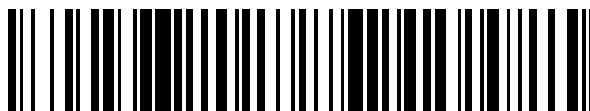


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 541 103**

51 Int. Cl.:

F16L 55/40 (2006.01)

G01M 3/24 (2006.01)

G01N 27/82 (2006.01)

F16L 55/48 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **07.02.2006 E 06705102 (9)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **08.04.2015 EP 1846689**

54 Título: **Detector para la detección de anomalías en tuberías**

30 Prioridad:

07.02.2005 CA 2496150

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

16.07.2015

73 Titular/es:

**PURE TECHNOLOGIES LTD (100.0%)
THIRD FLOOR, 705 - 11TH AVENUE S.W.
CALGARY, ALBERTA, T2R 0E3, CA**

72 Inventor/es:

PAULSON, PETER, O.

74 Agente/Representante:

CASTELLET I TORNE, Mari Angels

ES 2 541 103 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

DETECTOR PARA LA DETECCIÓN DE ANOMALÍAS EN TUBERÍAS

5 ANTECEDENTES DE LA INVENCION

1. ÁMBITO DE LA INVENCION

La presente invención se refiere a un detector para la detección de anomalías en tuberías que transportan líquidos. En su formato preferente, la invención está vinculada a una unidad sensora capaz de inspeccionar una tubería que transporta líquidos sin interferir con los líquidos transportados por la tubería. En una de sus versiones, el detector detecta los puntos donde se producen escapes de líquidos en la tubería. En otra de sus versiones, el detector se usa en tuberías de hormigón con refuerzo de alambre para detectar las partes del alambre con daños o corrosión, o bien se usa en tuberías metálicas para detectar la existencia de corrosión y/o fallos de soldadura. La unidad sensora también dispone de un método novedoso para determinar su ubicación dentro de la tubería.

2. DESCRIPCIÓN DEL ESTADO DE LA TÉCNICA

Existe el uso de detectores acústicos para detectar escapes en tuberías. Los detectores pueden colocarse, por ejemplo, en la parte inferior de los orificios de inspección o a lo largo de un cable colgado entre los orificios de inspección, o bien a lo largo de un cable que se arrastra por el tramo inferior de la tubería, tal y como se muestra en la patente nº 2.273.979 de Paulson Canadian. Dichos detectores detectan el sonido que se produce al romperse el refuerzo de alambre de una tubería de hormigón reforzada con alambre, así como el sonido de una fuga de líquido a través de un escape en una tubería metálica o de hormigón.

Existe un dispositivo denominado “raspador” que inspecciona las tuberías de pequeño diámetro, sobre todo en oleoductos. Este dispositivo ocupa el espacio de la tubería y es impulsada por ella por el la presión del petróleo. Este método de inspección puede usarse para localizar fugas y para revisar las soldaduras entre los tramos contiguos de una tubería.

Existe el uso de un sensor no amarrado de densidad neutra que es impulsado por el líquido de la tubería, tal y como se muestra en PCT solicitud publicada WO 2004/059274. No obstante, es difícil determinar la ubicación de este tipo de sensor dentro de una tubería y, además, puede quedar atrapado en su interior. Además, estas unidades sensoras se comunican con electroimanes, lo que impide que utilicen sensores magnéticos –como los magnetómetros– para sondear las condiciones de la tubería.

Los documentos US 6 241 028 y WO 01/70422 muestran unidades sensoras sin éter con forma esférica o elipsoide que son aptas para inspeccionar tuberías que contienen líquido en movimiento de una densidad menor que las unidades sensoras. Estas unidades sensoras están adaptadas para rodar en la dirección del caudal del líquido a lo largo del fondo del interior de la tubería, empujadas por el movimiento del líquido en la tubería.

RESUMEN DE LA INVENCION

Por un lado, esta invención ofrece una unidad sensora no amarrada, de acuerdo con lo expuesto en la reivindicación 1. Por el otro lado, la presente invención proporciona un método para inspeccionar las tuberías, según lo indicado en la reivindicación 5. Un método posible consistiría en introducir la unidad sensora en la tubería por una boca de acceso o un orificio de inspección mientras la tubería transporta líquido. La unidad sensora viaja con el caudal de líquido y se recupera en un orificio de inspección situado aguas abajo o bien en otro punto por el que se pueda acceder de manera práctica a la tubería. En su formato preferente, el sensor contendría tres magnetómetros dispuestos ortogonalmente.

Cuando está en uso, la sección transversal de la unidad sensora de la invención es más pequeña que la tubería y no impide el movimiento de líquido por su interior. En lugar de ello, es transportada por el caudal de líquido. Por consiguiente, no crea una presión de retroceso significativa ni impide el movimiento de líquido por la tubería. Además, puede hacerse lo suficientemente pequeña como para poder ser usada en tuberías que son demasiado estrechas para dar cabida a una persona y en las que, por lo tanto, es imposible que la inspección pueda ser llevada a cabo por una persona.

La unidad sensora (compuesta de los sensores, el equipo asociado y una batería dentro de una estructura de protección exterior) suele tener forma de bola. En una de sus versiones,

es esférica y adquiere la forma de, por ejemplo, una pelota de tenis. En otra de sus versiones, tiene un eje ligeramente alargado que le da el aspecto de la pelota empleada en el fútbol americano o canadiense o bien en el rugby inglés (en adelante, forma “elipsoide”). Las versiones preferentes de la unidad sensora engloban desde una forma esférica (todos los ejes son iguales) hasta una forma elipsoide donde uno de los ejes (en adelante, el “eje mayor”) es un 30% más largo que los otros dos, que son equivalentes.

En una de sus versiones posibles, la unidad sensora incluye un paquete interior no comprimible, preferiblemente cilíndrico o esférico, que contiene uno o varios sensores, un dispositivo de registro y una fuente de alimentación (p. ej. una batería). Para los fines de este documento, dicho paquete se denominará “paquete sensor”. El paquete sensor se halla dentro de una unidad exterior que tiene forma de bola (en adelante, la “bola”). El paquete sensor y la unidad de la bola conforman, conjuntamente, la unidad sensora de la invención.

En una de sus versiones preferentes, la unidad sensora rueda por el fondo de la tubería, como una bola que rueda por el suelo. El líquido en movimiento de la tubería proporciona la fuerza motriz necesaria para este movimiento de rodadura. Para que la unidad sensora permanezca en el fondo de la tubería, su densidad total es superior a la del líquido de la tubería.

En otra de sus versiones, que no forma parte de la invención que se reivindica en el presente documento, la unidad sensora cuenta con una densidad total inferior a la del líquido de la tubería y rueda por la superficie superior del interior de la tubería (muchas tuberías disponen de orificios de acceso en su superficie superior). En el caso de utilizarse esta versión de la invención, la sección transversal de la unidad sensora deberá ser mayor que la de cualquier válvula u orificio de acceso que haya entre el punto de introducción en la tubería y el punto de extracción para evitar que se atasque.

En una de sus versiones preferentes, la unidad sensora es esférica, como una pelota de tenis o de fútbol. En el caso de ser esférica, el diámetro de la unidad sensora debe ser, preferiblemente, inferior a la mitad del diámetro de la tubería donde está previsto que se use el dispositivo. De esta manera, la unidad sensora puede pasar por debajo de objetos que dividen la tubería por la mitad a lo largo de su diámetro horizontal como, por ejemplo, las válvulas de mariposa abiertas. El diámetro de la unidad sensora también debe ser lo bastante

grande como para que ésta pueda rodar fácilmente sobre pequeños obstáculos (p. ej. superficies discontinuas en la pared de la tubería en los puntos de unión de dos tramos), de manera que el agua la arrastre hacia delante incluso si la tubería presenta una inclinación ascendente. La acción de rodadura de la unidad sensora provoca un movimiento de inercia angular. Esta inercia ayuda a cruzar diversos obstáculos, como sumideros inferiores, y que a la bola sea menos propensa a quedarse atrapada por obstáculos. Además, como la bola cruza el centro inferior de la tubería, cruza sin dificultad los pequeños desagües hacia tuberías adyacentes (que suelen encontrarse en los laterales de la tubería en vez de en la parte inferior). En la mayoría de los casos, el diámetro de la unidad sensora debe ser una 1/10 parte mayor que el diámetro de la tubería con el fin de provocar un movimiento de inercia angular suficiente, pero esto dependerá del tipo de obstáculos y de si la tubería asciende en la dirección del caudal.

Si se tienen en cuenta estos factores, el diámetro preferente de la unidad sensora esférica será de 1/4 a 1/3 del diámetro de la tubería donde está previsto utilizarse. No obstante, en algunas tuberías específicas, pueden usarse sensores esféricos que se encuentren fuera de este rango.

