

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 446 388**

51 Int. Cl.:

**A61M 16/10** (2006.01)

**A61M 16/14** (2006.01)

**A61M 16/16** (2006.01)

**B01F 3/02** (2006.01)

**B01F 5/04** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **22.03.2005 E 05726052 (3)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **13.11.2013 EP 1729873**

54 Título: **Aparato y procedimiento para aportar vapor de agua a un gas**

30 Prioridad:

**26.03.2004 US 810768**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:

**07.03.2014**

73 Titular/es:

**VAPOTHERM, INC. (100.0%)  
198 LOG CANOE CIRCLE  
STEVENSVILLE, MD 21666, US**

72 Inventor/es:

**NILAND, WILLIAM F;  
BAMFORD, OWEN S y  
CORTEZ, FELINO V., JR**

74 Agente/Representante:

**TORNER LASALLE, Elisabet**

**ES 2 446 388 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**

Aparato y procedimiento para aportar vapor de agua a un gas.

**Campo de la invención**

5 La presente invención versa acerca de un aparato y un procedimiento para aportar vapor de agua a un gas. Más en particular, esta invención versa acerca de un cartucho de bajo caudal para la transferencia de vapor que, opcionalmente, permite que pase agua a la corriente de gas con caudales de gas que oscilen entre aproximadamente 1 litro por minuto y aproximadamente 8 litros por minuto sin una transferencia de agua en estado líquido. El cartucho de bajo caudal actúa como una barrera completa o parcial contra las bacterias mientras, simultáneamente, permite el paso de vapor de agua.

**10 Antecedentes de la invención**

Se ha reconocido que el suministro de oxígeno y de aire enriquecido en oxígeno al tracto respiratorio de un paciente a menudo da como resultado incomodidad para el paciente, especialmente cuando el aire se suministra durante un lapso prolongado. También se ha reconocido que el suministro de aire que tiene una humedad absoluta relativamente baja puede dar como resultado irritación respiratoria.

15 Se han propuesto varios dispositivos para superar estos problemas. La publicación de patente estadounidense nº 2003/0209246A1, la totalidad de cuya divulgación se incorpora al presente documento por referencia, describe realizaciones de un aparato y un procedimiento para la terapia del tracto respiratorio adaptadas para calentar y humectar el aire y para suministrar aire calentado y humectado al tracto respiratorio de un paciente humano. Dispositivos como los dados a conocer en la publicación de patente estadounidense nº 2003/0209246A1 representan una mejora con respecto a dispositivos de la técnica anterior.

20 No obstante, subsiste la necesidad de dispositivos adaptados para suministrar gases respiratorios complementarios con caudales bajos continuos, tales como caudales inferiores a aproximadamente 5 litros por minuto con humedades relativamente altas, tales como una humedad relativa de aproximadamente el 100% y en un intervalo de temperaturas elevadas, tal como un intervalo de temperaturas entre aproximadamente 33°C y aproximadamente 43°C. También persiste la necesidad de suministrar gas calentado y humectado con vapor de agua con caudales que oscilan entre aproximadamente 1 litro por minuto o menor y aproximadamente 8 litros por minuto o mayor.

25 El documento US 4859311 describe sistemas para variar independientemente el contenido de humedad y la temperatura del aire suministrado a un paciente. El documento GB 2053693 proporciona un aparato para suministrar aire calentado y húmedo a un paciente. El aparato comprende superficies que tienen un revestimiento de cobre o plata para evitar que las bacterias se multipliquen.

**30 Resumen de la invención**

La presente invención, según un aspecto, proporciona un aparato para aportar vapor de agua a un gas. El aparato incluye varias membranas de fibras huecas, cada una de las cuales define un paso para el flujo de gas desde un extremo corriente arriba de cada paso hasta un extremo corriente abajo de cada paso. La carcasa rodea las membranas de fibras huecas y tiene una entrada de aire situada para dirigir aire al extremo corriente arriba de cada uno de los pasos de las membranas de fibras huecas. Hay una salida de aire situada para dirigir aire desde el extremo corriente abajo de cada uno de los pasos de las membranas de fibras huecas. La carcasa tiene una entrada de agua situada para dirigir agua hacia las superficies exteriores de las membranas de fibras huecas y una salida de agua situada para dirigir agua desde la carcasa. Las membranas de fibras huecas tienen un área superficial combinada en el intervalo entre aproximadamente 90 centímetros cuadrados y aproximadamente 110 centímetros cuadrados.

40 Otro aspecto de la presente invención proporciona un procedimiento para calentar y humectar un gas. El procedimiento incluye aportar un gas a través de varias membranas de fibras huecas con un caudal entre aproximadamente 1 litro por minuto y 8 litros por minuto. Las superficies exteriores de las membranas de fibras huecas están en contacto con agua a una temperatura entre aproximadamente 33°C y aproximadamente 43°C. El área superficial combinada de las membranas de fibras huecas se mantiene entre aproximadamente 90 centímetros cuadrados y aproximadamente 110 centímetros cuadrados.

