

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 729 844**

51 Int. Cl.:

G01M 3/04 (2006.01)

G01N 19/08 (2006.01)

G01M 3/32 (2006.01)

G01N 7/10 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **27.11.2007 PCT/AU2007/001820**

87 Fecha y número de publicación internacional: **12.06.2008 WO08067586**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **27.11.2007 E 07815621 (3)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **13.03.2019 EP 2100118**

54 Título: **Monitorización de la condición de un componente o una estructura utilizando un flujo de fluido**

30 Prioridad:

05.12.2006 AU 2006906797 P

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

06.11.2019

73 Titular/es:

**STRUCTURAL MONITORING SYSTEMS LTD
(100.0%)**

**5/15 Walters Drive
Osborne Park, WA 6017, AU**

72 Inventor/es:

FIEVEZ, JONATHAN

74 Agente/Representante:

CARPINTERO LÓPEZ, Mario

ES 2 729 844 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

Monitorización de la condición de un componente o una estructura utilizando un flujo de fluido

Campo de la invención

5 La presente invención se refiere a un aparato y un método para la monitorización de la condición de un componente o una estructura.

Antecedentes de la invención

10 El documento US 6.715.365 B2 da a conocer un método para monitorizar de manera continua la integridad de una estructura y emplea un elemento de restricción del flujo mediante la utilización de una sonda. El documento US 6.715.365 B2 no da a conocer la utilización de una fuente de vacío no regulada conectada al regulador de flujo, ni proporciona una medición relacionada con un flujo volumétrico ni calcula un índice de conductividad del flujo de aire.

15 Existe constancia de la utilización de una fuente de vacío relativo constante conectada por medio de una impedancia elevada al flujo de fluido a una cavidad sellada sobre o en un componente o estructura, para monitorizar fallos inminentes. Dichos sistemas se describen, por ejemplo, en las patentes n.º US 6.539.776; US 6.591.661; US 6.715.365 y US 6.720.882 todas asignadas al solicitante de la presente; y la 5.770.794 (asignada a Tulip Bay Pty Ltd).

20 En las reivindicaciones de esta solicitud y en la descripción de la invención, excepto donde el contexto requiera lo contrario debido al lenguaje explícito o la implicación necesaria, la palabra "comprenden" o variaciones tales como "comprende" o "que comprende" se utilizan con un sentido inclusivo, es decir, para especificar la presencia de las características citadas, pero no excluir la presencia o adición de características adicionales en las diversas realizaciones de la invención.

Se debe sobreentender que cualesquiera referencias a cualquier publicación de la técnica anterior en esta memoria descriptiva no constituye una admisión de que la publicación forma parte del saber general común en la técnica, en Australia o cualquier otro país.

25 **Compendio de la invención**

De acuerdo con un aspecto de la presente invención se proporciona un aparato de acuerdo con la reivindicación 1.

30 En una realización, el sistema de medición puede comprender un primer transductor de presión que proporciona una medida de presión P1 de la fuente de presión no regulada; y, un segundo transductor de presión que proporciona una medida de presión P2 en un lado de la cavidad conectada con el elemento de restricción del flujo de fluido.

35 En una realización, el aparato puede comprender además una válvula de continuidad acoplada a un extremo de la cavidad opuesto al elemento de restricción del flujo de fluido, teniendo la válvula de continuidad un estado ACTIVADO en el que la válvula está abierta y ventila la cavidad a la presión atmosférica, y un estado DESACTIVADO en el que la válvula de continuidad está cerrada.

El aparato puede comprender además una válvula de baipás conectada en paralelo a través del elemento de restricción del flujo de fluido para proporcionar una comunicación fluida directa entre la fuente de presión no regulada y la cavidad sellada, cuando la válvula de baipás está en un estado ACTIVADO.

40 El aparato puede comprender además un sensor o transductor de presión ambiental para proporcionar una medida de la presión ambiental P3, y el sistema de medición incluye la medida de la presión ambiental en el cálculo del índice de conductividad. Como alternativa, se puede proporcionar una presión ambiental estándar o fija al sistema de medición para el cálculo del índice de conductividad.

