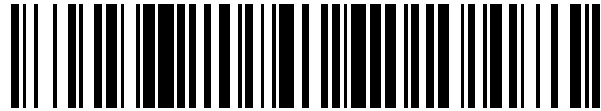


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 581 329**

51 Int. Cl.:

G01M 3/22 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **22.10.2003 E 03777790 (1)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **27.04.2016 EP 1554556**

54 Título: **Método y dispositivo para la comprobación de fugas de un recinto ambiental**

30 Prioridad:

24.10.2002 US 421593 P

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

05.09.2016

73 Titular/es:

**THE GOVERNMENT OF THE UNITED STATES OF AMERICA, AS REPRESENTED BY THE SECRETARY, DEPARTMENT OF HEALTH & HUMAN SERVICES (50.0%)
Centers for Disease Control and Prevention, Technology Transfer Office, 4770 Buford Highway, MS K-79
Atlanta, Georgia 30341, US y
CLEAN AIR FILTER (50.0%)**

72 Inventor/es:

**ORGANISCAK, JOHN A. y
SCHMITZ, MICHAEL**

74 Agente/Representante:

LAZCANO GAINZA, Jesús

ES 2 581 329 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

Método y dispositivo para la comprobación de fugas de un recinto ambiental

Referencia cruzada a la solicitud referida

5 La presente solicitud reivindica prioridad de la Solicitud Provisional de EE.UU. No. 60/421.593, presentada el 24 de octubre de 2002.

Campo

La presente descripción se refiere a un método y un aparato para la comprobación de fugas de un recinto ambiental utilizado en una atmósfera contaminada, tal como una cabina de un operario de un vehículo.

Antecedentes

10 Los vehículos utilizados en atmósferas contaminadas, tales como los que se utilizan en la minería o en trabajos agrícolas, están equipados con equipos de filtración de aire para la protección de los operarios de dicho equipo de
15 contaminantes aéreos. Dichos vehículos tienen normalmente una cabina del operario cerrada y un sistema de ventilación que tiene un conducto de entrada de aire para alimentar un ventilador accionado por un motor o un soplador. El ventilador induce al aire a que fluya a través de un filtro de polvo y en algunas instalaciones, un filtro de carbón activado para adsorber vapores/ gases nocivos, después de lo cual se transporta el aire filtrado dentro de la cabina del operario.

20 Las cabinas de operario cerradas pueden proporcionar niveles muy altos de protección contra contaminantes aéreos siempre que estén limpias, se induce aire filtrado dentro de la cabina con presurización de aire positiva del interior de la cabina. Sin embargo, las fugas en el sistema de ventilación pueden permitir que los contaminantes aéreos entren en la cabina del operario. Normalmente, las áreas dentro de un sistema de ventilación que tienen una tendencia a causar fugas incluyen, el área de sellado alrededor del filtro, las uniones entre porciones separadas de la red de conductos, y las aberturas de la red de conductos proporcionadas para el cableado eléctrico de los ventiladores. Si ocurren fugas grandes, la eficacia del sistema de filtración de cabina puede verse severamente disminuida, lo que compromete la seguridad del operario. Por lo tanto, el sistema de ventilación debe ser periódicamente comprobado
25 contra fugas para cerciorarse de que el recinto de la cabina proporciona suficiente protección para el operario.

30 Un método para la comprobación de fugas del sistema de ventilación de un recinto de cabina se especifica en el estándar S525 de ASAE (Sociedad Americana de Ingenieros Agrícolas). En este método, el vehículo que está siendo comprobado es conducido sobre una superficie no pavimentada para aumentar los niveles de aerosol y de polvo en la atmósfera que rodea al vehículo. A medida que el vehículo es conducido, un contador de partículas óptico se utiliza para medir las concentraciones de aerosoles y polvo en el ambiente fuera de la cabina del operario del vehículo y otro contador de partículas óptico se utiliza para medir las concentraciones de aerosoles y polvo dentro de la cabina del operario. Para que una cabina se considere aceptable, la relación de las concentraciones fuera de la cabina con respecto a las concentraciones dentro de la cabina debe ser mayor que 50. Heitbrink y otros, "Revisión de los procedimientos de comprobación de aerosol en el ambiente en Estándar S525 de ASAE," Diario de Seguridad y Salud Agrícola, 4 (4): 255-266 (1998).
35

El método anterior tiene el inconveniente de que la concentración de aerosoles en el ambiente varía según el lugar y la época del año. Por lo tanto, la prueba puede ser poco práctica en determinados lugares, o durante ciertas épocas del año cuando la concentración de aerosol en el ambiente no es lo suficientemente grande como para superar cualquier generación de aerosoles extraños en la cabina.

40 En otro método para la comprobación de fugas del sistema de ventilación de un operario de cabina, la cabina se coloca dentro de una cámara de pruebas de laboratorio y se expone a una atmósfera que contiene un nivel constante de acetato de etilo. Durante la prueba, el sistema de ventilación de la cabina se hace funcionar para hacer que la atmósfera circundante fluya a través de un filtro capaz de filtrar el acetato de etilo en el interior de la cabina. Un monitor de gas colocado en el interior de la cabina se utiliza para detectar la presencia de fugas en el sistema de
45 ventilación monitorizando la concentración de acetato de etilo dentro de la cabina. Aunque es más fiable que el método para comprobar cabinas en el campo establecido por el estándar S525 de ASAE, la comprobación el laboratorio es mucho más inconveniente que dichas pruebas de campo dado que la cabina a ensayar debe ser conducida o de lo contrario transportada a una instalación de pruebas.

50 En consecuencia, existe una necesidad de nuevos y mejores sistemas para la comprobación de fugas en los sistemas de ventilación de cabinas de operario cerradas.

La EP0640822 se refiere a pruebas de integridad de estructuras porosas utilizando emisión acústica. EP0712745 se refiere a un dispositivo de detección de gas para un vehículo que permite que el aire pase a través de un filtro para

la detección precisa de una concentración de gas en el aire, incluso cuando el filtro está sometido a la invasión de humedad o agua.

Resumen

5 La invención se define en las reivindicaciones adjuntas. De acuerdo con un aspecto, se proporcionan métodos para la comprobación de fugas del sistema de ventilación de un recinto ambiental utilizando un gas que está presente naturalmente en el aire ambiente (por ejemplo, nitrógeno, oxígeno, argón o dióxido de carbono) como gas trazador. Un modo de realización de un método de este tipo incluye la inducción de aire exterior para que fluya a través de un filtro en el sistema de ventilación y dentro del recinto, con el fin de establecer una presurización positiva dentro del recinto. El filtro incluye medios de filtrado seleccionados para filtrar el gas trazador desde la corriente de aire que fluye a través del filtro, para causar una disminución en la concentración de gas trazador en el interior del recinto. Durante la prueba, la concentración de gas trazador en el interior del recinto se monitoriza para determinar la concentración más baja posible de trazador dentro del recinto.