En otra de sus versiones preferentes, la unidad sensora es elipsoide y tiene el eje mayor ligeramente más largo que los otros dos ejes situados en ángulo recto con respecto al eje mayor, de modo que se asemeja a una pelota de rugby o de fútbol americano. Si, en esta versión, la unidad sensora es lo bastante densa con respecto al líquido en la tubería como para descansar en el fondo, cuando es empujada por el caudal de líquido en la tubería tiende a rodar por el fondo con el eje mayor perpendicular a la línea central de la tubería.

Asimismo, si la densidad de la unidad sensora elipsoide es inferior a la densidad del líquido en la tubería, tiende a rodar por la parte superior del interior de la tubería con el eje mayor perpendicular a la línea central de la tubería, lo cual hace que sea improbable que entre y quede atrapada en un orificio de acceso que, transversalmente, sea más pequeño que el eje mayor de la bola.

Por regla general, se prefiere que el eje mayor de las bolas elipsoides tenga menos de la mitad del diámetro de la tubería donde van a usarse (preferiblemente, de 1/3 a 1/4 del diá-

metro de la tubería). De todos modos, también puede ser adecuado el uso de unidades sensoras con ejes más grandes o más pequeños en función del tipo de tubería.

5 En una de sus posibles versiones, la bola que rodea el paquete sensor puede estar compuesta de una espuma fácilmente comprimible (p. ej. espuma de poliuretano de celda abierta o reticulada). La espuma reticulada no tiene una estructura de celdas, sino una matriz que forma la espuma. Es preferible el uso de espuma reticulada porque es menos probable que retenga aire al sumergirse en el líquido de la tubería. Una densidad de espuma inferior a cinco libras por pie cúbico es adecuada, pero es preferible una densidad inferior a una libra/pie cúbico. La espuma protege de daños el paquete sensor y proporciona a la unidad la forma de bola deseada. También produce menos ruido que el paquete sensor por sí solo al rodar por la pared interior de la tubería.

15 En esta versión, la espuma se comprime con fuerza alrededor del paquete sensor para su inserción en la tubería, lo que permite introducirla por un orificio de acceso cuyo tamaño es más pequeño que el de la unidad sensora cuando está totalmente expandida en su forma esférica o elipsoide. Una vez dentro de la tubería, la espuma se descomprime y la unidad sensora recupera su tamaño y forma completos. Cuando está comprimida, puede tener una forma aproximadamente cilíndrica y un diámetro que permite introducirla en la tubería empujándola a través de una válvula o de un orificio de inspección más pequeño que el diámetro de la forma esférica o elipsoide totalmente expandida de la unidad sensora.

25 Es posible producir múltiples bolas con diversos diámetros exteriores, o bien algunas bolas elipsoides y algunas esféricas, cuyo tamaño interior se ajuste al tamaño estándar del paquete del sensor. También pueden suministrarse paquetes de sensores con diferentes tipos de sensores (descritos más adelante). En otras palabras, puede fabricarse a medida la unidad sensora que vaya a usarse en una tubería eligiendo el paquete sensor más apropiado para la tarea en cuestión y una bola del tamaño adecuado para la tubería con el fin de formar la unidad sensora más óptima para cada caso.

30 En otra versión posible, la bola está formada por unas varillas que se despliegan hacia fuera para crear una forma de bola y que están recubiertos por un plástico flexible o un tejido. En esta versión, el líquido de la tubería puede entrar en el interior de la bola a través del tejido permeable de la cubierta o a través de los orificios de la cubierta impermeable. Por lo tanto,

el interior de la bola, excepto la parte ocupada por el paquete sensor, contiene el mismo líquido que la tubería. En esta versión, el paquete sensor es preferiblemente cilíndrico.

5 La densidad total de la unidad sensora se elige en función de la densidad del líquido de la tubería. Dado que la unidad sensora tiene una densidad superior a la del líquido de la tubería, tiende a rodar por el tramo inferior de las secciones de la tubería.

10 También es posible realizar la inspección empleando más de una unidad sensora. Una inspección de este tipo, la cual no forma parte de la invención reivindicada en el presente documento, una unidad sensora puede, por ejemplo, tener una densidad menor que el líquido con el fin de recopilar información de la parte superior de la tubería, mientras que la otra unidad sensora puede tener una densidad mayor que el líquido para recopilar datos de la parte inferior de la tubería.

15 Una manera de alcanzar la densidad deseada consiste en incluir pesos en el paquete sensor para alcanzar la densidad total deseada teniendo en cuenta la densidad de la bola con la que se usará el paquete sensor. Sin embargo, casi siempre es preferible tener una unidad sensora cuya densidad pueda modificarse fácilmente en función del uso específico. Ello es sencillo cuando la unidad de la bola está hecha de espuma haciendo varias unidades de
20 bola de diferente densidad y colocando el paquete sensor en la unidad de bola que produzca una unidad sensora de la densidad total deseada. También es posible, aunque menos preferible, fabricar una unidad de bola y un paquete sensor con materiales que proporcionen una densidad media total inferior a la del líquido de la tubería y poner en la bola o en el paquete sensor unos pesos adecuados para que la bola del sensor tenga la densidad deseada.
25 Otra manera menos preferible de proporcionar una densidad variable consiste en fabricar una unidad de bola que, con el paquete sensor, forme una unidad sensora de mayor densidad que la del líquido y que tenga una parte desmontable que pueda sustituirse por material de menor densidad cuando se desee.

30 Uno de los problemas que puede surgir es que la cantidad de flotación que se obtiene con una bola de espuma cambie con la presión de la tubería al comprimir ésta el aire remanente en la bola. Para resolver este problema, es preferible someter la bola de espuma al vacío justo antes de introducirla en la tubería con el fin de reducir la presión de aire que rodea la bola a menos de 0,1 bar y, preferiblemente, a menos de 0,001 bar. De esta manera se eli-

mina prácticamente todo el aire existente y permite que el agua sature por completo la espuma, sobre todo si la espuma es reticulada. Además, mejora la transparencia acústica de la bola y mejora la detección de pequeñas señales acústicas mediante un sensor acústico dentro del paquete sensor, ya que el aire atrapado en la espuma bloquearía algunas ondas acústicas. La exposición al vacío puede realizarse en una cámara cerrada justo antes de la inserción de la unidad sensora en la tubería. A continuación, se abre lentamente la válvula que permite la introducción de la unidad sensora en la tubería para que el agua rellene la cámara previamente evacuada. Esto también ofrece la oportunidad de esterilizar la bola poniendo en dicha cámara un producto esterilizante. La esterilización de la bola puede ser un aspecto importante si el líquido de la tubería es agua potable.

De acuerdo con la invención, el paquete sensor contiene al menos un sensor que puede detectar y registrar el número de revoluciones de la unidad sensora mientras rueda por el fondo de la tubería ("revolución" hace referencia a la distancia recorrida cuando una circunferencia completa de la unidad esférica rueda por la tubería, o bien se refiere a la distancia recorrida por la unidad elipsoide cuando rueda suficientemente como para que haya una rotación completa de 360° alrededor del eje mayor. Por ejemplo, un acelerómetro detecta cada revolución como un patrón de aceleración repetido. Alternativamente, un magnetómetro detecta los cambios magnéticos a medida que el sensor se aproxima y retira de la pared de la tubería durante cada revolución. Si la unidad sensora es elipsoide, un único instrumento de esta clase da buenos resultados, aunque es importante asegurar que se encuentre orientado en una dirección distinta a exactamente la marcada por el eje mayor. Si la unidad sensora es esférica, un único magnetómetro o acelerómetro puede contar un número ligeramente menor de revoluciones, dado que el eje de revolución de la esfera puede alinearse de forma fortuita con el eje a lo largo del cual el instrumento no puede realizar detecciones durante breves periodos. Por consiguiente, es preferible tener al menos dos acelerómetros o magnetómetros orientados en diferentes direcciones angulares (es decir, con una separación angular distinta a 180° en la dirección de detección) y resolver el vector de los resultados cuando se analicen los resultados del sensor. Es especialmente preferible tener tres magnetómetros o tres acelerómetros dispuestos ortogonalmente y contar las revoluciones resolviendo el vector de sus resultados individuales cuando se analicen los resultados del sensor. Por regla general, el análisis se realiza por ordenador una vez retirada la unidad sensora de la tubería y descargados los datos en el ordenador. En la solicitud de patente

canadiense 2.273.979 de Paulson se muestra una disposición de tres magnetómetros ortogonales.

5 De conformidad con la invención, el paquete sensor contiene un sensor acústico como, por ejemplo, un hidrófono.

10 Para requisitos de detección específicos, puede usarse otro tipo de sensor para cubrir ese requisito específico. Por ejemplo, los sensores de temperatura se usan para obtener un perfil de temperatura de la temperatura del líquido a lo largo de la tubería, mientras que los detectores químicos se usan para localizar el punto de entrada en la tubería de una sustancia química contaminante.

15 El paquete sensor también contiene dispositivos para guardar las lecturas de los sensores. Por regla general, se trata de un dispositivo de registro, preferiblemente una memoria digital. El medio de almacenamiento preferente es una memoria removible como, por ejemplo, una tarjeta SD-Ram.

