



19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

11 Número de publicación: **2 354 356**

51 Int. Cl.:
B01D 47/04 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **03817375 .3**

96 Fecha de presentación : **29.05.2003**

97 Número de publicación de la solicitud: **1545745**

97 Fecha de publicación de la solicitud: **29.06.2005**

54 Título: **Procedimiento y aparato para filtrar una corriente de aire usando una espuma acuosa junto con nucleación.**

30 Prioridad: **30.05.2002 US 384562 P**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
14.03.2011

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
14.03.2011

73 Titular/es:
WESTEC ENVIRONMENTAL SOLUTIONS, L.L.C.
One Magnificent Mile Center
980 North Michigan Avenue, Suite 1400
Chicago, Illinois 60611, US

72 Inventor/es: **Pellegrin, Roy J.**

74 Agente: **Ponti Sales, Adelaida**

ES 2 354 356 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín europeo de patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre concesión de Patentes Europeas).

DESCRIPCIÓN**ANTECEDENTES Y BREVE RESUMEN DE LA INVENCION**

[0001] En general, la invención de esta solicitud se refiere al filtrado de una corriente de aire. Específicamente, la invención se refiere a mejoras en la técnica de
5 eliminación de contaminantes gaseosos, líquidos y sólidos de una corriente de aire con una solución espuma de acuosa tal como se describe en el documento US 6.616.733.

[0002] El aspecto clave de la presente invención es la combinación novedosa de utilizar “nucleación” junto con una espuma acuosa (que se muestra mejor en las
10 figuras 3A-3G). En la técnica de “nucleación”, la corriente entrante de aire contaminado se satura con una fina niebla producida por boquillas nebulizadoras, originando una sobresaturación de la corriente de aire. Los contaminantes submicrométricos actúan como núcleos de condensación en la corriente de aire sobresaturado, casi de la misma manera en la que se forman las gotas de lluvia. Los
15 contaminantes quedan encerrados en un aerosol fluido en el aire. Los contaminantes encerrados quedan “atrapados” dentro de burbujas que se forman continuamente en una espuma acuosa. Finalmente, las burbujas que llevan los contaminantes encerrados y atrapados se contraen o se unen de una manera controlada. Los contaminantes, en forma de condensados grandes, se depositan fácilmente en un depósito de
20 descontaminación de líquido.

[0003] El filtro de la presente invención eliminará efectivamente partículas tan pequeñas como de 0,005 micras de diámetro, incluyendo agentes tales como aerosoles de sulfato industriales, agentes biológicos tales como el virus Corona con un diámetro medio de 0,07 micras, Variola major (virus de la viruela) con un diámetro promedio de
25 0,2-0,3 micras, agentes de armas químicas tales como VX, HD, sarín, mostaza, aerosoles radiológicos, así como agentes mayores tales como esporas de ántrax.

[0004] Además de otras ventajas, tal como el bajo coste de mantenimiento y el bajo consumo de energía, la nucleación y el filtro de aire de espuma acuosa combinados de la presente invención no tienen un tamaño mínimo de los poros que se
30 encuentra en los filtros de aire convencionales. En esencia, imita el ciclo del agua atmosférica.

[0005] De acuerdo con la presente invención, una corriente de aire contaminado se satura con una fina niebla generada con boquillas de niebla

especialmente diseñadas. Esto produce una gama de tamaños de gota muy pequeños que sobresaturan rápidamente la corriente de aire entrante. Aunque el efecto de curvatura Kelvin limita el tamaño de una gota de nube en la atmósfera, las condiciones controladas en el interior del filtro de aire de espuma acuosa permiten la formación de
 5 pequeñas gotas y de vapor, sin los efectos de limitación/contrarios de la evaporación que se encuentran en la naturaleza.

[0006] Un punto operativo clave aquí es que los contaminantes submicrométricos en el aire actúan como núcleos de condensación causando una nucleación heterogénea, encerrando de manera efectiva los contaminantes en un
 10 aerosol de fluido en el aire. Las burbujas se generan entonces utilizando la corriente de entrada de aire contaminada sobresaturada, formando un microatmósferas controladas sobresaturadas encapsuladas. Además de la nucleación heterogénea, la microatmósfera controlada en las burbujas también facilita la coalescencia de colisión, reduce la movilidad de los aerosoles de destino, y prolonga el contacto entre la solución de
 15 descontaminación y los contaminantes. En una etapa posterior, el aire se enfría forzando la condensación interna adicional y el colapso controlado de las burbujas, así como la coalescencia. El condensado resultante grande es entonces fácilmente depositado en el depósito de líquido de descontaminación de la misma manera que se forman las gotas de lluvia, eliminando así los contaminantes de la corriente de aire y
 20 conteniéndolos con seguridad en la solución de descontaminación. Una etapa adicional de deshumidificación asegura que ninguno de aerosoles sobrantes se elimina y queda atrapado antes de la salida de la corriente de aire limpiado descontaminado de la etapa.

[0007] El filtro es capaz de una retirada de aerosol de supermicrones y submicrones de muy alta eficiencia, en húmedo o en seco, y es ideal para filtrar
 25 partículas en el rango de 0,1 micras. Por lo tanto, debe ser un excelente filtro de alta eficiencia para la eliminación de aerosoles peligrosos de interés.

[0008] La presente invención es capaz de eliminar los aerosoles radiológicos peligrosos, así como eliminar y neutralizar productos químicos y aerosoles biológicos. La unidad tendrá unos costes operativos mucho menores que los sistemas HEPA y
 30 tendrá una mayor eficacia. El coste unitario previsto en la producción en masa es inferior a los mil dólares. Esta implementación rentable de la invención debe adaptarse fácilmente a los sistemas de gran escala.

[0009] Los filtros de aire existentes son inadecuados para las amenazas

actuales y emergentes. Hay una necesidad urgente de desarrollar procedimientos eficientes de bajo coste de filtración de aire capaces de retirar con alta eficiencia productos químicos en aerosol y agentes de armas biológicas (armas químicas y biológicas), así como agentes radiológicos del aire contaminado. Este es un reto, ya que estos agentes existen en aerosoles, vapores o partículas que se forman en una amplia gama de tamaños.

[0010] La tecnología de filtración de aire del estado de la técnica actual se basa en una tecnología de sesenta años de edad. Los filtros HEPA/ULPA utilizan substratos permeables en una corriente de aire para atrapar partículas. Los problemas con esta tecnología son de alta energía y costes de mantenimiento, limitaciones en el tamaño efectivo de las partículas que se pueden filtrar en el alto flujo de aire, y el aumento de los costes operativos y la degradación del rendimiento a lo largo del tiempo. Los filtros HEPA son relativamente ineficaces en CW (armas químicas) y los contaminantes BW (armas biológicas) atrapados siguen activos, con lo que estos filtros deben ser eliminados como residuos peligrosos. Otras técnicas de filtración requieren el uso de combinaciones de tecnologías con mayores costes, complejidad y masa, mientras que un único filtro de la presente invención debe ser suficiente para mitigar la amenaza de NCBW (armas nucleares, químicas, biológicas).

[0011] El filtro de espuma acuosa, que se muestra en la patente US 6.616.733, puede eliminar grandes cantidades de polvo molesto producido al lijar, cuando se acaban paneles de pared de yeso. Una parte del polvo molesto tiene un tamaño submicrométrico. A pesar de que todos los contaminantes perceptibles se eliminan de la corriente de aire, los contaminantes submicrométricos, no presentes en cantidades macroscópicas se pueden extraer a través del filtro de aire de espuma acuosa y se acumulan en la fuente de vacío. Los contaminantes submicrométricos pueden permanecer suspendidos en el aire, dentro de las burbujas de espuma, hasta que la pared de burbujas es absorbida por la superficie mojada del elemento de fibra saturada, o dividido entre la tensión superficial de las superficies húmedas del filtro y la fricción de la superficie de la burbuja en la corriente de aire. Si el aire contaminado dentro de la burbuja se libera en la parte superior de la columna de espuma, cerca del elemento de fibra saturada, los contaminantes submicrométricos pueden pasar a través de los elementos de fibra saturada a la fuente de vacío.

[0012] La presente invención proporciona, entre otras cosas, un filtro de

espuma acuosa que incluye técnicas de nucleación para filtrar completamente contaminantes supermicrométricos y submicrométricos de una corriente de aire. Un filtro de aire de protección contra contaminantes peligrosos en aerosol; armas químicas, biológicas, radiológicas y de destrucción masiva, o liberadas de niebla tóxica (por ejemplo aerosoles ácidos), alérgenos (aerosoles bioactivos), y partículas submicrométricas indeseables (abrasivas, corrosivas) requiere un procedimiento más completo y fiable para forzar el contacto y la unión entre los contaminantes submicrométricos, las superficies húmedas de la espuma acuosa, y la solución de filtrado que el filtro de espuma acuosa original, que se muestra en la patente 6.616.733.

5

10 Además, el diseño del flujo de aire horizontal requiere un sistema fiable, de bajo mantenimiento, de servicio continuo, medios para limitar la espuma a un volumen predeterminado que es independiente de las turbulencias en el depósito de solución.

[0013] El documento WO 01/24909 se refiere a un procedimiento y a medios para filtrar una corriente de aire con una espuma acuosa. La patente US 2.405.494 se

15 refiere a un aparato de tratamiento de aire.

OBJETOS

[0014] Un objeto principal de la invención es proporcionar un filtro capaz de

20 eliminar eficazmente contaminantes de una corriente de aire que tienen un tamaño de 0,005 micras y más grandes.

[0015] Otro objeto de la invención es proporcionar un filtro que combina el uso de nucleación junto con una espuma acuosa para lograr un mejor rendimiento de filtrado.

25 **[0016]** Otro objeto es proporcionar un sistema de filtrado capaz de eliminar agentes de armas nucleares, químicas y biológicas de una corriente de aire.

[0017] Otro objeto es proporcionar un sistema de filtrado capaz de proteger edificios gubernamentales, militares y privados y a los habitantes esos edificios de armas químicas y biológicas en el aire.

30 **[0018]** Otro objeto es proporcionar un sistema de filtrado capaz de contener y eliminar aerosoles peligrosos de un sitio de limpieza.

[0019] Otro objeto es proporcionar un sistema de filtrado capaz de reaccionar y eliminar dióxido de carbono y otros efluentes de una corriente de aire de una fábrica u

otra fuente de emisión.

[0020] Otros objetos y ventajas serán evidentes a partir de la descripción y de los dibujos siguientes.

