

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 913 420**

51 Int. Cl.:

G01M 3/22 (2006.01)

B65D 90/50 (2009.01)

G01M 3/20 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **19.03.2019 PCT/FR2019/050622**

87 Fecha y número de publicación internacional: **26.09.2019 WO19180372**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **19.03.2019 E 19716968 (3)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **16.03.2022 EP 3769065**

54 Título: **Procedimiento de difusión de un gas trazador y procedimiento de comprobación de la estanqueidad de una membrana**

30 Prioridad:

21.03.2018 FR 1852400

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

02.06.2022

73 Titular/es:

**GAZTRANSPORT ET TECHNIGAZ (100.0%)
1 Route de Versailles
78470 Saint-Rémy-lès-Chevreuse, FR**

72 Inventor/es:

**FRAYSSE, VINCENT;
HASSLER, DAVID;
GIMBERT, CHARLES y
DELETRE, BRUNO**

74 Agente/Representante:

GONZÁLEZ PECES, Gustavo Adolfo

ES 2 913 420 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

Procedimiento de difusión de un gas trazador y procedimiento de comprobación de la estanqueidad de una membrana

Área técnica

- 5 La invención se refiere al campo de los recipientes, estancos y aislados térmicamente, con membranas, para el almacenamiento y/o transporte de un fluido, tal como un fluido criogénico.

La invención se refiere más particularmente a un procedimiento de comprobación de la estanqueidad de una membrana estanca de un recipiente mediante un gas trazador y a un procedimiento de difusión de un gas trazador.

Antecedentes tecnológicos

- 10 El documento KR1020100050128 divulga un procedimiento de comprobación de la estanqueidad de una membrana de un recipiente de almacenamiento de GNL sellado y aislado térmicamente.

El recipiente tiene una estructura multicapa y presenta sucesivamente, de fuera hacia dentro, un espacio aislante secundario, una membrana de estanqueidad secundaria, un espacio aislante primario y una membrana de estanqueidad primaria destinada a estar en contacto con el gas natural licuado contenido en el recipiente. El procedimiento tiene por objeto, más concretamente, detectar las fugas a través de los cordones de soldadura que permiten conectar de forma estanca las láminas metálicas de la membrana de estanqueidad primaria. El procedimiento consiste en inyectar un gas trazador en el espacio de aislamiento primario y, a continuación, desplazar un equipo de detección equipado con un analizador de gas trazador dentro del recipiente a lo largo de las costuras de soldadura de la membrana de estanqueidad primaria. Así, si el equipo de detección detecta la presencia del gas trazador, se puede concluir que la membrana de estanqueidad primaria tiene fugas. En este procedimiento, la inyección del gas trazador en el espacio aislante primario es fundamental, ya que el procedimiento de detección sólo puede garantizar resultados fiables si el gas trazador se ha difundido homogéneamente por todo el espacio aislante primario.

- 25 El documento FR2317649 divulga un procedimiento de inyección de un gas trazador según el preámbulo de la reivindicación 1.

Sumario

Una idea base de la invención es proporcionar un procedimiento de difusión de gas trazador que logre una difusión fiable del gas trazador en todo el espacio térmicamente aislante.

Una realización de la invención está dada por un procedimiento según la reivindicación 1.

- 30 Según la invención, el gas trazador es introducido y transportado desde el espacio interior del recipiente a dicho espacio térmicamente aislante.

La expresión "espacio interno del recipiente" se refiere al área funcional del recipiente, es decir, su espacio de almacenamiento para un fluido, como un fluido criogénico, en contraposición al área externa, o exterior, del recipiente.

- 35 Clásicamente, el gas trazador es transportado e introducido en el espacio térmicamente aislante por o a través de la zona externa, o exterior, del recipiente, lo que presenta un cierto número de inconvenientes -entre los que se encuentran los presentados anteriormente- cuando se pretende, en particular, realizar una comprobación de la estanqueidad de la citada membrana, con el fin de garantizar, en particular, que el fluido, contenido en el recipiente, no corre el riesgo de penetrar en el espacio térmicamente aislante.

- 40 Dado que el gas trazador tiene una densidad de vapor inferior a la del aire, asciende al espacio térmicamente aislante. Por lo tanto, la inyección del gas trazador desde abajo, a través de la membrana de la pared inferior, garantiza una difusión más rápida y homogénea del gas trazador en el espacio térmicamente aislante que cuando el gas trazador se inyecta a través de una tubería que pasa por una cúpula proporcionada en la pared de techo del recipiente, como se practica en la técnica anterior.

- 45 Según realizaciones, dicho procedimiento de inyección de un gas trazador puede comprender una o más de las siguientes características.

- Según una realización, al implementar el procedimiento de inyección, cada una de las paredes comprende, desde el exterior hasta el interior del recipiente, una barrera aislante del calor secundaria que se apoya en la estructura de soporte, una membrana secundaria que se apoya en la barrera aislante del calor secundaria, y opcionalmente una barrera aislante del calor primaria que se apoya en la membrana secundaria y una membrana primaria que se apoya en la barrera aislante del calor primaria y que está destinada a estar en contacto con el gas licuado contenido en el recipiente.

- 5 Según una realización, las barreras secundarias de aislamiento térmico de las paredes del recipiente se comunican entre sí y definen conjuntamente un espacio secundario de aislamiento térmico, y se inyecta un gas trazador en el espacio secundario de aislamiento térmico por medio de al menos un dispositivo de inyección de gas trazador que pasa a través de la membrana secundaria de la pared inferior y se abre en la barrera secundaria de aislamiento térmico de la pared inferior.
- 10 Según otra realización, las barreras primarias de aislamiento térmico de las paredes del recipiente se comunican entre sí y definen conjuntamente un espacio primario de aislamiento térmico, y se inyecta un gas trazador en el espacio primario de aislamiento térmico por medio de al menos un dispositivo de inyección de gas trazador que atraviesa la membrana primaria de la pared inferior y se abre en la barrera primaria de aislamiento térmico de la pared inferior.
- 15 Según una realización, el gas trazador se inyecta exclusivamente por medio de dispositivos de inyección de gas trazador que penetran en la membrana de la pared inferior y se abren en la barrera térmicamente aislante de la pared inferior.
- Según una realización, el espacio de aislamiento térmico se pone a presión negativa antes de la etapa de inyección de gas trazador en el espacio de aislamiento térmico. Esto permite, por un lado, una mejor difusión del gas trazador y, por otro, alcanzar más rápidamente un nivel de concentración satisfactorio del gas trazador.
- 20 Según una realización, el espacio de aislamiento térmico se pone a presión negativa hasta una presión de consigna de entre -40 kPa y -80 kPa, por ejemplo del orden de -60 kPa.
- 25 Según una realización, el gas trazador se inyecta en el espacio térmicamente aislante hasta que la presión dentro de dicho espacio térmicamente aislante es ligeramente superior a la presión atmosférica, por ejemplo entre 1 y 6 kPa relativos y ventajosamente del orden de 2 kPa relativos. Esto permite, por un lado, poner el espacio termoaislante en sobrepresión para favorecer la migración del gas trazador a través de las soldaduras defectuosas de la membrana, con el fin de aumentar la eficacia de la comprobación de la estanqueidad de la membrana, y, por otro lado, mantenerse dentro de un rango de sobrepresiones inferior a las sobrepresiones máximas que pueden ser admitidas por la membrana para evitar su desgarro.
- Según una realización, el gas trazador tiene una densidad de vapor inferior a la del aire.
- Según una realización, el gas trazador se selecciona entre helio, amoníaco y una mezcla de nitrógeno y dihidrógeno.
- Según una realización, el gas trazador se inyecta como una mezcla que comprende además aire y/o nitrógeno.
- 30 Según una realización, la pared inferior tiene una forma rectangular con dos ejes de simetría, dichos dos ejes de simetría delimitan cuatro zonas de la pared inferior, y el gas trazador se inyecta por medio de al menos cuatro dispositivos de inyección de gas trazador, cada uno de los cuales penetra en la membrana de la pared inferior y se abre en la barrera térmicamente aislante de la pared inferior, estando cada una de las cuatro zonas de la pared inferior equipada con uno de los cuatro dispositivos de inyección de gas trazador.
- 35 Según una realización, cada uno de los cuatro dispositivos de inyección penetra en la membrana de estanqueidad cerca del centro de la zona de la pared inferior respectiva.
- Según una realización, cada dispositivo de inyección de gas trazador comprende un miembro de conexión que se suelda herméticamente a la membrana de la pared inferior en la periferia de un orificio que se proporciona en dicha membrana, estando el miembro de conexión asociado a un conducto conectado a una fuente de gas trazador.
- 40 Según una realización, el miembro de conexión comprende un conector tubular que se asocia con el conducto conectado a la fuente de gas trazador y un anillo metálico que está, por un lado, sellado y soldado a la membrana de la pared inferior, en la periferia del orificio que se proporciona en dicha membrana y, por otro lado, sellado y soldado al conector tubular.
- 45 Según una realización, antes de la etapa de inyección de gas trazador por medio de al menos un dispositivo de inyección, la membrana se despega de la barrera de aislamiento térmico en la zona del dispositivo de inyección de gas trazador introduciendo una herramienta de elevación a través del miembro de conexión y el orificio de la membrana y colocando dicha herramienta de elevación de manera que un gancho de dicha herramienta de elevación se interponga entre la membrana y la barrera de aislamiento térmico de la pared inferior.
- 50 Según una realización, la herramienta de elevación se mantiene en una posición en la que el gancho se interpone entre la membrana y la barrera de aislamiento térmico de la pared inferior durante la etapa de inyección de gas trazador por medio de al menos un dispositivo de inyección.
- Según una realización, cada dispositivo de inyección comprende además al menos un tubo de inyección que está conectado de forma estanca al orificio que se proporciona en dicha membrana, dicho tubo de inyección se extiende

dentro de una ondulación de la membrana y comprende al menos un orificio en cada intersección entre la ondulación en la que se extiende dicho tubo de inyección y una ondulación perpendicular.

Otra idea de la invención es proporcionar un procedimiento para comprobar la estanqueidad de una membrana que sea fiable y rápido de aplicar.