20 El paquete sensor también contiene una fuente de alimentación apropiada para alimentar a los sensores que lo requieren, así como al dispositivo de registro. Lo más práctico es utilizar una batería de larga duración. Actualmente se prefiere utilizar una batería de litio no recargable por temas de coste, rendimiento y tamaño, pero es posible usar otras baterías o fuentes de alimentación que suministren un voltaje adecuado para alimentar a los sensores y el dispositivo de registro y que puedan almacenar energía suficiente para alimentarlos durante el periodo de uso previsto.

25 El paquete sensor registra los datos, que se recuperan cuando se retira la unidad sensora de la tubería en un punto aguas abajo y se analizan con un ordenador adecuado.

30 Puede determinarse la ubicación en la tubería de las anomalías detectadas por los sensores (p. ej. un escape detectado por el sensor acústico o una corrosión detectada por los sensores magnéticos) anotando el número de revoluciones de la unidad sensora que se habían producido al detectar la anomalía. Dado que se conoce la circunferencia de la bola, también pueden conocerse la velocidad y el recorrido contando las revoluciones y multiplicándolas por la circunferencia de la bola. Es preferible el uso de magnetómetros en lugar de aceleró-

metros, puesto que los primeros también registran el paso por los puntos de unión de la tubería y por otros elementos de la tubería, tales como conductos adyacentes, lo cual ayuda a verificar la ubicación.

- 5 También pueden usarse otros medios para verificar las ubicaciones. Si se conoce la velocidad del caudal de líquido por la tubería (p. ej. mediante registros de la estación de bombeo o sensores de caudal estáticos de la tubería) y ésta es relativamente constante, la ubicación asociada con los datos recopilados puede estimarse a partir del tiempo transcurrido desde que se introdujo la unidad sensora en la tubería para que avanzara con el caudal de líquido hasta la toma de los datos en cuestión. Si los datos se registran en tiempo real, no se necesita reloj, aunque es posible añadir la función de reloj para los datos recopilados.

En otra versión, los marcadores acústicos se colocan en puntos conocidos de la tubería. El registro de señales de estos marcadores por un sensor acústico o piezoeléctrico del paquete sensor proporciona una buena indicación de la velocidad a la cual se desplaza la bola en la tubería, así como del punto del registro de datos en el cual el sensor pasa por cada marcador. A continuación, la posición desde la cual se tomaron los datos de interés puede interpolarse entre ubicaciones conocidas como, por ejemplo, el punto de introducción de la bola en la tubería, la posición de los marcadores y el lugar de extracción de la bola de la tubería. Preferiblemente, cada marcador acústico tendrá una señal diferente, de modo que sea fácil distinguir entre las distintas señales de los marcadores. Pueden anotarse los puntos registrados por el sensor acústico por los que el sensor pasa por los marcadores de ubicación. Asimismo, puede determinarse la ubicación específica donde se ha recibido una señal anómala anotando el marcador de posición por el que se ha pasado antes de recibir la señal anómala, así como el marcador de la siguiente ubicación después de la señal, y prorrateando la señal continua para determinar la ubicación, asumiendo para ello que la velocidad de la unidad sensora entre los dos marcadores de posición es constante. Para verificar si la velocidad es constante, puede consultarse la distancia recorrida según el número de revoluciones.

30 Otra manera de determinar la posición del sensor en la tubería es incluyendo un sensor magnético en la unidad sensora, preferiblemente sensible en más de un eje, y registrar la señal de dicho sensor magnético. En las tuberías metálicas, las distintas secciones se unen mediante soldadura. Estas uniones crean anomalías magnéticas que el sensor magnético

puede captar cuando la unidad sensora pase por una junta soldada. En las tuberías de hormigón, los tubos se unen al final de cada sección por el sistema de enchufe y cordón, donde una parte de un tubo, el enchufe) se solapa durante una corta distancia con otro tubo (el cordón). Dado que las tuberías de hormigón están reforzadas con alambre dentro del propio hormigón, en las juntas se solapan dos refuerzos de alambre, uno de cada tubo, así como un elemento de acero que sólo existe en las juntas y que también provocará una anomalía magnética. Por lo tanto, si se desea indicar la ubicación de una anomalía acústica, pueden consultarse los planos de construcción de la tubería para determinar la ubicación de las juntas y correlacionar el número de juntas por las que se ha pasado (según la anomalía magnética registrada al pasar por una junta) con el resto de anomalías percibidas por los sensores del paquete sensor. En consecuencia, si el sensor acústico detecta una anomalía acústica como, por ejemplo, un escape, la correlación con los resultados del sensor magnético permite limitar la ubicación de un escape a un tramo de la tubería. Si se asume que la velocidad a lo largo de la tubería es constante, puede prorratearse el tiempo necesario para recorrer la tubería y localizar el escape con gran exactitud.

Un sensor magnético también puede captar otra información de utilidad. Por ejemplo, en una tubería de hormigón, si el refuerzo de alambre que envuelve la tubería está dañado o presenta corrosión, puede provocar una anomalía magnética en un punto distinto a una junta entre dos secciones de la tubería. En una tubería metálica soldada, la firma magnética de una soldadura en mal estado es distinta a la de una soldadura intacta. Por lo tanto, el sensor magnético también puede proporcionar información útil sobre el estado de la tubería, además de indicar la posición de cualquier anomalía acústica.

Una versión que tenga un sensor magnético en el paquete sensor permite localizar transpondedores magnéticos o eléctricos con señales distintivas en puntos conocidos de la tubería. Estos quedan registrados en el registro magnético obtenido al pasar la unidad sensora por sus posiciones.

En una versión especialmente preferente, hay tres sensores magnéticos dispuestos ortogonalmente. Por lo tanto, si se produce una anomalía magnética imprevista como, por ejemplo, una anomalía distinta de la de una junta de la tubería, los tres sensores magnéticos octogonales registran la anomalía de forma diferente. Si se conoce la orientación de los tres sensores octogonales (p. ej. localizándolos según su dirección descendente, tal y como se mues-

tra en la solicitud C.P.A. 2.273.979 de Paulson), puede determinarse la ubicación alrededor de la circunferencia de la tubería desde la que se está registrando la anomalía magnética. Esto ayuda a localizar la anomalía para poder inspeccionarla posteriormente por otros medios como, por ejemplo, una cámara amarrada.

5

Si existen varias vías posibles para la unidad sensora, puede manipularse una vía específica abriendo y cerrando selectivamente las válvulas para dirigir el caudal de líquido por una vía determinada que arrastrará la unidad sensora por las tuberías que necesitan inspeccionarse.

10

En otra versión, la unidad sensora o la bola pueden contener un transmisor o transpondedor acústico, cuyas señales son recogidas a ciertos intervalos de la tubería por receptores u otros transpondedores (p. ej. en los orificios de inspección). Esto permite a los técnicos realizar un control a distancia del progreso de la unidad sensora. Estos transpondedores emiten frecuencias fuera del rango audible, preferiblemente frecuencias superiores a 20 KHz, puesto que las frecuencias altas se propagan a larga distancia por las tuberías. El uso de transpondedores que transmiten a más de una frecuencia o con un barrido de frecuencia dentro de un rango permite calcular lo próxima que está la unidad sensora a un detector de superficie, ya que las frecuencias bajas se atenúan más rápidamente con la distancia. La relación de amplitud de las señales a diferentes frecuencias permite indicar la proximidad y, por lo tanto, con el tiempo, la dirección del movimiento, ya sea en dirección del detector o alejándose de éste. Un rango preferente para este impulso de barrido es de 1 a 200 KHz.

15

20

25

30

La unidad sensora se inserta en la tubería preferiblemente plegada. Si la bola es de espuma, se comprime alrededor del paquete sensor. El paquete sensor es preferiblemente esférico y lo suficientemente pequeño como para que, si se comprime la bola a su alrededor, pueda insertarse por un orificio de inspección o válvula. Por ejemplo, para muchas aplicaciones se prefiere una unidad sensora que pueda comprimirse e introducirse a través de un orificio de inspección de 10 cm de diámetro. Una vez dentro de la tubería, la espuma se expande al diámetro completo de la unidad sensora, lo que hace más fácil que el agua la empuje cuando hay una inclinación.

Para facilitar el doblado de la espuma, puede ahuecarse la bola de espuma mediante orificios circulares o cónicos de 1-4 cm de diámetro cada uno. De esta manera se reduce la can-

tividad de espuma que necesita comprimirse y se conserva el diámetro completo de la unidad sensora.

5 Si la bola tiene nervios expandibles, se introduce en la tubería empujándola con un actuador y, a continuación, se aplica una presión adicional sobre el actuador para que las varillas se expandan y adopten una forma esférica.