Un aspecto adicional de la invención proporciona un método de acuerdo con la reivindicación 11.

Breve descripción del dibujo

45 Ahora se describirá una realización de la presente invención a modo de ejemplo haciendo referencia únicamente al dibujo anexo.

Descripción detallada de la realización preferida

50 La figura 1 ilustra una realización de un aparato 10 para monitorizar la condición de un componente o una estructura 12. El aparato monitoriza la condición del componente o la estructura 12 midiendo la conductividad al flujo de aire de una cavidad sellada 14 formada en la superficie de la estructura 12. La forma precisa de la cavidad 14 no es esencial para las realizaciones de la presente invención y puede adoptar, por ejemplo, la forma de cualquiera de las cavidades descritas en las patentes a las que se hace

referencia anteriormente en los antecedentes de la presente invención. Habitualmente, la cavidad 14 se forma mediante el sellado de una periferia de una membrana o almohadillado sustancialmente impermeable al fluido a la superficie de la estructura 12. En consecuencia, una parte de la superficie de la estructura 12 forma una parte de una superficie interna de la cavidad 14. La cavidad 14 debería estar sustancialmente sellada, aunque se admite que debido a la permeabilidad inherente de los diversos materiales y las imperfecciones en los procesos de fabricación y/o la aplicación de la cavidad 14 a la estructura 12, la cavidad 14 puede no estar sellada de una manera absolutamente perfecta.

El aparato 10 comprende una fuente de presión no regulada 16 que está acoplada a la cavidad 14 por medio de un elemento de restricción del flujo de fluido 17. La fuente de presión 16 puede adoptar múltiples formas diferentes. En la realización ilustrada en la figura 1, la fuente de presión 16 comprende una bomba 18 acoplada a un depósito 20. En esta realización particular, se hace funcionar la bomba 18 durante un período de tiempo para evacuar o presurizar el depósito 20 con relación a la atmósfera. El nivel de presión absoluta dentro del depósito 20 no es crítico y no está regulado. No obstante, en un ensayo preliminar se ha encontrado adecuada una presión del orden de 15 – 20 kPa por encima o por debajo de la presión atmosférica. La fuente de presión 16 puede proporcionar fluido a una presión por encima o por debajo de la presión ambiental. Es decir, en su forma más amplia y más general las palabras “fuente de presión” pretenden cubrir tanto la presión negativa (es decir, un vacío) y la presión positiva con relación a la presión ambiente.

En una forma alternativa, la fuente de presión 16 puede comprender la bomba 18 por sí misma y estar conectada directamente al elemento de restricción del flujo de fluido 17 en lugar de por medio de un depósito 20 intermedio. En dicha realización, la bomba 18 se hace funcionar cuando se requiere que genere una presión no regulada de nuevo habitualmente del orden de ± 15 a 20 kPa con relación a la presión ambiental.

En otra variación más adicional, la fuente de presión puede comprender simplemente un cuerpo de fluido a una presión diferente a la presión de la atmósfera a la que está sometida la cavidad 14. Un ejemplo de esta variación sería cuando el aparato 10 se utiliza en una aeronave con la cavidad 14 sometida a las condiciones de presurización dentro de una aeronave que vuela a cierta altitud, mientras la fuente es simplemente la presión atmosférica externa a la aeronave. En dicho caso, la fuente de presión es una presión negativa relativa (es decir, un vacío relativo).

El elemento de restricción del flujo de fluido 17 tiene una resistencia de flujo de fluido efectiva r . No obstante, el elemento de restricción del flujo de fluido 17 no necesariamente es una sola resistencia al flujo de fluido, sino que por el contrario puede comprender un circuito elemento de restricción del flujo de fluido que tiene una pluralidad de resistencias al flujo de fluido conectadas en serie y/o en paralelo. De hecho, en dicho circuito también se puede proporcionar una disposición de conmutación para permitir una conmutación fácil para la inclusión o exclusión de las resistencias al flujo de fluido individuales, con el fin de modificar la resistencia al flujo de fluido efectiva r global entre la fuente 16 y la cavidad 14. El elemento de restricción del flujo de fluido 17 puede adoptar formas diferentes que incluyen un tubo de impedancia elevada, vidrio sinterizado o una micro máquina para canalizar o un orificio y/o placas con orificios.