5 Según una realización, la invención proporciona un procedimiento para comprobar la estanqueidad de una membrana de un recipiente sellado y térmicamente aislante, el recipiente sellado y térmicamente aislante tiene una forma poliédrica definida por una pluralidad de paredes del recipiente que están unidas a una estructura de soporte, cada una de las paredes del recipiente tiene una barrera de aislamiento térmico que comprende elementos aislantes anclados a la estructura de soporte y una membrana que se apoya en los elementos aislantes de la barrera de aislamiento térmico, las barreras de aislamiento térmico de las paredes del recipiente se comunican entre sí y definen conjuntamente el espacio de aislamiento térmico; el procedimiento de comprobación de la estanqueidad que comprende:

- inyectar gas trazador en el espacio térmicamente aislante;
- proporcionar un dispositivo de detección de fugas que comprende una campana de detección configurada para definir con la membrana una cámara de detección sellada y una bomba de vacío que está conectada a la cámara de detección y al equipo de análisis;
- 15 - disponer la campana de detección contra una cara de la membrana opuesta al espacio de aislamiento térmico, estando la campana de detección dispuesta de manera que la cámara de detección esté orientada hacia una parte de una costura de soldadura a comprobar;
- 20 - poner la cámara de detección a presión negativa utilizando la bomba de vacío;
- conducir la fase gaseosa contenida en la cámara de detección al equipo de análisis; y
- analizar mediante el equipo de análisis dicha fase gaseosa y emitir una variable representativa de una concentración de gas trazador en dicha fase gaseosa.

25 Según una realización, la invención proporciona un dispositivo de detección de fugas para comprobar la estanqueidad de una membrana de un recipiente sellado y térmicamente aislante; el dispositivo de detección de fugas comprende una campana de detección configurada para definir con la membrana una cámara de detección sellada y una bomba de vacío que está, por un lado, conectada a la cámara de detección y, por otro, al equipo de análisis.

30 Según realizaciones, el procedimiento de comprobación de la estanqueidad de una membrana y/o el dispositivo de detección de fugas puede comprender una o más de las siguientes características.

Según una realización, la inyección del gas trazador en el espacio térmicamente aislante se lleva a cabo mediante el procedimiento de inyección de gas trazador antes mencionado. Sin embargo, en otra realización, la inyección del gas trazador en el espacio de aislamiento térmico también puede llevarse a cabo por otro procedimiento.

Según una realización, el equipo de análisis es un espectrómetro de masas.

35 Según una realización, la campana de detección tiene una forma alargada.

Según una realización, la campana de detección comprende un núcleo central y una junta de estanqueidad que están unidos entre sí y están dispuestos para definir con la membrana a comprobar la cámara de detección.

Según una realización, la junta de estanqueidad comprende una carcasa unida al núcleo central y un labio de sellado periférico que se extiende desde la carcasa.

40 Según una realización, la carcasa de la junta de estanqueidad tiene un fondo que cubre la superficie superior del núcleo central y una pared periférica que se ajusta alrededor de la periferia del núcleo central.

Según una realización, el labio de sellado periférico está doblado hacia afuera de la campana de detección y está configurado para flexionar y presionar contra la membrana cuando la cámara de detección está a presión negativa.

45 Según una realización, la porción de costura de soldadura tiene al menos una ondulación de membrana que se extiende a través de ella.

Según una realización, el labio de sellado periférico tiene una forma que coincide con la geometría de la al menos una ondulación.

Según una realización, la porción de cordón de soldadura es atravesada por al menos dos, por ejemplo tres, ondulaciones paralelas de la membrana y el labio de sellado periférico tiene una forma que coincide con la geometría de dichas ondulaciones.

- 5 Según una realización, el labio de sellado periférico comprende al menos dos hendiduras que tienen una forma correspondiente a la de una ondulación de la membrana que se proyecta hacia el interior del recipiente, estando dichas hendiduras destinadas a abarcar dicha ondulación.

Según una realización, la al menos una ondulación de la membrana se proyecta hacia el interior del recipiente, estando la campana de detección dispuesta contra la membrana de manera que las hendiduras abarcan la ondulación.

- 10 Según una realización, el labio de sellado periférico tiene al menos dos áreas que sobresalen y que tienen una forma que corresponde a la de una ondulación de la membrana que se proyecta hacia el exterior del recipiente.

Según una realización, la campana de detección está dispuesta contra la membrana de manera que las zonas salientes encajen en la ondulación.

- 15 Según una realización, la junta de estanqueidad está hecha de un material elastomérico que tiene una dureza de entre 20 y 50 Shore A.

Según una realización, el material elastomérico de la junta de estanqueidad se selecciona entre poliuretano elastomérico, silicona, nitrilo y Viton®.

Según una realización, la campana de detección está equipada con un sistema de apriete capaz de presionar el labio de sellado periférico contra la membrana a comprobar.

- 20 Según una realización, antes de poner la cámara de detección a presión negativa, se activa el sistema de apriete para asegurar el sellado de la cámara de detección.

Según una realización, cuando la junta de estanqueidad comprende al menos dos hendiduras que tienen una forma correspondiente a la de una ondulación de la membrana que se proyecta hacia el exterior del recipiente y que pasa a través de la porción del cordón de soldadura, el sistema de apriete comprende una abrazadera a nivel de cada una de las hendiduras, cada abrazadera comprende dos ramas respectivamente dispuestas a cada lado de la hendidura y configuradas para aplicar una fuerza de apriete del labio de sellado periférico contra la ondulación de la membrana.

- 25 Según una realización, la cámara de detección se pone a presión negativa hasta un valor de presión absoluta de entre 50 y 1000 Pa, por ejemplo del orden de 100 Pa absolutos.

- 30 Según una realización, la fase gaseosa se analiza durante un periodo de tiempo mayor o igual a 5 segundos.

Según una realización, la variable representativa de una concentración de gas trazador en dicha fase gaseosa se compara con un umbral y se determina que el sellado de la porción del cordón de soldadura es defectuoso cuando la variable representativa de una concentración de gas trazador en dicha fase gaseosa es mayor que dicho umbral.

- 35 Según una realización, el dispositivo de detección de fugas comprende además una cámara de homogeneización que está dispuesta entre la cámara de detección y el equipo de análisis, la campana de detección comprende una entrada de gas equipada con una válvula, la cámara de homogeneización y la entrada de gas están conectadas a dos extremos opuestos de la cámara de detección.

Según una realización, la válvula de la entrada de gas está cerrada cuando la cámara de detección está a presión negativa, la etapa de conducción de la fase gaseosa contenida en la cámara de detección comprende:

- 40 - abrir la válvula de entrada de gas y conducir la fase gaseosa contenida en la cámara de detección a la cámara de homogeneización; y
- conducir la fase gaseosa desde la cámara de homogeneización hasta el equipo de análisis.

Según una realización, la invención proporciona un procedimiento para controlar la difusión del gas trazador en el espacio térmicamente aislante.

- 45 Según una realización, el procedimiento de control de la difusión del gas trazador se lleva a cabo durante el procedimiento de comprobación de la estanqueidad antes mencionado. Sin embargo, en otra realización, también puede implementarse de forma independiente.

Según una realización, el control de la difusión del gas trazador en el espacio térmicamente aislante comprende:

- tomar muestras de gas del espacio térmicamente aislante mediante una pluralidad de dispositivos de toma de muestras, cada uno de los cuales atraviesa la membrana de una de las paredes del recipiente; y
- conducir el gas muestreado a un equipo de análisis, como un espectrómetro de masas.

5 Según una realización, los dispositivos de toma de muestras están dispuestos ventajosamente en las proximidades de las zonas de esquina formadas en la unión entre dos o tres paredes del recipiente.

10 Según una realización, cada dispositivo de toma de muestras de gas comprende una placa de cubierta que se asocia con una membrana mediante un cordón de sellador que rodea una zona sin costuras de la membrana en la unión entre dos elementos de la membrana, teniendo la placa de cubierta un orificio y un accesorio para la conexión a un conducto conectado al equipo de análisis, estando dicho accesorio soldado de forma estanca alrededor de la periferia del orificio de la placa de cubierta.

15 Según una realización, el dispositivo de toma de muestras de gas comprende un miembro de conexión que tiene una espiga para conectarse herméticamente a un conducto conectado al equipo de análisis, un hombro y una varilla inferior roscada que se proyecta desde el hombro, pasa a través de la membrana secundaria y se enrosca en un orificio roscado en una placa unida a la barrera térmica; el dispositivo de toma de muestras de gas comprende además una junta de estanqueidad anular que se enrosca en la varilla inferior y se intercala entre la membrana secundaria y el hombro, teniendo el miembro de conexión un orificio que se abre en la tapa del extremo por un lado y en el espacio de aislamiento térmico por otro.

Breve descripción de las figuras

20 La invención se entenderá mejor, y otros propósitos, detalles, características y ventajas de la misma se aclararán en el curso de la siguiente descripción de varias realizaciones particulares de la invención, dadas a modo de ilustración solamente y no a modo de limitación, con referencia a los dibujos adjuntos.

- La figura 1 es una ilustración esquemática de una estructura multicapa de una pared de recipiente de membrana.
- La figura 2 es una vista esquemática parcial de un recipiente sellado y aislado térmicamente que muestra los dispositivos de inyección de gas trazador colocados a través de una membrana en la pared inferior del recipiente.
- La figura 3 es una vista en perspectiva detallada de un orificio que atraviesa la membrana de una pared inferior del recipiente.
- La figura 4 es una vista en perspectiva detallada de un dispositivo de inyección de gas trazador según una primera realización.
- La figura 5 es una vista en sección del dispositivo de inyección de gas trazador de la figura 4 y una herramienta de elevación insertada a través del dispositivo de inyección para despegar la membrana de la barrera de aislamiento térmico.
- La figura 6 es una vista en perspectiva de un dispositivo de inyección de gas trazador según una realización.
- La figura 7 es una vista esquemática en perspectiva de un recipiente que ilustra la disposición de los dispositivos de inyección de gas trazador según una segunda realización.
- La figura 8 es una vista superior detallada que ilustra una abertura, un accesorio de tubería y un miembro de distribución multicanal de un dispositivo de inyección de gas trazador según la segunda realización.
- La figura 9 es una vista en sección transversal que ilustra una abertura y una conexión tubular de un dispositivo de inyección según la segunda realización.
- La figura 10 es una vista parcial de un tubo de inyección de un dispositivo de inyección de gas trazador según la segunda realización.
- La figura 11 es una vista en sección del tubo de inyección de la figura 10 en una zona de cruce entre dos ondulaciones de la membrana.
- La figura 12 es una vista superior de una zona sin costuras en la unión entre dos láminas de una membrana y destinada a recibir un dispositivo de toma de muestras de gas según una primera realización.
- La figura 13 es una vista superior de un dispositivo de toma de muestras de gas que se dispone en la zona sin fisuras mostrada en la figura 12.