15 Para determinar si existen fugas en el sistema de ventilación, la concentración alcanzable más baja de gas trazador en el interior del recinto se compara con la concentración esperada de gas trazador dentro del recinto debida a las pérdidas a través del filtro. La presencia de fugas en el sistema de ventilación es detectada si la concentración alcanzable más baja de gas trazador es mayor que la concentración esperada de gas trazador dentro del recinto debido a las pérdidas a través del filtro.

20 De manera deseable, el filtro está diseñado para ser 100% de eficaz; es decir, el filtro es capaz de eliminar todo el gas trazador del aire que fluye a través del filtro. Utilizando un filtro de este tipo, es detectada la presencia de fugas si la concentración alcanzable más baja de gas trazador es mayor que cero.

25 En un modo de realización dado a conocer, el dióxido de carbono que está presente de forma natural en el aire ambiente se utiliza como gas trazador para la comprobación de fugas de un recinto. Por lo tanto, en este modo de realización, se selecciona el medio de filtrado para filtrar el dióxido de carbono de la corriente de aire que fluye a través del filtro. En modos de realización particulares, por ejemplo, se utiliza la cal sodada como medio de filtrado para la absorción de dióxido de carbono del aire que fluye a través del filtro. Sin embargo, también se pueden utilizar otros diversos tipos de medios de filtrado, tales como hidróxido de sodio, hidróxido de calcio o hidróxido de litio.

30 El uso de un componente natural del aire como gas trazador para la comprobación de fugas de un recinto, tal como se ha descrito anteriormente, proporciona varias ventajas. En particular, los vehículos se pueden comprobar fácilmente en el campo, sin la necesidad de una cámara de comprobación cara o complicada, ya que está presente naturalmente en la atmósfera que rodea al vehículo que va a ser comprobado. Por otra parte, dicha prueba de campo requiere sólo el uso de un único dispositivo de control, que se utiliza para medir la concentración del gas trazador en el interior del recinto que está siendo comprobado. Por el contrario, el procedimiento de ensayo especificado por el estándar S525 de ASAE requiere un contador de partículas para el seguimiento de las concentraciones de partículas fuera del recinto que se está comprobando y otro contador de partículas para el seguimiento de las concentraciones de partículas en el interior del recinto. Además, el uso de un componente del aire como gas trazador elimina las limitaciones asociadas con el uso de aerosoles y polvo del ambiente para la comprobación de un recinto, tal como se especifica en el estándar S525 de ASAE.

35 Las anteriores y otras características y ventajas de la invención serán más evidentes a partir de la siguiente descripción detallada de varios modos de realización, que proceden con referencia a las figuras adjuntas.

40 Breve descripción de los dibujos

La figura 1 es una vista lateral esquemática de una cabina de operario cerrada de un vehículo.

La figura 2 es una vista en perspectiva de un filtro, según un modo de realización, configurado para encajar en el sistema de ventilación de una cabina de operario, con el fin de comprobar las fugas del sistema de ventilación.

45 La figura 3 es una vista en sección transversal ampliada del filtro de la figura 2, tomada a lo largo de la línea 3-3 en la figura 2.

La figura 4 es una vista en perspectiva de un filtro, de acuerdo con otro modo de realización, configurada para encajar en el sistema de ventilación de una cabina de operario, con el fin de comprobar las fugas del sistema de ventilación.

50 La figura 5 es una vista en sección transversal del filtro de la figura 4, tomada a lo largo de un plano perpendicular al eje longitudinal del filtro.

Descripción detallada

- 5 La figura 1 ilustra un método, de acuerdo con un modo de realización, para la comprobación de fugas del sistema 10 de ventilación de un recinto ambiental, tal como la cabina 12 de operario ilustrada de un vehículo cerrado, utilizando un gas que está naturalmente presente en el aire ambiente (por ejemplo, nitrógeno, oxígeno, argón o dióxido de carbono) como un gas trazador. Para el propósito de comprobar el sistema 10 de ventilación, el filtro existente del vehículo se retira temporalmente y se reemplaza con un filtro de prueba, indicado por 16, capaz de filtrar el gas trazador en el aire que fluye a través del filtro 16. El filtro 16 de prueba deseablemente es 100% de eficaz; es decir, el filtro 16 es capaz de eliminar todo el gas trazador en el aire que fluye a través del filtro.
- 10 El sistema de 10 ventilación incluye una red 14 de conductos que define un conducto 20 de entrada y uno o más inductores 18 de flujo de aire (por ejemplo, ventiladores o sopladores). Los inductores 18 son operables para inducir a que el aire exterior fluya a través del conducto 20 de entrada y del filtro 16, y en la cabina 12 a través de una abertura 22, como se indica por las flechas A.
- 15 La cabina 12 del operario puede ser la cabina del operario de cualquiera de los diversos tipos de equipamiento, tal como, sin limitación, industrial y equipamiento agrícola, tal como camiones, cargadores frontales, tractores, máquinas perforadoras, buldóceres, raspadoras, dragadoras y excavadoras o vehículos militares, tales como tanques. Además, los métodos y aparatos descritos en este documento también pueden aplicarse a otros tipos de recintos ambientales, tales como habitaciones o edificios equipados con equipos de filtración para evitar la entrada de contaminantes externos (por ejemplo, habitaciones limpias que se utilizan en tecnologías de semiconductores o en fabricación farmacéutica).
- 20 El filtro 16 contiene medios de filtrado seleccionados para filtrar el gas trazador en el aire que fluye a través del filtro 16. En un enfoque específico, por ejemplo, el dióxido de carbono que está naturalmente presente en el aire ambiente que rodea la cabina 12 se utiliza como gas trazador. Por lo tanto, en este enfoque, cualquiera de los diversos absorbentes químicos, tales como la cal sodada, hidróxido de sodio, hidróxido de calcio o hidróxido de litio, se pueden utilizar como medios de filtrado en el filtro 16 para filtrar dióxido de carbono del aire ambiente. Más detalles de un filtro 16 para el filtrado de dióxido de carbono del aire se describen a continuación en relación con las figuras 2 y 3.
- 25 Para determinar si existen fugas en el sistema 10 de ventilación, los inductores 18 se activan para inducir a que el aire exterior fluya a través del sistema 10 de ventilación y en la cabina 12 para establecer la presurización positiva dentro de la cabina 12. Un monitor de gas adecuado, indicado por 24, se utiliza para supervisar la concentración del gas trazador en el interior de la cabina 12 durante la prueba. Inicialmente, la concentración del gas trazador en el interior de la cabina 12 es aproximadamente la misma que la concentración del gas trazador en el aire ambiente, fuera de la cabina 12. A medida que el aire filtrado empobrecido en el gas trazador fluye en la cabina 12, disminuye la concentración de gas trazador dentro de la cabina 12. La prueba se lleva a cabo hasta que la concentración del gas trazador en el interior de la cabina 12 alcanza un nivel mínimo o por encima de cero. Dado que el filtro 16 en este modo de realización es 100% de eficaz, la concentración del gas trazador en el interior de la cabina 12 se reducirá a cero si no hay fugas en el sistema 10 de ventilación. Sin embargo, la presencia de fugas en el sistema 10 de ventilación es detectada si la concentración de gas trazador en el interior de la cabina 12 alcanza un nivel mínimo mayor que cero.
- 30 Si se determina que hay fugas en el sistema 10 de ventilación, entonces se pueden realizar pruebas adicionales para identificar la ubicación exacta de dichas fugas. En un enfoque, por ejemplo, las fugas se identifican haciendo fluir gas trazador a partir de una fuente presurizada de dicho gas trazador (por ejemplo, un cilindro de gas lleno con una carga del gas trazador) sobre las áreas de superficie externa del sistema 10 de ventilación lo cual podría contribuir a las fugas durante la monitorización de la concentración del gas trazador en el interior de la cabina 12. Normalmente, dichas áreas del sistema 10 de ventilación que tienen una tendencia a causar fugas incluyen el área de sellado alrededor del filtro 16, las uniones entre porciones separadas de la red 14 de conductos, y las aberturas de la red 14 de conductos proporcionadas para el cableado eléctrico de los inductores 18. Si existe una fuga en un área específica del sistema 10 de ventilación, entonces habrá un aumento repentino en la concentración del gas trazador medido en el interior de la cabina 12, a medida que el gas trazador fluye sobre esa área. Una vez que se han identificado las fugas, se pueden tomar las medidas adecuadas para reparar y/ o reemplazar los componentes del sistema 10 de ventilación que causan las fugas.
- 35 Aunque el filtro 16 se describe teniendo una eficacia del 100%, esto no es un requisito. En consecuencia, los filtros que tienen eficacias de menos de un 100% también pueden ser utilizados para realizar una comprobación de fugas en el sistema 10 de ventilación. En un enfoque, por ejemplo, la concentración del gas trazador en el aire ambiente fuera de la cabina 12 se mide con el monitor 24 para determinar la concentración esperada de gas trazador en el interior de la cabina 12 debida a las pérdidas a través del filtro. La cabina 12 se presuriza a continuación, de la manera descrita anteriormente, para determinar la concentración alcanzable más baja de gas trazador dentro de la cabina 12, que luego se compara con la concentración esperada de gas trazador dentro de la cabina debida a las pérdidas a través del filtro. La presencia de fugas en el sistema 10 de ventilación es detectada si la concentración alcanzable más baja de gas trazador en el interior de la cabina es mayor que la concentración esperada de gas trazador debido a las pérdidas a través del filtro.
- 40
- 45
- 50
- 55