5 BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

[0021]

La figura 1 es una representación esquemática de una realización de un filtro de espuma acuosa de la presente invención;

10 La figura 2 es una representación esquemática de una segunda realización del filtro de espuma acuosa según la invención;

Las figuras 3A-3G constituyen una representación esquemática que ilustra el concepto teórico de funcionamiento del aspecto de nucleación de la invención;

15 Las figuras 4A-4E ilustran una boquilla nebulizadora líquida, en donde la figura 4A ilustra la boquilla montada y las figuras 4B-4E ilustran los componentes de la boquilla nebulizadora de líquido;

La figura 5 es una ilustración esquemática que muestra una boquilla nebulizadora submicrométrica;

20 Las figuras 6A-6E ilustran la construcción de la boquilla nebulizadora que se muestra en la figura 5, en donde la figura 6A ilustra la boquilla nebulizadora montada y las figuras 6B-6E ilustran los componentes de la boquilla nebulizadora;

La figura 7 es una ilustración esquemática de una tercera realización de la invención;

25 La figura 8 es una representación esquemática de una cuarta realización de la invención;

La figura 9 es una representación esquemática de una quinta realización que utiliza un sistema de tienda móvil para ayudar a una operación de limpieza; y

30 La figura 10 es una ilustración esquemática de una sexta realización adecuada para su uso como filtro industrial o para contener y filtrar aire que provienen de fuentes industriales, tales como chimeneas u otros procesos que generan efluentes potencialmente nocivos o gases de efecto invernadero.

DESCRIPCIÓN DETALLADA

- [0022]** Una primera realización de la invención se muestra en la figura 1 en forma de ejemplo como un filtro de aire de espuma acuosa de flujo horizontal para conducto de admisión de aire de dos pies por dos pies estándar de una unidad de climatización. Los materiales seleccionados y descritos aquí no limitan el alcance de la invención. La acción de la espuma acuosa y de las boquillas nebulizadoras no se muestran en la figura 1 para motivos de claridad; sin embargo, la acción de la espuma y de las boquillas se muestra en la realización mostrada en la figura 2.
- 5 **[0023]** Una acondicionador de aire estándar de tipo ventana estándar modificado 100 (modelo G.E. # AGD 12 AA) proporciona el sistema de refrigeración 110, un motor eléctrico 120, aspa del ventilador 130, un ventilador centrífugo/separador de gotas 140, un chasis 101, y controles electrónicos, y no forman parte del descubrimiento de la invención.
- 10 **[0024]** La invención cambia los conductos internos del acondicionador de aire 100 para retirar el aire en la entrada pasante 103, a través de la bobina de evaporación del refrigerante 150, pasa el aire a través de la unidad de acondicionamiento de aire 100, y una expulsa la corriente de aire a través de la bobina de condensación del refrigerante 160. El acondicionador de aire funciona como un deshumidificador, sin embargo, las bobinas de refrigerante 150, 160 tienen superficies substancialmente más radiantes. Las aspas de ventilador convencionales 130 y el ventilador centrífugo 140 trabajan juntos para mover el aire a través de la unidad de filtro.
- 15 **[0025]** Un marco de aluminio anodizado (no mostrado) de 24 pulgadas de alto, 24 pulgadas de ancho y 30 pulgadas de largo está diseñado para contener todos los componentes del filtro de aire de espuma acuosa horizontal dentro de un conducto de entrada de aire estándar de dos pies por dos pies para una unidad de climatización.
- 20 **[0026]** Los paneles acrílicos transparentes encierran el marco y constituyen las particiones que definen los conductos 180, el depósito 190, y las cámaras.
- [0027]** Un filtro de partículas de aire estándar 200 para una unidad de climatización se mantiene en posición mediante una abrazadera de aluminio unida al marco de aluminio.
- 25 **[0028]** Unas boquillas de nebulización 210 están conectadas a una bomba de transferencia de líquido 212 y a un compresor de aire 211 en el compartimiento de

almacenamiento 107.

[0029] Una cámara de nebulización 215 se forma a partir de las particiones acrílicas paralelas a la partición inferior de cierre.

[0030] Un tamiz 220 incluye una partición 221 entre la cámara de nebulización 215 y la cámara de espuma 230, en donde la partición tiene una pluralidad de orificios formados a su través. El tamaño de los orificios en el tamiz 220 controla el tamaño de las burbujas en la espuma.

[0031] Las burbujas de la cámara de espuma (no mostradas en la figura 1 por motivos de claridad) expanden el área superficial de la solución de forma exponencial.

10 **[0032]** Unas bobinas de evaporación 150 deshidratan la espuma, condensan las microgotas, y cambian el vapor de la solución en fase líquida. La solución líquida con contaminantes drena de las bobinas refrigerantes 150 en el depósito de la solución 240.

[0033] Un ventilador centrífugo/separador de gotas 140 retira cualquier microgota suspendida en la corriente de aire después de la bobina de evaporación del refrigerante 150 en el ventilador 140 y lanza la gota sobre la superficie de la carcasa del ventilador 141 para drenar de vuelta al interior del depósito de la solución 240.

[0034] Unas bobinas de condensación 160 devuelven el calor a la corriente de aire con calor adicional del motor eléctrico 120.

20 **[0035]** Los aditivos de la solución de filtrado pueden neutralizar las sustancias químicas reactivas, esterilizar bioaerosoles, y mejorar o inhibir la formación de espuma.

[0036] La cámara de utilidad 102 es para una bomba de transferencia de líquidos, un compresor de aire, y productos químicos de la solución.

25 FUNCIONAMIENTO DE LA REALIZACIÓN DE LA FIGURA 1

[0037] La relativa baja presión de la realización mostrada en la figura 1 se crea a través del filtro mientras el ventilador eléctrico 130 aspira aire dentro del filtro de partículas 200 y expulsa el aire de la bobina de condensación del refrigerante 160.

30 **[0038]** Una porción de la solución de filtrado se retira del depósito de la solución 240, en la cámara de espuma 230 mediante baja presión.

[0039] La corriente de aire contaminado que indica la flecha 250 se retira en un de filtro de partículas de climatización estándar 200 a evitar que los

macrocontaminantes entren en el depósito de la solución 240.

- [0040]** Las boquillas de nebulización introducen una amplia gama de radios de microgotas (de 0,001 a 1000 micras) (no mostradas en la figura 1) en la corriente de aire contaminado 250. Varias gotas de tamaño microscópico con diferentes inercias
- 5 barren contaminantes fuera de la corriente de aire a través del contacto en el entorno dinámico de la cámara de nebulización 215. Algunas de las microgotas chocan y se fusionan y se retiran de la corriente de aire por inercia, las microgotas más pequeñas permanecen suspendidas en la corriente de aire, y las microgotas más pequeñas se evaporan y elevan la presión de vapor de la solución de la corriente de aire.
- 10 **[0041]** La corriente de aire 250 acelera a medida que se introduce en un paso de flujo de aire estrecho en la cámara de nebulización 215 por encima del depósito de la solución 240.
- [0042]** El área superficial del depósito de la solución 240 atrapa la mayoría de los aerosoles y las gotas demasiado grande para ser arrastradas por la corriente de aire.
- 15 **[0043]** La corriente de aire saturado se retira a través de un tamiz de difusión 220 y en la cámara de espuma 230. El área superficial de la solución de filtrado se expande de manera exponencial, creando continuamente una espuma acuosa de burbujas diminutas (espuma que no se muestra en la figura 1.). Los contaminantes y las microgotas se suspenden en el aire dentro de las burbujas (mostrado mejor de la
- 20 figura 3). La velocidad del flujo de aire, en relación con los contaminantes, se reduce en la microatmósfera creada dentro de cada burbuja de la espuma. La aceleración de la gravedad vence la resistencia del aire de la superficie del contaminante o de la microgota. Los contaminantes y las microgotas se asientan sobre la superficie mojada dentro de las burbujas de espuma, tal como se muestra mejor en la figura 3. Algunos
- 25 contaminantes y microgotas permanecen suspendidos en el aire, dentro de las burbujas. Al enfriarse las burbujas, se produce más condensación y nucleación.
- [0044]** Las superficies exteriores de las burbujas y el área superficial de la solución en la cámara de espuma eliminan cualquier contaminante que se escape de burbujas que explotan. Los contaminantes adicionales ahora suspendidos en aerosoles
- 30 líquidos en el aire se eliminan mediante la continuación de la condensación y la deshumidificación.
- [0045]** La espuma (que no se muestra en la figura 1) se retira a las bobinas frías refrigerantes de evaporación 150 por baja presión.

[0046] Una zona localizada de espuma, próxima a las bobinas de refrigerante 150, comienza a enfriarse por conducción térmica, aumentando la presión del vapor de agua, y sobresaturando el aire dentro de las burbujas (que no se muestra en la figura 1).

[0047] Al retirarse las burbujas a través de la bobina de evaporación del refrigerante 150, el vapor en solución dentro de las burbujas se condensa en los núcleos disponibles y en las microgotas suspendidas, atrapando los contaminantes en microgotas de solución líquida, suspendidas en el aire, dentro de las burbujas.

[0048] Las paredes de las burbujas se condensan en las superficies frías de la bobina refrigerante 150, liberando la atmósfera sobresaturada dentro de las burbujas que se condensan en el aire como la lluvia, o sobre la bobina refrigerante también (ver la figura 3).

[0049] La solución líquida, con los contaminantes atrapados, drena la bobina de evaporación del refrigerante 150 en el depósito de la solución 240.

[0050] El depósito de la solución 240 se mantiene a 25°C mediante conductos de conducción de la solución a boquillas nebulizadoras 210 en comunicación térmica con una fuente de calor (conducto de agua caliente).

[0051] Las gotas de solución líquida suspendidas en la corriente de aire después de retirarse a través de la bobina de evaporación del refrigerante 150 son arrastradas a un ventilador centrífugo 140, lanzadas sobre la carcasa del ventilador 141, y se drenan de vuelta al depósito de la solución 240.

[0052] La corriente de aire que se muestra con las flechas 251 se retira a través de una bobina de condensación del refrigerante 160 para reemplazar el calor eliminado de la corriente de aire, aumentando el volumen de aire, y reduciendo la humedad relativa.

25

DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LAS FIGURAS 2-10

[0053] La figura 2 muestra una versión mejorada del aparato de la figura 1, en donde los componentes correspondientes se identifican con números de referencia en 300 y 400, en lugar de en 100 y 200, respectivamente. La versión que se muestra en la figura 2 difiere de la figura 1 en que utiliza dos evaporadores 350, 351 y dos bobinas de congelador de servicio intermitente 352, 353 para mejorar el enfriamiento de la espuma acuosa 500. Están previstos condensadores de múltiples etapas 361, 362 y 363

para sustituir más eficazmente el calor eliminado de la corriente de aire. En otros aspectos, las realizaciones de las figuras 1 y 2 son las mismas, y no se proporciona una descripción detallada de la figura 2 por motivos de brevedad. La figura 2 también ilustra la niebla de microgotas 510 introducida en la corriente de aire contaminado de entrada mediante boquillas de nebulización 410, así como la espuma acuosa 500.