- La figura 14 es una vista en sección transversal de un dispositivo de toma de muestras de gas según una segunda realización.
- La figura 15 es una vista esquemática de un dispositivo de detección de fugas según una primera realización.
- 5 - La figura 16 es una vista en sección transversal de la campana de detección del dispositivo de detección de fugas de la figura 15.
- La figura 17 es una vista en perspectiva de una junta de estanqueidad según una primera realización.
- La figura 18 es una vista esquemática de una variante de un dispositivo de detección de fugas en el que la campana de detección está equipada con un sistema de apriete
- La figura 19 es una vista en perspectiva de una junta de estanqueidad según una segunda realización.
- 10 - La figura 20 muestra de forma esquemática la colocación de la campana de detección frente a una parte de un cordón de soldadura entre dos chapas metálicas onduladas adyacentes de una membrana.
- La figura 21 es una vista esquemática de un dispositivo de detección de fugas según una segunda realización.

Descripción detallada de las realizaciones

15 El procedimiento de comprobación de la estanqueidad que se describirá a continuación tiene por objeto, en particular, comprobar la estanqueidad de una membrana de un recipiente de membrana sellado y térmicamente aislante. Por ejemplo, estos recipientes de membrana se describen en las siguientes solicitudes de patente WO14057221, FR2691520 que se refieren a las tecnologías Mark V y Mark III respectivamente.

20 Los recipientes de membrana tienen una pluralidad de paredes que tienen una estructura multicapa, como se muestra en la Figura 1. Cada pared 1 comprende, desde el exterior hacia el interior del recipiente, una barrera secundaria de aislamiento térmico 2 que comprende paneles secundarios de aislamiento 3 anclados a una estructura de soporte 4, una membrana secundaria 5 que se apoya en la barrera secundaria de aislamiento térmico 2 una barrera primaria de aislamiento térmico 6 que comprende paneles primarios de aislamiento 7 que se apoyan en la membrana secundaria 2 y se anclan a la estructura de soporte 4 o a los paneles secundarios de aislamiento 3 y una membrana primaria 8 que se apoya en la barrera primaria de aislamiento térmico 6 y que está destinada a estar en contacto con el gas licuado contenido en el recipiente.

25 El recipiente tiene generalmente una forma poliédrica. En la realización mostrada en la figura 2, el recipiente tiene una pared delantera 9 y una pared trasera, no mostrada, que tienen forma octogonal. El recipiente también tiene una pared superior 10, una pared inferior 11 y paredes laterales 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17 que se extienden en la dirección longitudinal del recipiente entre la pared delantera 9 y la pared trasera.

30 Las barreras secundarias de aislamiento térmico 2 de las paredes del recipiente se comunican entre sí para formar un espacio secundario y sellado de aislamiento térmico entre la estructura de soporte 4 y la membrana secundaria 5. Del mismo modo, las barreras primarias de aislamiento térmico 6 de las paredes del recipiente se comunican entre sí para formar un espacio primario, sellado, de aislamiento térmico entre la membrana secundaria 5 y la membrana primaria 8.

35 Al menos una de las membranas primarias 8 y secundarias 5 comprende una pluralidad de láminas metálicas soldadas entre sí. El procedimiento de comprobación de la estanqueidad que se describirá a continuación tiene como objetivo más específico comprobar la estanqueidad de las soldaduras que conectan las chapas metálicas entre sí. Según una realización, la membrana a ensayar tiene ondulaciones que le permiten deformarse bajo el efecto de las tensiones térmicas y mecánicas generadas por el fluido almacenado en el recipiente. Para ello, como se muestra por ejemplo en la figura 20, cada lámina metálica tiene dos series de ondulaciones perpendiculares entre sí.

40 El procedimiento de comprobación de la estanqueidad comprende tres etapas, cada una de las cuales se describirá en detalle a continuación, a saber:

- 45 - La difusión de un gas trazador en un espacio térmicamente aislante cubierto por la membrana 5, 8 cuya estanqueidad se quiere comprobar;
- El control de la difusión del gas trazador en el espacio térmicamente aislante; y
- La comprobación de la estanqueidad de las soldaduras de la membrana 5, 8.

Difusión del gas trazador

50 El gas trazador se inyecta en el espacio térmicamente aislante que está cubierto por la membrana 5, 8 cuya estanqueidad se quiere comprobar. Cuando se desea comprobar la estanqueidad de la membrana secundaria 5, se

inyecta gas trazador en el espacio secundario de aislamiento térmico. En este caso, el procedimiento de comprobación de la estanqueidad se lleva a cabo antes de instalar la barrera térmica primaria 7 y la membrana primaria 8. Cuando se desea comprobar la estanqueidad de la membrana primaria 8, se inyecta gas trazador en el espacio primario de aislamiento térmico.

- 5 El gas trazador se selecciona, por ejemplo, entre el helio, el amoníaco y una mezcla de nitrógeno y dihidrógeno. En una realización, el gas trazador se inyecta como una mezcla que comprende además aire y/o nitrógeno.

Ventajosamente, para facilitar la difusión del gas trazador en el espacio térmicamente aislante, éste se somete previamente a una presión negativa, hasta alcanzar una presión negativa de consigna comprendida entre -40 kPa y -80 kPa, por ejemplo del orden de -60 kPa.

- 10 Para ello, el espacio de aislamiento térmico está conectado a una bomba de vacío, no mostrada, capaz de aspirar el gas contenido en el espacio de aislamiento térmico y descargarlo fuera de dicho espacio de aislamiento térmico. Además, el espacio de aislamiento térmico está equipado con uno o más sensores de presión capaces de proporcionar una señal representativa de la presión en el espacio de aislamiento térmico y permitir el control de la bomba de vacío.

- 15 Posteriormente, cuando la presión en el espacio de aislamiento térmico ha alcanzado la presión negativa de consigna, se inyecta el gas trazador en el espacio de aislamiento térmico hasta que la presión dentro del espacio de aislamiento térmico sea ligeramente superior a la presión atmosférica, por ejemplo entre 1 y 6 kPa relativos y ventajosamente del orden de 2 kPa relativos.

- 20 La figura 2 ilustra esquemáticamente un recipiente sellado y aislado térmicamente y un sistema para inyectar gas trazador en un espacio aislado térmicamente.

- El sistema de inyección comprende una pluralidad de conductos 18 que están, por una parte, conectados a una fuente de gas trazador, no mostrada, y, por otra parte, conectados a dispositivos de inyección de gas trazador 19 que proporcionan un paso para la inyección de gas trazador a través de la membrana 5, 8, cuya estanqueidad debe ser probada. En particular, los dispositivos de inyección de gas trazador 19 proporcionan pasajes de gas trazador a través de la membrana de la pared inferior 11. Esta disposición es especialmente ventajosa porque el gas trazador tiene una densidad de vapor inferior a la del aire, por lo que tiende a subir al espacio térmicamente aislante. Por lo tanto, al inyectar el gas trazador desde abajo, a través de la membrana 5, 8 para comprobar la pared inferior 11, se asegura una difusión rápida y homogénea del gas trazador en el espacio térmicamente aislante.
- 25

- En la realización mostrada en la Figura 2, la pared inferior 11 está equipada con al menos cuatro dispositivos de inyección de gas trazador 19 que están distribuidos uniformemente sobre la superficie de la pared inferior 11. La pared inferior 11 tiene forma rectangular y, por tanto, puede dividirse en cuatro zonas de igual superficie por sus dos ejes de simetría x e y. Cada uno de los cuatro dispositivos de inyección de gas trazador 19 está situado en una de las cuatro zonas mencionadas anteriormente. En la realización particular ilustrada, cada dispositivo de inyección de gas trazador 19 está dispuesto cerca del centro de su área respectiva. En una realización particular, cada uno de los cuatro dispositivos de inyección de gas trazador está dispuesto a una distancia $\frac{1}{4}L$ del borde longitudinal adyacente y a una distancia $\frac{1}{4}B$ del borde transversal adyacente, siendo L: la dimensión longitudinal de la pared inferior 11 y B: la dimensión transversal de la pared inferior 11.
- 30
- 35

- Las figuras 3 a 5 ilustran en detalle un dispositivo para inyectar el gas trazador 19 a través de una membrana ondulada primaria, del tipo Mark III o Mark V, por ejemplo. Las ondulaciones de la membrana primaria 8 se proyectan hacia el interior del recipiente. Cada dispositivo de inyección de gas trazador 19 tiene un orificio 20, mostrado en la figura 3, a través de la membrana primaria 8. El orificio 20 se forma en una zona plana 21 de la membrana primaria, que está delimitada por dos ondulaciones que se extienden en la dirección longitudinal de la pared inferior 11 y por dos ondulaciones que se extienden en la dirección transversal de la pared inferior 11. El orificio se sitúa ventajosamente en el centro de dicha zona plana 21.
- 40

- Como se muestra en la figura 4, un miembro de conexión 22 está soldado de forma estanca a la membrana primaria 8 en la periferia del orificio 20. El miembro de conexión 22 comprende un conector tubular 23 para la conexión a un conducto 18 conectado a una fuente de gas trazador. Para ello, el accesorio del tubo 23 tiene un extremo roscado para recibir un accesorio complementario asociado a un conducto 18 conectado a la fuente de gas trazador. El conector tubular 23 está soldado de forma estanca a un anillo metálico 24 que a su vez está soldado de forma estanca a la membrana primaria 8 alrededor del orificio 20 para sellar el dispositivo de inyección de gas trazador 19.
- 45
- 50

- Según una realización, como se muestra en la Figura 5, se utiliza una herramienta de elevación 25 para levantar la membrana primaria 8 del tablero aislante primario 7 sobre el que descansa en la zona de inyección de gas trazador. Esto facilita la difusión del gas trazador en el espacio primario de aislamiento térmico. La herramienta de elevación 25 tiene generalmente forma de L y cuenta con un mango 26 y un gancho 27 que está dispuesto en el extremo del mango 26 y se extiende perpendicularmente a dicho mango 26. La herramienta de elevación 25 se inserta a través del miembro de conexión 22 y está dispuesta de manera que el gancho 27 se interpone entre la membrana primaria
- 55

8 y la superficie del panel aislante primario 7 que soporta dicha membrana primaria 8. Esto permite despegar dicha membrana primaria 8 para favorecer la difusión del gas trazador.