5 Por ejemplo, si la concentración de dióxido de carbono en la atmósfera que rodea a la cabina 12 es de 400 ppm y el filtro 16 está diseñado para eliminar un 98% del dióxido de carbono del aire que fluye a través del filtro, la concentración esperada de dióxido de carbono dentro de la cabina 12 debida a las pérdidas a través del filtro es de 8 ppm (0,02 * 400 ppm). Por lo tanto, para este ejemplo, la presencia de fugas en el sistema 10 de ventilación es detectada si la concentración alcanzable más baja de dióxido de carbono dentro de la cabina 12 es mayor que 8 ppm.

10 En referencia a las figuras 2 y 3, se muestra un filtro 16 de prueba, de acuerdo con un modo de realización, configurado para filtrar el dióxido de carbono del aire ambiente que fluye a través del filtro. Como se muestra, el filtro 16, en la configuración ilustrada, tiene un alojamiento 30 del filtro generalmente rectangular, con los medios 38 de filtrado, contenidos dentro del alojamiento 30. El aire entra en el filtro 16 desde el lado de entrada de aire en el lado posterior, o escondido, del filtro 16 de aire como se ilustra en la figura. 2. Después de pasar por el filtro 16 de aire, el aire filtrado empobrecido en dióxido de carbono sale desde lado 32 de salida del aire, fluyendo en general en la dirección de las flechas en las figuras 2 y 3.

15 Tal y como se ilustra mejor en la figura 3, el filtro 16 incluye un elemento 34 de filtrado electrostático fibroso en el lado de entrada y un elemento 36 de filtrado electrostático fibroso en el lado de salida, aunque también se pueden usar otros tipos de elementos de filtrado. El espacio entre los elementos 34 y 36 de filtrado está relleno de los medios 38 de filtrado capaces de filtrar el dióxido de carbono del aire que fluye a través del filtro. En modos de realización particulares, los medios 38 de filtrado consisten en un absorbente químico, tal como la cal sodada, hidróxido de sodio, hidróxido de calcio o hidróxido de litio, para la absorción de dióxido de carbono del aire que fluye a través del filtro 16. Los elementos 34 y 36 de filtrado sirven para atrapar partículas de materia aéreas y para retener los medios 38 de filtrado dentro de la carcasa 30. Una junta 40 que rodea la periferia del lado 32 de salida sirve para sellar el filtro 16 en el interior del sistema de ventilación.

25 Puesto que el área de sellado alrededor de la periferia del filtro existente de la cabina es una fuente común de fugas, la carcasa 30 del filtro 16 de prueba tiene, de forma deseable, las mismas dimensiones generales que el filtro existente del recinto a comprobar. Además, una junta que es idéntica a la junta existente, de forma deseable, se utiliza con el filtro 16 de prueba. De esta manera, la integridad del diseño de la junta y del área de interfase entre el filtro existente y la red 14 de conductos circundante se prueba en una comprobación de fugas del sistema 10 de ventilación. Alternativamente, si se desea, la junta existente del sistema de ventilación puede ser utilizada con el filtro 16 de prueba.

30 La construcción del filtro 16 no se limita al modo de realización ilustrado. En modos de realización alternativos, por ejemplo, la carcasa 30 del filtro 16 puede ser de forma cilíndrica o tener cualquier forma geométrica diferente. Además, se hace referencia a la Patente de EE.UU. No. 5.423.903 de Schmitz y otros, la cual describe un filtro de carbón activado para una cabina de operario. El filtro de la patente '903 puede ser adaptado para filtrar dióxido de carbono de una corriente de aire mediante la sustitución del carbón activado por la cal sodada u otros materiales absorbentes adecuados.