10 Para una inspección completa, la cual no forma parte de la invención reivindicada en el presente documento, pueden introducirse varias unidades sensoras en un corto plazo de tiempo. Una de ellas, por ejemplo, podría tener una densidad que la hiciera rodar por el fondo de la tubería, mientras que otra podría ser de menor densidad que la tubería para que ruede por la zona superior del interior de la tubería. No debe usarse una unidad sensora de menor densidad que el líquido de la tubería en el caso de que existan bocas de inspección u otros orificios de acceso hacia los que pueda elevarse la unidad sensora y donde pueda quedar
15 atrapada antes de recorrer la distancia de inspección prevista, o si hay proyecciones descendentes desde el techo de la tubería (p. ej. una estructura de válvula) que no pueda cruzar.

20 Otra situación en la que pueden usarse varias unidades sensoras es cuando una primera unidad sensora ha detectado un fuga, cuya posición se ha calculado por el número de revoluciones que ha recorrido la unidad. En este caso, pueden colocarse traspondedores o vibradores acústicos en la superficie, cercanos a la ubicación estimada del escape. A continuación, se introduce en la tubería una segunda unidad sensora y sus registros permiten determinar la ubicación del escape, así como la posición de los traspondedores o vibradores.
25 Esto permite comparar la posición de la fuga con las posiciones de los traspondedores o vibradores de la superficie, lo cual proporciona un cálculo muy exacto de los escapes. En este caso, es preferible usar vibradores acústicos de baja frecuencia porque las señales pueden penetrar a través de la cubierta de tierra y la pared de la tubería.

30 Una vez recorrida la distancia de inspección deseada, se proporcionan los medios necesarios para retirar la unidad sensora de la tubería. En una versión simple, se abre un orificio de inspección a medida que se aproxima la unidad sensora, de manera que se purga a la atmósfera el líquido de la tubería (que se encuentra a una presión mayor que la presión at-

mosférica). La unidad sensora es arrastrada y expulsada por el líquido que sale de la tubería.

5 No obstante, es preferible disponer de un dispositivo de captación de la bola. Para una unidad sensora de bola de espuma, el dispositivo de captación de la bola preferente sería un tubo que se insertaría en la tubería a través de una válvula o un orificio de inspección. El tubo insertado está dotado de una red que se despliega para dirigir la unidad sensora hacia un agujero del tubo. Inicialmente, la presión del tubo insertado es equivalente a la de la tubería, pero cuando la bola se encuentra adyacente al agujero, la presión del tubo insertado
10 disminuye al exponerse, por ejemplo, el otro extremo del tubo a la atmósfera. La bola es succionada dentro del agujero por la diferencia de presión entre la presión de la tubería y la menor presión dentro del tubo insertado. La espuma se comprime para entrar en el agujero del tubo, de manera que la bola pasa por el tubo y sale de la tubería. A continuación, se extrae el tubo de la tubería y la red se pliega a medida que sale.

15 Otro tipo de dispositivo de captación de unidad sensora que puede usarse con una unidad sensora con una bola de espuma o bien con una unidad sensora que tenga una cubierta de tejido y unas varillas de soporte es una red, que se introduce por una boca de inspección o la abertura de una válvula para interceptar el paso de objetos, al menos por una parte de la
20 tubería, mientras que permite el paso del líquido. Como la unidad sensora rueda por el fondo de la tubería (si es más densa que el líquido) o por la parte superior (si es menos densa que el líquido), normalmente sólo es necesario bloquear el fondo con la red (o la parte superior, según corresponda). Cuando la unidad sensora queda atrapada en la red, ésta se manipula para que envuelva a la unidad sensora. Finalmente, la red se extrae de la tubería por una
25 boca de inspección.

Una vez extraída la unidad sensora, se leen los registros realizados por los sensores y se anotan las anomalías acústicas, magnéticas, de temperatura y/o químicas (dependiendo de los sensores que estuvieran presentes) según su ubicación en la tubería. Posteriormente
30 puede realizarse una evaluación adicional en estas ubicaciones usando otro tipo de sensor o se puede acceder a la parte exterior de la tubería en esos puntos y llevar a cabo cualquier las reparaciones que sean necesarias.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

La invención se describe de forma más detallada en relación con los dibujos, donde:

5 En la Figura 1 se muestra un tipo preferente de unidad detectora con la parte exterior esférica de espuma.

En la Figura 2 se muestra una variante de la Figura 1, donde el exterior de espuma es elipsoide.

10

En la Figura 3 se muestra una secuencia de pasos para introducir una unidad sensora recubierta de espuma en una tubería (se muestra una sección transversal de la tubería).

15 En la Figura 4 se muestra una unidad sensora formada por una cubierta de tejido y unas varillas de soporte (la unidad se muestra plegada).

En la Figura 5 se muestra la unidad sensora de la Figura 4 en su forma expandida.

20 En las Figuras 6a y 6b se muestra la inserción en la tubería de la unidad de la Figura 4.

20

En la Figura 7 se muestra una unidad sensora desplazándose por el fondo de una tubería.

25 En las Figuras 8A y 8B se muestra una sección transversal de la tubería de la Figura 7 donde la unidad sensora (esférica en la Figura 8A y elipsoide en la Figura 8B) se desplaza por el fondo de la tubería.

25

En la Figura 9 se muestran dos unidades sensoras con dos densidades diferentes en una tubería.

30 En la Figura 10 se muestra un método para retirar una unidad sensora de una tubería insertando una red.

En la Figura 11 se muestra un método preferente para retirar una unidad sensora de una tubería presurizada mediante la inserción de un tubo de recuperación.

En la Figura 12 se muestra una trayectoria real registrada por un sensor magnético. Puede observarse la trayectoria trazada a medida que la unidad sensora rueda por la tubería.

5 Los dibujos son esquemáticos y no están hechos a escala.

Descripción detallada de la invención

10 En la Figura 1 se muestra una versión preferente de la unidad sensora según la invención, mostrada parcialmente desmontada. La unidad sensora parcialmente desmontada (paquete sensor más unidad de bola) se muestra como el diagrama 50. El paquete sensor 100 está hecho de un material rígido (p. ej. plástico rígido). El paquete sensor también puede ser metálico o de otro material, siempre que los sensores en su interior no se vean afectados por el paquete metálico y éste no merme su sensibilidad a los estímulos externos.

15 En esta versión, el paquete sensor tiene dos medias carcasas (102 y 104). La media carcasa 104 tiene una lengüeta 16 que encaja bajo la media carcasa 102 y se mantiene en posición con los tornillos 108. Obviamente, pueden usarse otros medios para cerrar el paquete sensor y mantenerlo cerrado.

20 Dentro del paquete sensor hay una placa del circuito 110. La placa consta de los circuitos necesarios para conectar los sensores, la fuente de alimentación, el dispositivo de registro, el reloj y el resto de los componentes del paquete sensor. Obviamente, pueden usarse conexiones independientes en lugar de una placa del circuito, pero ello resulta más complejo y no es una opción preferente.

25 En la placa del circuito están montados los sensores que se muestran esquemáticamente como 112, 114, 116 y 118. Estos incluyen un sensor acústico, uno o varios magnetómetros o acelerómetros, y pueden incluir uno o varios dispositivos detectores de presión o dispositivos de registro de la temperatura. Si incluye magnetómetros, es preferible tener tres magnetómetros orientados ortogonalmente entre sí, tal y como se muestra esquemáticamente en la Figura 1, donde los sensores 112, 114 y 116 son magnetómetros dispuestos ortogonalmente entre sí. El sensor 118 es un sensor acústico (p. ej. un micrófono o hidrófono) o un sensor piezoeléctrico. El sensor 118 tiene una parte acústica (118a) en contacto acústico

con la pared del paquete sensor 100 con el fin de conseguir un buen paso de las señales acústicas a través de la pared.

5 En la placa del circuito también hay montado un dispositivo de registro 120, que registra datos en una memoria extraíble 122. El dispositivo de registro es una sencilla grabadora digital, que recibe (y digitaliza si es necesario) los resultados del sensor y los registra en la memoria. La memoria preferente es una tarjeta SD Ram.

10 Opcionalmente, también se monta en la placa del circuito un reloj 124, que registra en la memoria 122 los datos del reloj.

La placa de circuito 110 también lleva montada una fuente de alimentación 126, que puede ser una batería no recargable (p. ej. una batería de litio). No obstante, también pueden usarse baterías recargables u otras fuentes de alimentación autónomas del tamaño adecuado.

15

Se incluye la unidad de bola de espuma 150, que se muestra desmontada en la Figura 1. Preferiblemente, está hecha de espuma comprimible (p. ej. poliuretano blando). Es preferible el uso de espuma de poliuretano de baja densidad. Se presenta como dos mitades esféricas, 152 y 154, que se unen entre sí introduciendo los dientes de plástico duro 156 en las ranuras 158. Los dientes 158 tienen unas cabezas grandes 160 que encajan en los extremos grandes de las ranuras 162 para mantener juntas las medias esferas 152 y 154 durante su uso. Las piezas 152 y 154 tienen, respectivamente, las partes huecas 164 y 166, que son lo bastante grandes para que la unidad sensora 100 encaje dentro cuando las piezas 152 y 154 se montan para formar la unidad de bola de espuma 150. Las piezas 252 y 154 presentan unos agujeros circulares o cónicos 160, cuyo objetivo es reducir la cantidad de espuma que debe comprimirse cuando la unidad se comprime para introducirse en la tubería. Preferiblemente, uno de los agujeros está situado de manera que la parte de la pared del paquete sensor 100 donde está situado el sensor 118a no esté cubierta de espuma, a fin de asegurar una buena señal acústica. Además, preferiblemente, los agujeros se hayan a una distancia bastante homogénea por la superficie de las piezas 252 y 354, a fin de no impedir la función protectora de las, y no desequilibrar el peso de toda la unidad.