45 Según otro aspecto adicional, la presente invención proporciona un sistema para suministrar gas humectado a un paciente. El sistema incluye un medio para recibir agua, un medio para recibir gas y un aparato en comunión de fluido con dicho medio receptor de agua y dicho medio receptor de gas que está configurado para aportar al gas vapor procedente del agua. El aparato incluye membranas de fibras huecas y una carcasa que rodea las membranas de fibras huecas. Las membranas de fibras huecas tienen un área superficial combinada en el intervalo entre aproximadamente 90 centímetros cuadrados y aproximadamente 110 centímetros cuadrados.

**Breve descripción de los dibujos**

Puede lograrse una comprensión más completa de la materia de la presente invención y de las diversas ventajas de la misma por referencia a la siguiente descripción detallada, en la que se hace referencia a los dibujos adjuntos, en los que:

5 la FIG. 1 es un diagrama esquemático de una realización de un cartucho de transferencia de vapor según aspectos de esta invención;

la FIG. 2 es una vista lateral en corte transversal de otra realización de un cartucho de transferencia de vapor según aspectos de esta invención;

10 la FIG. 3 es un diagrama esquemático de otra realización de un sistema según aspectos de esta invención; y

la FIG. 4 es un diagrama esquemático de una realización de un aparato de ensayos según un aspecto de esta invención.

**15 Descripción detallada de la invención**

En la descripción detallada que sigue se describirán las características de la presente invención en conexión con el suministro de gas humectado a un paciente. La FIG. 3 proporciona una ilustración esquemática de realizaciones de sistemas en su conjunto. Las FIGURAS 1 y 2 ilustran realizaciones de cartuchos de flujo de vapor que pueden ser usados en sistemas como el sistema ilustrado en la FIG. 3.

20 Con referencia a las figuras en general, se proporciona un aparato 100, 200 para aportar vapor de agua a un gas. El aparato 100, 200 incluye varias membranas 135, 205 de fibras huecas, cada una de las cuales define un paso para el flujo de gas desde un extremo corriente arriba de cada uno de dichos pasos hasta un extremo corriente abajo de cada uno de dichos pasos. Una carcasa 210 rodea las membranas 135, 205 de fibras huecas y tiene una entrada 115, 215 de aire situada para dirigir aire al extremo corriente arriba de cada uno de los pasos de las membranas 135, 205 de fibras huecas. Hay una salida 110, 220 de aire situada para dirigir aire desde el extremo corriente abajo de cada uno de los pasos de las membranas 135, 205 de fibras huecas. La carcasa 210 tiene una entrada 125, 225 de agua situada para dirigir agua hacia las superficies exteriores de las membranas 135, 225 de fibras huecas y una salida 130, 230 de agua situada para dirigir agua desde la carcasa 210. Las membranas 135, 205 de fibras huecas tienen un área superficial combinada en el intervalo entre aproximadamente 90 centímetros cuadrados y aproximadamente 110 centímetros cuadrados.

En un uso ejemplar, se suministra gas a través de membranas 135, 205 de fibras huecas con un caudal entre aproximadamente 1 litro por minuto y aproximadamente 8 litros por minuto. Las superficies exteriores de las membranas 135, 205 de fibras huecas están en contacto con agua a una temperatura entre aproximadamente 33°C y aproximadamente 43°C. El área superficial combinada de las membranas 135, 205 de fibras huecas se mantiene entre aproximadamente 90 centímetros cuadrados y aproximadamente 110 centímetros cuadrados.

La invención también proporciona un sistema 400 para suministrar gas humectado a un paciente. El sistema 400 incluye un medio para recibir agua, un medio para recibir gas y un aparato 100, 200 en comunicación de fluido con dicho medio receptor de agua y dicho medio receptor de gas que está configurado para aportar al gas vapor procedente del agua. El aparato 100, 200 incluye membranas 135, 205 de fibras huecas y una carcasa 210 que rodea las membranas 135, 205 de fibras huecas. Las membranas 135, 205 de fibras huecas tienen un área superficial combinada en el intervalo entre aproximadamente 90 centímetros cuadrados y aproximadamente 110 centímetros cuadrados.

Aunque se hace referencia al suministro de aire calentado y humectado a un paciente según realizaciones ejemplares de esta invención, esta invención no está limitada al suministro de aire. Además, el aire u otro gas pueden ser calentados o no antes de su suministro al paciente (aunque preferentemente sean calentados). Por último, la humectación del aire o de otro gas se consigue aportado vapor de agua al gas según realizaciones ejemplares de esta invención, pero también se contempla el aporte al gas de otros vapores además del vapor de agua o en lugar del mismo.