35 Si un componente de aire distinto al dióxido de carbono se utiliza como gas trazador para la comprobación de fugas del sistema de ventilación 10, entonces, los medios 38 de filtrado se seleccionan para filtrar el componente de la corriente de aire que pasa a través del filtro. Por ejemplo, si se utiliza oxígeno o nitrógeno como gas trazador, los medios 38 de filtrado pueden comprender un tamiz molecular seleccionado para adsorber el oxígeno o el nitrógeno de la corriente de aire que pasa a través del filtro.

40 En referencia a las figuras 4 y 5, un filtro de dióxido de carbono de acuerdo con otro modo de realización se indica en general por 50. El filtro 50, en la configuración ilustrada, tiene generalmente una forma cilíndrica y tiene una pantalla 52 metálica exterior, un elemento 54 de filtrado por el lado exterior o de entrada, un elemento 56 de filtrado por el lado interior o de salida, y medios 58 de filtrado (por ejemplo, cal sodada), interpuestos entre los elementos 54 y 56 de filtrado. El elemento 54 de filtrado, en la forma ilustrada, es un elemento de filtrado del estilo indicado, aunque esto no es necesario. El aire entra en el filtro 50 a través de la pantalla 52, fluye a través de elemento 54 de filtrado, los medios 58 de filtrado, el elemento 56 de filtrado, y sale del filtro a través de una salida 60, en la dirección de las flechas en la figura. 4.

50 La relación entre el flujo de aire en un recinto, tal como la cabina 12 mostrada, y la concentración del gas trazador en el interior del recinto durante un período de prueba puede ser descrita por la ecuación de decaimiento vapor/ gas

$$Vdx = Q_g dt - Qxdt, \quad (1)$$

donde V es el volumen del recinto, x es la concentración de gas trazador en el interior del recinto, Q_g es la tasa de flujo de entrada volumétrica de gas trazador en el recinto, Q es la tasa de flujo volumétrico total de aire a través del

sistema de ventilación (incluyendo el gas fugado y el filtrado), y t es el tiempo. Hartman, H. L., VENTILACIÓN EN LA MINA Y AIRE ACONDICIONADO, 1961, pág. 398.

Reorganizando la ecuación 1 para los límites de integración:

$$\int_{x_0}^x \frac{dx}{Q_g - Qx} = \frac{1}{V} \int_{t_0}^t dt. \quad (2)$$

5 Resolviendo los límites de la ecuación 2.

$$\ln \frac{Q_g - Qx}{Q_g - Qx_0} = -\frac{Q\Delta t}{V}. \quad (3)$$

Sustituyendo Qlc para la fuga de gas Q_g dentro de la cabina, donde l es el porcentaje de fuga del aire exterior alrededor y o a través del sistema de ventilación, y c es la concentración de gas trazador fuera del recinto (en porcentaje en volumen), la ecuación 3 se convierte en

$$\ln \frac{Qlc - Qx}{Qlc - Qx_0} = -\frac{Q\Delta t}{V}. \quad (4)$$

10

Simplificando los límites de la ecuación 4.

$$\ln \frac{lc - x}{lc - x_0} = -\frac{Q\Delta t}{V}. \quad (5)$$

Resolviendo la ecuación 5 para Δt se obtiene la ecuación

$$\Delta t = -\left(\ln \frac{lc - x}{lc - x_0} \right) \cdot \frac{V}{Q}. \quad (6)$$

15 Por lo tanto, el cambio en el tiempo Δt para un período de prueba es una función de la concentración inicial y final del gas trazador x_0 y x , respectivamente, en el interior del recinto, el volumen V del recinto, la cantidad Q total de aire del sistema de ventilación, el porcentaje l de aire fugado a través del sistema de ventilación, y la concentración c de gas trazador fuera del recinto. Como se describe a continuación, la ecuación 6 proporciona la base para una prueba de rendimiento cronometrado, para determinar si la fuga de la cabina 12 cumple o excede una fuga permisible mínima especificada.

20

En un modo de realización de una prueba de este tipo, por ejemplo, un monitor de gas se utiliza para medir la concentración c de gas trazador fuera de la cabina 12 y la concentración inicial x_0 de gas trazador dentro de la cabina 12. Para una fuga l especificada, y asumiendo una eficacia del filtro de un 100%, la concentración final x o mínima de gas trazador dentro de la cabina 12 es el producto de la fuga l y la concentración c de trazador de gas fuera de la cabina 12 (es decir, $l \cdot c$). Si la eficacia del filtro es menor que un 100%, se añade el producto $l \cdot c$ a la fuga esperada a través del filtro 16 (es decir, la penetración del gas trazador a través del filtro 16) para determinar la concentración final x o mínima de gas trazador dentro de la cabina 12. El valor para el volumen V en la ecuación 6 se puede medir u obtener del fabricante de la cabina 12. El valor de Q se puede medir usando un medidor de flujo de aire convencional o mediante la medición de la presión diferencial a través del filtro y traduciendo la presión diferencial en la cantidad de aire Q , como se describe más adelante. Sustituyendo estos valores en la ecuación 6, se calcula el tiempo Δt requerido para que la concentración de gas trazador en el interior de la cabina 12 se reduzca al nivel mínimo x para la fuga l especificada. El cambio en el tiempo Δt proporciona un valor de referencia para determinar si la fuga real de la cabina 12 es igual o menor que la fuga mínima especificada para la cabina 12.

25

30

Después de calcular el tiempo Δt , la cabina 12 se comprueba para medir el tiempo real requerido para que la concentración de gas trazador en la cabina 12 alcance el nivel mínimo x . Si el cambio medido en el tiempo es menor que el cambio en el tiempo determinado matemáticamente, entonces la fuga real de la cabina 12 es menor que la

35

fuga / especificada. Por otra parte, si el cambio medido es mayor que el cambio en el tiempo determinado matemáticamente, entonces la fuga real de la cabina 12 es mayor que la fuga / especificada. Si se determina que la fuga real no es aceptable, se puede comprobar además el sistema 10 de ventilación para identificar las partes del sistema 10 de ventilación que causan las fugas, como se describió anteriormente, de modo que las partes se puedan reparar y/ o sustituir en caso necesario.

En algunos casos, la cantidad Q de aire filtrado para un recinto particular, puede no ser fácil de determinar con un medidor de flujo de aire convencional. En lugar de utilizar un medidor de flujo de aire para determinar el valor de Q de cualquier recinto, un diagrama de flujo de Δp (presión diferencial) vs Q puede ser generado para un filtro 16 en particular para relacionar Δp con Q para ese filtro. Por lo tanto, la cantidad de aire filtrado que fluye en un recinto se puede determinar mediante la medición de la presión diferencial a través del filtro 16 y traduciendo la medición de la presión diferencial en una medida de la cantidad de aire filtrado usando el diagrama de flujo.