5 La herramienta de elevación 25 se coloca antes de que el conducto 18 conectado a la fuente de gas trazador se conecte al miembro de conexión 22. Además, ventajosamente, la herramienta de elevación se mantiene en posición cuando el miembro de conexión 22 se conecta a un conducto 18 conectado a la fuente de gas trazador y el gas trazador se inyecta en el espacio primario de aislamiento térmico a través del dispositivo de inyección de gas trazador 19.

10 La figura 6 muestra un dispositivo de inyección de gas trazador 19 provisto a través de una membrana secundaria corrugada 5, como una marca V. Esta membrana secundaria ondulada 5 se diferencia especialmente de la membrana primaria 8 mostrada en las figuras 3 a 5 en que las ondulaciones se proyectan hacia el exterior del recipiente, mientras que en las figuras 3 a 5 se proyectan hacia el interior del recipiente. Como en la realización anterior, cada dispositivo de inyección de gas trazador 19 está dispuesto en una zona plana 21 de la membrana delimitada por dos ondulaciones que se extienden en la dirección longitudinal de la pared inferior 11 y por dos ondulaciones que se extienden en la dirección transversal de la pared inferior 11. Además, cada dispositivo de inyección de gas trazador 19 tiene una estructura idéntica a la mostrada y descrita en relación con las figuras 3 a 5. Además, se puede utilizar una herramienta de elevación 25 para levantar la membrana secundaria 5 del panel aislante secundario 3 sobre el que descansa, en la zona de inyección de gas trazador

20 Las figuras 7 a 11 ilustran los dispositivos de inyección de gas trazador 28 según otra realización. Aunque su estructura es más compleja que las mostradas y descritas en relación con las figuras 2 a 5, estos dispositivos de inyección de gas trazador son ventajosos porque facilitan la difusión del gas trazador y, por lo tanto, son especialmente adecuados para inyectar un gas trazador de alta viscosidad, como el amoníaco, por ejemplo.

25 En esta realización, cada dispositivo de inyección de gas trazador 28 tiene un orificio 29, mostrado en las figuras 7 y 8, en la membrana primaria 8. En la realización mostrada, el orificio 29 se forma a través de una placa metálica 30 que está unida a un panel aislante primario 7 de la barrera térmica primaria 6 y al que están soldadas las láminas metálicas onduladas de la membrana primaria 8. Como se muestra en la figura 9, un miembro de conexión 31 para la conexión a un conducto 18 conectado a una fuente de gas trazador está soldado de forma estanca a la periferia del orificio 29. Además, el orificio 29 está conectado de forma estanca a un miembro de distribución multicanal 32 que está dispuesto en un hueco del panel de aislamiento primario 7 y que es capaz de conducir el gas trazador desde el orificio 29 hasta uno o varios tubos de inyección 33. Por ejemplo, en la figura 9, el miembro de distribución multicanal 32 está conectado a dos tubos de inyección 33 en línea.

30 Como se muestra en las Figuras 10 y 11, cada tubo de inyección 33 está unido a uno o más paneles aislantes primarios 7 de la barrera aislante de calor primaria 6 y se extiende en una de las ondulaciones de la membrana primaria 8 que se proyecta hacia el interior del recipiente. Cada tubo de inyección 33 tiene uno o dos orificios 34 en cada intersección entre la ondulación en la que se aloja el tubo de inyección 33 y una ondulación perpendicular a la misma. Los orificios 34 están orientados en la dirección de una ondulación perpendicular a la ondulación en la que se aloja el tubo de inyección 33 y permiten así conducir el gas trazador hacia la serie de ondulaciones perpendiculares a la ondulación atravesada. Así, el gas trazador se difunde en el espacio primario de aislamiento térmico a través de las redes de ondulación de la membrana primaria 8.

40 En la figura 7, se muestra la disposición de los tubos de inyección 33 en la barrera primaria de aislamiento térmico de la pared inferior 11 en una realización. Las flechas representan la dirección de inyección del gas trazador a través de los orificios de los tubos de inyección. Uno o varios tubos de inyección 33 están dispuestos a lo largo de cada uno de los bordes de la pared inferior 11 y tienen al menos un orificio dirigido hacia la pared del recipiente adyacente en cada intersección entre dos ondulaciones. Estos tubos de inyección 33 permiten así que el gas trazador se difunda desde la pared inferior 11 hacia las demás paredes del recipiente.

45 Además, en la realización ilustrada, la barrera de aislamiento térmico de la pared inferior 11 comprende una o dos series de tubos de inyección 33 que están dispuestos cada uno en una ondulación de la membrana primaria de la pared inferior 11 que está orientada en la dirección longitudinal del recipiente y está dispuesta en una zona media de la pared inferior 11. Los citados tubos de inyección 33 tienen dos orificios 34 orientados en dos direcciones opuestas, en cada intersección entre la ondulación en la que se aloja dicho tubo de inyección 33 y una ondulación perpendicular a la misma.

Control de la difusión del gas trazador

Ventajosamente, cuando el gas trazador se ha difundido a través del espacio de aislamiento térmico, la difusión del gas trazador en el espacio de aislamiento térmico está controlada.

55 Esto se consigue muestreando el gas contenido en el espacio térmicamente aislante en el que se ha inyectado el gas trazador por medio de una pluralidad de dispositivos de toma de muestras de gas proporcionados a través de la membrana que cubre dicho espacio térmicamente aislante. Cada dispositivo de toma de muestras está conectado a

un equipo analítico, como un espectrómetro de masas, que permite verificar la presencia y la concentración del gas trazador en la zona correspondiente del espacio térmicamente aislado.

5 Ventajosamente, al menos un dispositivo de toma de muestras de gas está dispuesto en cada una de las paredes del recipiente 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16. Los dispositivos de toma de muestras de gas se sitúan ventajosamente en las proximidades de las zonas de esquina entre las paredes del recipiente, ya que estas zonas son las de más difícil acceso para el gas trazador debido a las estructuras particulares de las barreras térmicas aislantes de estas zonas.

Refiriéndose a las figuras 12 y 13, se describe un dispositivo de toma de muestras de gas para tomar muestras de gas del espacio primario de aislamiento térmico a través de una membrana primaria 8.

10 Como se muestra en la figura 12, la membrana primaria 8 tiene una zona libre de soldaduras 40 en la unión entre dos láminas metálicas adyacentes 38, 39. El dispositivo de toma de muestras de gas 35 tiene una placa de cubierta 41, mostrada en la figura 13, que está asociada a la membrana primaria 8 por medio de un cordón de sellado 42. El cordón de sellador 42 rodea la zona sin costuras 40. La placa de cubierta 41 tiene un agujero 43 y soporta un accesorio tubular 44 que se suelda firmemente alrededor de la periferia del agujero 43. El accesorio de tubo 44 está destinado a ser conectado a un conducto conectado al equipo de análisis.

15 Refiriéndose a las figuras 14 y 15, se describe un dispositivo de extracción de gas 45 para tomar muestras de gas del espacio secundario de aislamiento térmico a través de una membrana secundaria 5. Dicho dispositivo de toma de muestras de gas 45 está dispuesto en una zona de la membrana secundaria 5 destinada a ser penetrada por un miembro de anclaje que atraviesa la membrana secundaria 5 y fija los paneles aislantes primarios 7 de la barrera aislante térmica primaria 6 a la barrera aislante térmica secundaria 2. El dispositivo de toma de muestras de gas 45 comprende un miembro de conexión 46 que tiene una boquilla 47 para una conexión estanca a una tubería conectada al equipo de análisis. El miembro de conexión también tiene una varilla inferior roscada 48 que se atornilla en un orificio roscado 49 para recibir posteriormente, durante la instalación de la barrera aislante térmica primaria 6, un miembro de anclaje de un panel aislante primario 7 de la barrera aislante térmica primaria 6. El orificio roscado 49 está previsto, por ejemplo, en una placa metálica 50 que está fijada a un panel aislante secundario 3. Además, el miembro de conexión 45 tiene una junta de estanqueidad anular 52 que se enrosca en la varilla inferior 48 y un hombro 51 que está configurado para presionar la junta de estanqueidad anular 52 contra la cara interna de la membrana secundaria 5 para sellar el dispositivo de toma de muestras de gas 45. El miembro de conexión 46 también tiene un orificio 53 que se abre en la tapa del extremo 47, por un lado, y en el espacio de aislamiento térmico secundario, por otro.

Cuando la concentración de gas trazador alcanza un umbral de concentración mínimo para cada zona de muestreo, puede llevarse a cabo la etapa de comprobación de la estanqueidad de las soldaduras.

35 Además, en una realización, la concentración de gas trazador en las zonas de muestreo se controla regularmente durante la verificación de la estanqueidad de la soldadura para determinar si la concentración de gas trazador cae por debajo del umbral de concentración mínimo. En tal caso, el gas trazador puede reinyectarse en el espacio aislante térmico para que la concentración de gas trazador vuelva a estar por encima del umbral mínimo de concentración.

Verificación de la estanqueidad de las soldaduras

40 Para verificar la estanqueidad de los cordones de soldadura de una membrana 5, 8, se utiliza un dispositivo de detección de fugas 54, como se muestra en la figura 15.