El aparato 10 comprende además un sistema de medición 19 que proporciona una medición de, o relacionada con, el flujo de aire volumétrico a través del elemento de restricción del flujo de fluido 17. Más en particular, en la realización ilustrada, el sistema de medición 19 comprende un primer transductor de presión 22 acoplado entre la fuente no regulada 16 y el elemento de restricción del flujo de fluido 17; y un segundo transductor de presión 24 que está acoplado entre la cavidad 14 y el elemento de restricción del flujo de fluido 17. El transductor de presión 22 proporciona una medida de la presión P_1 de la fuente 16 mientras el transductor de presión 24 proporciona una medida de presión P_2 de la cavidad 14. Tal como se explica con más detalle a continuación, las mediciones proporcionadas por los transductores 22 y 24 (es decir, el sistema de medición 19) está relacionado con el flujo de aire volumétrico a través del elemento de restricción 17.

Si se supone que la única fuente de entrada o salida de aire del aparato 10 (dependiendo de si la fuente de presión es de una presión negativa o positiva relativa) es a través de la cavidad 14, entonces, en el caso de una pérdida de aire, habrá un flujo de aire F a través del elemento de restricción 17. En ese caso se puede calcular una medida de la conductividad frente al flujo de aire de la cavidad 14, denominada el índice de conductividad C_I , habitualmente mediante un procesador 21 integrado que puede formar parte del sistema de medición 19 o se incorpora de otra manera en el aparato 10. Cuando una grieta 26 se extiende en la cavidad 14, el índice de conductividad C_I proporciona una medida de la conductancia frente al flujo de aire de la grieta 26. El índice de conductividad se calcula como sigue. El cálculo se base en una hipótesis que para un flujo laminar (es decir, flujo no turbulento) la caída de presión a través de un elemento de restricción del flujo es proporcional a la magnitud de la resistencia del elemento de restricción del flujo y del flujo volumétrico a través de este. Esto se describe mediante la siguiente ecuación:

$$\Delta P = r_{FR} \times \dot{V} \tag{1}$$

Donde:

ES 2 729 844 T3

- ΔP es la presión diferencial en Pascales a través del elemento de restricción del flujo 17 [Pa]
- r_{FR} es la resistencia al flujo del elemento de restricción del flujo en Pascales-segundos por metro cúbico [Pa.s/m³]
- \dot{V} es el flujo volumétrico en metros cúbicos por segundo [m³/s]

- 5 Se supone que cuando el sistema está en equilibrio, el caudal másico a través de la cavidad 14 y/o la grieta 26 es el mismo que el caudal másico a través del elemento de restricción del flujo 17. Por lo tanto, se puede realizar una determinación del flujo másico a través de la cavidad 14/grieta 26 calculando el flujo másico a través del elemento de restricción del flujo 17. El caudal másico se calcula a partir del flujo volumétrico y la densidad del gas en el punto de interés utilizando la ecuación (2). Debido a que el punto de interés está
- 10 nominalmente en el centro del elemento de restricción 17, se utiliza el promedio de las presiones finales en los cálculos de la densidad, tal como se muestra en la ecuación (3).

$$\dot{m} = \rho \times \dot{V} \quad (2)$$

$$\dot{m}_{CRACK} = \dot{m}_{FR} = \rho_{FR} \dot{V}_{FR} = \frac{P_{FR}}{RT} \times \frac{\Delta P_{FR}}{r_{FR}} = \frac{P_1 + P_2}{2} \times \frac{P_2 - P_1}{r_{FR}} \quad (3)$$

Donde:

