



República Federativa do Brasil  
Ministério da Economia  
Instituto Nacional da Propriedade Industrial

**(11) BR 112018006748-2 B1**



**(22) Data do Depósito: 20/09/2016**

**(45) Data de Concessão: 23/08/2022**

---

**(54) Título:** MÉTODO PARA DETECÇÃO DE OSCILAÇÕES NA PORÇÃO DE DIÓXIDO DE CARBONO E DISPOSITIVO PARA DETECÇÃO DE VAZAMENTO POR ASPIRAÇÃO

**(51) Int.Cl.:** G01M 3/20; G01M 3/22.

**(30) Prioridade Unionista:** 06/10/2015 DE 10 2015 219 250.4.

**(73) Titular(es):** INFICON GMBH.

**(72) Inventor(es):** WETZIG, DANIEL; GERDAU, LUDOLF.

**(86) Pedido PCT:** PCT EP2016072270 de 20/09/2016

**(87) Publicação PCT:** WO 2017/060072 de 13/04/2017

**(85) Data do Início da Fase Nacional:** 03/04/2018

**(57) Resumo:** DETECÇÃO DE OSCILAÇÕES NA QUANTIDADE DE GÁS DE TESTE DURANTE BUSCA DE VAZAMENTO POR ASPIRAÇÃO, por tratar-se a presente invenção de um método para detecção de oscilações na quantidade de gás de teste detectada por uma sonda aspiradora (20) de um detector de vazamento (18) no fluxo de gás da atmosfera em torno de uma peça de teste (12) pressurizada com um gás de teste livre de oxigênio contendo pelo menos uma quantidade de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), caracterizado pelo fato de a quantidade de oxigênio no ar ambiental ser medida.

**“MÉTODO PARA DETECÇÃO DE OSCILAÇÕES NA PORÇÃO DE DIÓXIDO DE CARBONO E DISPOSITIVO PARA DETECÇÃO DE VAZAMENTO POR ASPIRAÇÃO”**

[001] Trata-se a presente invenção de um método e um dispositivo para detecção e compensação de oscilações no fluxo de gás coletado da atmosfera, com uma sonda aspiradora de um detector de vazamento, em torno de uma peça de teste pressurizada com dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), como o gás de teste.

[002] A detecção de vazamento por aspiração é um método estabelecido, especialmente para a localização de vazamento. Para a detecção de vazamento por aspiração, um gás de teste é utilizado para aplicar uma pressão positiva a um corpo oco (peça de teste) a ser testado quanto à sua estanqueidade. O ar proveniente dos locais do objeto de teste a ser testado é coletado por uma sonda aspiradora. Se o vazamento de gás da peça de teste escapa no local testado, ele é absorvido pelo fluxo de ar e causa um aumento na concentração de gás de teste no fluxo de ar de admissão. Este aumento na concentração é avaliado como uma medida para a taxa de vazamento. Além disso, a pressão parcial do gás de teste é medida com um detector de gás de teste apropriado. Este detector é disposto em um local apropriado, no sistema de teste.

[003] O detector pode ser posicionado imediatamente na ponta da sonda aspiradora ou pode ser colocado no cabo ou até mesmo no dispositivo principal do detector de vazamento, a montante ou a jusante da unidade de fornecimento de gás (bomba, compressor). A unidade de fornecimento de gás produz o fluxo de gás coletado pela sonda aspiradora.

[004] Se a concentração do gás de teste na área de teste for constante, o seguinte é verdadeiro para a concentração total no fluxo do gás coletado pela sonda aspiradora no local do vazamento:

$$c = \frac{Q_{Leakage}}{Q_{FL}} \cdot (1 - c_0) + c_0$$

Sendo que:

$Q_{Leakage}$  = Taxa de vazamento do gás de teste

$Q_{FL}$  = Fluxo do gás aspirado

$c_0$  = Compensação constante do gás de teste no ar

$c$  = Concentração efetiva de dióxido de carbono ( $CO_2$ ) no fluxo de gás coletado pela sonda aspiradora.

$c_0$  = portanto, é a concentração inicial do gás de teste no fluxo de gás de admissão (fluxo de gás de arraste).

$c$  = é a concentração do gás de teste que contém a porção do gás de teste que escapa do vazamento.

$Q_{Leakage}$  = é a taxa de escape do gás de teste no vazamento.