El dispositivo de detección de fugas 54 comprende una campana de detección 55 que está destinada a ser dispuesta contra la cara interna de la membrana 5, 8 frente a una porción de la costura de soldadura que debe ser probada.

La campana de detección 55 es alargada y tiene una longitud de entre 0,5 y 3 m, por ejemplo del orden de 1 m.

45 Como se muestra en la figura 16, la campana de detección 55 comprende un núcleo central rígido 59 y una junta de estanqueidad flexible 60 que están unidos entre sí y que están dispuestos para definir, con la membrana 5, 8 a comprobar, una cámara de detección sellada 61 que se enfrenta a la porción de la costura de soldadura 62 a comprobar.

50 Volviendo a la figura 15, puede verse que el dispositivo de detección de fugas 54 también incluye un equipo de análisis 56 que está conectado a la cámara de detección 61 y permite detectar el gas trazador. Si el equipo de análisis 56 detecta gas trazador en una cantidad superior a un umbral, se puede concluir que la parte del cordón de soldadura 62 que se está probando tiene una fuga. En una realización, el equipo de análisis 56 es un espectrómetro de masas.

55 El dispositivo de detección de fugas 54 también incluye una bomba de vacío 57 que está asociada a dicho equipo de análisis 56. La bomba de vacío 57 está conectada, por un lado, a la cámara de detección de la campana de

detección 55 para permitir llevar a la cámara de detección a presión negativa y, por otro lado, al equipo de análisis 56 para conducir el gas contenido en la cámara de detección 61 al equipo de análisis 56.

5 La bomba de vacío 57 está conectada a la campana de detección 55 a través de una manguera 58 que es preferentemente flexible. El tubo 58 está conectado a un canal del núcleo central 59 que se abre a la cámara de detección 61.

10 Como se muestra en las Figuras 16 y 17, la junta de estanqueidad 60 comprende una carcasa 63 que coincide con la forma del núcleo central 59 y un labio de sellado periférico 64 que extiende la carcasa 63 hacia abajo. La carcasa tiene un fondo 63 que cubre la superficie superior del núcleo central 59 y una pared periférica 74 que abraza la periferia del núcleo central 59. El fondo 63 tiene al menos un orificio, no mostrado, al que se conecta firmemente la manguera 58 conectada a la bomba de vacío 57.

El labio de sellado periférico 64 está doblado hacia afuera de la campana de detección 55 y está así configurado para flexionar y presionar contra la membrana 5, 8 cuando la cámara sellada 61 está a presión negativa. En otras palabras, el labio de sellado periférico 64 tiene una sección transversal generalmente en forma de L.

15 La porción curvada hacia afuera del labio de sellado periférico 64 tiene un ancho en el rango de 15 a 40 mm. El labio de sellado periférico 64 tiene una forma que se ajusta a la geometría de la membrana 5, 8 a lo largo del cordón de soldadura a comprobar. Además, en la figura 17, el labio de sellado periférico 64 tiene hendiduras 65 conformadas para coincidir con las ondulaciones de la membrana 5, 8 a las que la campana de detección 55 está destinada a abarcar cuando está en posición contra la porción del cordón de soldadura 62 a comprobar.

20 La junta de estanqueidad 60 está ventajosamente hecha de un material elastomérico que tiene una dureza entre 20 y 50 Shore A. La junta de estanqueidad es, por ejemplo, de poliuretano elastomérico, silicona, nitrilo o Viton[®].

25 En una realización ilustrada esquemáticamente en la figura 18, la campana de detección 55 está equipada además con un sistema de apriete 66 adaptado para presionar el labio de sellado periférico 64 contra la membrana 8 a comprobar para asegurar el sellado de la cámara de detección 61. El sistema de apriete 66 comprende una abrazadera 67 en cada una de las hendiduras 65 del labio de sellado periférico 64. Cada abrazadera 67 tiene dos ramas dispuestas respectivamente a cada lado de la hendidura 65 y configurados para aplicar una fuerza de apriete del labio de sellado periférico 64 contra la membrana 8. Ventajosamente, las ramas están configuradas para apretar el labio de sellado periférico 64 contra la membrana de sellado cerca de la base de la ondulación.

30 Además, en la realización ilustrada, el sistema de apriete 67 comprende además, en cada uno de los extremos longitudinales de la campana de detección 55, un dedo móvil 68 que está configurado para presionar uno de los extremos longitudinales del labio de sellado periférico 64 contra la membrana 8.

35 La figura 22 ilustra una junta de estanqueidad 60 según una realización alternativa. Esta junta de estanqueidad 60 tiene la forma de una membrana 5 en el que las ondulaciones se proyectan hacia el exterior del recipiente. Dicha membrana es, por ejemplo, una membrana secundaria 5 según la tecnología Mark V, como se muestra en la figura 6. Además, el labio de sellado periférico 64 tiene zonas salientes 69 para introducirse en las ondulaciones de la membrana 5.

El procedimiento para detectar una fuga en el cordón de soldadura es el siguiente.

En primer lugar, la campana de detección 55 se coloca frente a la porción del cordón de soldadura 62 a comprobar, como se muestra en la figura 20.

40 Hay que asegurarse de que la campana de detección 55 esté debidamente centrada con respecto al cordón de soldadura 62, de modo que las dos partes laterales de la porción curvada del labio de sellado periférico 64 estén dispuestas a ambos lados del cordón de soldadura 62.

La bomba de vacío 57 es entonces operada para llevar la cámara de detección 61 a presión negativa y promover la migración del gas trazador a través de las áreas defectuosas del cordón de soldadura 62.

45 Tan pronto como la presión dentro de la cámara de detección 61 cae por debajo de un umbral de presión P_s , se conduce un flujo de gas desde la cámara de detección 61 al equipo de análisis 56 y se mide una tasa de fuga ϕ de gas trazador durante un tiempo mínimo T_m . La tasa de fuga ϕ se compara entonces con un umbral ϕ_s .

50 Si la tasa de fuga ϕ es menor que el umbral ϕ_s , se concluye que la porción probada del cordón de soldadura 62 no tiene un defecto de fuga. En este caso, la campana de detección 55 se coloca entonces frente a una porción adyacente del cordón de soldadura 62, asegurando un solapamiento entre las dos porciones sucesivamente probadas para garantizar que la estanqueidad del cordón de soldadura 62 ha sido probada en toda la longitud de dicho cordón de soldadura 62.

Por el contrario, si la tasa de fuga ϕ es mayor o igual que el umbral ϕ_s , entonces se concluye que la porción probada del cordón de soldadura 62 tiene un defecto de fuga. A continuación, se aplican medidas correctivas de soldadura para corregir el defecto.

- 5 A modo de ejemplo, para una concentración de helio en el espacio térmicamente aislante del orden del 20%, el umbral de presión por debajo del cual se mide la tasa de fuga está comprendido entre 50 y 1000 Pa absolutos, por ejemplo del orden de 100 Pa absolutos, la duración mínima de la medición de la tasa de fuga es de 5 segundos y el umbral ϕ_s es del orden de $1,0 \cdot 10^{-6} \text{ Pa} \cdot \text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$.

- 10 La figura 21 muestra un dispositivo de detección de fugas 54 según otra realización. Esta realización difiere de la anteriormente descrita en que comprende adicionalmente una cámara de homogeneización 70 que está dispuesta entre la cámara de detección 61 y el equipo de análisis 56 y en que la campana de detección 55 comprende una entrada de gas 71.

La entrada de gas 71 está equipada con una válvula para establecer o interrumpir un flujo de aire ambiente hacia la cámara de detección 61. La cámara de homogeneización 70 está conectada a un extremo de la cámara de detección 61, mientras que la entrada de gas 71 está conectada al extremo opuesto de la cámara de detección 61.

- 15 El modo de funcionamiento del dispositivo de detección de fugas es el siguiente.

- 20 Cuando la campana de detección 55 se posiciona frente a la porción del cordón de soldadura 62 a comprobar, la válvula de entrada de gas 71 se cierra y la bomba de vacío 57 se enciende para poner la cámara de detección 61 a presión negativa. En cuanto la presión dentro de la cámara de detección 61 cae por debajo de un umbral de presión P_s , la válvula de entrada de gas 71 se abre y todo el gas contenido previamente en la cámara sellada se transfiere a la cámara de homogeneización 70. La cámara de homogeneización 70 tiene un volumen mayor que la cámara de detección 61 y dispone, por ejemplo, de un sistema de pistón para aspirar con precisión todo el gas de la cámara de detección 61.

El gas de la cámara de homogeneización 71 se transfiere entonces al equipo de análisis 56 para determinar una tasa de fuga ϕ de gas trazador.

- 25 Dicha realización es ventajosa porque permite reducir el tiempo de difusión del gas trazador dentro de la campana de detección 55 y por lo tanto permite reducir el tiempo mínimo de medición. Esto es particularmente ventajoso cuando el tiempo para que el gas trazador migre de un extremo de la campana de detección 55 al otro es probable que sea largo debido a una gran longitud de la campana de detección 55 y/o cuando la presión negativa dentro de la cámara de detección 61 es insuficiente.