- 15 \dot{m} es el flujo másico en kilogramos por segundo [kg/s]
- ρ es la densidad del gas en kilogramos por metro cúbico [kg/m³]
- P_{FR}, P_1, P_2 es la presión en Pascales [Pa] en: el centro del elemento de restricción 17, la fuente 16; y la cavidad 14, respectivamente
- R es la constante de los gases para aire seco en Julios por kilogramo por Kelvin [J/kg.K]
- 20 T es la temperatura en Kelvin [K]

Ahora que es conocido el flujo másico a través de la cavidad 14/grieta 26 y la diferencia de presiones a través de la grieta se mide o se aproxima utilizando una presión ambiental estándar, el flujo volumétrico a través de la grieta se puede calcular utilizando la ecuación (2).

$$\dot{V}_{CRACK} = \frac{\dot{m}_{CRACK}}{\rho_{CRACK}} = \frac{P_1 + P_2}{2} \times \frac{P_2 - P_1}{r_{FR}} \times \frac{1}{\frac{P_{CRACK}}{RT}}$$

- 25 Cancelando RT y expandiendo P_{CRACK} se obtiene:

$$= \frac{P_1 + P_2}{2} \times \frac{P_2 - P_1}{r_{FR}} \times \frac{1}{\frac{P_3 + P_2}{2}}$$

$$= \frac{(P_1 + P_2)(P_2 - P_1)}{r_{FR}(P_3 + P_2)}$$

Utilizando la ecuación (1):

$$r_{CRACK} = \frac{\Delta P_{CRACK}}{\dot{V}_{CRACK}} = \frac{P_3 - P_2}{(P_1 + P_2)(P_2 - P_1)}$$

$$= \frac{r_{FR}(P_3 + P_2)(P_3 - P_2)}{(P_1 + P_2)(P_2 - P_1)}$$

$$= \frac{r_{FR}(P_3^2 - P_2^2)}{P_2^2 - P_1^2}$$

Por último, como la conductancia es simplemente la inversa de la resistencia al flujo, el índice de conductividad CI se puede calcular:

$$CI = \frac{1}{r}$$

$$\therefore CI_{CRACK} = \frac{1}{r_{CRACK}} = \frac{P_2^2 - P_1^2}{r_{FR} (P_3^2 - P_2^2)} \quad (4)$$

Donde P_3 es la presión ambiental.

5 Tal como se ha mencionado anteriormente, el cálculo del índice de conductividad CI requiere una medida de la presión ambiente P_3 o una suposición de una presión ambiental estándar P_3 . Con esta finalidad, el aparato 10 puede comprender además un sensor o transductor integrado para proporcionar una medida de la presión ambiental P_3 . No obstante, en múltiples aplicaciones, la presión ambiental P_3 se puede suponer que es una constante 101325 Pa. En dichos casos, en el aparato 10 el sensor de presión ambiental se puede desconectar o simplemente descartar su lectura con a fin de calcular el índice de conductividad. Como la resistencia al flujo r es conocida, el producto de la resistencia al flujo r y el cuadrado de la presión ambiental en la ecuación (4) anterior es una constante en el cálculo del índice de conductividad CI, si se utiliza una presión estándar en lugar de una presión ambiental medida P_3 .

10 Cuando el aparato 10 se conecta a la cavidad 14, si la cavidad 14 está sellada de manera absolutamente perfecta, el índice de conductividad CI proporcionado por el aparato 10 será cero ya que P_1 será igual que P_2 . Esto indica que no hay pérdida de aire (es decir, de entrada o salida) a través de la cavidad 14.

15 En el caso de que la cavidad 14 no esté sellada de manera absolutamente perfecta, entonces se producirá cierto flujo de aire a través de la cavidad 14 y, por tanto, cuando el aparato 10 se acopla con la cavidad, el aparato 10 ofrecerá una lectura distinta de cero del índice de conductividad. Esa lectura se puede almacenar en un dispositivo con memoria asociado al procesador 21 y se asigna a la cavidad 14 particular, o como alternativa, la lectura puede estar contenida en un dispositivo con memoria que está retenido con la cavidad 14, por ejemplo, en una clavija que facilita la conexión entre el aparato 10 y la cavidad 14 donde la clavija está retenida con la cavidad 14.