“NUCLEACIÓN”

[0054] Las figuras 3A-3G son representaciones esquemáticas que ilustran la técnica de “nucleación” y cómo se procesa una única burbuja 600 de la espuma acuosa y cómo dos contaminantes individuales 620 y 640 quedan atrapados dentro de la burbuja 600 de espuma acuosa y se devuelve al depósito de la solución 440. Los contaminantes 620 y 640 pueden ser extremadamente pequeños, del orden de magnitud tan pequeña como 1 nanómetro. Los contaminantes 620, 640 y las microgotas (que no se muestran por motivos de claridad) se suspenden en el aire saturado en el interior de la burbuja 600, habiéndose humidificado o saturado la corriente de aire entrante mediante boquillas nebulizadoras antes de que la corriente de aire entre en la espuma acuosa. La velocidad del flujo de aire cae en la microatmósfera creada en el interior de la burbuja 600. La resistencia del aire, debida a la fricción superficial entre un contaminante relativamente pesado, tal como 620 y el flujo de aire, es superada por la aceleración de la gravedad, y el contaminante 620 se asienta sobre la superficie mojada dentro de la burbuja 600 (figura 3B). Algunos contaminantes tales como 640 permanecen suspendidos en el aire, dentro de las burbujas.

[0055] La burbuja 600 se retira a la bobina fría refrigerante de evaporación 350 (0°C) mediante baja presión. Una zona localizada de la espuma, próxima a las bobinas refrigerantes, comienza a enfriarse por conducción térmica, aumentando la presión del vapor de agua, y sobresaturando el aire dentro de la burbuja tal como se muestra mediante las marcas 650.

[0056] Al retirarse una burbuja a través de la bobina refrigerante de evaporación, el vapor de la solución 650 dentro de la burbuja 600 se condensa sobre los núcleos contaminantes disponibles 620, 640, atrapando los contaminantes 620, 640 en microgotas de la solución líquida suspendidas en el aire dentro de las burbujas (figuras 3C, 3D). Esta etapa es la que se conoce aquí como “nucleación”.

[0057] Las paredes de la burbuja se condensan en el aire frío y sobre las superficies frías de la bobina refrigerante 350 (figura 3E), liberando la atmósfera sobresaturada dentro de las burbujas para condensarse sobre la bobina refrigerante y también el aire.

5 **[0058]** La solución líquida, con los contaminantes atrapados 620, 640, drena la bobina refrigerante de evaporación 350 en el depósito de la solución 440 (figuras 3F, 3G). La solución se mantiene a una temperatura preferida mediante los conductos de guiado de la solución cerca de la bobina refrigerante de condensación u otra fuente de calor. La temperatura del fluido, las superficies de enfriamiento, las corrientes de aire
10 de entrada y de salida están determinadas por la eficiencia de filtrado o reactividad respecto a las compensaciones de consumo de energía, y pueden variar para optimizar el rendimiento del filtro.

BOQUILLAS NEBULIZADORAS SUBMICROMÉTRICAS

15

[0059] Las figuras. 4-6 muestran boquillas nebulizadoras submicrométricas que se utilizan con la presente invención. Las boquillas nebulizadoras que se muestran en las figuras 4-6 son capaces de producir gotas de tamaño submicrométrico mediante la variación de la masa de la solución de filtrado cortada mediante una corriente de aire
20 comprimido. La boquilla nebulizadora líquida 750 (figura 4) utiliza una solución de filtrado presurizada y aire comprimido para aumentar rápidamente la presión de vapor de la corriente de aire hasta la saturación con gotas de tamaño micrométrico. Cuando se utiliza con una solución efervescente, la boquilla nebulizadora líquida 750 puede producir una variedad de gotas de tamaño micrométrico.

25 **[0060]** La boquilla nebulizadora de espuma 710 (figuras 5 y 6) mezcla el aire comprimido con la solución de filtrado líquida internamente para crear un espectro de flujos de solución de las soluciones de burbujas a las espumas acuosas. La espuma de solución de filtrado es forzada a través de múltiples ranuras de medición convergentes a una corriente de aire comprimido. La corriente de aire corta la espuma para producir
30 una variedad de gotas de tamaño submicrométrico.

[0061] La figura 5 ilustra esquemáticamente una boquilla nebulizadora de espuma montada 710. Un paso central 715 es alimentado con aire comprimido que fluye hacia la punta de la boquilla 720. Un segundo orificio 725 es alimentado con

solución presurizada que también fluye hacia la punta de la boquilla 720. El orificio 725 es preferiblemente un orificio cilíndrico que rodea el orificio central 715. Una cámara de espuma 735 está formada adyacente a la punta de la boquilla 720. Una pluralidad de los puertos de medición 716 se extienden desde el paso central 715 en comunicación fluida con el segundo orificio 725, y entre el segundo orificio 725 y la cámara de espuma 735. En funcionamiento, una parte del aire comprimido en el paso central 715 entra en el segundo orificio 725, causando que una espuma empiece a formarse, y la espuma se extiende en la cámara de espuma 735. La espuma en la cámara 735 fluye a través de una pluralidad de ranuras de medición 737 formadas entre la cámara de espuma 735 y el paso de salida 721 adyacente a la punta de la boquilla 720. Una junta tórica 740 sella de la parte trasera de la cámara de espuma 735 y fuerza que la espuma abandone la cámara 735 a través de las ranuras de medición 737. El aire comprimido que no entra en los puertos de medición 716 fluye a través del paso de salida 721. El aire comprimido fuerza a la espuma a salir por las ranuras de medición 737 y en el paso de salida 721 hacia el exterior a través de punta de la boquilla 720. Se forma así una nube de gotas de tamaño micrométrico 745.

[0062] La figura 4A ilustra una de boquilla nebulizadora de líquido 750. La boquilla 750 incluye las cuatro partes que se muestran en las figuras 4B-4E. El aire comprimido se introduce en un paso central 755. Todo el aire comprimido fluye directamente a través del paso de salida 761 a través de punta de la boquilla 760. Una solución de filtrado presurizado se introduce en un segundo orificio cilíndrico 765 y a través de puertos de medición 766 y ranuras de medición 767 que entran en el paso de salida 761 en un ángulo de 45°. La boquilla nebulizadora de líquido 750 no crea una espuma dentro de la boquilla, como es el caso con la boquilla nebulizadora de espuma 710 que se muestra en la figura 5.

[0063] Tal como se muestra en la figura 6, la boquilla nebulizadora montada 710 está construida dentro de accesorios de latón instalados en la tubería de solución de filtrado, y son escalables en tamaño de acuerdo con el tamaño de los accesorios de latón. Los cuatro accesorios separados que se muestran en las figuras 6B-6E están montados tal como se muestra en la figura 6A y en la figura 5. Una línea de aire comprimido se conecta a la parte posterior del accesorio de latón. La diferencia de presión entre la solución de filtrado y la corriente de aire comprimido determina el tamaño de las gotas formadas, y la masa de la solución de filtrado pulverizada en la

corriente de aire. Las ranuras de medición de la línea de solución a la corriente de aire limitan el volumen de la solución que entra en la corriente de aire. La alta velocidad de la corriente de aire crea una presión relativamente baja en las ranuras de medición entre la línea de la solución y la corriente de aire. La energía cinética de la corriente de
5 aire en proporción con el volumen de agua en los puntos de corte determina el tamaño de las gotas producidas. El tapón ajustable de la boquilla regula el área de los puertos de entrada de la ranura de medición. Se producen gotas submicrométricas mediante la alta energía cinética relativa de la corriente de aire en proporción con la masa de agua cortada en un punto en el tiempo. Esta boquilla podría proporcionar el volumen de
10 solución necesario para elevar rápidamente la presión de vapor de una solución a la saturación en la corriente de aire entrante.

[0064] Cortar una corriente de agua de masa variante con una corriente de aire comprimido produce una variedad de tamaños de gota submicrométricos. Las burbujas en la solución varían la masa de la solución que entra en la corriente de aire. La
15 boquilla de solución efervescente mide la solución de filtrado presurizada en múltiples puertos en el cuerpo de la boquilla. La presión de la solución en la tubería se mantiene en los puertos de medición como un volumen limitado de solución que se libera en la cámara concéntrica a la corriente de aire comprimido. La solución es efervescente en la cámara al liberar la presión de la tubería. La solución efervescente se retira a las
20 ranuras de medición y el espacio entre las ranuras de medición en el cuerpo de la boquilla y el tapón de la boquilla mediante la baja presión creada por la corriente de aire a alta velocidad. Las ranuras de medición distribuyen las corrientes de solución efervescente en puntos de corte alrededor de la circunferencia de la corriente de aire comprimido. La corriente de aire comprimido corta las corrientes de solución efervescente para producir una variedad limitada de gotas de tamaño submicrométrico.
25

[0065] La boquilla nebulizadora de espuma (figuras 5 y 6) mezcla el aire comprimido con la solución presurizada para producir una variedad de flujos de solución de una solución de burbujas a una espuma acuosa. Las burbujas reducen la masa de la solución en los puntos de corte con la corriente de aire. Una espuma acuosa
30 contiene la menor masa de solución de filtrado en proporción con la energía cinética de la corriente de aire en los puntos de corte y produce las gotas más pequeñas. Una cámara de aire dentro de la boquilla nebulizadora reduce la velocidad del flujo de aire para forzar las burbujas al interior de la corriente de la solución antes de la constricción

de la boquilla y la presión baja relativa en los puntos de corte colocados en la constricción de la boquilla. La diferencia de presión entre la solución de filtrado y la corriente de aire comprimido regula la producción de burbujas, el flujo de material y el tamaño de las gotas.

5 **[0066]** Las boquillas de nebulización son compactas, de bajo coste, y están diseñadas para su uso en línea solas o en conjuntos de boquillas nebulizadoras. Los puertos de medición múltiples y las ranuras de medición evitan la obstrucción. Los tapones de las boquillas ajustables regulan el área de los puertos de entrada de las ranuras de medición. Los tapones de las boquillas son adaptables a servomotores
10 controlados por ordenador para ajustar el flujo de materiales y limpiar las ranuras de medición tapadas en un período de mantenimiento regular para aplicaciones de activos de alto valor.

[0067] Las figuras 7-10 son ilustraciones esquemáticas de varias realizaciones de la presente invención que utilizan la técnica de nucleación en conjunto con un filtro
15 de espuma acuosa.