Un cartucho de intercambio de calor-humedad, que será descrito posteriormente con mayor detalle, es accesible preferentemente para su mantenimiento sin desmontaje ni extracción del sistema de un portasueros. VapoTherm, Inc., proporciona un ejemplo de cartucho que puede usarse en un aparato según esta invención con el número de catálogo VT01-B. Pueden considerarse otras configuraciones de este casete para aumentar el área superficial y reducir la caída de presión. Las fibras huecas de un cartucho preferente tienen grosores de pared entre aproximadamente 55 y aproximadamente 60 micrómetros. Por supuesto, pueden utilizarse otras fibras huecas.

55 Con referencia ahora a la Fig. 3, se describirán ahora características ejemplares de otro aparato adaptado para suministrar gas calentado y humectado. Con referencia a la representación esquemática proporcionada en la Fig. 3, un aparato 400 incluye un conjunto 402 de suministro y un conjunto 404 de tubos de suministro, que está adaptado

para fijarse de forma separable al conjunto 402 de suministro. El conjunto 402 de suministro está dotado de una entrada 406 para recibir gas de una toma de pared o de un compresor o un depósito u otra fuente. En una aplicación de bajo caudal, lo que más se prefiere es que el gas sea proporcionado con un caudal entre aproximadamente 1 y aproximadamente 8 l/min, aunque también se contemplan caudales mayores y menores.

5 Corriente abajo desde la entrada 406 hay una válvula solenoide 408 de corte de gas para impedir el flujo de gas cuando se desee. Se proporciona un intercambiador 410 para humectar el gas por medio del flujo contracorriente de agua y gas a través del intercambiador 410. Se proporcionan un detector 412 de fugas y un transductor 414 de presión corriente abajo del intercambiador 410. El gas pasa entonces hacia fuera a través del conjunto 404 de tubos de suministro para proporcionar un suministro de gas calentado humectado, según se indica en "A".

10 El conjunto 402 de suministro está configurado para recibir agua de una bolsa 416 de agua. Una bomba 418, que puede estar dotada de una fuente de alimentación de 12VCC, impulsa el agua a través del conjunto 402 de suministro. Se proporciona un transductor 420 de presión corriente abajo de la bomba 418 para detectar la presión del agua en el sistema. A continuación, el agua se calienta en el calentador 422, que puede estar dotado de una fuente de alimentación de 115VCA. El agua, según se indica en "W", avanza por el conjunto 402 de suministro hasta el conjunto 404 de tubos de suministro. Preferentemente, se suministra agua W desde el conjunto 402 de suministro a un caudal de aproximadamente 0,6 l/min., y a una presión de aproximadamente 55,16 kPa, aunque también se contemplan caudales y presiones mayores y menores.

El agua calentada fluye por el conjunto 404 de tubos de suministro de una manera que se describirá con mayor detalle más abajo. El agua vuelve entonces al conjunto 402 de suministro para su flujo a través del intercambiador 410. La temperatura del agua es detectada en un emplazamiento corriente abajo del intercambiador 410. El agua repite entonces el circuito a través del sistema de forma circular. El agua procedente de la bolsa 416 de agua complementa al agua que recircula.

La FIG. 1 ilustra una realización ejemplar de un cartucho 100 de bajo caudal para aportar vapor de agua a un gas. El cartucho 100 está configurado para su uso en sistemas tales como el sistema 400 ilustrado en la Fig. 3, respectivamente. Se usa el cartucho 100 para humectar una corriente 140 de aire que atraviesa membranas 135 de fibras huecas del cartucho 100 mientras circula agua calentada por el exterior de las membranas 135 de fibras huecas. El cartucho 100 contiene varias membranas 135 de fibras huecas, cada una de las cuales define un paso para el flujo 140 de gas procedente de un extremo corriente arriba del paso hasta un extremo corriente abajo del paso. Entra gas al cartucho por una entrada 115 de aire con una presión nominal ejemplar de aproximadamente 68,95 kPa y una temperatura de entrada entre aproximadamente 17°C y aproximadamente 27°C. Se suministra aire a través de varias membranas 135 de fibras huecas a un caudal entre aproximadamente 1 litro por minuto y aproximadamente 8 litros por minuto. La caída de presión a través de las membranas 135 de fibras huecas es, idealmente, inferior a aproximadamente 13,33 kPa a 5 lpm.

El agua entra en el cartucho 100 por la entrada 125 de agua con una presión preferente de entrada de hasta aproximadamente 12 kPa y hace contacto con las superficies exteriores de las membranas 135 de fibras huecas con agua a una temperatura entre aproximadamente 33°C y aproximadamente 43°C. El agua fluye por los huecos entre las superficies exteriores de las membranas 135 de fibras huecas y atraviesa poros (en 120) de las membranas 135 de fibras huecas para aportar agua evaporada a la corriente 140 de gas dentro de las membranas 135.

El flujo de gas en 140, a medida que se humecta, se mueve corriente abajo hasta el extremo del paso 140, en el que el aire sale del cartucho en la salida 110 de aire. Se hace circular agua por la zona interior del cartucho 100 (alrededor de las superficies exteriores de las membranas de fibras huecas) y el agua en circulación sale del cartucho 100 por la salida 130 de agua.