$Q_{FL}$  = também pode ser chamado de fluxo de gás de arraste.

[005] A detecção de vazamento por aspiração, quando se utiliza dióxido de carbono ( $CO_2$ ) como o gás de teste é fortemente influenciada negativamente pelas oscilações de dióxido de carbono ( $CO_2$ ) na concentração ambiente. A concentração de dióxido de carbono ( $CO_2$ ) no “ar fresco” é de aproximadamente 400 ppm. No entanto, esta concentração é aumentada por vários emissores de dióxido de carbono ( $CO_2$ ), como, por exemplo, o gás respirável dos usuários, o gás de exaustão de motores de combustão interna, etc.

[006] O oxigênio é utilizado quando gorduras, proteínas e carboidratos são queimados no corpo do usuário; por exemplo, a equação da

reação química para oxidação de glicose (açúcar) é:  $C_6H_{12}O_6 + 6 O_2 \rightarrow 6 CO_2 + 6 H_2O + \text{energia}$ .

[007] Esta instabilidade na concentração ambiente limita profundamente a menor taxa de vazamento detectável.

[008] O objetivo principal da presente invenção é detectar oscilações no gás de teste no fluxo de gás coletado com uma sonda aspiradora de um detector de vazamento.

[009] O método, de acordo com a presente invenção, é definido pelas características da reivindicação de patente 1. O dispositivo, de acordo com a presente invenção, é definido pelas características da reivindicação de patente 6.

[0010] Um gás que é tão livre de oxigênio quanto possível e que tem uma porção de dióxido de carbono ( $CO_2$ ) é utilizado como o gás de teste. Além do dióxido de carbono ( $CO_2$ ), o gás de teste também pode ter outras porções que são livres de oxigênio. O gás de teste pode ser, em particular, dióxido de carbono ( $CO_2$ ). O que é fundamental é que uma porção de oxigênio na peça de teste preenchida com o gás de teste seja insignificante ou não exista.

[0011] A presente invenção baseia-se, portanto, no conceito principal de detecção da porção de oxigênio na atmosfera em torno da peça de teste e, quando possível, no fluxo de gás de admissão da sonda aspiradora. Essa porção de oxigênio deve servir como uma evidência dessa porção de dióxido de carbono ( $CO_2$ ) no fluxo de gás de admissão que não é resultante de um vazamento na peça de teste. Além disso, pode-se supor, por aproximação, que uma diminuição na concentração de oxigênio na atmosfera ambiente é proporcional a um aumento correspondente na concentração de dióxido de carbono ( $CO_2$ ). A medição pode ser realizada com um espectrômetro de massa ou com outro sensor que meça a pressão parcial do gás de teste. A medição da porção de oxigênio é preferencialmente realizada por meio do uso de uma sonda lambda e, se possível, à pressão atmosférica.

[0012] A concentração de oxigênio no gás respirável da pessoa que opera o detector de vazamento é menor do que a da atmosfera ambiente e a porção de dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) é maior. Se o gás respirável da pessoa que opera o equipamento for coletado pela sonda aspiradora, a porção de dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) no fluxo de gás de admissão aumenta, o que levaria a resultados de medições imprecisos, se a peça de teste fosse pressurizada com dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) como o gás de teste. A sonda de dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) do detector de vazamento não pode julgar se uma porção de dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) é resultante de um vazamento na peça de teste ou da atmosfera ambiente, por exemplo, do gás respirável do operador. Essa porção de dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) na atmosfera ambiente que adultera a medição e não é o resultado de um vazamento na peça de teste é chamada de compensação. Essa compensação também pode resultar, por exemplo, do gás de exaustão dos motores de combustão interna.

[0013] A porção de oxigênio ( $\text{O}_2$ ) na atmosfera ambiente ou no fluxo de gás coletado pela sonda aspiradora é determinada por meio do uso da sonda de oxigênio. Essa porção de oxigênio não pode ser proveniente de um vazamento na peça de teste, se a peça de teste estiver cheia de gás de teste livre de oxigênio, por exemplo, se estiver cheia exclusivamente com dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) como gás de teste. Portanto, é possível determinar a porção de compensação de dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) da porção medida de oxigênio.