[0068] La figura 7 ilustra una tercera realización que se muestra en general como 800, en donde una corriente de aire contaminado está representada por las flechas 801 que se mueven a través de una línea de entrada que se muestra como 802. Un sistema de boquillas de nebulización que se muestra como 805 inyecta una niebla
20 fina 806 en la corriente de entrada de aire contaminado. La corriente de aire contaminado se mueve hacia abajo tal como se muestra mediante la flecha 807 en un depósito de líquido 808 que tiene un nivel de superficie de líquido 809. La corriente de aire contaminado se difunde en el depósito de líquido, tal como se muestra mediante las flechas 811, causando la formación de espuma acuosa que se muestra en general
25 como 815. Las burbujas en la espuma acuosa contactan el aire de refrigeración y las superficies 820, causando que los contaminantes nucleados dentro de cada burbuja contacten con las superficies metálicas frías 820. Las partículas grandes condensadas simplemente drenan hacia el depósito de líquido 808 para descontaminarse o eliminarse.

30 **[0069]** La figura 8 muestra una cuarta realización del filtro que se muestra en general como 900, que incluye las diferentes etapas del filtro dispuesto dentro de un alojamiento de forma cilíndrica y vertical 910. El aire entrante contaminado entra por la entrada 920 y es forzado hacia abajo a un depósito de líquido 930, en donde la

superficie superior del líquido se muestra como 931. Una solución de espuma acuosa se crea inmediatamente por encima de la superficie de líquido 931 y una serie de boquillas nebulizadoras 935 inyectan una fina niebla en la corriente de aire contaminado entrante. Las burbujas de la espuma se mueven hacia arriba a una etapa de condensación que se muestra en general como 950, cuando las burbujas se enfrían, tal como se ha descrito anteriormente, y los contaminantes se unen a las superficies frías, preferentemente metálicas, o aire y se drenan hacia abajo en el depósito de líquido 930. La corriente de aire descontaminado 960 es bombeada a través de una etapa de deshidratación, típicamente mediante vacío a un escape 970.

10 **[0070]** La figura 9 es una ilustración esquemática que representa cómo un filtro móvil según la presente invención, que se muestra en general como 1200, puede transportarse a una región contaminada 1210 a lo largo de una tienda móvil, que se muestra en general como 1220. Los contaminantes en el aire mostrados en general mediante las flechas 1230 están contenidos en una tienda o edificio 1220 y se introducen en la entrada 1250 del filtro móvil 1200, se retiran de la corriente de aire y quedan contenidos en el líquido de descontaminación en el depósito 1260. El aire descontaminado sale a la atmósfera en 1270. Tres trabajadores se muestran en 1271, 1272 y 1273. Estos trabajadores usan equipos de protección y colocan la tienda móvil 1220 y el filtro móvil 1200 y los mueven tal como lo exija la situación. Varias soluciones se pueden utilizar para el fluido de nebulización de trabajo. Es bien conocido que las soluciones de descontaminación que contienen hipoclorito de sodio (lejía), EZ-Decon (peróxido de hidrógeno), productos cáusticos, oxidantes, fungicidas, esporicidas, compuestos que maten el moho, y otros compuestos neutralizarán sustancias químicas peligrosas y/o aerosoles biológicos. La protección contra armas nucleares, químicas, biológicas ácidas, alcalinas, u otros aerosoles peligrosos, se puede lograr mediante el uso de una solución con propiedades deseables en cualquier versión del filtro de espuma acuosa.

20 **[0071]** La figura 10 es una ilustración esquemática de una sexta realización de la invención. Esta realización muestra un diseño típico de un filtro industrial que se muestra en general como 1300 y construido de acuerdo con la presente invención. El aire contaminado entra en la entrada 1310 y es forzado hacia abajo a un depósito de líquido 1320 que tiene un nivel de superficie de líquido 1321. Las boquillas nebulizadoras no se muestran por motivos de claridad, pero se utilizan para introducir

una fina niebla en la corriente de aire entrante antes de que el aire contaminado se difunda en el líquido contenido en el depósito 1320. La corriente de aire contaminado entra en la cámara de espuma 1330, en donde los contaminantes están sometidos a la nucleación que se describe anteriormente, y se devuelven hacia abajo al depósito de líquido 1320. El aire descontaminado mostrado como 1350 es bombeado a través del escape 1360. Los contaminantes se bombean desde el depósito de líquido 1320 a un tanque de eliminación o recuperación 1370 mediante una bomba de líquido 1371. Un filtro de líquido 1375 se utiliza para eliminar la mayor cantidad posible de contaminantes sólidos. Las válvulas 1376 y 1377 se abren y se cierran de forma intermitente según sea necesario para eliminar los contaminantes del depósito de líquido 1320. Esta realización tiene la capacidad no solamente de eliminar aerosoles peligrosos, sino también de recuperar valiosos aerosoles industriales. También tiene la capacidad de utilizar una solución adecuada para eliminar el dióxido de carbono u otros efluentes no deseados de una corriente de aire usando una solución de diseño personalizado. Un ejemplo de esta solución sería usar la siguiente reacción $2\text{NaHCO}_3 \rightleftharpoons \text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$ para secuestrar CO_2 . Muchas otras soluciones de diseño personalizado, sólo como ejemplo utilizando una solución acuosa absorbente tal como hidróxido de sodio (NaOH), se pueden emplear usando el filtro de espuma acuosa como cámara de reactivo fluido y gaseoso.

20

TEORÍA DE OPERACIÓN

[0072] El filtro de aire espuma acuosa elimina los contaminantes super y submicrométricos de una corriente de aire mediante la aplicación de los principios de la física atmosférica para forzar el contacto entre los contaminantes suspendidos en la corriente de aire y las superficies de una espuma acuosa.

[0073] Un amplio espectro de radios de microgotas de la solución se introduce en una corriente de aire contaminado para realizar una variedad de funciones. Las microgotas de diferentes tamaños tienen diferentes inercias, velocidad de las gotas, energía cinética, y aumentan los contactos, colisiones y coalescencia con otras microgotas y contaminantes en el flujo de aire turbulento, mientras que también proporcionan material para la nucleación.

[0074] Algunas microgotas barren los contaminantes fuera de la corriente de

aire por contacto. La fase de un fluido como un líquido o un gas es el resultado de la fuerza intermolecular y la separación molecular. En los líquidos, las moléculas están cada una bloqueadas en un campo de fuerza fuerte y se empaquetan tan cerca como las fuerzas de repulsión se lo permitan. Las moléculas de los gases están lo
 5 suficientemente separadas para que sólo actúen fuerzas débiles entre las moléculas. La fricción superficial de un contaminante en contacto con una solución acuosa supera la fricción superficial de un contaminante en la corriente de aire, dando lugar a partículas atrapadas.

[0075] Algunas microgotas chocan y se unen en la dinámica de la corriente de
 10 aire y se eliminan por inercia y la aceleración de la gravedad. Las fuerzas intermoleculares y la separación molecular de contacto líquido-líquido constituyen una unión molecular fuerte. La masa de las microgotas se incrementa por coalescencia con otras microgotas. Las microgotas se aceleran debido a la fricción superficial con la corriente de aire, que la gravedad añade a la inercia de las microgotas. La alta inercia
 15 de las microgotas supera la resistencia del viento y las microgotas contactan con las superficies mojadas del filtro o la solución o el aire frío o las superficies frías y los contaminantes se eliminan de la corriente de aire.

[0076] Cuando la fricción superficial entre las microgotas más pequeñas (o
 20 contaminantes) y la corriente de aire es mayor que la aceleración de la gravedad, las microgotas (o contaminantes) queda suspendidas en la corriente de aire. La aceleración debida a la fricción superficial del contaminante y la corriente de aire, la aceleración de la gravedad y los efectos de la inercia contaminan la velocidad en una corriente de aire. La amortiguación de aire de aerosoles menos masivos inhibe el contacto.

[0077] Las microgotas de la solución más pequeñas se evaporan y elevan la
 25 presión de vapor de la solución de la corriente de aire. (Kelvin 1870, efecto de curvatura). La masa y la energía cinética de las moléculas en fase líquida, en proporción con el área superficial y la tensión superficial del líquido, y en proporción inversa a la presión del vapor de la atmósfera en la que se suspenden las gotas, limita el tamaño de las microgotas en la atmósfera. A pesar de los núcleos higroscópicos
 30 (0,001 - 10 micrones) atraen las moléculas de vapor de agua atmosférico, el efecto de la curvatura limita el tamaño de las microgotas de la nube por encima del punto en el que la evaporación continúa sin parar hasta que todas las moléculas de agua líquida cambian a la fase de vapor; aproximadamente 20 micrones, dependiendo de las

condiciones localizadas en la atmósfera. La humedad atmosférica regular y la presión reducida del conducto de entrada de aire aumentan el tamaño de las microgotas antes del cambio de fase irreversible en el filtro de espuma acuosa. Dependiendo de las condiciones locales, las microgotas de 50 a 100 micrones o más grandes, introducidas en la corriente de aire, pueden evaporarse inicialmente, con el tamaño de vaporización de las microgotas disminuyendo proporcionalmente a medida que la humedad relativa de la corriente de aire aumenta mediante la evaporación de las microgotas.

[0078] Las burbujas de la espuma crean microatmósferas que cambian las condiciones localizadas alrededor de los contaminantes suspendidos en el aire del ambiente dinámico de la corriente de aire, a la atmósfera estable dentro de las burbujas. En ausencia de movimiento de aire, la aceleración de la gravedad supera la aceleración impartida al contaminante o a las microgotas mediante la resistencia al viento con la superficie de los contaminantes o de las microgotas, asentándose los contaminantes y las microgotas fuera del aire en la superficie mojada en el interior de la burbuja. Las microgotas que se asientan fuera de la suspensión barren los contaminantes de barrido fuera del aire. Una porción de los contaminantes y de las microgotas permanece suspendida en la corriente de aire mediante atracción molecular y las fuerzas de flotación de la microatmósfera saturada en el interior de las burbujas.

[0079] Una presión eléctrica a través de un paso estrecho en el conducto de la espuma aumenta la eficiencia de la colisión-coalescencia de las micro-gotas y el contacto entre los contaminantes, las microgotas de la solución, y las superficies de la espuma. Una mayor concentración de la solución incluye más iones para corriente mayor y menos resistencia eléctrica en la solución. La corriente es inversamente proporcional a la separación de los electrodos. La tensión sigue siendo la misma con la distancia. Una presión CA apropiada magnificará el movimiento browniano aumentando el contacto entre los contaminantes suspendidos y las superficies mojadas de la espuma acuosa. Una presión CC imita la electrodinámica de la nube, pero puede interrumpir la desproporción de H_2O_2 , y aumentar la reducción por electrólisis.

[0080] Una zona de conducción térmica, proximal a las superficies de la bobina refrigerante fría, enfría las microatmósferas dentro de las burbujas y aumenta la presión del vapor en solución para que las condiciones favorezcan la nucleación heterogénea. El vapor en solución se condensa sobre los contaminantes disponibles suspendidos en el aire, y recubre cada contaminante con la solución. Las microgotas

formadas por nucleación heterogénea se condensan sobre las superficies frías del aire, las burbujas, las superficies frías y la bobina refrigerante.