Una realización ejemplar de la presente invención limita la transferencia de vapor de agua al gas inhalado hasta el punto en el que no hay presente agua alguna en estado líquido en el gas inhalado, mientras se mantiene, preferentemente, una humedad relativa de aproximadamente el 100%. Los niveles de humedad relativa se reducen opcionalmente a aproximadamente el 95% con una entrada de aire de 5 litros por minuto mientras no se permite el paso de agua líquida.

En otra realización, el diseño preferente del cartucho 100 es tal que las paredes de las membranas 205 de fibras huecas están dimensionadas preferentemente para permitir que las atraviese suficiente vapor de agua para saturar con vapor completamente flujos de gas de hasta aproximadamente 8 litros por minuto mientras se retiene el agua líquida. Puede definirse el rendimiento aplicando una presión de agua al exterior de las membranas 205 de fibras huecas y midiendo (1) el tiempo que le lleva al agua líquida penetrar las membranas 205 de fibras huecas y (2) el caudal de agua que atraviesa las membranas 205 de fibras huecas después de que ha ocurrido la penetración. En una realización preferente, el rendimiento es adecuado si, a una presión estática de 6,27 kPa, la penetración lleva al menos una hora y el caudal de agua posteriormente es inferior a 0,21 mL/min.

La FIG. 2 ilustra la estructura de compartimientos del cartucho 200 de bajo caudal. La carcasa 210 rodea las membranas 205 de fibras huecas rodeada por agua que circula a temperatura controlada. En una realización ejemplar, la carcasa 210 puede estar parcialmente formada de material de policarbonato. La carcasa 210

comprende una entrada 225 de agua situada para dirigir agua hacia las superficies exteriores de dichas membranas 205 de fibras huecas y una salida 230 de agua situada para dirigir agua desde la carcasa. Las moléculas de agua se difunden a través de las membranas 205 de fibras huecas al interior de la luz, en el que son arrastradas por el gas inhalado que pasa por las membranas 205 de fibras huecas. La carcasa 210 tiene una entrada 215 de aire situada para dirigir aire al extremo corriente arriba de cada uno de los pasos de las membranas 205 de fibras huecas y una salida 220 de aire situada para dirigir aire desde el extremo corriente abajo de cada uno de los pasos de las membranas 205 de fibras huecas.

El cartucho 200 está configurado para limitar la transferencia de vapor de agua al gas inhalado hasta el punto en el que hay poca o ninguna agua presente en estado líquido en el gas inhalado. Según una realización preferente, no hay ninguna agua presente en estado líquido en el gas inhalado, y el cartucho está configurado para mantener una humedad relativa de aproximadamente el 100%.

En aplicaciones de menor caudal (por ejemplo, con caudales de gas inhalado entre aproximadamente 1 lpm y aproximadamente 8 lpm), en el pasado ha resultado difícil reducir o evitar el flujo de agua líquida al gas inhalado. Más específicamente, debido al bajo caudal del gas inhalado, puede haber una acumulación de vapor de agua en el gas inhalado y la formación resultante de agua líquida en el gas inhalado.

Sin embargo, se ha descubierto que el flujo de agua líquida al gas inhalado puede reducirse o eliminarse reduciendo el área superficial de las superficies exteriores conjuntas de las membranas 205 de fibras huecas. Aunque se ha descubierto que resulta beneficiosa tal reducción del área superficial para reducir el paso de agua líquida, la reducción indebida del área superficial evita el adecuado paso de vapor de agua para humectar debidamente el gas inhalado. Lo más preferible es que se desee proporcionar niveles de humedad relativa en el intervalo entre aproximadamente el 95% y aproximadamente el 100% mientras no se permite el paso de agua líquida.

Se ha descubierto que la tasa preferente en la que se difunde vapor de agua a través de las membranas 205 de fibras huecas en la corriente de aire inhalado depende al menos de una de dos variables principales, concretamente el área superficial disponible para la difusión y del gradiente de presión en la pared de las membranas 205 de fibras huecas. El gradiente de presión es la diferencia entre la presión del agua fuera y la presión del gas dentro de las membranas 205 de fibras huecas. Puede considerarse que la presión del agua es constante. Con caudales pequeños de gas, la presión del gas también es baja y, por ende, el gradiente favorece una mayor difusión del agua en la corriente de gas. Además, el menor caudal de gas tiene una capacidad reducida de transportar vapor de agua. El efecto combinado es una tendencia a que se difunda más agua a través de las membranas 205 de fibras huecas que la que puede ser evacuada como vapor. El resultado es que la corriente de gas puede acumular gotas de agua líquida que son entonces transportadas a las vías aéreas del paciente. Para reducir la cantidad de agua que entra en la corriente de gas se ha descubierto que puede reducirse el área superficial disponible para la difusión. La reducción de la superficie con el diseño actual del cartucho 100, 200 se logra reduciendo el número de membranas 205 de fibras huecas. Más específicamente, se ha descubierto que puede lograrse el rendimiento de la transferencia de agua dentro del intervalo efectivo usando aproximadamente 250 membranas de fibras huecas con un área superficial total en un intervalo entre aproximadamente 90 centímetros cuadrados y 110 centímetros cuadrados, preferentemente aproximadamente 100 centímetros cuadrados. Se ha descubierto que las anteriores áreas superficiales son especialmente deseables para caudales entre aproximadamente 1 lpm y aproximadamente 8 lpm.