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento de inyección de un gas trazador en un espacio térmicamente aislante de un recipiente sellado y térmicamente aislante, teniendo el recipiente sellado y térmicamente aislante una forma poliédrica definida por una pluralidad de paredes del recipiente (9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17) que están unidas a una estructura de soporte (4), teniendo cada una de las paredes del recipiente una barrera térmicamente aislante (2, 6) que comprende elementos aislantes (3, 7) anclados a la estructura de soporte (4) y una membrana (5, 8) que se apoya en los elementos aislantes (3, 7) de la barrera termoaislante (2, 6), comunicándose la barrera termoaislante (2, 6) de cada pared del recipiente con la barrera termoaislante (2, 6) de las otras paredes del recipiente (9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17) y definiendo conjuntamente el espacio termoaislante; incluyendo dicha pluralidad de paredes del recipiente una pared inferior (11), dicho procedimiento de inyección comprende la inyección de un gas trazador en el espacio térmicamente aislante por medio de al menos un dispositivo de inyección de gas trazador (19, 28) que se abre en la barrera térmicamente aislante (2, 6) de la pared inferior (11), estando el procedimiento **caracterizado porque** el dispositivo de inyección de gas trazador (19, 28) penetra en la membrana (5, 8) de la pared inferior (11), **porque** el gas trazador se introduce y transporta desde el espacio interior del recipiente hasta dicho espacio térmicamente aislante y **porque** antes de la etapa de inyección de gas trazador mediante al menos un dispositivo de inyección de gas trazador (19), la membrana (5, 8) se despegaba de la barrera de aislamiento térmico (2, 6) en la región del dispositivo de inyección del gas trazador (19) introduciendo una herramienta de elevación (25) a través de un orificio (20) dispuesto en la membrana (5, 8) y posicionando dicha herramienta de elevación (25) de manera que se interponga entre la membrana (5, 8) y la barrera de aislamiento térmico (2, 6) de la pared inferior (11).
2. Procedimiento según la reivindicación 1, en el que el gas trazador se selecciona entre helio, amoníaco y una mezcla de nitrógeno y dihidrógeno.
3. Procedimiento según la reivindicación 1 o 2, en el que la pared inferior (11) tiene una forma rectangular con dos ejes de simetría, delimitando dichos dos ejes de simetría cuatro zonas de la pared inferior, y en el que el gas trazador se inyecta mediante al menos cuatro dispositivos de inyección de gas trazador (19, 28) que penetran cada una en la membrana (5, 8) de la pared inferior (11) y que se abren en la barrera de aislamiento térmico de la pared inferior (11), estando cada una de las cuatro zonas de la pared inferior equipada con uno de los cuatro dispositivos de inyección de gas trazador (19, 28).
4. Procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, en el que el o cada dispositivo de inyección de gas trazador (19, 28) comprende un miembro de conexión (22, 31) que se suelda herméticamente a la membrana (5, 8) de la pared inferior (11) en la periferia de un orificio (20, 29) que se proporciona en dicha membrana (5, 8), estando el miembro de conexión (22, 31) asociado a un conducto (18) conectado a una fuente de gas trazador.
5. Procedimiento según la reivindicación 4, en el que la herramienta de elevación (25) se introduce a través del miembro de conexión (22) y del orificio (20) provisto en la membrana (5, 8) y se coloca de manera que un gancho (27) de dicha herramienta de elevación (25) se interpone entre la membrana (5, 8) y la barrera de aislamiento térmico (2, 6) de la pared inferior (11).
6. Procedimiento de comprobación de la estanqueidad de una membrana de un recipiente sellado y térmicamente aislante, teniendo el recipiente sellado y térmicamente aislante una forma poliédrica definida por una pluralidad de paredes del recipiente (9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17) que están unidas a una estructura de soporte (4), teniendo cada una de las paredes del recipiente una barrera térmicamente aislante (2, 6) que comprende elementos aislantes (3, 7) anclados a la estructura de soporte (4) y una membrana (5, 8) que se apoya en los elementos aislantes (3, 7) de la barrera termoaislante (2, 6), estando las barreras termoaislantes (2, 6) de las paredes del recipiente comunicadas entre sí y definiendo conjuntamente un espacio termoaislante; incluyendo dicha pluralidad de paredes del recipiente una pared inferior (11), comprendiendo el procedimiento de comprobación de la estanqueidad:
 - implementar el procedimiento de inyección de un gas trazador según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5 para inyectar gas trazador en el espacio térmicamente aislante;
 - proporcionar un dispositivo de detección de fugas (54) que comprende una campana de detección (55) configurada para definir con la membrana (5, 8) una cámara de detección sellada (61) y una bomba de vacío (57) que está, por un lado, conectada a la cámara de detección (61) y, por otro, al equipo de análisis (56);
 - disponer la campana de detección (55) contra una cara de la membrana (5, 8) opuesta al espacio de aislamiento térmico, estando la campana de detección (55) dispuesta de manera que la cámara de detección sellada (61) esté orientada hacia una parte de una costura de soldadura (62) a comprobar;
 - poner la cámara de detección (61) a presión negativa mediante la bomba de vacío (57);
 - conducir la fase gaseosa contenida en la cámara de detección sellada (61) al equipo de análisis (56); y
 - analizar mediante el equipo de análisis (56) dicha fase gaseosa y emitir una variable representativa de una concentración de gas trazador en dicha fase gaseosa.

7. Procedimiento de comprobación de la estanqueidad de una membrana según la reivindicación 6, en el que la campana de detección (55) comprende un núcleo central (59) y una junta de estanqueidad (60) unidos entre sí y dispuestos para definir con la membrana (5, 8) la cámara de detección (61).
- 5 8. Procedimiento de comprobación de la estanqueidad de una membrana según la reivindicación 7, en el que la junta de estanqueidad (60) comprende una carcasa (63) unida al núcleo central (59) y un labio de sellado periférico (64) que se extiende desde la carcasa (63).
9. 9 Procedimiento de comprobación de la estanqueidad de una membrana según la reivindicación 7 u 8, en el que el labio de sellado periférico (64) está doblado hacia fuera de la campana de detección (55) y está configurado para flexionar y presionar contra la membrana (5, 8) cuando la cámara de detección (61) está a presión negativa.
- 10 10. Procedimiento de comprobación de la estanqueidad de una membrana según una cualquiera de las reivindicaciones 7 a 9, en el que la porción del cordón de soldadura (62) es atravesada por al menos una ondulación de la membrana y en el que el labio de sellado periférico (64) está conformado para ajustarse a la geometría de dicha ondulación.
- 15 11. Procedimiento de comprobación de la estanqueidad de una membrana según la reivindicación 10, en el que la al menos una ondulación de la membrana (8) se proyecta hacia el interior del recipiente y en el que el labio de sellado periférico (64) tiene al menos dos hendiduras (65) con una forma correspondiente a la de la ondulación, estando la campana de detección (55) dispuesta contra la membrana (8) de forma que las hendiduras (65) se sitúan abarcando la ondulación.
- 20 12. Procedimiento de comprobación de la estanqueidad de una membrana según la reivindicación 10, en el que la al menos una ondulación de la membrana (5, 8) se proyecta hacia el exterior del recipiente y en el que el labio de sellado periférico (64) tiene al menos dos zonas salientes (69) que tienen una forma correspondiente a la de la ondulación, estando la campana de detección (55) dispuesta contra la membrana (5) de forma que las zonas salientes encajan en la ondulación.
- 25 13. Procedimiento de comprobación de la estanqueidad de una membrana según una cualquiera de las reivindicaciones 7 a 12, en el que la junta de estanqueidad (60) está hecha de un material elastomérico que tiene una dureza comprendida entre 20 y 50 Shore A.
- 30 14. Procedimiento de comprobación de la estanqueidad de una membrana según una cualquiera de las reivindicaciones 7 a 13, en el que la campana de detección (55) está dotada de un sistema de apriete (66) capaz de presionar el labio de sellado periférico (64) contra la membrana (8) y en el que, antes de poner la cámara de detección (61) a una presión negativa, el sistema de apriete (66) se acciona de manera que se garantiza la estanqueidad de la cámara de detección (61).
- 35 15. Procedimiento de comprobación de la estanqueidad de una membrana según una cualquiera de las reivindicaciones 6 a 14, en el que la cámara de detección (61) se pone a presión negativa hasta un valor de presión absoluta comprendido entre 50 y 1000 Pa.
- 40 16. Procedimiento de comprobación de la estanqueidad de una membrana según una cualquiera de las reivindicaciones 6 a 15, en el que el dispositivo de detección de fugas comprende además una cámara de homogeneización (70) que está dispuesta entre la cámara de detección (61) y el equipo de análisis (56), comprendiendo la campana de detección (55) una entrada de gas (71) equipada con una válvula, estando la cámara de homogeneización (70) y la entrada de gas (71) conectadas a dos extremos opuestos de la cámara de detección (61), estando la válvula de la entrada de gas (71) cerrada cuando la cámara de detección (61) está a presión negativa, la etapa de conducción de la fase gaseosa contenida en la cámara de detección (61) comprende:
- 45 - abrir la válvula de entrada de gas (71) y conducir la fase gaseosa contenida en la cámara de detección (61) a la cámara de homogeneización (70); y
 - conducir la fase gaseosa desde la cámara de homogeneización (70) hasta el equipo de análisis (56).