- 5 **[0081]** El calor retirado de la corriente de aire mediante la bobina de evaporación fría es sustituido sin humedad adicional. El calor del motor eléctrico, el compresor refrigerante, la bomba de fluido y el compresor de aire para nebulizador, cuando se combina con el calor original retirado de la corriente de aire, recalienta la corriente de aire y aumenta la expansión del volumen de aire a un tamaño mayor que el volumen de aire original, reduciendo la humedad relativa a una inferior al nivel original.
- 10 **[0082]** La temperatura del depósito de la solución se mantiene a 25°C o a cualquier temperatura deseada mediante el enrutamiento de la solución de filtrado en un conducto en comunicación térmica con una fuente de calor (motor eléctrico o compresor de aire para utilizar el calor que se pierde de otra manera) o fuente de refrigeración.
- 15 **[0083]** Las ondas sonoras hacen vibrar los contaminantes y las microgotas en contacto entre sí y con las superficies mojadas de la espuma. Situadas en el estrecho paso en el conducto de la espuma/aire, las ondas de sonido pueden alterar las paredes de las burbujas, liberando contaminantes en las superficies mojadas interconectadas de la espuma acuosa y del aire de refrigeración.
- 20 **[0084]** La niebla se puede producir mediante ondas de sonido u otros medios energéticos en lugar de una boquilla nebulizadora de aire comprimido.
- [0085]** El desaguado se puede conseguir a través de medios térmicos (condensación) o mecánicos (separación centrífuga).
- 25 **[0086]** La descripción anterior de la invención se ha presentado por motivos de ilustración y descripción, y no pretende ser exhaustiva o limitar la invención a la forma precisa descrita. Modificaciones y variaciones son posibles a la luz de la descripción anterior. Las realizaciones fueron elegidas y se describen para explicar mejor los principios de la invención y su aplicación práctica para permitir así que otros expertos en la materia utilicen mejor la invención en varias realizaciones y con varias
- 30 modificaciones adecuadas para el uso particular contemplado. El alcance de la invención se define en las siguientes reivindicaciones.

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento de filtrado de contaminantes super y submicrométricos de una corriente de aire contaminado, en el que:

5 dicha corriente de aire contaminado pasa en y a través de una solución acuosa contenida,

en el que una espuma acuosa se genera a partir de dicha solución acuosa y se mantiene continuamente por encima de dicha solución acuosa contenida, formando dicha espuma acuosa una cámara de lavado en la que los contaminantes quedan atrapados dentro de las burbujas de dicha espuma acuosa, y en el que dicha
10 corriente de aire contaminado pasa a través de dicha espuma acuosa,

caracterizado por el hecho de que:

se produce una fina niebla de solución acuosa a partir de boquilla(s) nebulizador(as) (750) y se introduce la fina niebla en dicha corriente de aire contaminado antes de dicha corriente de aire contaminado entre en dicha espuma
15 acuosa, sobresaturando dicha fina niebla dicha corriente de aire contaminado,

se enfría la espuma acuosa atrapando así los contaminantes en las microgotas de solución líquida, suspendidas en el aire, dentro de las burbujas de espuma acuosa,

se separan dichos contaminantes de dicha corriente de aire sobre las
20 superficies de dichas burbujas de espuma acuosa trayendo dichos contaminantes en contacto con las superficies líquidas de dichas burbujas de espuma acuosa en dicha cámara de lavado;

se transfieren dichos contaminantes desde las superficies de dichas burbujas de espuma acuosa en dicha cámara de lavado a un depósito de dicha solución
25 acuosa, y

se descarga la corriente de aire descontaminada.

2. Procedimiento según la reivindicación 1, que comprende la etapa adicional de instar el contacto entre la espuma acuosa y las superficies frías de aire o una bobina refrigerante enfriada mediante un líquido.

30 3. Procedimiento según la reivindicación 1, que comprende la etapa adicional de forzar el contacto entre la espuma acuosa y las superficies frías de cualquier dispositivo de refrigeración.

4. Procedimiento según la reivindicación 1, que comprende la etapa

adicional de forzar el contacto entre la espuma acuosa y las superficies frías de las bobinas de refrigeración, continuamente refrigeradas mediante agua fría aproximadamente a 0°C para limitar la espuma a un volumen predeterminado, deshidratar la espuma y deshumidificar la corriente de aire.

5 **5.** Procedimiento según la reivindicación 1, que comprende la etapa adicional de limitar dicha espuma a un volumen predeterminado mediante una pulverización de gotas acuosas.

6. Procedimiento según la reivindicación 1, que comprende la etapa adicional de eliminar gotas de la corriente de aire mediante un separador de gotas
10 centrífugo.

7. Procedimiento según la reivindicación 1, que comprende la etapa adicional de mantener la temperatura de la solución (para maximizar el cambio de fase desde la fase de vapor de la solución a la fase de solución líquida).

8. Procedimiento según la reivindicación 1, que comprende la etapa
15 adicional de mantener la temperatura de la solución, del vapor o del aire a la temperatura y a la humedad deseadas para optimizar la eficiencia de filtración.

9. Procedimiento según la reivindicación 1, en el que dicha corriente de aire contaminado se introduce en dicha solución acuosa y los contaminantes se neutralizan mediante reacción química.

20 **10.** Procedimiento según la reivindicación 1, en el que dicha corriente de aire contaminado se introduce en dicha solución acuosa y los contaminantes se recuperan mediante reacción química.

11. Procedimiento según la reivindicación 1, en el que dicha corriente de aire contaminado se introduce en la solución acuosa y los contaminantes contenidos
25 en la solución para su posterior procesamiento.

12. Procedimiento según la reivindicación 1, en el que dicha corriente de aire contaminado se introduce en dicha solución acuosa y los contaminantes se filtran de la solución y se concentran para su posterior procesamiento.

13. Procedimiento según la reivindicación 1, en el que dicha corriente
30 de aire contaminado se introduce en dicha solución acuosa mediante la aplicación de un diferencial de presión a dicha corriente de aire contaminado.

14. Procedimiento según la reivindicación 13, en el que dicha corriente de aire de descontaminación se descarga bajo una presión relativa negativa hacia una

fuente de vacío.

15. Procedimiento según la reivindicación 1, en el que dicha niebla fina comprende gotas de solución acuosa que tienen un radio entre 0,001 y 1000 μm .