Opcionalmente, se reduce el área superficial del cartucho 200 reduciendo el número de membranas 205 de fibras huecas, reduciendo así la cantidad de área superficial combinada de las membranas 205 de fibras huecas para el flujo del gas y el intercambio de vapor. Alternativamente, disminuyen opcionalmente el diámetro exterior y/o la longitud de las membranas 205 de fibras huecas para reducir el área superficial. En consecuencia, la reducción del área superficial puede lograrse seleccionando el número de fibras, cambiando las dimensiones de las fibras o una combinación de lo anterior.

En una realización ejemplar, se forma un conjunto de membranas 205 de fibras huecas a partir de un material polimérico y comprenden polisulfona. Sin embargo, pueden estar formadas de un material no polimérico. Las membranas 205 de fibras huecas se conectan a tapones 245 situados en el extremo de la carcasa 210. Puede disponerse un material 235 de encapsulado de uretano en cada extremo del cartucho 200 para colocar firmemente las membranas 205 de fibras huecas en la carcasa 210 y para evitar completa o sustancialmente la mezcla de aire y agua líquida en el cartucho.

La entrada 215 de aire y la salida 220 de aire de la carcasa 210 están definidas por tapones 245 situados en las porciones extremas de la carcasa 210. Estos tapones terminales 245 están fijados a la carcasa 210 por ambos extremos para cerrar el interior del cartucho 200, pero son opcionalmente separables. Los tapones terminales 245 pueden estar compuestos de policarbonato o de un material de tipo similar. Cada uno de los tapones terminales 245 comprende una espiga 240 para manguera, espigas 240 para manguera que, por tanto, están dispuestas en ambos extremos del cartucho 210 para facilitar la conexión del cartucho 200 a todo el sistema (es decir, a conductos a través de los cuales se suministra gas al cartucho y desde el mismo). Por lo tanto, las espigas 240 para manguera definen la entrada 215 de aire en un extremo y la salida 220 de aire en el extremo opuesto. Opcionalmente, el cartucho 200 está dotado de una conexión Luer 250 para definir cada una de la entrada 225 de agua y de la salida

230 de agua y para conectar el cartucho 200 con otro dispositivo externo (es decir, a conductos a través de los cuales se suministra agua al cartucho y desde el mismo).

5 Según se ha mencionado anteriormente, las membranas 205 de fibras huecas están configuradas, idealmente, para resistir la irrupción de agua durante al menos una hora cuando falta el flujo de gas y la presión estática del agua es de aproximadamente 6,27 kPa. Cada una de las membranas 205 de fibras huecas está configurada de tal modo que un flujo de agua después de una irrupción inicial de agua no supere aproximadamente 0,21 mililitros por minuto con una presión estática del agua de 6,27 kPa. Por lo tanto, las membranas de fibras huecas y los cartuchos en los que se montan, pueden ser sometidos a ensayo para garantizar que son adecuadas para aplicaciones de bajo caudal.

10 En otra realización ejemplar adicional, el cartucho 200 tiene una longitud que oscila entre aproximadamente 15,24 cm y aproximadamente 16,51 cm y una anchura que oscila entre aproximadamente 2,54 cm y aproximadamente 3,81 cm. Idealmente, los extremos del cartucho 200 están dotados de espigas 240 para manguera de 0,95 cm. Preferentemente, las conexiones laterales de la caja tienen aproximadamente 1,59 cm de longitud y tienen un diámetro interno de aproximadamente 0,64 cm. Aunque estas dimensiones son facilitadas con fines ilustrativos, se reconocerá que puede seleccionarse una amplia variedad de formas, tamaños y configuraciones y que la invención  
15 no está limitada a ningún tamaño ni forma particulares.

Para determinar si un cartucho está optimizado para el suministro de vapor, puede realizarse un ensayo de "irrupción". La Fig. 4 ilustra un ensayo de irrupción, por ejemplo, del cartucho 100. Se aplica presión de agua a la camisa de agua del cartucho 100 a través de los orificios laterales proporcionados para las conexiones de agua mediante la entrada 125 de agua y la salida 130 de agua. Se determina la presión por medio de la altura de agua en el depósito 405 de agua por encima del centro del cartucho 100. El cartucho 100 está sujeto sobre una balanza electrónica sensible 421 con precisión de 0,1 g. Cualquier agua que atraviese las paredes de las membranas 205 de fibras huecas sale por la salida 110 de aire y cae en el recipiente 415 colocado sobre la balanza 421. El suministro de agua procedente del depósito 405 de agua al cartucho 100 a través de la entrada 125 de agua es controlado, preferentemente, manipulando una llave 411 de paso.  
20