Los métodos y sistemas descritos en el presente documento se pueden utilizar para probar la integridad de un sello o junta de un filtro utilizado en un sistema de ventilación. En un modo de realización, por ejemplo, un filtro de prueba capaz de filtrar un gas trazador se instala en el sistema de ventilación de un banco de pruebas, y se lleva a cabo una comprobación de fugas haciendo fluir aire exterior a través del sistema de ventilación y en el recinto del banco de pruebas. Dado que el sistema de ventilación, siempre que no sea la junta del filtro, está esencialmente libre de fugas, la presencia de gas trazador en el interior del recinto indica que la junta no está sellando suficientemente el filtro. Por lo tanto, en este modo de realización, se realiza una comprobación de fugas en el sistema de ventilación comprobando la capacidad de la junta para proporcionar una junta estanca a los fluidos para el filtro.

20 Ejemplos

Ejemplo 1

Este ejemplo ilustra la aplicación de una prueba de rendimiento cronometrado para determinar si la fuga de una cabina cumple o supera una fuga mínima permisible especificada. Un recinto que tiene un volumen (V) de 1,487 m³ y un sistema de ventilación capaz de funcionar para producir un caudal de aire (Q) de 0,0118 m³/s se prueba utilizando dióxido de carbono como gas trazador. La concentración de dióxido de carbono (c) medida fuera del recinto es de 425 ppm, y la concentración de dióxido de carbono inicial (x_0) medida en el interior del recinto es 394 ppm. Asumiendo una eficacia de filtración de un 100%, la concentración de dióxido de carbono final (x) dentro del recinto para una fuga (I) de 2% será 8,5 ppm.

La ecuación 6 se basa en el logaritmo natural de la relación de concentración $(Ic-x)/(Ic-x_0)$, que oscila de negativo a infinito positivo. Por lo tanto, si se utiliza el límite exacto de la concentración (x) final en el interior de la cabina en la ecuación 6, el logaritmo natural de la relación de concentración se va fuera de infinito negativo y el tiempo (t) se va fuera de infinito. Por consiguiente, para una aplicación viable de la ecuación 6, la concentración (x) final se redondea, tal como a la décima más cercana o número entero. En el presente ejemplo, la concentración (x) final de dióxido de carbono, que es de 8,5 ppm, se redondea al número entero más cercano, que es 9 ppm.

Aplicando la ecuación 6, la concentración de dióxido de carbono en el interior del recinto se debería reducir a 9 ppm en 14 minutos para una fuga de un 2%. Durante las pruebas, la concentración de dióxido de carbono dentro del recinto se reduce a 9 ppm en menos de 14 minutos, lo que indica que la fuga real del sistema de ventilación es menor que un 2%. El sistema de ventilación en este ejemplo, por tanto, proporcionaría al menos un factor de protección de 50:1 para el ocupante del recinto. Por otro lado, si el tiempo para que la concentración de dióxido de carbono se reduzca a 9 ppm excedió 14 minutos, o si la concentración de dióxido de carbono no se pudo reducir a 9 ppm, entonces la fuga real sería más de un 2%.

Ejemplo 2

Este ejemplo demuestra el funcionamiento de un modo de realización de un filtro de dióxido de carbono que tiene un alojamiento rectangular, tal como se muestra en las figuras 2 y 3. El filtro incluye aproximadamente 2,72 kg de cal sodada (Puritan Bennett Corp., Pleasanton, CA) retenida entre dos elementos de filtrado electrostático. La cal sodada comprende hidróxido de calcio aproximadamente en un 70% (aunque otras formulaciones también pueden ser utilizadas). El alojamiento tiene una longitud L (figura 2), medida entre las paredes laterales de la carcasa de aproximadamente 0,4064 metros y una altura H (figura 2), medida entre las paredes superior e inferior del alojamiento de aproximadamente 0,1524 metros. El lecho de cal sodada en el filtro tiene una profundidad, o espesor, medido en la dirección de flujo de aproximadamente 0,0556 metros.

La Tabla 1 siguiente muestra el rendimiento del filtro para flujos de aire de aproximadamente 0,00741 m³/s y 0,0117 m³/s en un banco de pruebas de la cabina simulada que tiene un volumen interior de la cabina de aproximadamente 1,4809 m³. Como se muestra en la Tabla 1, el filtro tuvo el 100% de eficacia en 0,00741 m³/s y 0,0117 m³/s, y alcanzó 0 ppm de dióxido de carbono dentro de la cabina en 16 minutos a 0,00741 m³/s y en 4,3 minutos a 0,0117 m³/s.

Tabla 1

	Flujo de aire en cabina 0,00741 m ³ /s	Flujo de aire en cabina 0,0117 m ³ /s
Tiempo (min)	Conc. Interior (ppm)	Conc. Interior (ppm)
0.0	389	35
1.0	402	11
2.0	369	15
3.0	305	16
4.0	242	16
5.0	224	0
6.0	183	
7.0	121	
8.0	75	
9.0	66	
10.0	52	
11.0	28	
12.0	20	
13.0	8	
14.0	8	
15.0	12	
15.5	3	
16.0	0	

Ejemplo 3

5 Este ejemplo demuestra el rendimiento de un filtro de dióxido de carbono que tiene un alojamiento cilíndrico, tal como se muestra en las figuras 4 y 5. El filtro de este ejemplo tiene un diámetro exterior de aproximadamente 0,2731 metros y una longitud de aproximadamente 0,1778 metros, y contiene aproximadamente 4,6720 kg de cal sodada (Puritan Bennett Corp.) retenida entre dos elementos de filtrado electrostático. La Tabla 2 siguiente muestra el rendimiento de este filtro para un flujo de aire de aproximadamente 0,0117 a 0,0118 m³/s en el banco de pruebas de una cabina de 1,4809 m³. Como se muestra en la Tabla 2, el filtro tuvo un 100% de eficacia y logró 0 ppm de dióxido de carbono dentro de la cabina en 15 minutos de funcionamiento.

10

Tabla 2 (Flujo de aire en cabina = 0,0117 a 0,0118 m³/s)

Tiempo (min)	Conc. Interior. (ppm)	Conc. exterior (ppm)
0.0	610	558
1.0	582	564
2.0	502	568
3.0	352	576
4.0	228	580
5.0	156	586
6.0	120	593
7.0	57	601
8.0	38	610

ES 2 581 329 T3

Tiempo (min)	Conc. Interior. (ppm)	Conc. exterior (ppm)
9.0	37	606
10.0	41	602
11.0	36	593
12.0	31	592
13.0	27	593
14.0	16	594
15.0	0	589

Ejemplo 4

5 Otro ejemplo de un filtro tiene un alojamiento generalmente rectangular, tal como se muestra en las figuras 2 y 3, que mide aproximadamente 0,4064 metros de largo y aproximadamente 0,1524 metros de altura. El filtro se llena con aproximadamente 2,5583 kg de cal sodada Drägersorb® 400 (Draeger Safety, Inc. de Pittsburgh, PA). El lecho de la cal sodada tiene una profundidad, medida en la dirección de flujo, de aproximadamente 0,0556 metros. La Tabla 3a a continuación ilustra el rendimiento del filtro cuando se utiliza para filtrar el aire que fluye en el banco de pruebas de 1,4809 m³ a una velocidad de flujo de aproximadamente 0,0118 m³/s. Como se muestra en la Tabla 3a, el filtro tuvo el 100% de eficacia en 0,0118 m³/s y alcanzó 0 ppm de dióxido de carbono dentro de la cabina en 12 minutos.