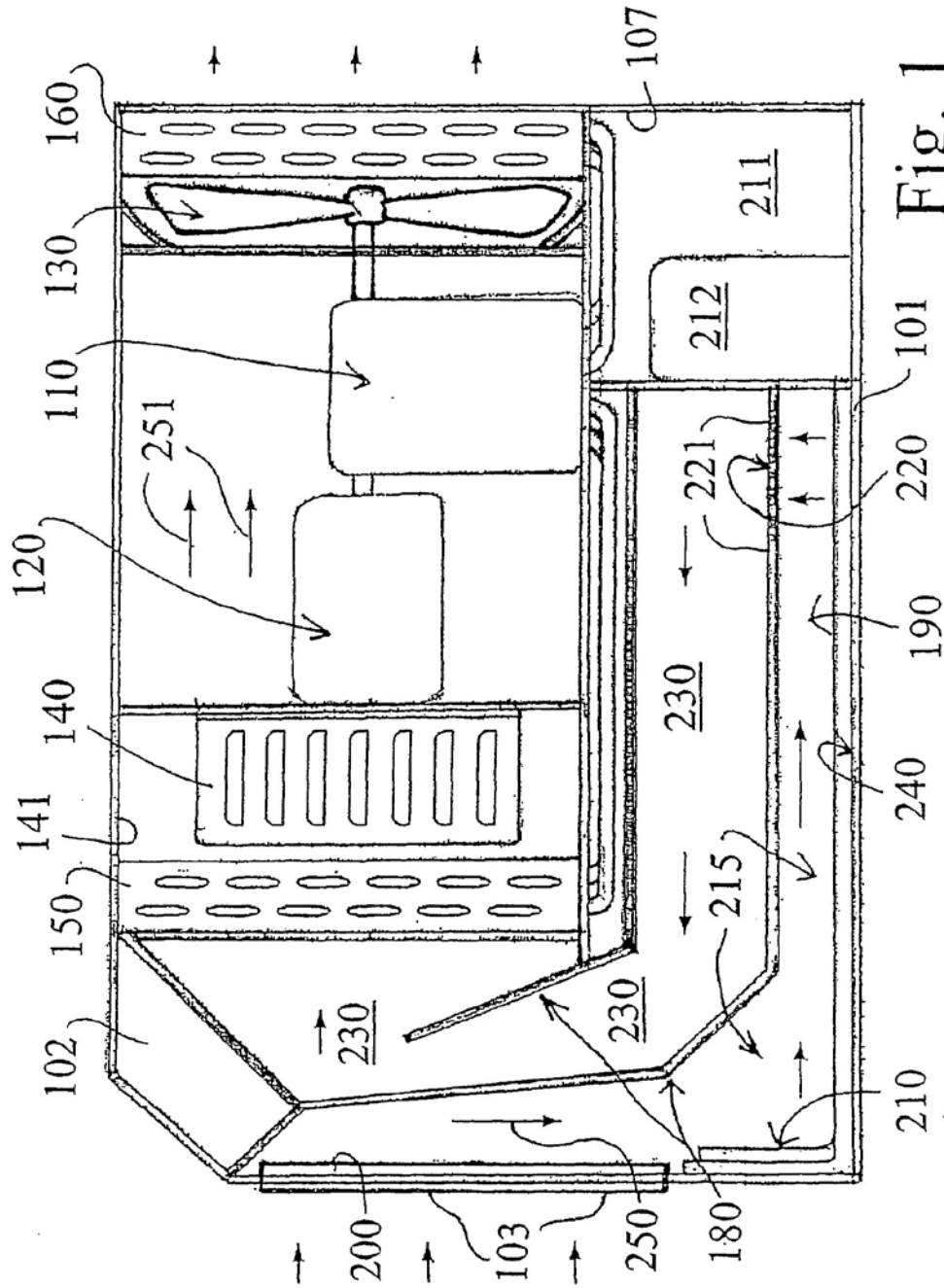


Fig. 1

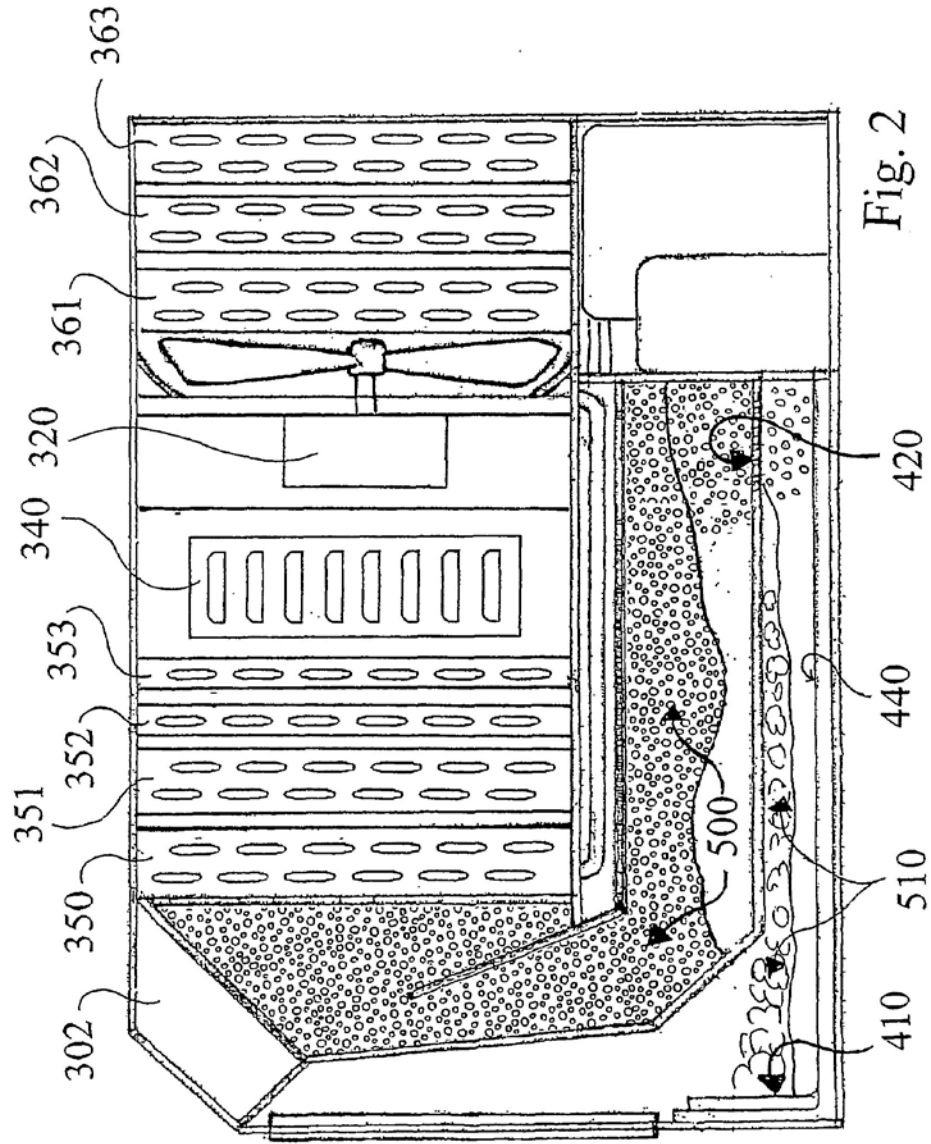


Fig. 2

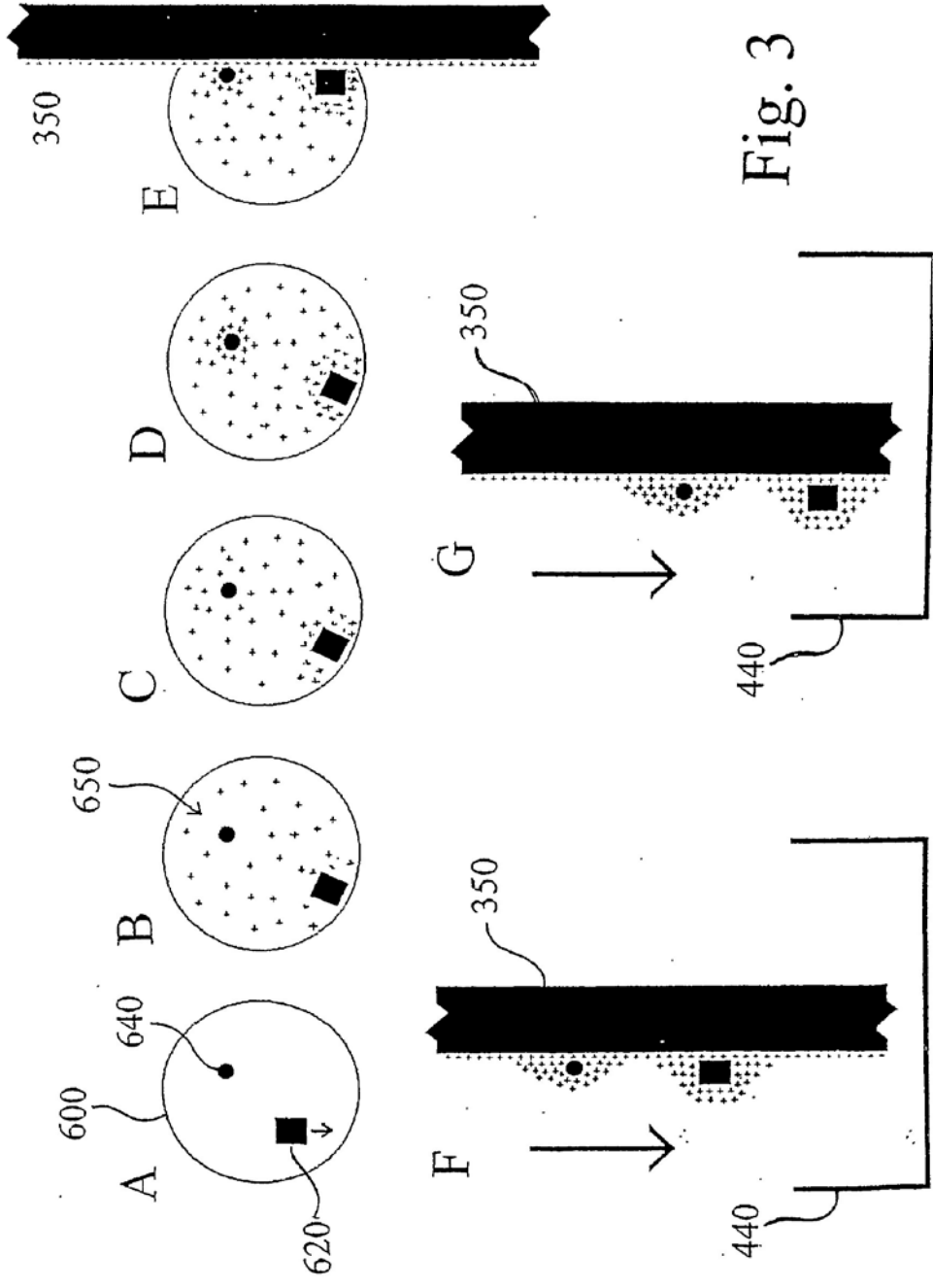
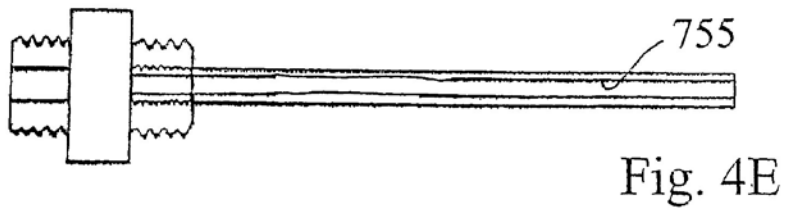
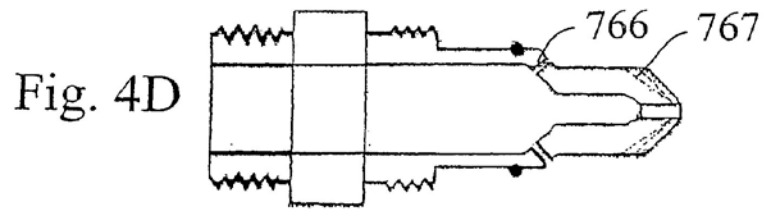
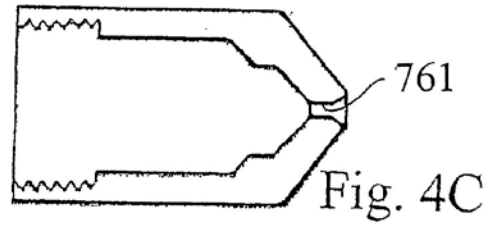
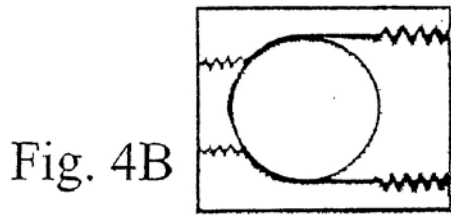
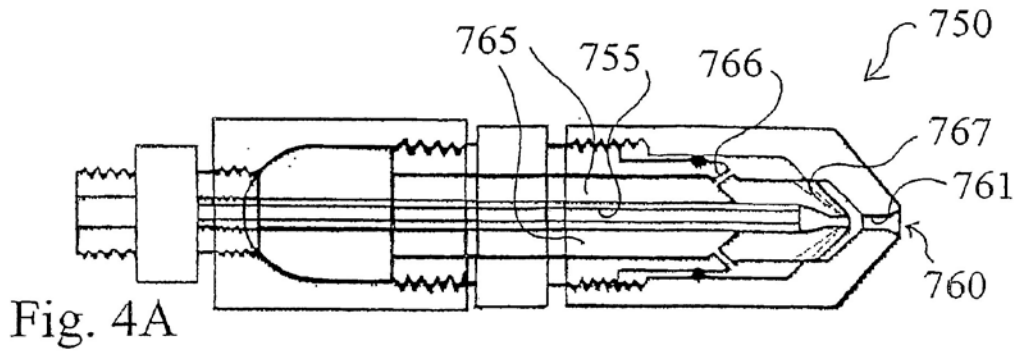