25 Con referencia a la Fig. 4, la presión especificada para el ensayo es de 6,27 kPa, que es equivalente a una columna de agua de 64 cm de agua. La altura del depósito 405 de agua se regula a 64 cm por encima del centro del cartucho 100. Se consigna el momento en que la primera gota de agua llega al recipiente 415, así como la tasa de recogida de agua en g/hora en los primeros 30 minutos desde la irrupción. La irrupción ocurre cuando una primera gota de agua sale por la salida 110 de gas.  
30

**REIVINDICACIONES**

1. Un procedimiento para calentar y humectar un gas que comprende las etapas de:
- 5 (a) calentar un flujo de agua con un calentador (422) de agua hasta una temperatura entre aproximadamente 33°C y aproximadamente 43°C;
- (b) hacer pasar el flujo de agua calentada desde el calentador (422) de agua, a través de un tubo (404) de suministro, hasta un aparato humectador (410, 200);
- 10 (c) suministrar gas a través de varias membranas (205) de fibras huecas al aparato humectador (200) con un caudal entre aproximadamente 1 litro por minuto y aproximadamente 8 litros por minuto;
- (d) poner en contacto las superficies exteriores de las membranas de fibras huecas con el agua calentada para calentar y humectar el gas con el agua calentada;
- 15 (e) mantener el área superficial combinada de las membranas de fibras huecas entre aproximadamente 90 centímetros cuadrados y aproximadamente 110 centímetros cuadrados; y
- (f) recibir el gas calentado y humectado desde una salida (220) de aire del aparato humectador (200) con el tubo (404) de suministro.
- 20 2. El procedimiento de la reivindicación 1 que, además, comprende la etapa de proporcionar el gas con una humedad relativa entre aproximadamente el 80% y aproximadamente el 100%.
3. El procedimiento de la reivindicación 1 que, además, comprende la etapa de proporcionar el gas con una humedad relativa de aproximadamente el 95% a 5 litros por minuto.
4. El procedimiento de la reivindicación 1 que, además, comprende la etapa de mantener una caída de presión a través de las membranas de fibras huecas inferior a aproximadamente 13,33 kPa a 5 litros por minuto.
- 25 5. Un sistema para suministrar gas humectado a un paciente, comprendiendo dicho sistema:
- un medio para recibir agua;
- un calentador (422) de agua configurado para calentar el agua;
- 30 un medio para recibir gas;
- un aparato humectador (410, 200) en comunicación de fluido con dicho medio receptor de agua y dicho medio receptor de gas, estando configurado dicho aparato para calentar y humectar el gas con el agua, comprendiendo dicho aparato:
- 35 varias membranas (205) de fibras huecas, cada una de las cuales define un paso para el flujo de gas desde un extremo corriente arriba de dicho paso hasta un extremo corriente abajo de dicho paso, teniendo dichas membranas de fibras huecas un área superficial combinada en el intervalo entre aproximadamente 90 centímetros cuadrados y aproximadamente 110 centímetros cuadrados;
- 40 una carcasa (210) que rodea dichas membranas de fibras huecas, teniendo dicha carcasa una entrada (215) de aire situada para dirigir aire a dicho extremo corriente arriba de cada uno de dichos pasos de dichas membranas de fibras huecas y una salida (220) de aire situada para dirigir aire desde dicho extremo corriente abajo de cada uno de dichos pasos de dichas membranas de fibras huecas, teniendo dicha carcasa una entrada (230) de agua situada para dirigir agua hacia las superficies exteriores de dichas membranas de fibras huecas y una salida (225) de agua situada para dirigir agua desde dicha carcasa; y
- 45 un tubo (404) de suministro configurado para recibir del calentador de agua el agua calentada, para recibir el gas calentado y humectado desde la salida de aire del aparato humectador, y para suministrar el agua calentada a la entrada de agua del aparato humectador.
- 50 6. El sistema de la reivindicación 5 en el que cada una de dichas membranas (205) de fibras huecas está configurada para resistir la irrupción de agua durante al menos una hora cuando falta el flujo de gas y la presión estática del agua es de aproximadamente 6,27 kPa.
7. El sistema de la reivindicación 5 en el que cada una de dichas membranas (205) de fibras huecas está configurada de modo que un flujo de agua después de una irrupción inicial de agua no supere aproximadamente 0,21 mililitros por minuto con una presión estática del agua de 6,27 kPa.
- 55

8. El sistema de la reivindicación 5 en el que cada medio de recepción comprende un conducto acoplable a una fuente de agua.
9. El sistema de la reivindicación 5 en el que dicho medio de recepción de gas comprende un conducto acoplable a una fuente de gas.
- 5 10. El sistema de la reivindicación 7 en el que dichas membranas (205) de fibras huecas tienen un área superficial combinada de aproximadamente 100 centímetros cuadrados.