10 El mismo filtro después se utilizó para filtrar el aire que fluye en el banco de pruebas a una velocidad de flujo de aproximadamente 0,0189 m³/s. El caudal se redujo a aproximadamente 0,0165 m³/s después de aproximadamente 15 minutos de funcionamiento y, a continuación a aproximadamente 0,0119 m³/s después de aproximadamente 23 minutos de operación. El rendimiento del filtro se resume en la Tabla 3b, la cual muestra que el filtro tuvo aproximadamente un 95% de eficacia en 0,0189 m³/s y un 100% de eficacia cuando el flujo de aire se redujo a 0,0119 m³/s.

Tabla 3a (Flujo de aire en cabina = 0,0119 m³/s)

Tiempo(min)	Conc. interior (ppm)	Conc. exterior (ppm)
0.0	612	590
1.0	568	594
2.0	407	579
3.0	267	614
4.0	200	628
5.0	153	629
6.0	110	627
7.0	77	631
8.0	45	631
9.0	24	630
10.0	5	631
11.0	1	628
12.0	0	642
13.0	0	632
14.0	0	631
15.0	0	628

ES 2 581 329 T3

Tabla 3b (Flujo de aire en cabina = 0,0189 m³/s a 0 ≤ t ≤ 15; 0,0165 m³/s a 16 ≤ t ≤ 20; y 0,0119 m³/s a 23 ≤ t ≤ 44)

Tiempo(min)	Conc. interior (ppm)	Conc. exterior (ppm)	Tiempo(min)	Conc. interior (ppm)	Conc. exterior (ppm)
0.0	624	608	18.0	22	513
1.0	570	577	19.0	18	538
2.0	333	597	20.0	19	514
3.0	184	547	23.0	13	533
4.0	124	571	25.0	8	542
5.0	85	565	26.0	2	523
6.0	66	563	27.0	3	524
7.0	46	550	28.0	6	555
8.0	40	542	29.0	1	526
9.0	32	546	30.0	2	573
10.0	28	506	32.0	0	542
11.0	21	511	35.0	0	519
12.0	21	544	37.8	0	516
13.0	19	511	39.0	0	499
14.0	17	521	40.0	3	531
15.0	24	516	44	0	505
16.0	26	525			
17.0	25	520			

Ejemplo 5

- 5 Este ejemplo demuestra el rendimiento de un filtro de dióxido de carbono que comprende un alojamiento de filtro John Deere modelo JD60R (John Deere Co., Moline, IL) relleno con aproximadamente 3,5652 kg de cal sodada Drägersorb® 400. El filtro se utilizó inicialmente para filtrar el flujo de aire en una cabina de un tractor modelo 7800 de John Deere. La Tabla 4 muestra la concentración de dióxido de carbono dentro y fuera de la cabina, mientras que el ventilador de la cabina se hizo funcionar a su nivel más alto de velocidad (que es el cuarto nivel de velocidad del ventilador) y el segundo nivel más alto de velocidad (que es el tercer nivel de velocidad del ventilador). La velocidad del ventilador se redujo desde el cuarto nivel de velocidad al tercer nivel de velocidad después de 20 minutos de funcionamiento. El filtro alcanzó 0 ppm de dióxido de carbono en el interior de la cabina después a 9 minutos en el tercer nivel de velocidad del ventilador.

Tabla 4

Tiempo(min)	Conc. interior (ppm)	Conc. exterior (ppm)	Tiempo(min)	Conc. interior (ppm)	Conc. exterior (ppm)
0.0	461	334	18.0	7	335
1.0	384	363	19.0	11	324
2.0	306	373	20.0	15	329
3.0	209	353	21.0	45	333
4.0	159	335	22.0	69	331
5.0	106	360	23.0	77	337
6.0	71	340	24.0	59	339
7.0	63	340	25.0	50	334

ES 2 581 329 T3

8.0	45	346	26.0	36	311
9.0	36	344	27.0	21	320
10.0	38	347	28.0	16	324
11.0	36	321	29.0	7	330
12.0	23	344	29.1	0	338
13.0	13	340			
14.0	12	339			
15.0	6	329			
16.0	6	326			
17.0	6	334			

5 A continuación, se utilizó el filtro para filtrar el flujo de aire en el banco de ensayo de cabina de 1,4809 m³. La Tabla 5 siguiente muestra la concentración de dióxido de carbono en el interior y fuera de la cabina a una velocidad de flujo de 0,0225 m³/s. Como se muestra el filtro tuvo el 100% de eficacia en 0,0225 m³/s y alcanzó 0 ppm de dióxido de carbono dentro de la cabina en aproximadamente 7 minutos.

Tabla 5 (Flujo de aire en cabina = 0,0225 m³/s)

Tiempo(min)	Conc. interior (ppm)	Conc. exterior (ppm)
0.00	484	321
1.00	354	337
2.00	209	339
3.00	106	343
4.00	63	332
5.00	18	329
6.00	12	321
7.00	0	308
8.00	0	309
9.00	0	318
10.00	0	308

10 La presente invención se ha mostrado en los modos de realización descritos sólo a efectos ilustrativos. La presente invención puede ser objeto de muchas modificaciones y cambios sin apartarse del alcance de las siguientes reivindicaciones.