Fig. 3



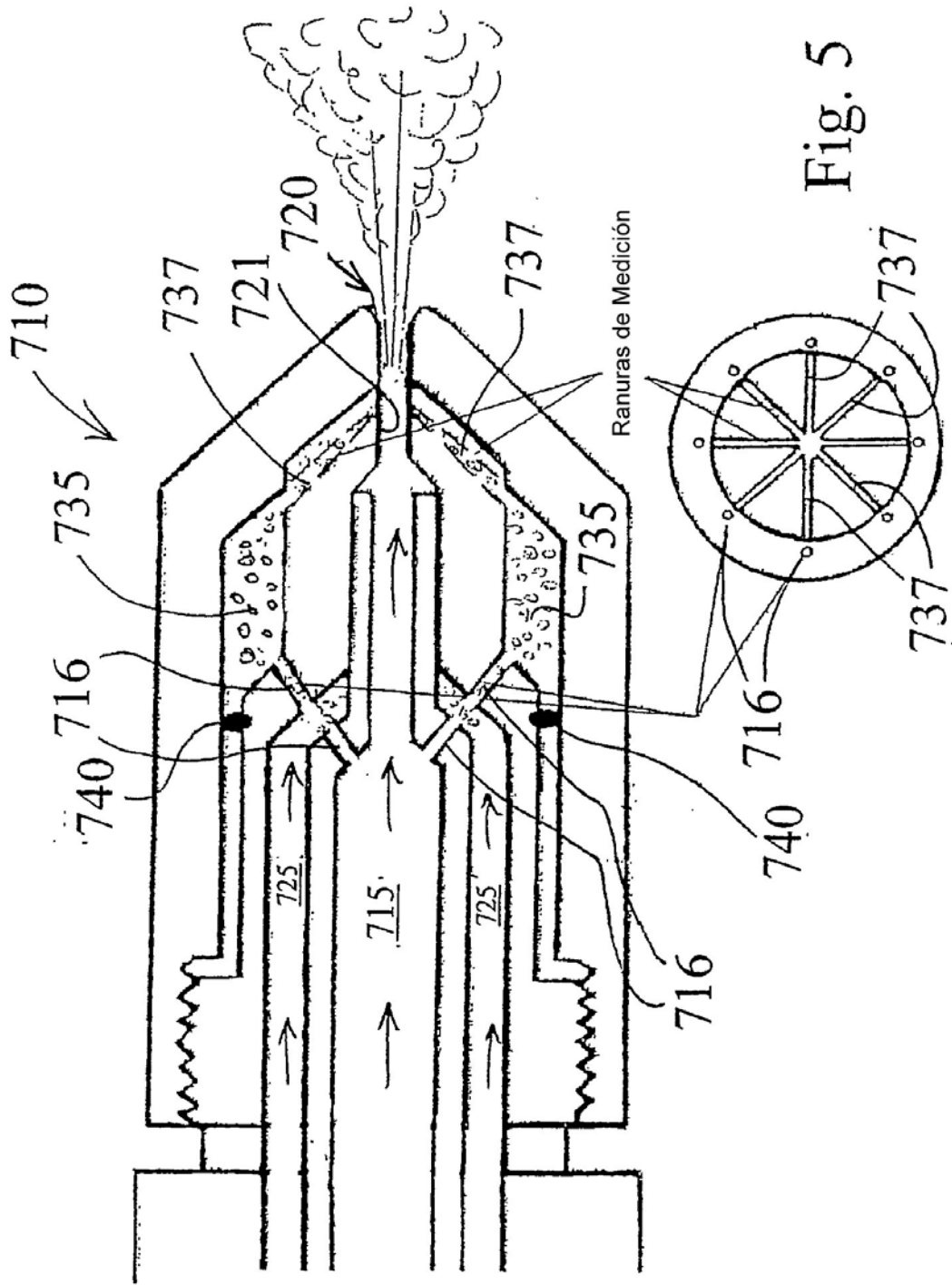
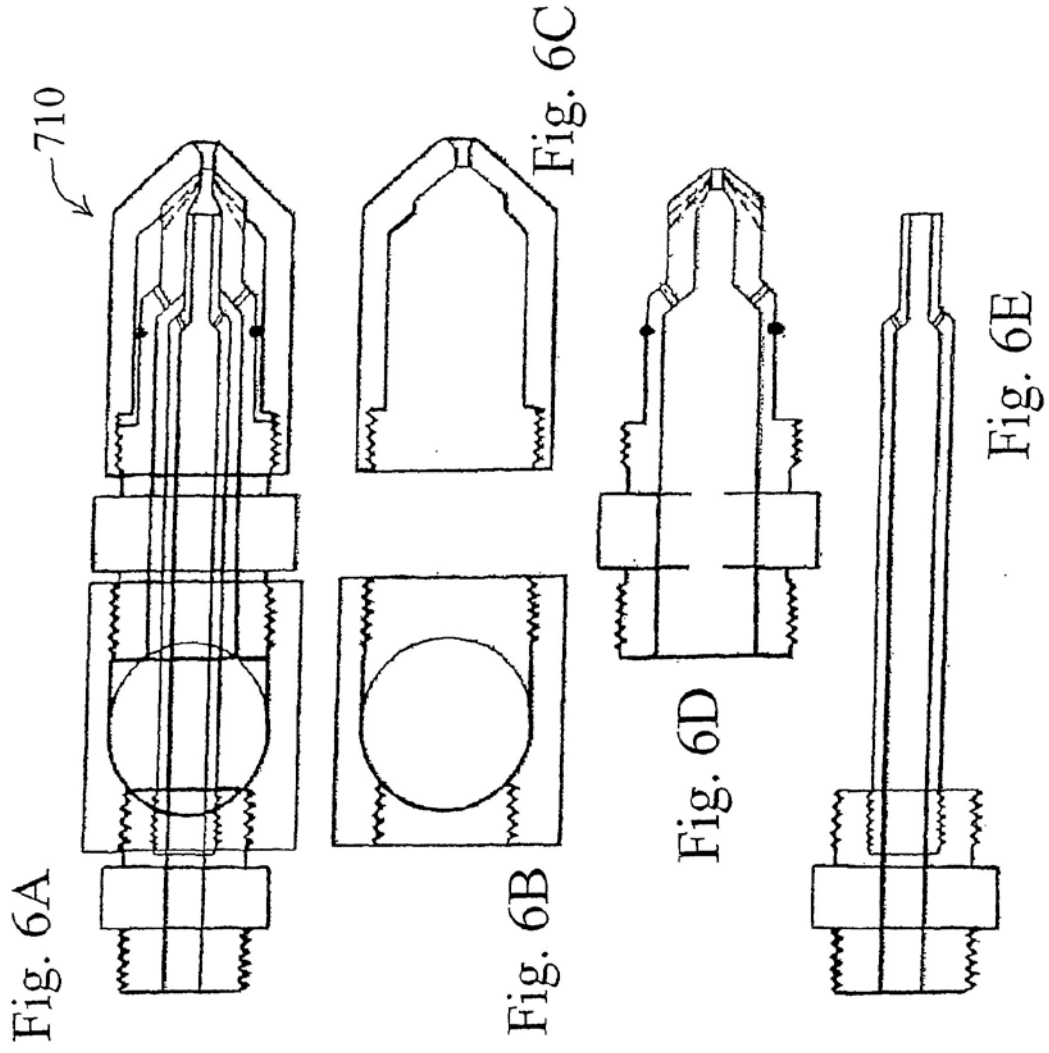