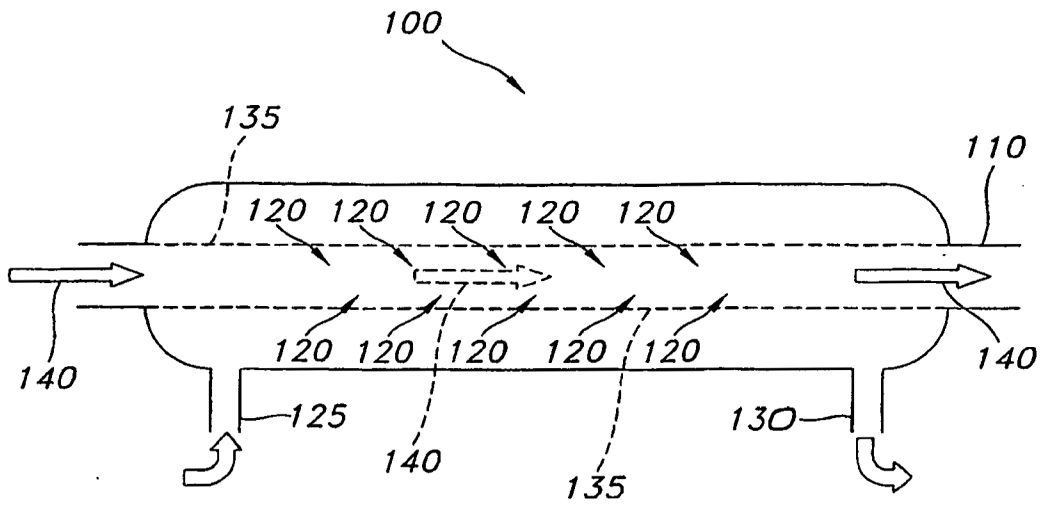


FIG. 1

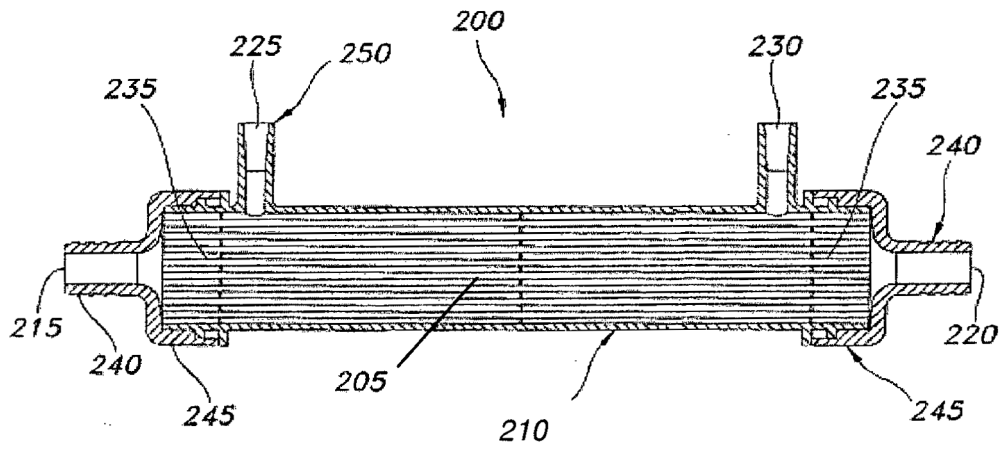


FIG. 2