Reivindicaciones

1. Un método para la comprobación de fugas del sistema de ventilación de un recinto ambiental que comprende una cabina de operario o una habitación de un edificio, comprendiendo el procedimiento:
- 5 reemplazar temporalmente un filtro de contaminante aéreo existente en el sistema de ventilación con un filtro de prueba para el filtrado de un gas trazador del aire que fluye a través suyo, comprendiendo el gas trazador un gas presente de forma natural en el aire ambiente que rodea el recinto, en el que el gas trazador comprende dióxido de carbono, nitrógeno, oxígeno o argón;
- 10 inducir aire ambiente fuera del recinto a que fluya a través del sistema de ventilación y en el recinto, con el fin de establecer una presión positiva dentro del recinto;
- medir la concentración de gas trazador en el interior del recinto; y
- detectar la presencia de fugas en el sistema de ventilación a partir de la concentración del gas trazador en el interior del recinto.
- 15 2. El método de la reivindicación 1, en el que la sustitución del filtro de contaminante aéreo existente en el sistema de ventilación con el filtro de ensayo comprende instalar herméticamente el filtro de prueba dentro del sistema de ventilación, teniendo el filtro de prueba un alojamiento con sustancialmente las mismas dimensiones globales que el filtro de contaminante aéreo existente.
3. El método de la reivindicación 1, que comprende además:
- 20 determinar la concentración esperada del gas trazador en el interior del recinto debido a las pérdidas a través del filtro de prueba;
- medir la concentración alcanzable más baja del gas trazador en el interior del recinto;
- determinar la presencia de fugas en el sistema de ventilación mediante la comparación de la concentración alcanzable más baja de gas trazador en el interior del recinto con la concentración esperada de gas trazador dentro del recinto debido a las pérdidas a través del filtro de prueba.
- 25 4. El método de la reivindicación 1, que comprende además:
- calcular el tiempo necesario para que se reduzca la concentración del gas trazador en el interior del recinto a un nivel predeterminado y en una fuga predeterminada; y
- medir el tiempo real requerido para que se reduzca la concentración del gas trazador en el interior del recinto al nivel predeterminado para determinar si la fuga del sistema de ventilación es menor que la fuga predeterminada.
- 30 5. El método de la reivindicación 1, en el que el gas trazador comprende dióxido de carbono y, preferiblemente, en el que el filtro de prueba comprende cal sodada para la filtración de dióxido de carbono del aire que fluye a través del filtro de prueba.
6. El método de la reivindicación 1, en el que el filtro de prueba es capaz de filtrar todo el gas trazador que fluye por el filtro de prueba.
- 35 7. El método de la reivindicación 1, en el que:
- el gas trazador comprende dióxido de carbono; y
- el filtro de prueba es capaz de filtrar todo el dióxido de carbono del aire que fluye por el filtro de prueba.
8. El método de la reivindicación 1, que comprende:
- 40 determinar la concentración esperada del gas trazador en el interior del recinto debido a las pérdidas a través del filtro de prueba; y
- comparar la concentración medida de gas trazador en el interior del recinto con la concentración esperada de gas trazador dentro del recinto debida a las pérdidas a través del filtro, para determinar si hay fugas en el sistema de ventilación.

9. Un sistema adaptado específicamente para llevar a cabo el método de cualquier reivindicación precedente para la comprobación de fugas del sistema de ventilación de un recinto ambiental utilizado en una atmósfera contaminada, comprendiendo el sistema:

un sistema de ventilación adaptado para la instalación de un filtro de contaminante aéreo;

5 un recinto ambiental que comprende una cabina de operario o una habitación de un edificio;

un filtro de prueba instalado en el sistema de ventilación en lugar de un filtro de contaminante aéreo, siendo el filtro de prueba capaz de filtrar un gas trazador de aire que fluye a través del mismo, comprendiendo el gas trazador un gas presente de forma natural en el aire ambiente que rodea el recinto, en el que el gas trazador comprende dióxido de carbono, nitrógeno, oxígeno o argón; y

10 un detector de gas instalado en la cabina o sala de operario para detectar la concentración de gas trazador en el interior del recinto.

10. El sistema de la reivindicación 9, en el que el filtro de prueba tiene un alojamiento con sustancialmente las mismas dimensiones generales que el filtro de contaminante aéreo existente que se sustituye temporalmente.

15 11. El sistema de la reivindicación 9, en el que el filtro de prueba es un filtro de gas de dióxido de carbono para la eliminación de dióxido de carbono del aire ambiente que fluye en el recinto.

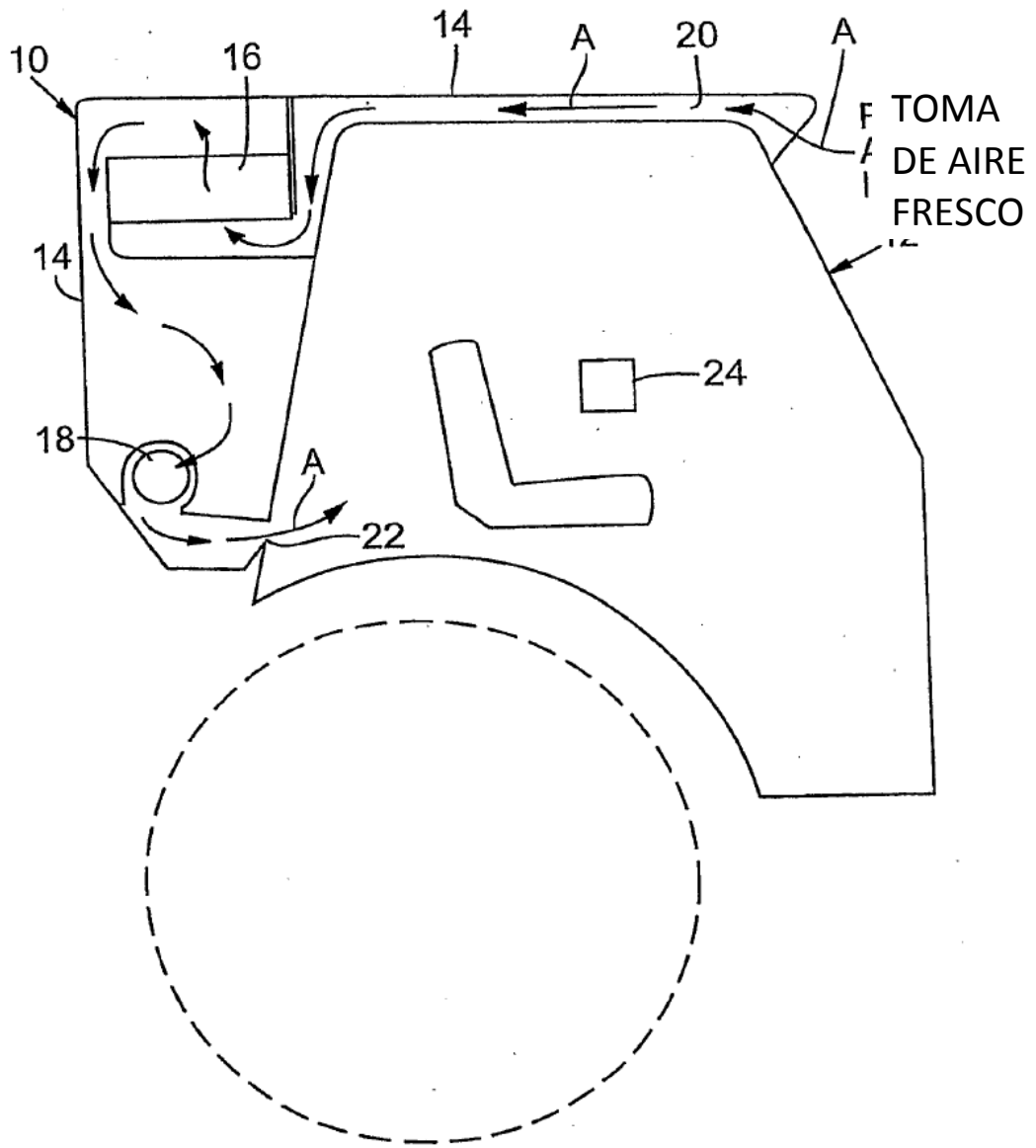
12. El sistema de la reivindicación 11, en el que el filtro de dióxido de carbono es capaz de eliminar todo el dióxido de carbono del aire que fluye a través del filtro.