20

25

30

En la Figura 2 se muestra una variante de la Figura 1. La unidad sensora 100 es la misma que la de la Figura 1. Sin embargo, la unidad de bola de espuma (número 150A en su formato montado), es elipsoide (tiene la forma de una pelota de rugby o fútbol americano).

[0059] En la Figura 3, la unidad sensora 50 se introduce (una vez montada uniendo las piezas 152 y 154) en una tubería 200 rellena de líquido 206 (p. ej. agua) que circula en la dirección 208. El orificio de acceso 202 (también denominado orificio de inspección) se encuentra en la parte superior de la tubería. Normalmente se cierra con una válvula, mostrada esquemáticamente como 204. En la figura, la válvula está cerrada.

10 En la parte superior del orificio de acceso 202 se encuentra la rosca de tornillo 232. Inicialmente, no hay nada montado en la rosca. La unidad sensora (mostrada inicialmente en la posición 50a) se introduce en la posición 50b. La cubierta 230 se enrosca de forma hermética en la rosca 232. La cubierta tiene el collarín hermético 235, que atraviesa el vástago 220 y acaba en el empujador 221, que es de plástico o metal. También tiene un pequeño diámetro interior 236 en el que se introduce la correspondiente válvula 239. La línea 237 puede conectarse a la válvula.

La unidad sensora se muestra en cuatro posiciones secuenciales: 50a, 50b, 50c y 50d. En la posición 50a, descansa sobre la superficie de tierra 210 antes de proceder a su inserción.

20 En la posición 50b, la válvula 204 está abierta y la unidad de espuma se comprime para pasar por el orificio de acceso 202, situado encima de la válvula 204. A continuación, se coloca la cubierta 230. Una vez cerrada de forma hermética la cubierta 230, existe la opción de crear un vacío en el espacio entre la cubierta 230 y la válvula 204 extrayendo aire a través de la válvula 139 y la línea 137, con el fin de eliminar el aire atrapado en la espuma de la bola 50. En caso necesario, también puede introducirse un producto esterilizante a través de la línea 237 y la válvula 239. Se cierra la válvula 239 y, a continuación, se abre la válvula 204 para que el líquido de la tubería entre en el espacio situado entre la válvula 204 y la cubierta 230. Cuando el espacio entre la válvula 204 y la cubierta 230 está lleno de agua, se empuja manualmente el vástago 220 para forzar la unidad sensora en la posición 50c y,

30 seguidamente, en la tubería en la posición 50d, donde recupera su tamaño completo.

Las Figuras 4-6 muestran una segunda versión de la unidad sensora. Esta versión está generalmente numerada como 450. Tiene el paquete sensor cilíndrico 410 y el tejido exterior 420. El paquete sensor contiene los mismos sensores y otros componentes (no mostrados)

que el paquete sensor 100 de la Figura 1. Las varillas 430 están unidas de forma flexible a un extremo del paquete sensor 410 en 432, y terminan en el otro extremo con una conexión flexible 436 a una anilla extensible 434. El paquete 410 tiene una ranura 438 en la que encaja la anilla 434 (según se mostrará), así como los dos extremos planos 412 y 414. El extremo 412 tiene la ranura 416 en la que encaja una herramienta de inserción. Las varillas 430 soportan el tejido 420, que adopta la forma de bola.

En la Figura 4, la unidad sensora 450 se desmonta para su inserción en la tubería. Las varillas se despliegan hacia arriba más allá del extremo del paquete sensor 410 y las recubre el tejido 440. El tejido ha sido recortado para mostrar las varillas. En la Figura 5, la unidad sensora está totalmente montada. La anilla 434 se encuentra en posición en la ranura 438 y el tejido, empujado por las varillas, ha adoptado la forma de bola con los extremos planos 412 y 414 al final del paquete sensor 420.

Las Figuras 6a y 6b muestran la secuencia de inserción en la tubería de la unidad sensora 450 y su montaje final dentro de ésta. La tubería es la misma que la de la Figura 3 y se usan los mismos números para describirla que en la Figura 3. La unidad sensora 450 está unida al extremo del dispositivo de inserción 470 con un ajuste de compresión suelto en el extremo inferior de goma 472 del dispositivo de inserción 470 en la ranura 416. A continuación, el dispositivo de inserción se introduce en la tubería por la válvula 204. El diámetro del paquete sensor cilíndrico 410 es lo bastante pequeño como para entrar en el orificio de acceso 202 y pasar por la válvula 204. En la Figura 6a se muestra pasando por la válvula 204. En la Figura 6b está dentro de la tubería. El manguito 474 desciende sobre el dispositivo de inserción 470 para empujar la anilla 434 hasta que encaja en la ranura 438, al mismo tiempo que dobla las varillas para que el tejido adopte la forma de bola. El interior de la bola se llena del líquido de la tubería. El tejido puede ser permeable al líquido o bien puede tener agujeros (no mostrados) que permitan la entrada del líquido. El manguito 474 permanece en posición mientras que la herramienta de inserción 470 se retira de la ranura 416. La herramienta de inserción 470 y el manguito 474 se retiran a través del orificio de acceso 202 y se cierra la válvula 204.

En la Figura 7 se muestra la unidad sensora 50 desplazándose por la tubería. En esta versión, la unidad sensora es más densa que el líquido de la tubería, por lo que la unidad sensora rueda por el fondo de la tubería y pasa las balizas acústicas 701 y 702 situadas en los

orificios de acceso 202a y 202b, respectivamente. Las señales de estas balizas son recibidas por el sensor acústico 118 de la unidad sensora 50. Si se sospecha la presencia de una fuga en la zona (porque, por ejemplo, ha sido detectada por una unidad sensora anterior), la baliza acústica móvil 715 (situada en el vehículo 712) puede posicionarse en la superficie
5 próxima a la fuga. La baliza móvil 715 transmite a muy baja frecuencia (inferior a 100Hz), por lo que la señal no es atenuada por el suelo y las paredes de la tubería. La baliza móvil 715 también incluye un transmisor/receptor GPS 710 que indica la posición exacta. Las señales de las balizas son registradas por el sensor acústico o por el dispositivo de registro 122 para proporcionar una referencia sobre la ubicación de la unidad sensora al registrar
10 dichas señales.

En la tubería hay una fuga (740) y el líquido saliente produce un sonido característico que es detectado por el sensor acústico y registrado por el resto de las señales del sensor. Su análisis posterior permite determinar la ubicación de la fuga, ya sea comparando las señales
15 registradas por las balizas o analizando los datos del reloj para determinar el tiempo transcurrido desde la inserción de la unidad sensora conociendo la velocidad del líquido en la tubería, o bien contando las revoluciones de la unidad sensora.

La tubería es de hormigón con un refuerzo de alambre. Los sensores del magnetómetro de
20 la unidad sensora 50 registran las señales aumentadas cuando la unidad sensora 50 pasa por una junta de enchufe y cordón entre dos tubos (780), puesto que hay más alambre en la junta que en el tubo y porque hay una pieza insertada de metal en ese punto. Los sensores del magnetómetro también perciben anomalías magnéticas si hay corrosión en los alambres y éstas se registran en el dispositivo de registro o se transmiten, o ambas cosas. La ubica-
25 ción puede determinarse por el tiempo transcurrido o correlacionando el registro acústico de las balizas acústicas grabado en el dispositivo de registro o transmitido.

En la Figura 8A se muestra una sección transversal de la tubería 200 con la unidad sensora 50 rodando por el fondo. En la figura 8B se muestra la posición adoptada por un sensor elipsoide, cuyo eje mayor se encuentra situado en ángulo recto con respecto al eje de la
30 tubería.

En la figura 9 se muestran dos unidades sensores de diferente densidad que se desplazan por la tubería. La unidad sensora 50x tiene una densidad media inferior a la de la tubería y sólo se usa cuando la tubería está llena de líquido. En la versión que se muestra, que no

forma parte de la invención reivindicada en el presente documento, la tubería está llena de líquido, por lo que rueda por el techo de la tubería. Su diámetro es mayor que el de los orificios de inspección que se encuentran en su ruta, por lo que no se queda atascada en ellos. La unidad sensora 50z tiene una densidad media superior a la del líquido de la tubería y, por lo tanto, rueda por el fondo. Las unidades sensoras que se muestran tienen diferentes diámetros, pero pueden tener el mismo diámetro si así se desea.