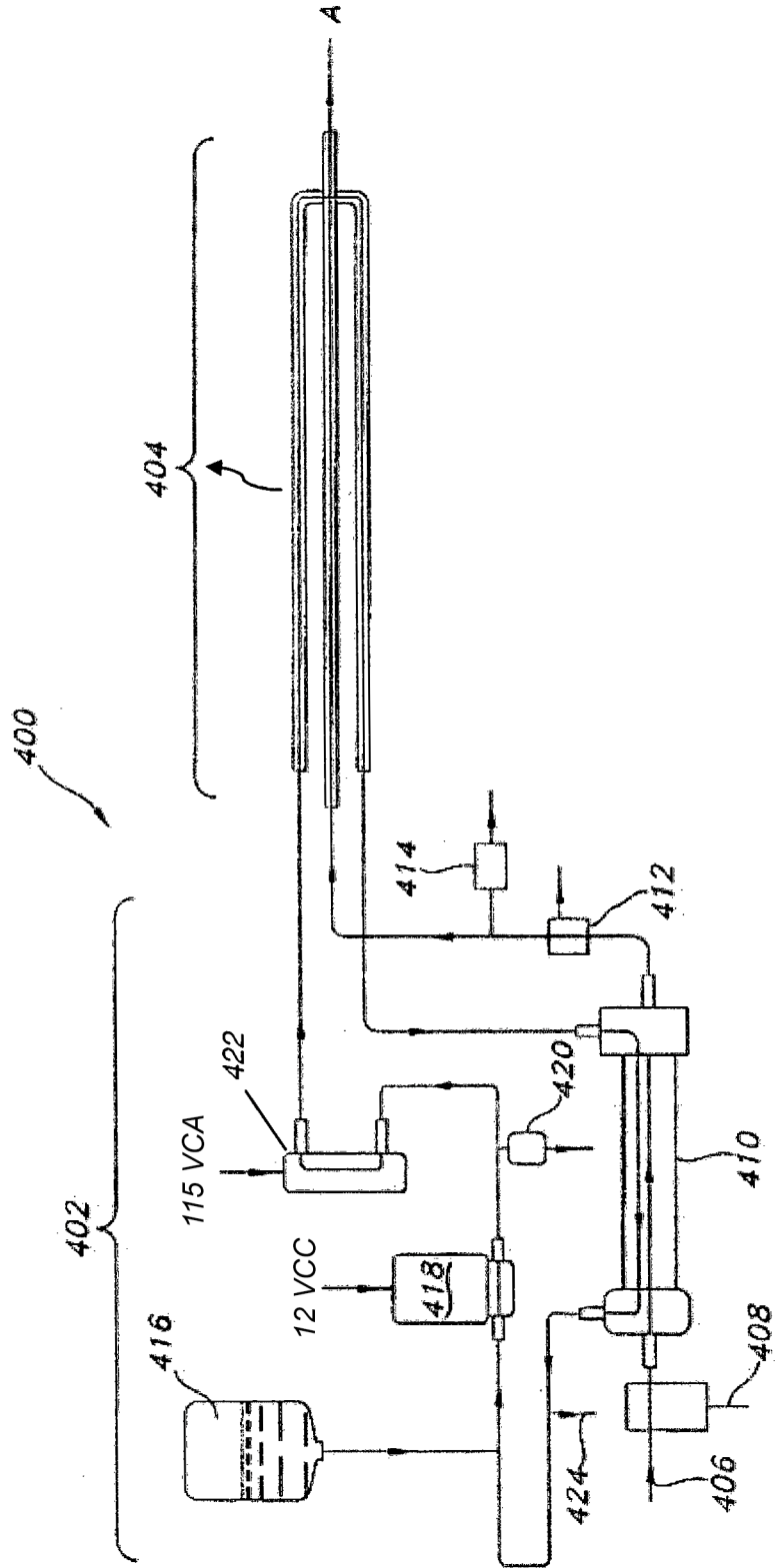


FIG. 3

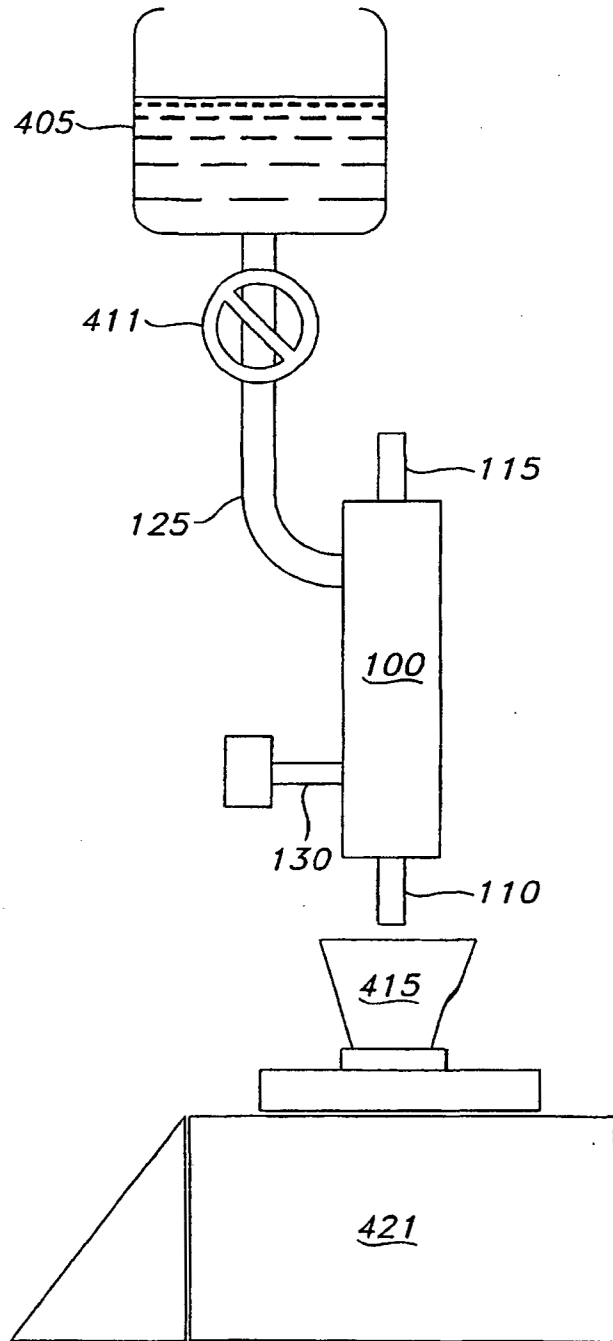


FIG. 4