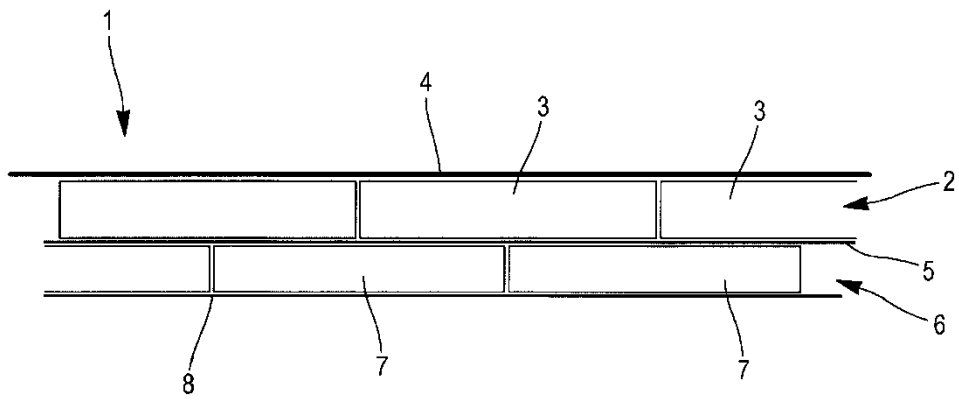


FIG. 1

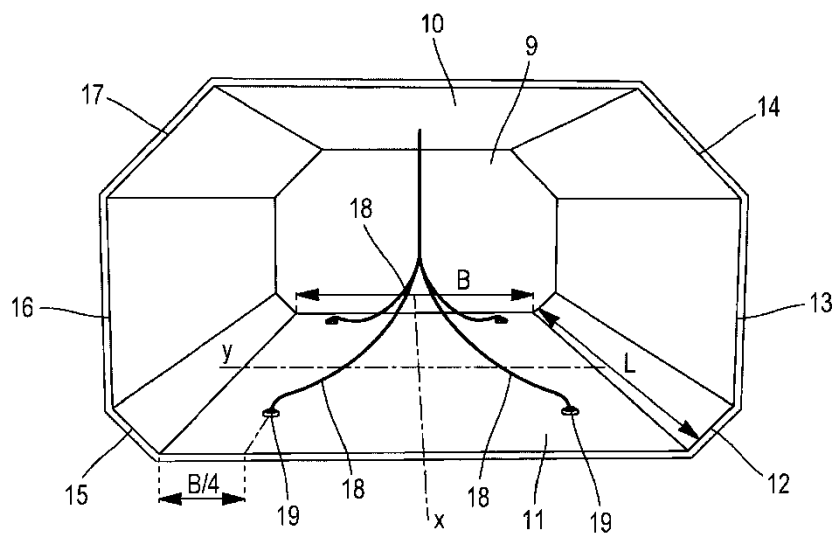


FIG. 2

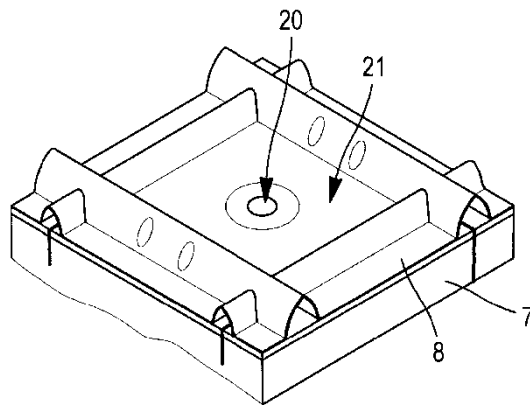


FIG. 3

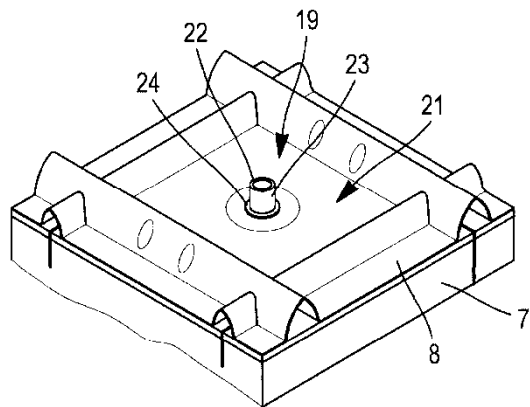


FIG. 4

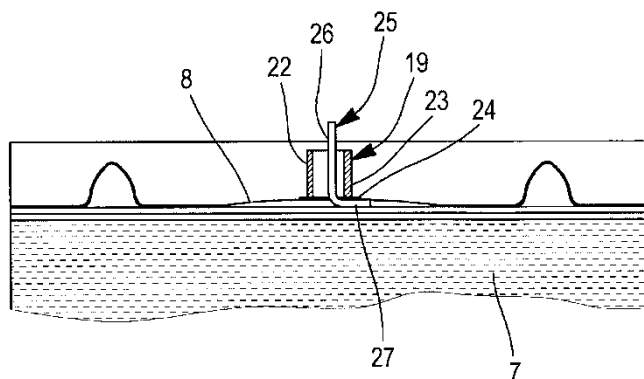


FIG. 5

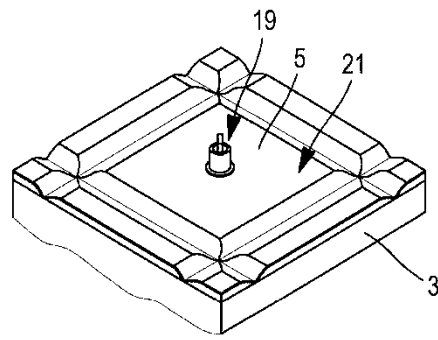


FIG. 6

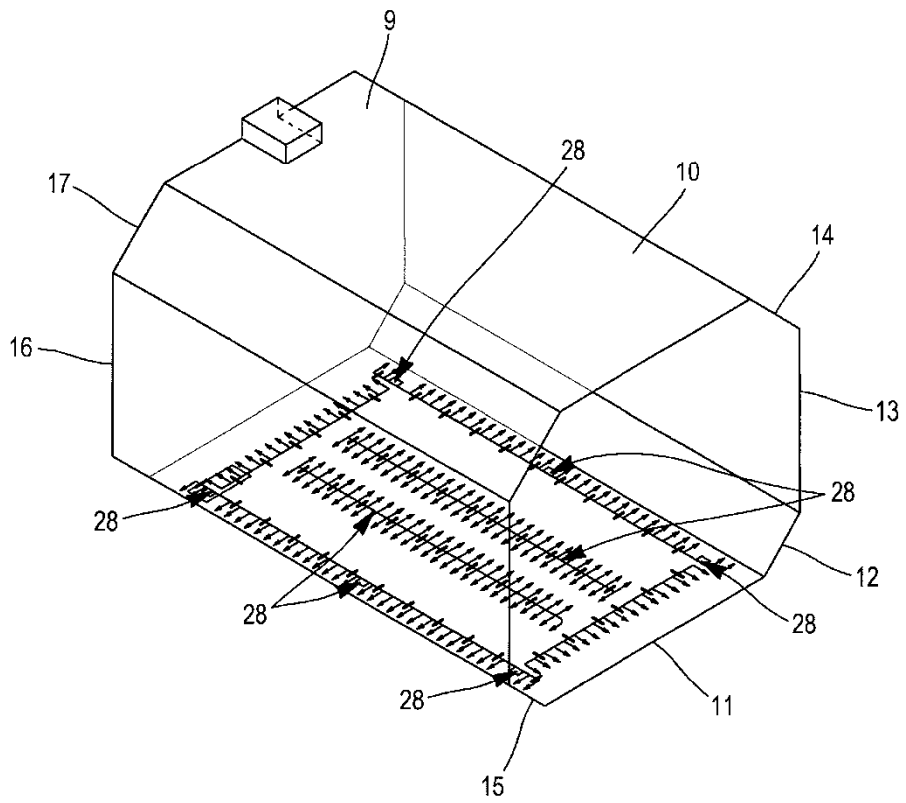
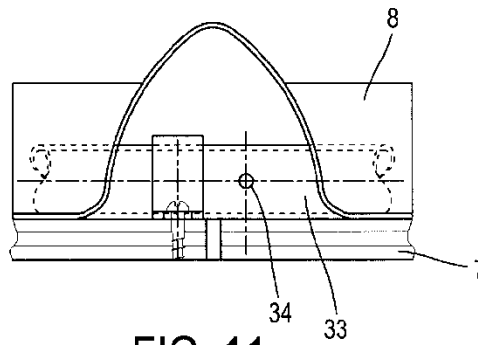
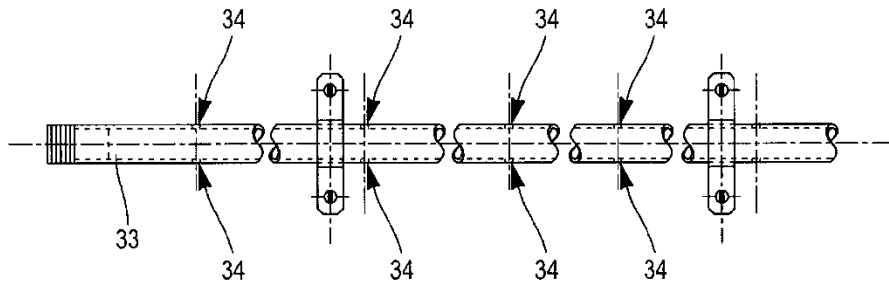
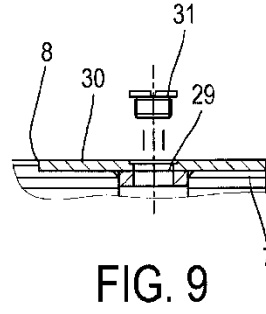
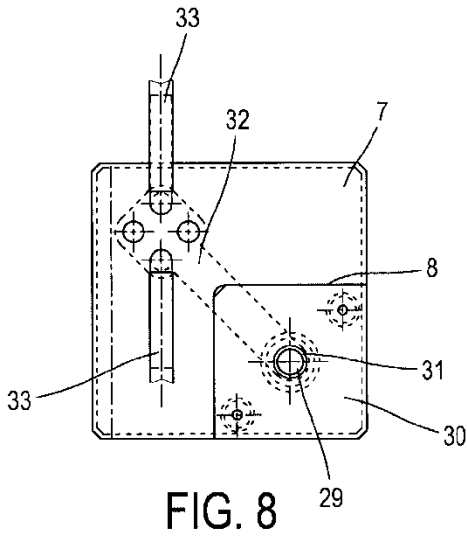