20 13. El sistema de la reivindicación 11 o la reivindicación 12, en el que el filtro de prueba comprende cal sodada para absorber dióxido de carbono del aire que fluye a través del filtro de prueba y preferiblemente, en el que el filtro de prueba comprende un primer y segundo elementos de filtrado electrostático, con la cal sodada interpuesta entre los elementos de filtrado electrostático.

14. El sistema de cualquiera de las reivindicaciones 9-13, en el que el filtro de prueba es un filtro de nitrógeno, un filtro de oxígeno o un filtro de argón para eliminar el nitrógeno, oxígeno o argón, respectivamente, del aire ambiente que fluye en el recinto.

25 15. El sistema de cualquiera de las reivindicaciones 9-14 o el método de cualquiera de las reivindicaciones 1-8, en el que el recinto es una cabina de operario de un vehículo.

FIG. 1



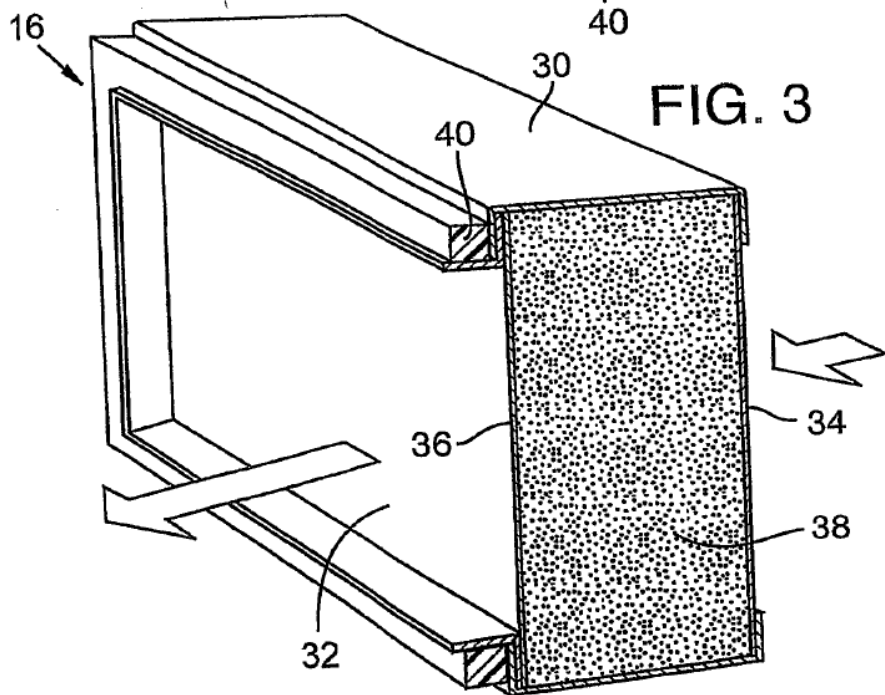
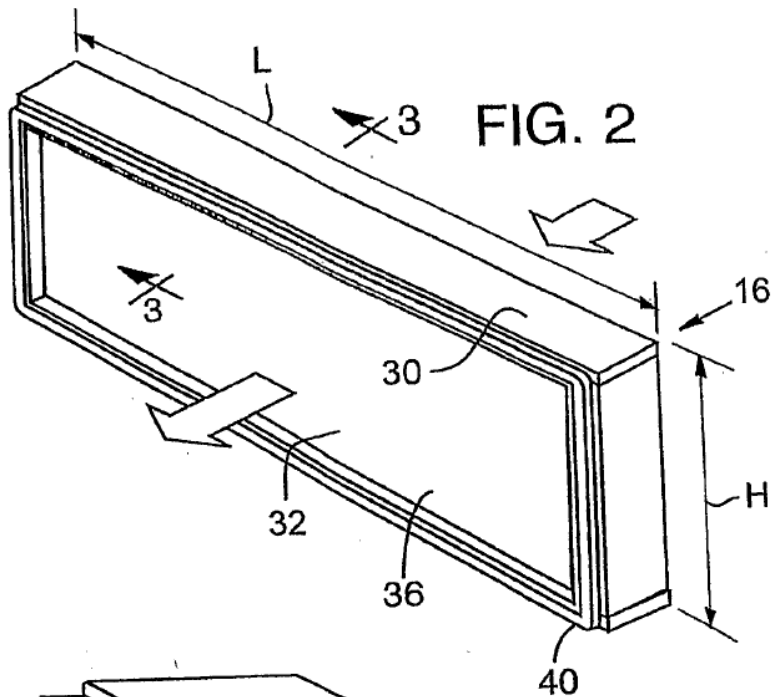


FIG. 4

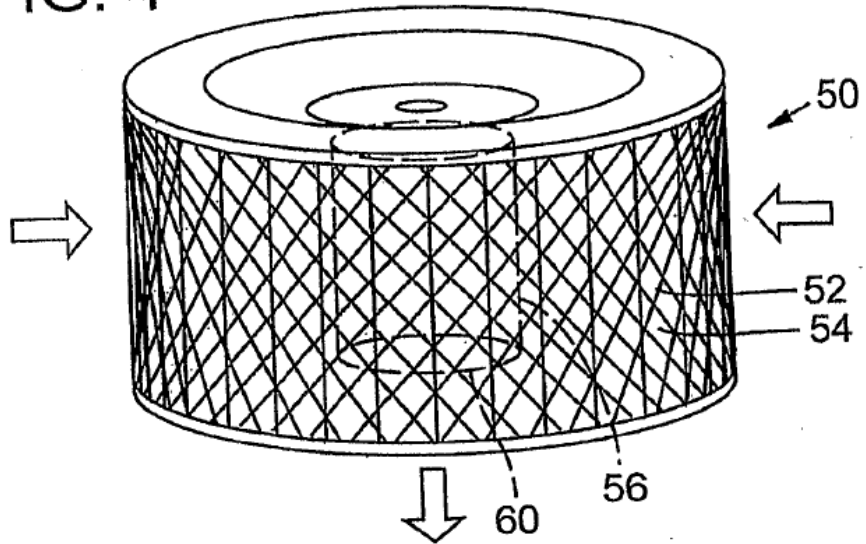


FIG. 5