20 Si se desarrollara una grieta 26 en la superficie de una estructura 12 y esa grieta se extendiera al interior de la cavidad 14, lo que proporcionaría una comunicación fluida entre la cavidad 14 y la atmósfera circundante, habría un flujo de aire F a través del elemento de restricción del flujo de fluido 17 y, por tanto, el aparato 10 cuando se conecta con la cavidad 14 también proporcionará un índice de conductividad distinto de cero.

25 El valor del índice de conductividad proporciona una indicación del volumen de flujo de aire a través de la cavidad 14 y es proporcional a este. Por tanto, un índice de conductividad más elevado indica la existencia de una grieta 26 mayor. De nuevo, el índice de conductividad para la cavidad 14 particular se puede almacenar tanto en el aparato 10 como en un dispositivo con memoria asociado a la cavidad 14. Una vez que se ha realizado una medición del índice de conductividad, el aparato 10 se puede desconectar de la cavidad 14.

30 En cierto instante posterior, el aparato 10 se puede volver a conectar con la cavidad 14 para obtener una lectura adicional del índice de conductividad. Cualquier aumento del índice de conductividad medido en el instante posterior sería indicativo de que se desarrolla una grieta 26 nueva en la estructura 12 que se extiende al interior de la cavidad 14 o, como alternativa, de un aumento del tamaño de una grieta 26 detectada anteriormente en la superficie de la estructura 12.

35 Se contempla que el elemento de restricción del flujo de fluido 17 tendrá una resistencia al flujo r en el intervalo entre 500-2500 GPa.s/m³. De hecho, tal como se ha sugerido anteriormente, el elemento de restricción 17 puede estar en forma de un circuito que comprende una pluralidad de resistencias al flujo conectadas en serie y/o en paralelo de resistencia similar o diferente junto con un conmutador u otro mecanismo para conectar de manera efectiva las distintas resistencias al flujo en el circuito fluido, con el fin de proporcionar una resistencia al flujo r global selectiva. El aumento de la resistencia proporciona una mayor sensibilidad o precisión en la medición del índice de conductividad. Esto hace posible la detección de grietas más pequeñas o más estrechas. La introducción de distintos elementos de restricción de resistencia más elevada proporcionará de manera efectiva un índice de conductividad que tiene mayor grado de precisión o número de cifras decimales.

40 El aparato 10 puede comprender además una válvula de baipás 28 conectada en paralelo a través del elemento de restricción del flujo 17 por medio del conducto 30. Cuando la válvula 28 se desconecta o cierra (es decir, en un estado DESACTIVADO) el conducto 30 está bloqueado o sellado de modo que la comunicación fluida entre la fuente 16 y la cavidad 14 se produzca a través del elemento de restricción del flujo 17. Este es el estado normal o de medición, donde el aparato 10 se utiliza para proporcionar una