FIG. 7



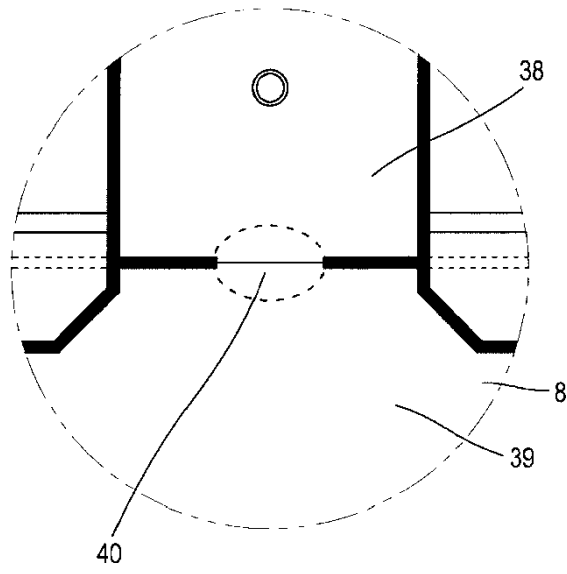


FIG. 12

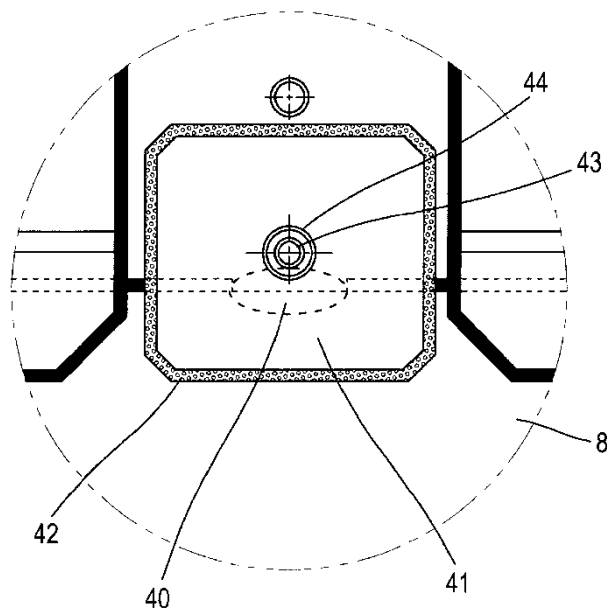


FIG. 13

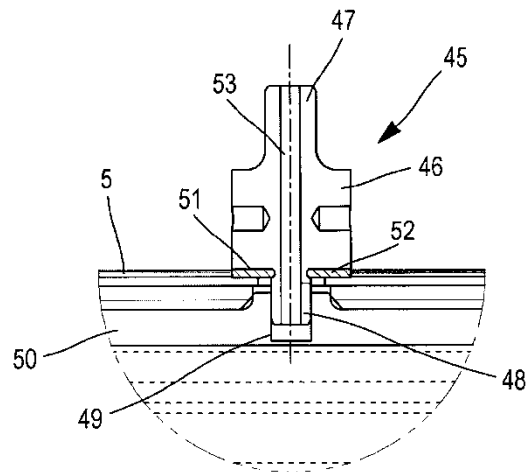


FIG. 14

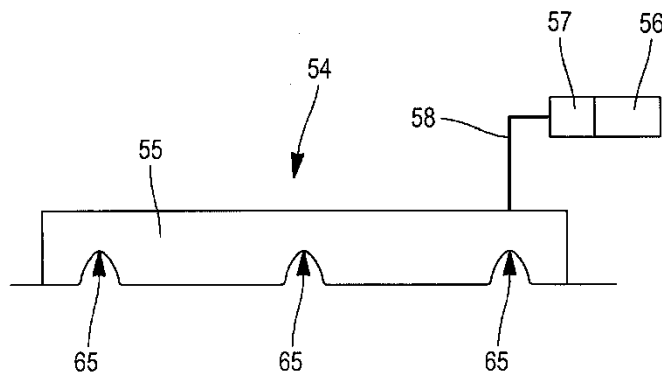


FIG. 15

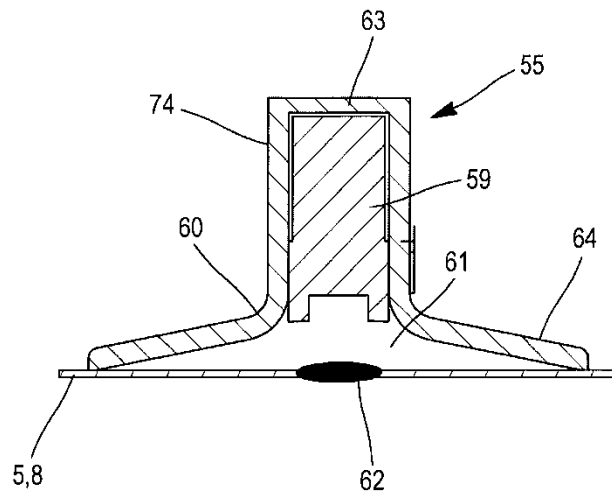


FIG. 16

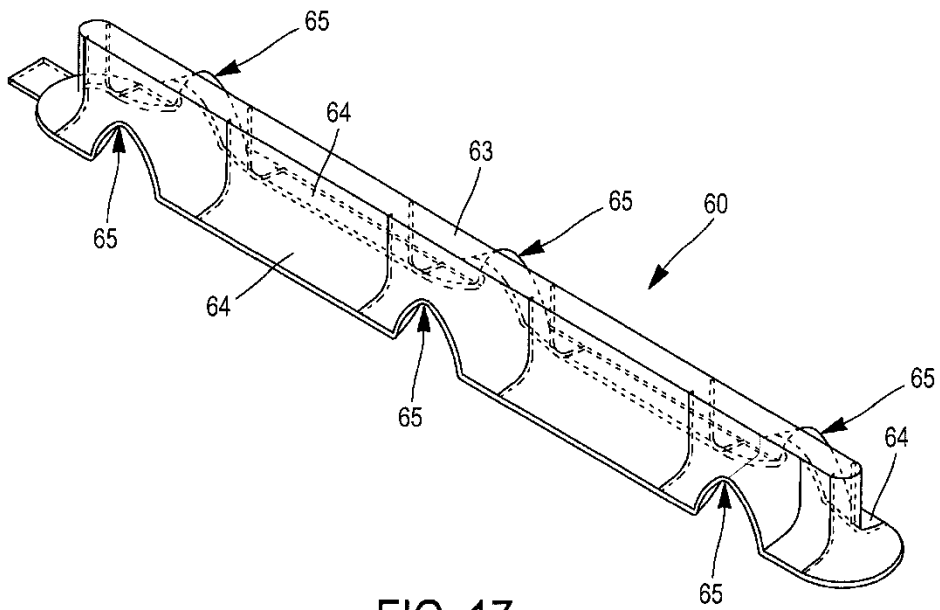


FIG. 17

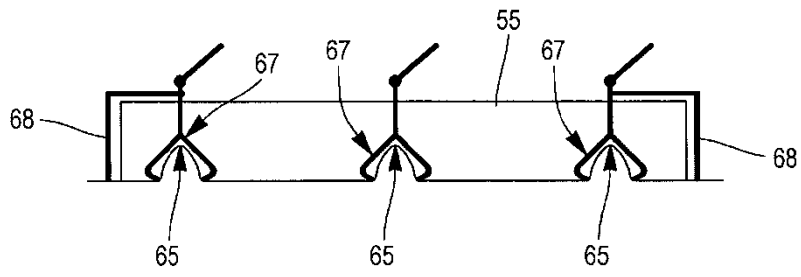


FIG. 18

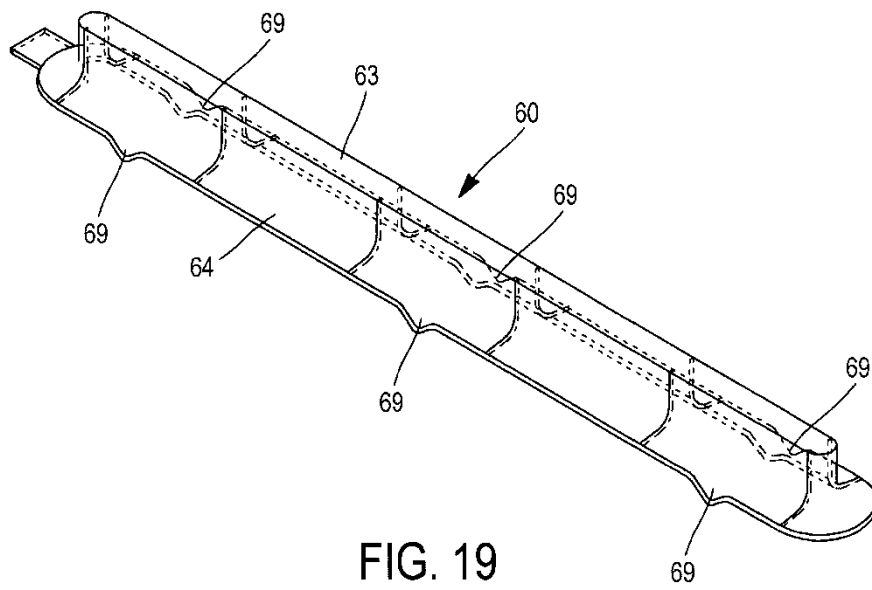


FIG. 19

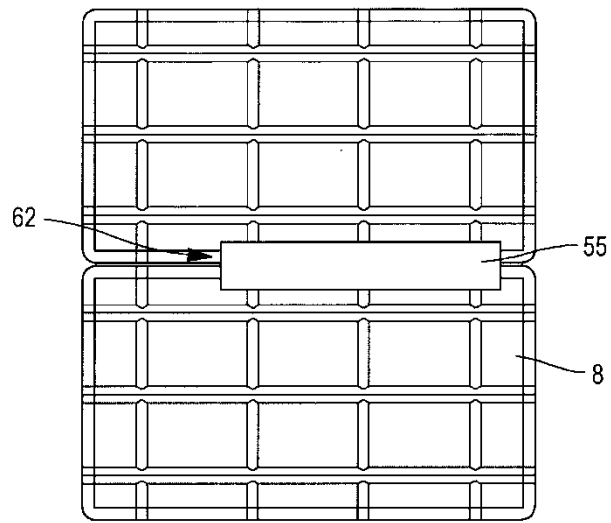


FIG. 20

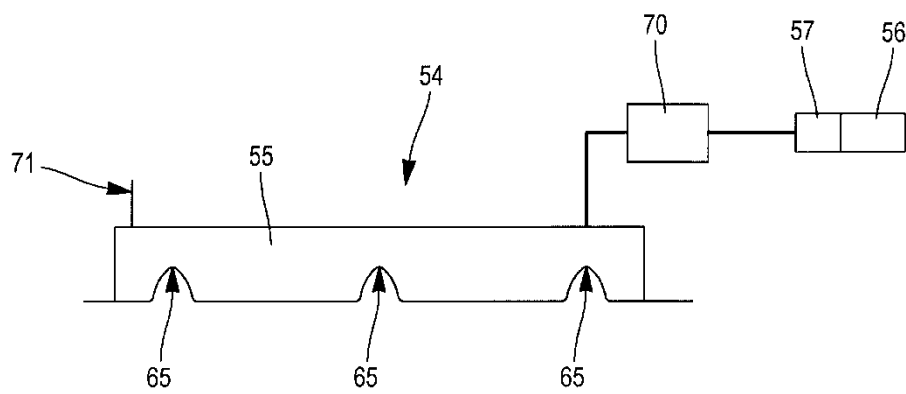


FIG. 21