[0014] Esta compensação  $c_2(t)$  constitui uma compensação constante  $c_0$  no ar de admissão e uma compensação flutuante dependente do tempo  $c_1(t)$  do gás de teste no ar de admissão. A compensação  $c_2(t)$  pode ser calculada da seguinte maneira:

$$Q_{Leakage} = \text{Taxa de vazamento do gás de teste}$$

$$Q_{FL} = \text{Fluxo do gás aspirado}$$

$$Q_{Leakage} < Q_{FL}$$

$$c_0; c_1; c_2 < 1$$

$c$  = Concentração efetiva de dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) no fluxo de gás coletado pela sonda aspiradora.

$c_0$  = portanto, é a concentração inicial do gás de teste no fluxo de gás de admissão (fluxo de gás de arraste).

$c$  = compensação constante do gás de teste no ar

$c_1(t)$  = compensação dependente do tempo do gás de teste no ar

$c_2(t) = c_0 + c_1(t) =$  compensação total do gás de teste no ar

$a$  = fator de proporção entre a concentração de oxigênio ( $\text{O}_2$ ) e a concentração de dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ )

$b$  = fator de sensibilidade ao oxigênio ( $\text{O}_2$ ) da sonda lambda

$\Delta I$  = Sinal da sonda lambda

$\Delta c_{\text{O}_2}$  = mudança na concentração de oxigênio ( $\text{O}_2$ )

$$\Delta c_1(t) = a \cdot \frac{1}{\Delta c_{\text{O}_2}}$$

$$\Delta c_{\text{O}_2} = b \cdot \Delta I$$

$$Q_{\text{Leakage}} = Q_{\text{FL}} \cdot \left[ \frac{c - c_2(t)}{1 - c_2(t)} \right]$$

$$\text{Sendo que } c_2(t) = c_0 + \frac{a}{b} \cdot \frac{1}{\Delta I(t)}$$

[0015] Uma modalidade exemplar da presente invenção será explicada em maior detalhe a seguir. A Figura é uma representação esquemática de uma modalidade exemplar do dispositivo, de acordo com a

presente invenção.

[0016] A peça de teste (12) pode ser, por exemplo, uma embalagem para alimentos. A peça de teste (12) é pressurizada com pressão positiva em relação à atmosfera ambiente (14) e é preenchida pelo menos com o gás de teste dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) livre de oxigênio. O gás de teste escapa através de um vazamento (16), devido à pressão positiva relativa à atmosfera ambiente (14).

[0017] O detector de vazamento (18) funciona de acordo com o princípio de detecção de vazamento por aspiração e, para esta finalidade, possui uma sonda aspiradora (20) que é conectada a uma bomba (22) ou a um compressor (22). A bomba (22) ou o compressor (22) produz um fluxo de gás que é coletado pela entrada (24) da sonda aspiradora (20). O detector de vazamento (18) tem, além disso, um sensor de pressão parcial (26), na forma de um espectrômetro de massa, que reage ao dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) e que determina a porção do gás de teste dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) no fluxo de gás de admissão da sonda aspiradora (20). Se a sonda aspiradora (20) for movida ao longo da superfície externa da peça de teste (12) para o vazamento (16), a porção de gás de teste no fluxo de gás de admissão aumenta, o que pode ser detectado por meio do uso do sensor de pressão parcial (26).

[0018] A porção de dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) no fluxo de gás de admissão pode, no entanto, aumentar por outras razões, por exemplo, se o gás respirável da pessoa que move a sonda aspiradora (20) for coletado pela sonda aspiradora ou se a sonda aspiradora (20) for colocada nas proximidades de um fluxo de gás de exaustão de um motor de combustão interna. Neste caso, o sensor de pressão parcial (26) detecta uma porção crescente de dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ). A fim de impedir que isto seja entendido incorretamente como uma sugestão de um vazamento (16) na peça de teste (12), é incluído, de acordo com a presente invenção, um sensor de oxigênio (28), que mede a porção de oxigênio ( $\text{O}_2$ ) no fluxo de ar de admissão.

[0019] O sensor de oxigênio (28) pode ser um sensor que detecta a pressão parcial de oxigênio, um espectrômetro de massa, por exemplo, ou até mesmo pode ser, por exemplo, uma sonda lambda convencional.