- medida del índice de conductividad de una cavidad 14 y/o una grieta 26. No obstante, se apreciará que el aparato 10 se conecta inicialmente a la cavidad 14 la cavidad 14, que se abre a la atmósfera, contendrá un volumen de aire. Antes de que el aparato 10 se utilice para realizar una medición del índice de conductividad, se debe evacuar el aire dentro de la cavidad 14 y de cualquier tubo de conexión que se extiende desde esta. Esto representa un "tiempo de estabilización" del aparato 10. Es preferible que el tiempo de estabilización sea tan corto como sea posible, de modo que se puedan realizar las mediciones rápidamente. Al abrir la válvula 28, que es equivalente a que la válvula 28 esté en un estado ACTIVADO, el elemento de restricción del flujo 17 se encuentra de manera efectiva cortocircuitado o derivado y la cavidad 14 se pone en comunicación con la fuente 16 por medio del conducto 30.
- 5
- 10 También se puede poner en comunicación una válvula de continuidad 32 con la cavidad 14 en un lado opuesto al elemento de restricción del flujo 17 mediante un conducto 34 adicional. La válvula de continuidad 32 se puede utilizar para confirmar la continuidad en el trayecto de comunicación entre la cavidad 14 y la fuente 16. Cuando el aparato 10 se utiliza para realizar una medición del índice de conductividad, la válvula de continuidad 22 está de manera habitual en un estado cerrado o DESACTIVADO. De esta forma, la
- 15 válvula de continuidad 32 no afecta a la medición del índice de conductividad. No obstante, si la válvula de continuidad 32 se abre brevemente, la cavidad 14 se ventilará a la presión atmosférica y por lo tanto se esperaría que el aparato 10 mostrara un cambio brusco o repentino del índice de conductividad. Si esto no se produce, se asume que existe una obstrucción entre la cavidad 14 y la fuente 16.
- Ahora que se ha descrito con detalle una realización de la invención, será evidente para aquellos que son expertos en la técnica pertinente que se pueden realizar distintas modificaciones y variaciones sin alejarse de los conceptos básicos de la invención. Por ejemplo, el aparato 10 se ha descrito en relación con la obtención de una conductividad de una cavidad o grieta. Aquellos que son expertos en la técnica reconocerán que el aparato 10 se puede aplicar para obtener una medida de la permeabilidad de un material poroso tal como el hormigón. En dicha aplicación la "cavidad" se puede formar como una cavidad superficial
- 20 o como una cavidad interna en el volumen de una losa o núcleo de hormigón. En la patente de EE. UU. 6.591.661 del solicitante se muestran ejemplos de dichas disposiciones. En una modificación adicional, el sistema de medición puede comprender además un dispositivo de medición de la presión diferencial que se conecta en paralelo al elemento de restricción del flujo 17 y a través de este, para proporcionar un diferencial de presión $P_4 = P_2 - P_1$. Este sensor de presión puede tener un escalado de la medición "grosero" y "fino", de modo que se pueda medir una diferencia de presión pequeña (indicativa de una grieta 26 muy pequeña) con una mayor resolución y precisión. Tal como se ha mencionado anteriormente, la fuente de presión 16 puede ser un vacío relativo o una presión positiva con relación a la presión ambiental. La invención se define mediante las reivindicaciones adjuntas.
- 25
- 30
- 35

REIVINDICACIONES

1. Un aparato (10) configurado de modo que mida la conductividad al flujo de aire de una cavidad (14) sellada formada en una superficie de una estructura o un componente (12), donde una parte de la superficie forma parte de una superficie interna de la cavidad (14), comprendiendo el aparato:

5 una fuente de presión no regulada (16);
un elemento de restricción del flujo de fluido (17) que tiene una resistencia al flujo r y proporciona una comunicación del flujo de fluido entre la cavidad (14) y la fuente de presión (16);

10 un sistema de medición (19) configurado de modo que: proporcione una medición de, o relacionada con, el flujo volumétrico de aire a través del elemento de restricción del flujo (17); y calcular un índice de conductividad CI al flujo de aire de la cavidad (14), de acuerdo con la ecuación $CI = \text{flujo}/\text{diferencia de presión}$;

donde "flujo" es el flujo volumétrico de aire a través del elemento de restricción del flujo de fluido (17) medido mediante el sistema de medición; y la "diferencia de presión" es la diferencia de presión a través de la cavidad con referencia a la presión atmosférica o ambiental.

15 2. El aparato de acuerdo con la reivindicación 1, donde el sistema de medición (19) comprende un primer transductor de presión (22) que proporciona una medida de presión P_1 de la fuente de presión no regulada; y, un segundo transductor de presión (24) que proporciona una medida de presión P_2 en un lado de la cavidad conectado con el elemento de restricción del flujo de fluido (17).

20 3. El aparato de acuerdo con la reivindicación 1 o 2, donde el sistema de medición comprende una memoria para almacenar el índice de conductividad de una grieta (26).