En la Figura 10 se muestra un método para extraer el sensor de la tubería una vez acabada la inspección. Este método resulta útil en las tuberías con presión atmosférica. La boca de inspección 1000 se abre retirando la cubierta 1002. La red 1010 está posicionada para bloquear la tubería con los palos de posicionamiento 1012. La parte de la red 1020, con las cintas elevadoras 1022, se posiciona en el suelo de la tubería. La unidad sensora 50 rueda por el suelo de la tubería (la unidad sensora en esta versión es de mayor densidad que el líquido de la tubería, hasta que golpea la red 1010, que le impide avanzar. Se encuentra en la parte 1020. Los palos 1012 y las cintas elevadoras 1022 se manipulan para extraer la unidad sensora de la tubería. En lugar de usar la parte de la red 1020 para atrapar la unidad sensora, se puede agarrar manualmente con un garfio 1030.

Cuando el líquido de la tubería está bajo presión y la unidad sensora tiene la superficie de bola exterior esférica y comprimible 150, es preferible usar el método de extracción de la unidad sensora de la Figura 11. En la Figura 11 se muestra el tubo de recuperación 1100, que se introduce a través de un orificio de inspección (también denominado orificio de acceso) 202, con la válvula 204 cerrada. El tubo de recuperación 1100 tiene su propia válvula 1102, que también se cierra para que no se escape la presión del tubo. El tubo de recuperación 1100 lleva anexa la red cónica 1120, que se despliega con las varillas 1122, que se comprimen durante el proceso de inserción del tubo de recuperación en el orificio de inspección, pero que se expanden para desplegar la red. La red hace que la unidad sensora 50 se desplace hacia el vértice del cono, donde se encuentra el agujero 1130 del tubo de inspección. Este agujero es ligeramente más pequeño que el diámetro de la unidad de bola. Cuando la bola está en el cono, la válvula 1102 del tubo de recuperación se abre rápidamente y, como la presión atmosférica es inferior a la presión del tubo, la unidad sensora se comprime ligeramente y es succionada por el agujero 1130 y, a continuación, se eleva y es expulsada del tubo de recuperación por encima del nivel del suelo.

Alternativamente, también es posible usar una red con un muelle de acero que se expande para bloquear la tubería, tal y como se muestra en la solicitud publicada PCT WO 2004/059274.

- 5 Una vez recuperada la unidad sensora, se analizan del modo habitual los datos registrados por los sensores en la unidad de registro. Si los datos han sido transmitidos por el transmisor 120 antes de recuperarse la unidad sensora, puede iniciarse el análisis de datos antes de su recuperación.
- 10 En la Figura 12 se muestra la trayectoria real por una tubería de un magnetómetro como unidad sensora esférica con una circunferencia de 0,61 m (2 pies). Puede observarse un patrón regular de picos y 20 valles. Para mayor claridad, los picos están numerados del 1201 al 1212. Cada pico representa una revolución completa. Por lo tanto, el gráfico muestra claramente que la unidad sensora recorrió 7,3 m (24 pies). El eje de las abscisas representa el tiempo transcurrido en segundos y, el de las ordenadas, el voltaje de salida del magnetómetro.
- 15
- 20
- 25
- 30
- 35

REIVINDICACIONES

1. Una unidad sensora (50) sin amarre de forma esférica o elipsoide apta para la inspección de tuberías (200) que contienen líquido en movimiento (206) de menor densidad que la
5 unidad sensora (50). Dicha unidad sensora (50) ha sido adaptada para rodar en la dirección de flujo del líquido por el fondo del interior de la tubería, empujada por su caudal. La unidad sensora (50) incluye un paquete (100) que contiene:
- (i) un sensor (112) seleccionado entre al menos un sensor magnético y al menos un acelerómetro, configurado para detectar el número de revoluciones de la unidad sensora y
10
- (ii) un sensor acústico (118) para detectar el sonido de un escape y
- (iii) dispositivos (120) para registrar los datos detectados por dichos sensores.
15
2. Una unidad sensora (50) como la reivindicada en la reivindicación 1 que consta, adicionalmente, de un transmisor o transpondedor acústico que emite una frecuencia superior a 20 kilohertz.
- 20 3. Una unidad sensora (50) como la reivindicada en la reivindicación 1 o 2 que consta, adicionalmente, de un transmisor o transpondedor que emite en un rango de frecuencias que incluye un impulso de barrido entre 1 kilohertz y 200 kilohertz.
4. Una unidad sensora (50) como la reivindicada en las reivindicaciones 1 a 3, donde el sensor está formado por tres magnetómetros (112, 114 y 116) dispuestos ortogonalmente entre sí.
25
5. Un método para inspeccionar tuberías (200) que contienen líquido en movimiento (206). El método incluye:
30
- proporcionar una unidad sensora (50) que incluya un paquete (100) que contenga:
- (i) un sensor (112) seleccionado entre al menos un sensor magnético y al menos un acelerómetro, y

(ii) un sensor acústico (118) para detectar el sonido de un escape en la tubería (200),
y

5 (iii) dispositivos (120) para registrar los datos detectados por dichos sensores. Dicha
unidad sensora será de mayor densidad que el líquido en la tubería por inspeccionar;
y

10 que permita que la unidad sensora ruede por el fondo del interior de la tubería siguiendo el
movimiento del líquido mientras registra una señal que representa el número de revolucio-
nes realizadas por la superficie de la unidad sensora, así como una señal de dicho sensor
acústico que pueda analizarse posteriormente para determinar la ubicación de una fuga.

15 **6.** Un método como el reivindicado en la reivindicación 5, donde la unidad sensora (50)
conste de un transmisor o transpondedor acústico y el método incluya emitir señales del
transmisor o transpondedor y recibir dichas señales en al menos una ubicación de la tubería
(200).

20 **7.** Un método como el reivindicado en la reivindicación 6, donde las señales se emitan a una
frecuencia superior a 20 kilohertz.

8. Un método como el reivindicado en la reivindicación 7, donde las señales se emitan en un
rango de frecuencias que incluya un impulso de barrido, en un rango entre 1 kilohertz y 200
kilohertz.