[0020] O sensor de oxigênio (28), na modalidade exemplar ilustrada, fica disposto no fluxo de gás entre a sonda aspiradora (20) e a bomba (22). Alternativamente, o sensor de oxigênio (28) pode ser incluído diretamente no cabo (20) ou pode medir o fluxo de gás de exaustão da bomba (22) em sua saída.

[0021] A porção de oxigênio medida é utilizada para detectar a porção de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) no fluxo de gás de admissão que não deriva de um vazamento (16) na peça de teste (12), mas resulta da combustão do oxigênio.

## REIVINDICAÇÕES

**1. MÉTODO PARA DETECÇÃO DE OSCILAÇÕES NA PORÇÃO DE DIÓXIDO DE CARBONO (CO<sub>2</sub>)** aspirada por uma sonda aspiradora (20) de um detector de vazamento (18) no fluxo de gás da atmosfera ambiente (14) em torno de uma peça de teste (12) pressurizada com um gás de teste livre de oxigênio contendo pelo menos uma porção de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), em que a porção de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) dentro do gás de teste no fluxo de gás aspirado é detectada, **caracterizado pelo fato de** a porção de oxigênio (O<sub>2</sub>) no ar ambiente ser medida, e a porção de oxigênio (O<sub>2</sub>) medida dentro do ar circundante ser utilizada para determinar a porção de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) dentro do ar ambiente, que não seja resultante de um vazamento na peça de teste (12), em que a queda da concentração de oxigênio (O<sub>2</sub>) dentro do ar ambiente é proporcional ao respectivo aumento da concentração de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) dentro do ar ambiente.

**2. MÉTODO**, de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado pelo fato de** a medição ser feita à pressão atmosférica da atmosfera ambiente (14) da peça de teste (12).

**3. MÉTODO**, de acordo com qualquer uma das reivindicações anteriores, **caracterizado pelo fato de** ser medida a porção de oxigênio (O<sub>2</sub>) no fluxo de gás da sonda aspiradora (20) ou no fluxo de gases de exaustão de uma bomba transportadora de gás (22) do detector de vazamento (18) conectado à sonda aspiradora (20).

**4. MÉTODO**, de acordo com qualquer uma das reivindicações anteriores, **caracterizado pelo fato de** a compensação  $c_2(t)$  da porção de gás de teste que está contida no fluxo de gás de admissão e que não deriva de um vazamento (16) na peça de teste (12) ser determinada por meio do uso da seguinte equação:

$$c_2(t) = c_0 + c_1(t) \text{ sendo que } c_1(t) = \frac{a}{b} \cdot \frac{1}{\Delta I(t)}$$

sendo que:

-  $c_0$  é a compensação constante de dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) no ar de admissão;

-  $c_1(t)$  é a porção de compensação dependente do tempo de dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) no ar de admissão;

-  $a$  é o fator de proporção entre a concentração de oxigênio ( $\text{O}_2$ ) medida e a concentração de compensação de dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) existente;

-  $b$  é o fator de sensibilidade à porção de oxigênio ( $\text{O}_2$ ) da sonda de oxigênio, e;

-  $\Delta I(t)$  é a mudança no sinal de medição da sonda de oxigênio.

**5. DISPOSITIVO PARA DETECÇÃO DE VAZAMENTO POR ASPIRAÇÃO**, contendo uma sonda aspiradora (20) de um detector de vazamento (18), sendo que a sonda aspiradora (20) possui uma bomba transportadora de gás (22) para coletar e medir o gás que escapa de uma peça de teste (12) pressurizada com um gás de teste em relação à atmosfera ambiente (14) que circunda a peça de teste (12) para a atmosfera, sendo que o gás de teste (12) é livre de oxigênio e tem pelo menos uma porção de dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ), e tendo um sensor de pressão parcial sensível ao dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) **caracterizado pelo fato de** incluir um sensor de oxigênio (28), para a medição da porção de oxigênio ( $\text{O}_2$ ) no fluxo de gás coletado pela sonda aspiradora (20) e o referido dispositivo sendo adaptado para determinar da porção de oxigênio ( $\text{O}_2$ ) medida dentro do ar circundante a porção de dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) dentro do ar ambiente que não resulta de um vazamento na peça de teste (12), em que a diminuição da concentração de oxigênio ( $\text{O}_2$ ) dentro do ar ambiente é proporcional ao respectivo aumento da concentração de dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) dentro do ar ambiente.