Fig. 5



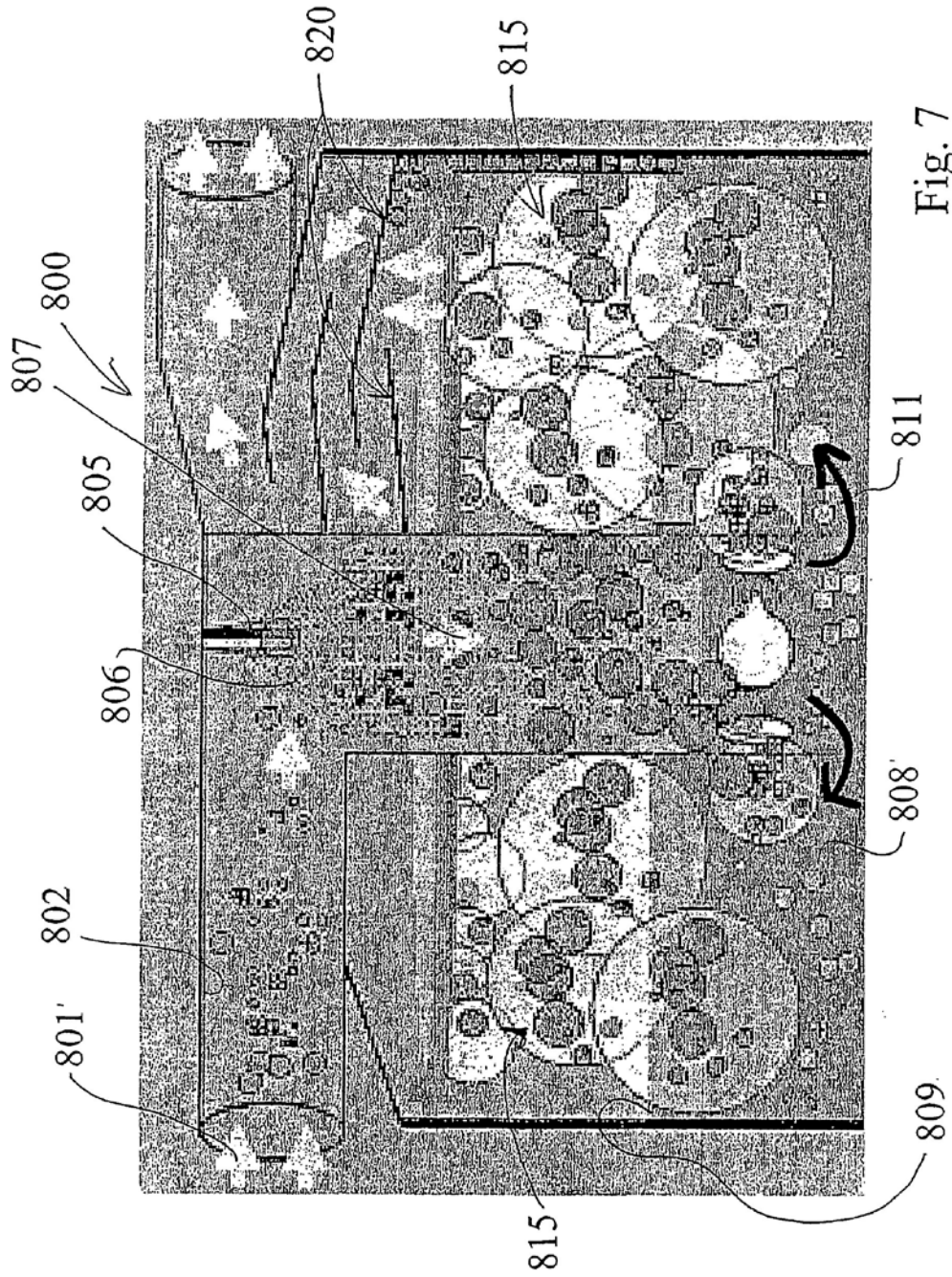


Fig. 7

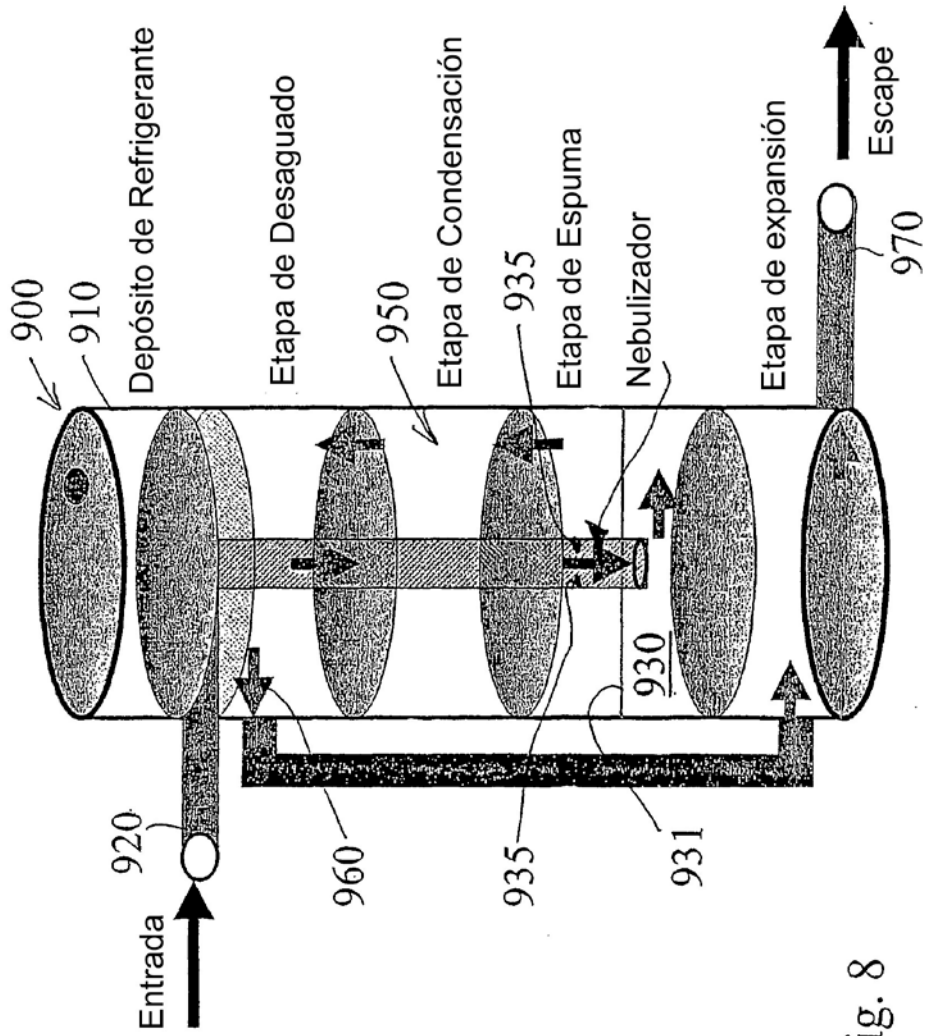


Fig. 8

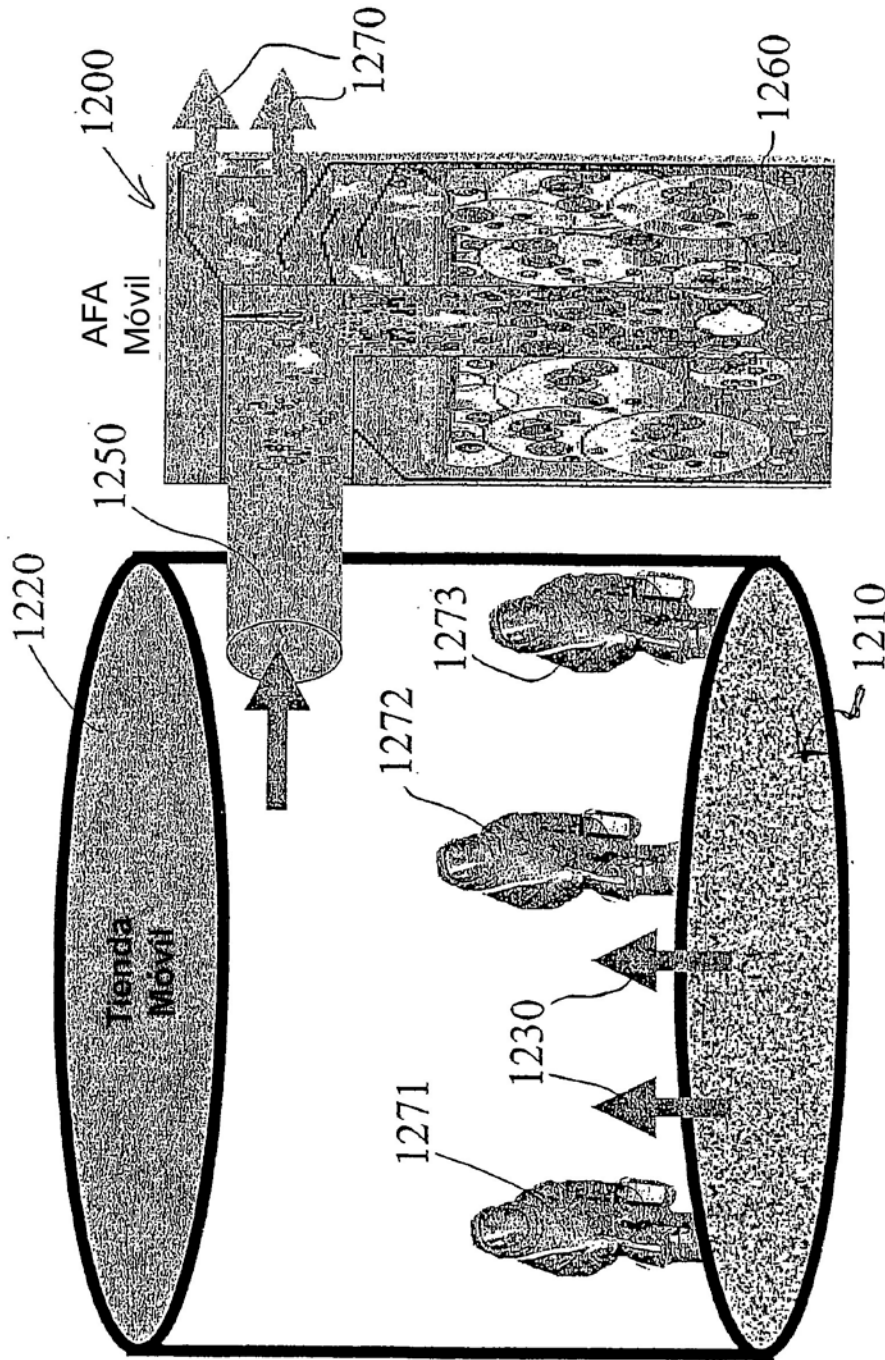


Fig. 9

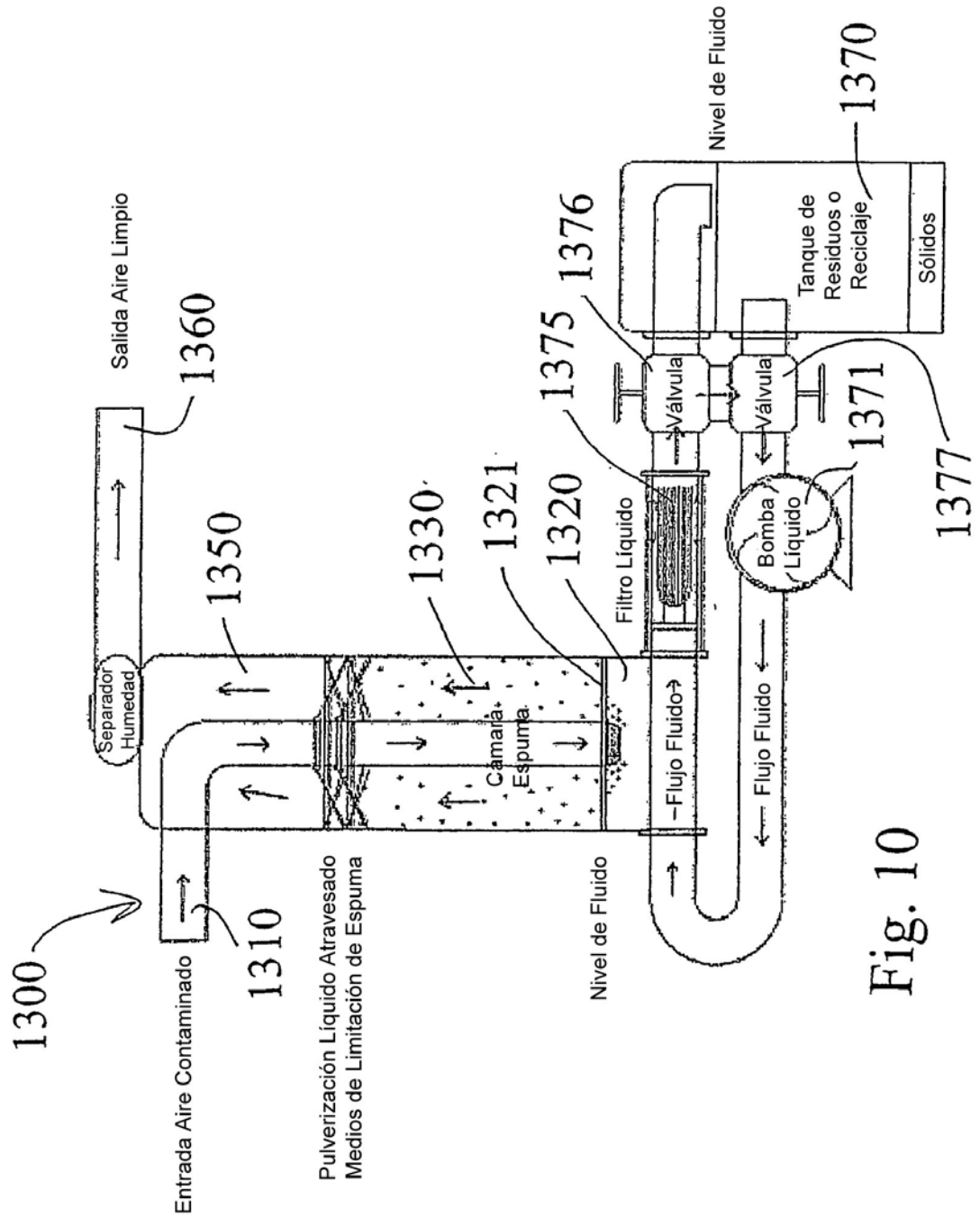


Fig. 10

REFERENCIAS CITADAS EN LA DESCRIPCIÓN

Esta lista de referencias citadas por el solicitante está prevista únicamente para ayudar al lector y no forma parte del documento de patente europea. Aunque se ha puesto el
5 máximo cuidado en su realización, no se pueden excluir errores u omisiones y la OEP declina cualquier responsabilidad al respecto.

Documentos de patente citados en la descripción

- 10 • US 6616733 B [0001] [0011] [0012]
• WO 0124909 A [0013]
• US 2405494 A [0013]