25

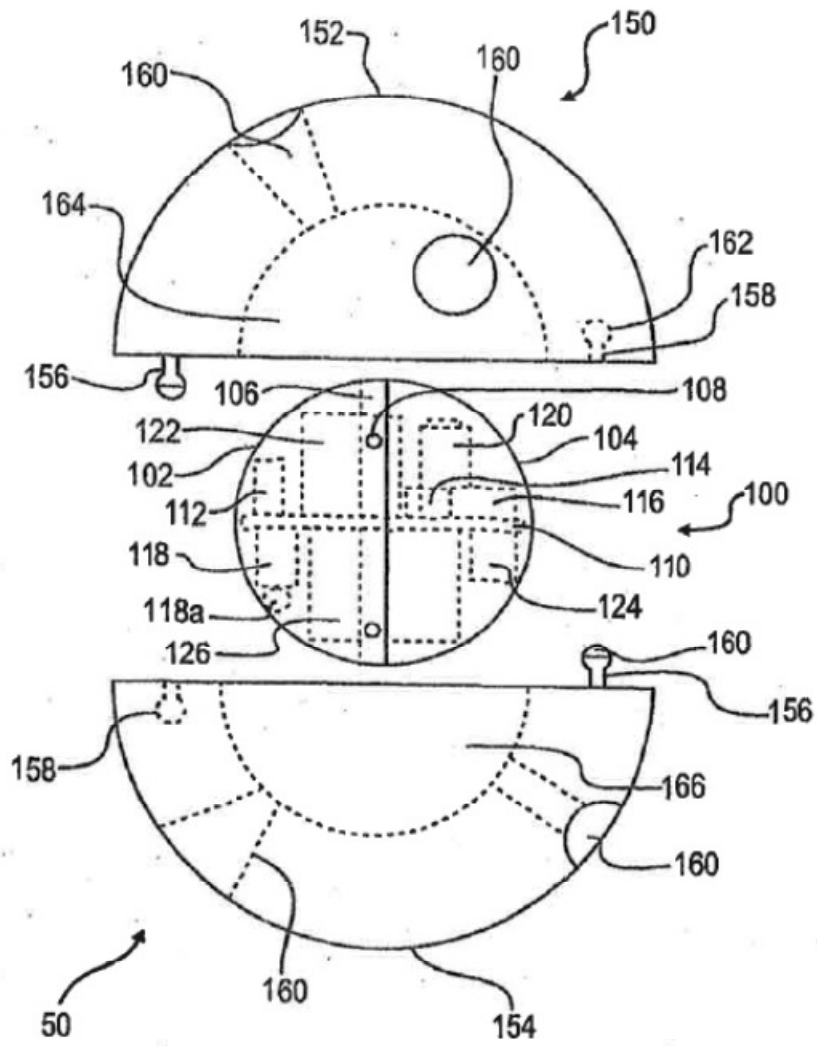


Fig. 1

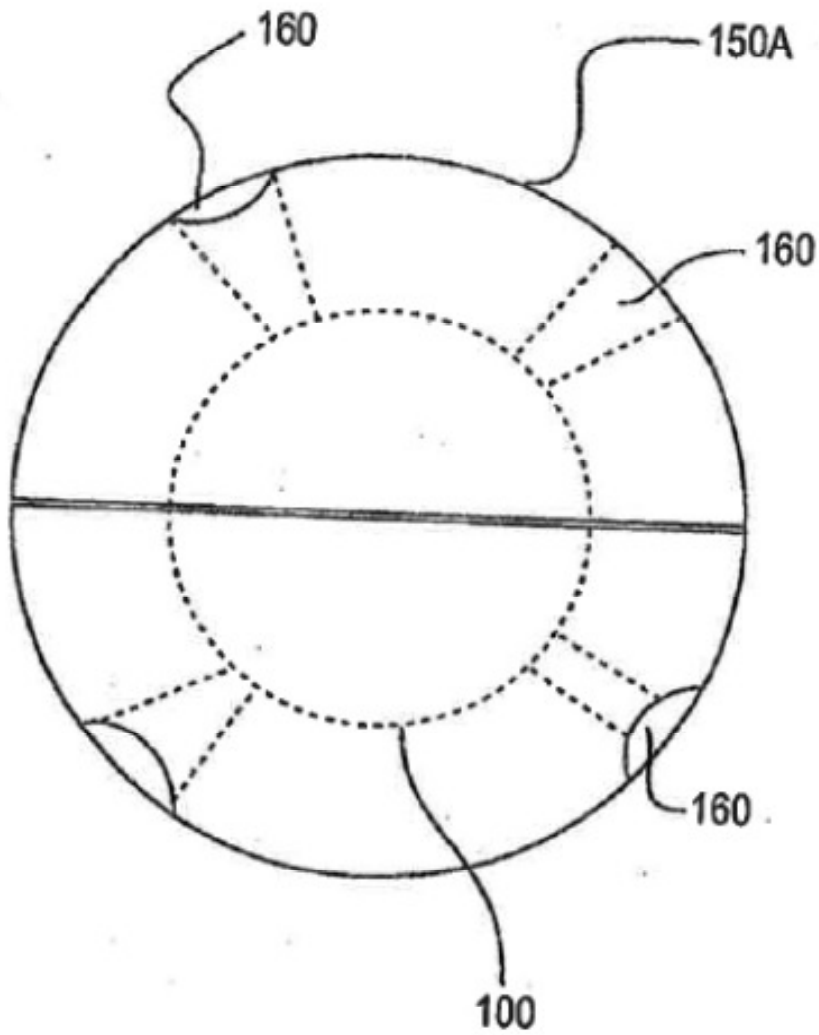


Fig. 2

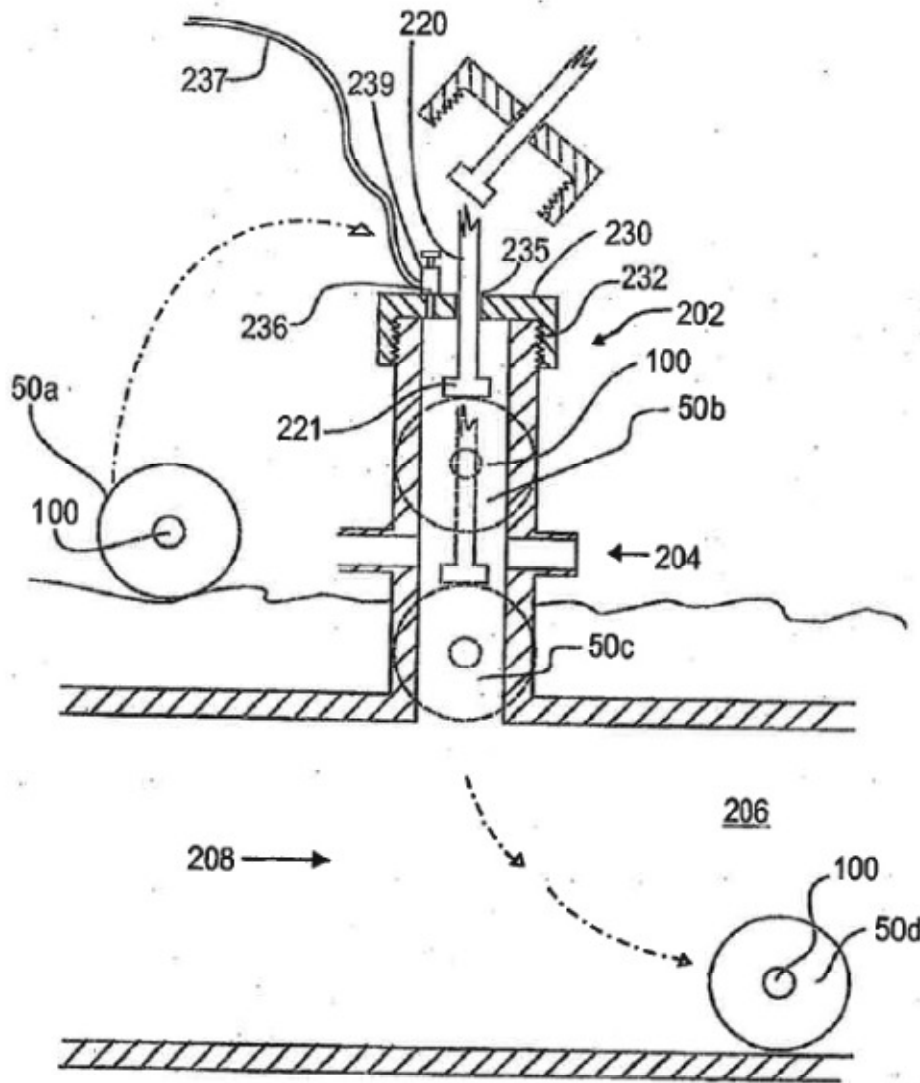


Fig. 3

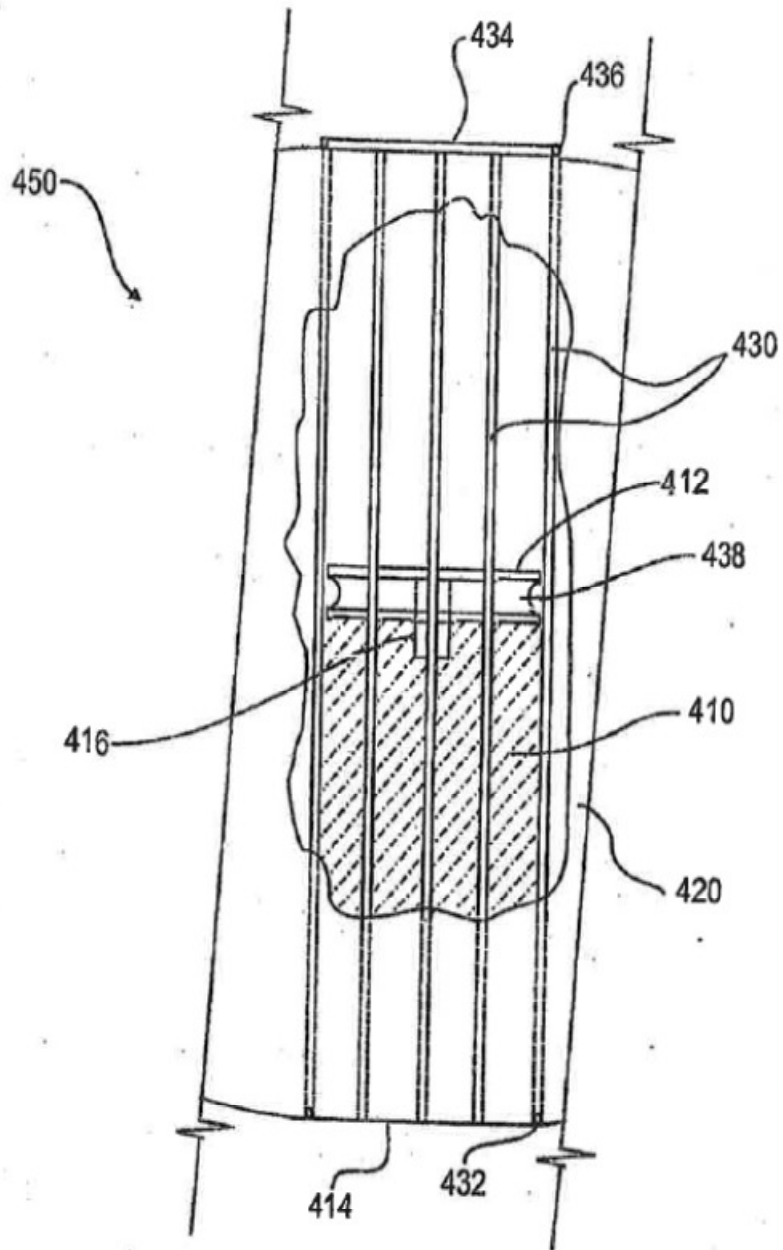


