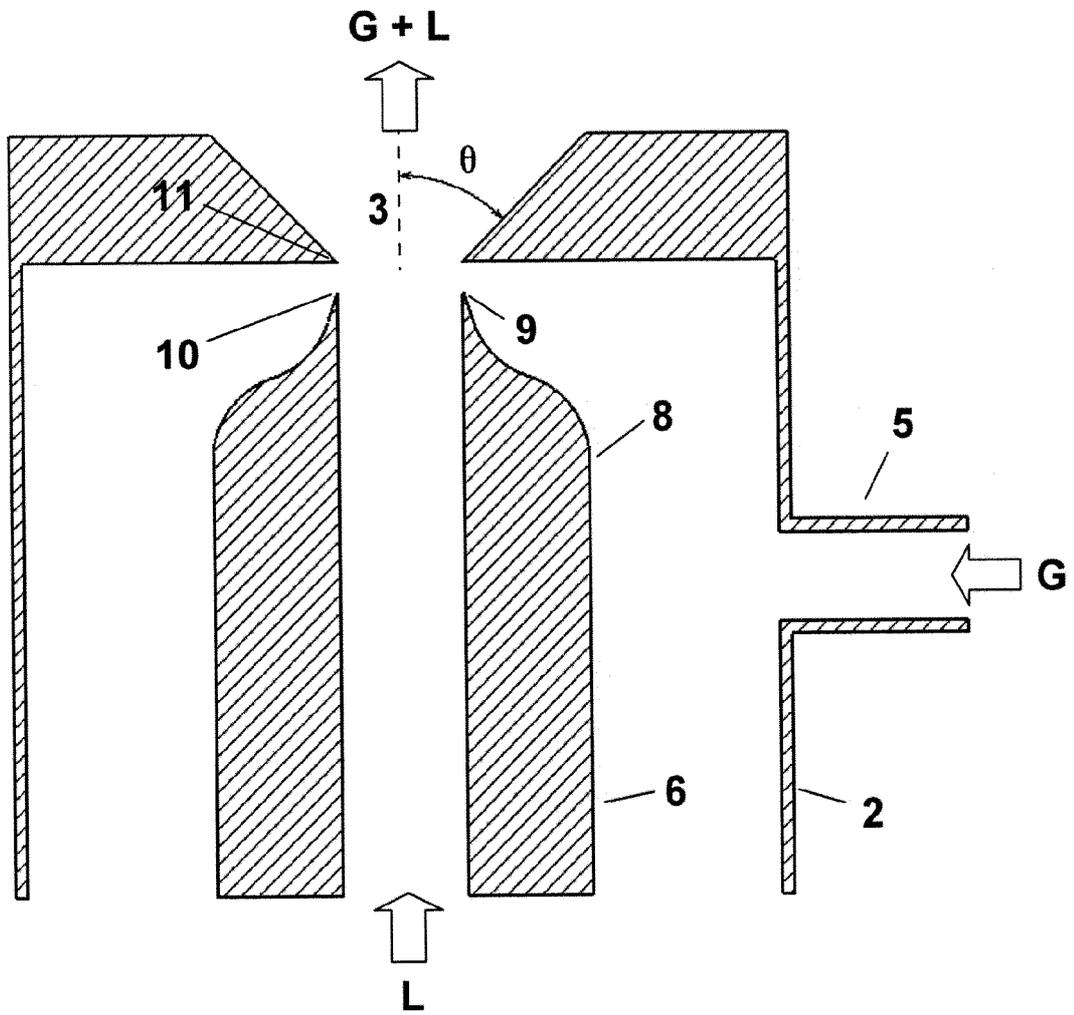


FIGURA 6

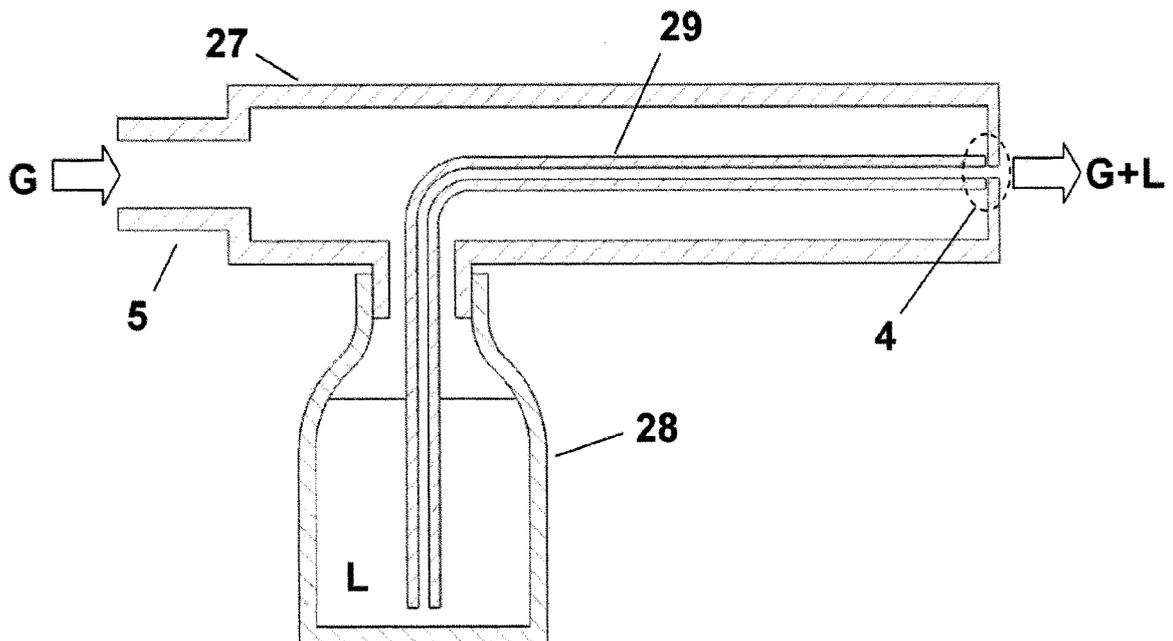


FIGURA 7

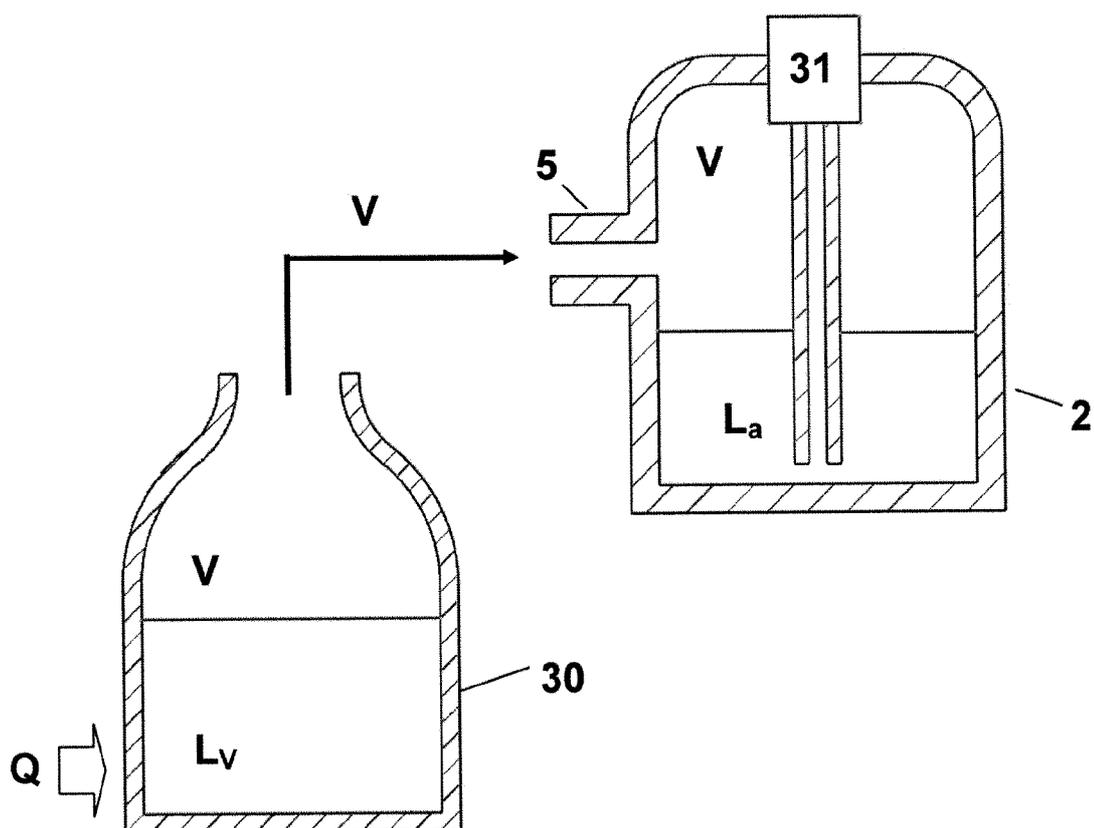
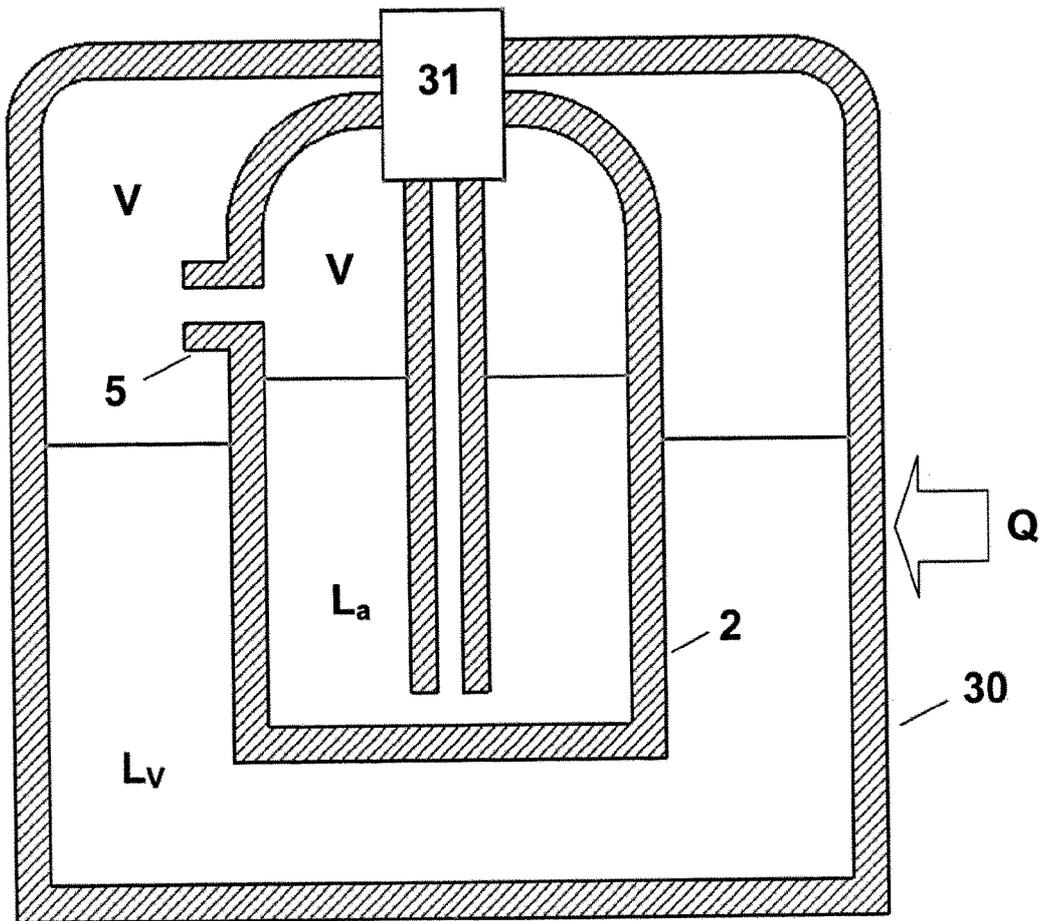


FIGURA 8





OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

① ES 2 264 608

② N° de solicitud: 200402333

③ Fecha de presentación de la solicitud: **30.09.2004**

④ Fecha de prioridad:

INFORME SOBRE EL ESTADO DE LA TÉCNICA

⑤ Int. Cl.: **B05D 7/00** (2006.01)

DOCUMENTOS RELEVANTES

Categoría	Documentos citados	Reivindicaciones afectadas
A	FR 2765498 A (COMEX NUCLEAIRE S.A.) 08.01.1999, página 5, línea 30 - página 9, línea 33; figuras.	1-24
A	WO 0076673 A1 (ARADIGM CORP.) 21.12.2000, todo el documento.	1-24
A	WO 9930833 A1 (UNIVERSIDAD DE SEVILLA) 24.06.1999, todo el documento.	1-24
A	US 5868322 A (LOUCKS, JR. et al.) 09.02.1999, todo el documento.	1-24

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

20.11.2006

Examinador

L. Sanz Tejedor

Página

1/1