**6. DISPOSITIVO**, de acordo com a reivindicação 5, **caracterizado pelo fato de** o sensor de oxigênio ser uma sonda lambda.

**7. DISPOSITIVO**, de acordo com a reivindicação 5, **caracterizado pelo fato de** o sensor de oxigênio ser um sensor que detecta a pressão parcial de oxigênio.

**8. DISPOSITIVO**, de acordo com qualquer uma das reivindicações de 5 a 7, **caracterizado pelo fato de** o sensor de oxigênio estar disposto e incluído a montante da bomba (22), para a medição do fluxo de gás que flui através da sonda aspiradora (20), ou estar disposto e incluído a jusante da bomba (22), para a medição do fluxo de gás de exaustão da bomba transportadora de gás (22).

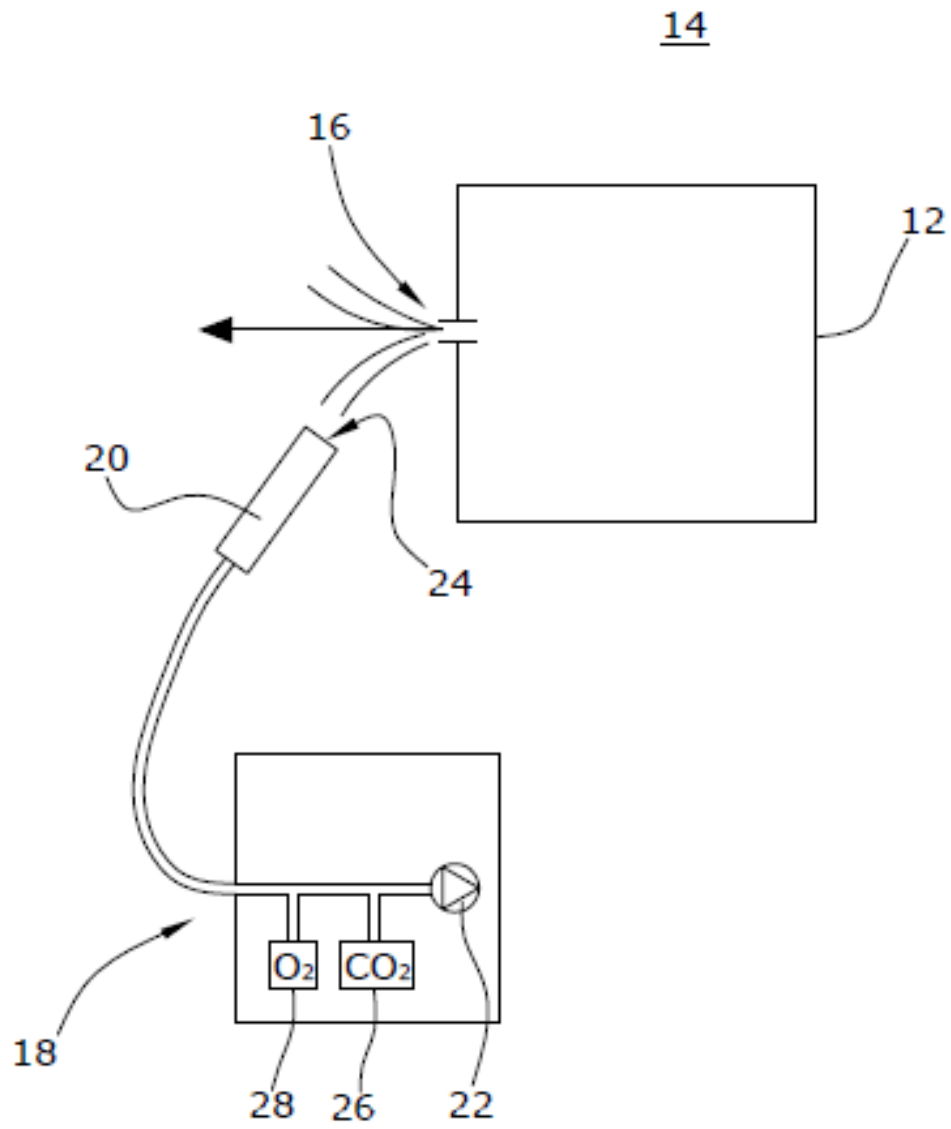


FIGURA 1