4. El aparato de acuerdo con la reivindicación 3, donde el aparato se configura de modo que compare un índice de conductividad con una índice de conductividad calculado para la misma grieta con el fin de proporcionar posteriormente una indicación de la velocidad de crecimiento de la grieta.

25 5. El aparato de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 – 4, que comprende además una válvula de continuidad (32) acoplada a un extremo de la cavidad opuesto al elemento de restricción del flujo de fluido, teniendo la válvula de continuidad (32) un estado ACTIVADO, en el que la válvula está abierta y ventila la cavidad a la presión atmosférica, y un estado DESACTIVADO en el que la válvula de continuidad (32) está cerrada.

30 6. El aparato de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1- 5, que comprende además una válvula de baipás (28) conectada en paralelo a través del elemento de restricción del flujo de fluido para proporcionar una comunicación fluida directa entre la fuente de presión no regulada y la cavidad (14) sellada, cuando la válvula de baipás (28) está en un estado ACTIVADO.

35 7. El aparato de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 – 6, que comprende además un sensor o transductor de presión ambiental para proporcionar una medida de la presión ambiental P_3 y el sistema de medición incluye la medida de la presión ambiente en el cálculo del índice de conductividad.

8. El aparato de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 – 6, donde se proporciona una presión ambiental estándar o fija al sistema de medición para el cálculo del índice de conductividad.

9. El aparato de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 – 8, donde el índice de conductividad se calcula mediante el sistema de medición utilizando la ecuación:

40
$$CI = \frac{P_2^2 - P_1^2}{r_{FR} (P_3^2 - P_2^2)}$$

donde:

P_1 = la presión en Pascales de la fuente

P_2 = la presión en Pascales en un lado del elemento de restricción del flujo de fluido alejado de la fuente

45 P_3 = la presión ambiental en Pascales, medida o nominal

r_{FR} = la resistencia al flujo del elemento de restricción en Pascales segundos por metro cúbico

10. El aparato de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 – 9, donde el índice de conductividad proporciona una medida de la conductividad al flujo de aire de una grieta (26) en una

ES 2 729 844 T3

superficie de una estructura, habiéndose aplicado en la superficie un miembro impermeable que forma la cavidad (14) sellada que traspasa la grieta (26).

11. Un método de medición de la conductividad al flujo de aire de una cavidad (14) sellada formada en una superficie de una estructura o componente (12), comprendiendo el método:

- 5 formar una cavidad (14) sellada sobre o en el componente o estructura (12), donde una parte de la superficie forma parte de una superficie interna de la cavidad (14);
- comprendiendo además el método conectar una fuente de presión no regulada (16) por medio de un elemento de restricción del flujo de fluido (17) a la cavidad (14), donde el elemento de restricción tiene una resistencia al flujo r;
- 10 proporcionar una comunicación del flujo de fluido entre la cavidad (14) y la fuente de presión (16);
- proporcionar una medida del flujo volumétrico de aire, o relacionada con este, a través del elemento de restricción del flujo (17); y calcular un índice de conductividad CI al flujo de aire de la cavidad, de acuerdo con la ecuación $CI = \text{flujo} / \text{diferencia de presión}$;
- 15 donde "flujo" es el flujo volumétrico de aire a través del elemento de restricción del flujo de fluido (17) medido mediante el sistema de medición; y la "diferencia de presión" es la diferencia de presión a través de la cavidad (14) con referencia a la presión atmosférica o ambiental.

12. El método de acuerdo con la reivindicación 11, donde calcular el índice de conductividad CI al flujo de aire de la cavidad está de acuerdo con la ecuación:

$$CI = \frac{P_2^2 - P_1^2}{r_{FR}(P_3^2 - P_2^2)}$$

- 20 donde: P_1 = la presión en Pascales de la fuente
- P_2 = la presión en Pascales en un lado del elemento de restricción del flujo de fluido alejado de la fuente
- P_3 = la presión ambiental en Pascales, medida o nominal
- r_{FR} = la resistencia al flujo del elemento de restricción en Pascales segundos por metro cúbico

25

30

35

40