Fig. 4

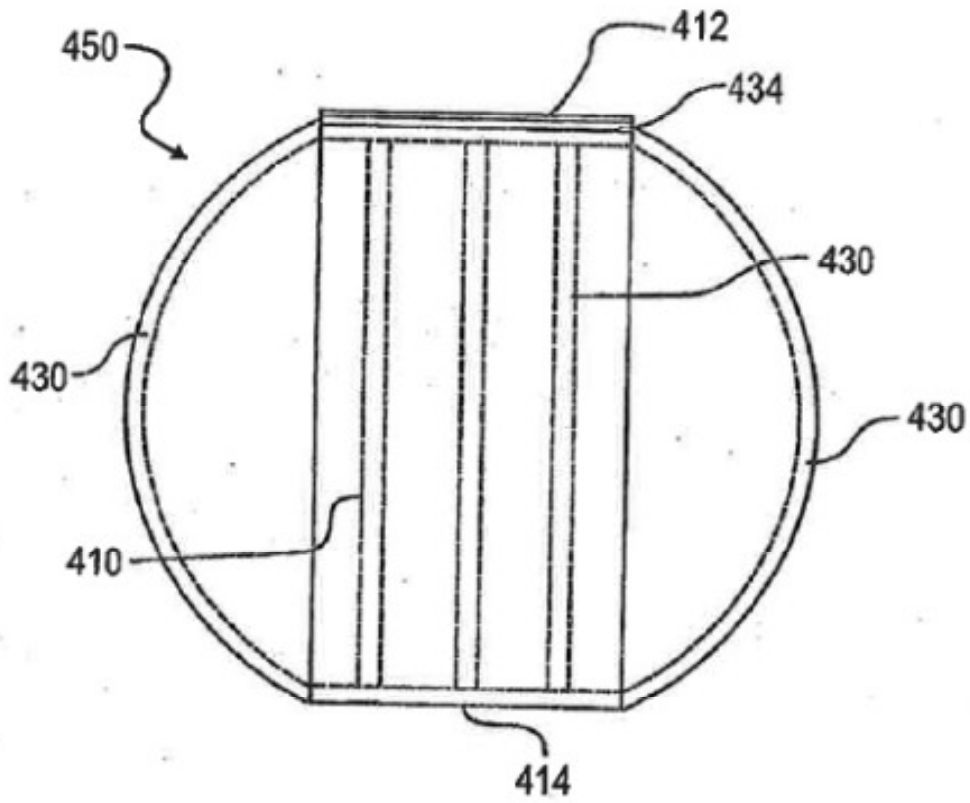


Fig. 5

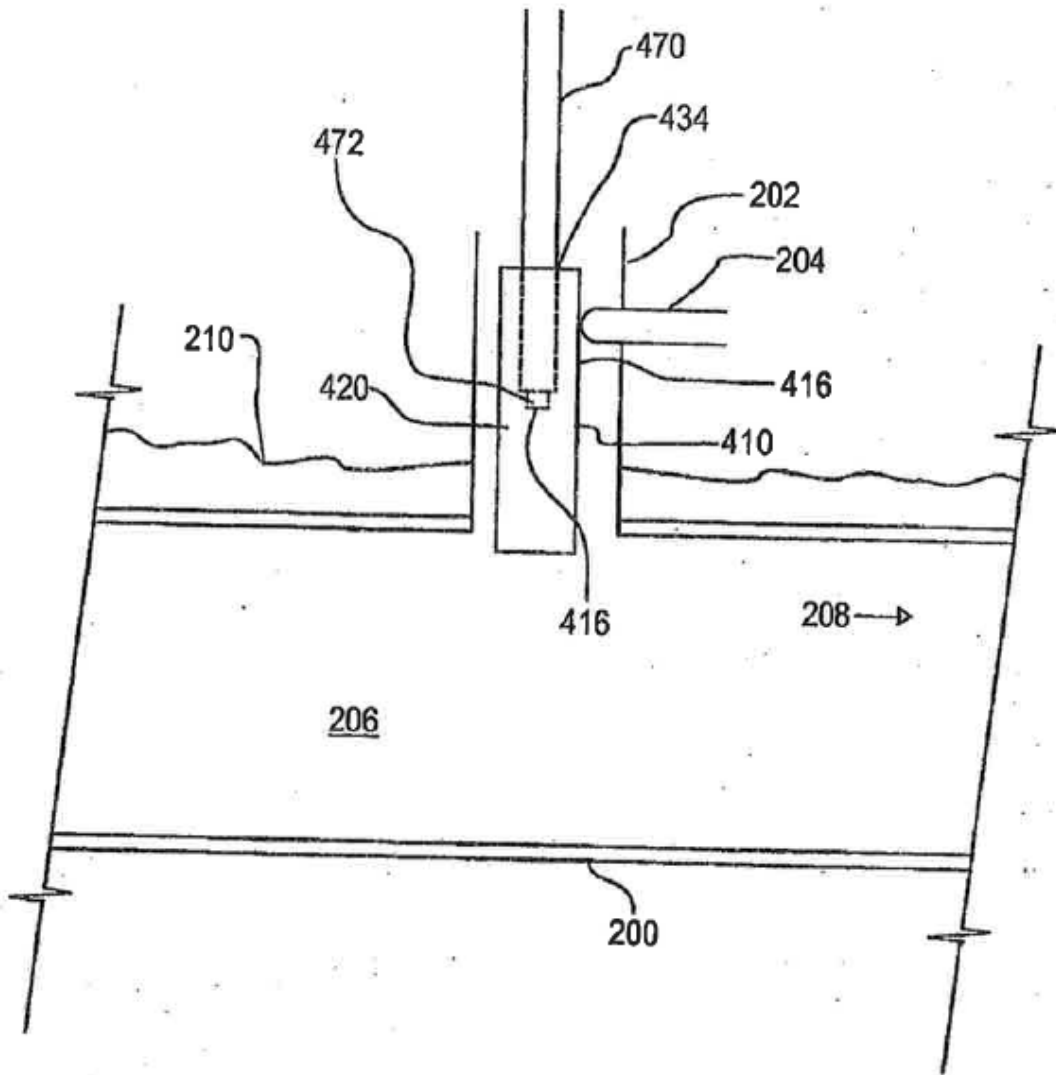


Fig. 6a

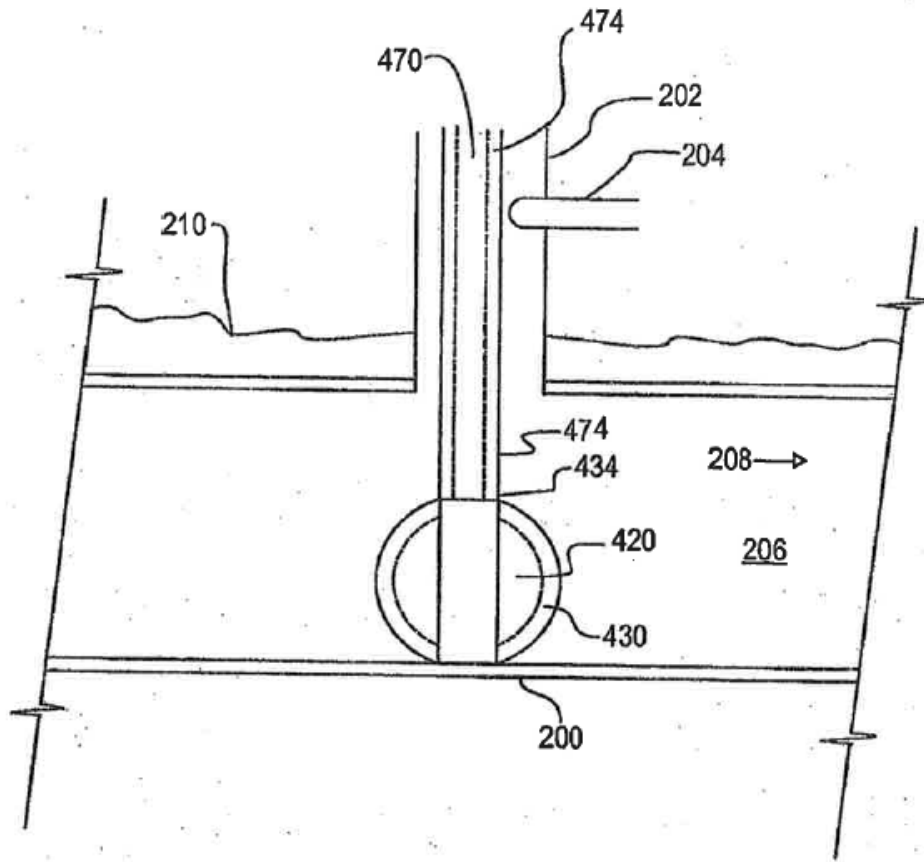


Fig. 6b

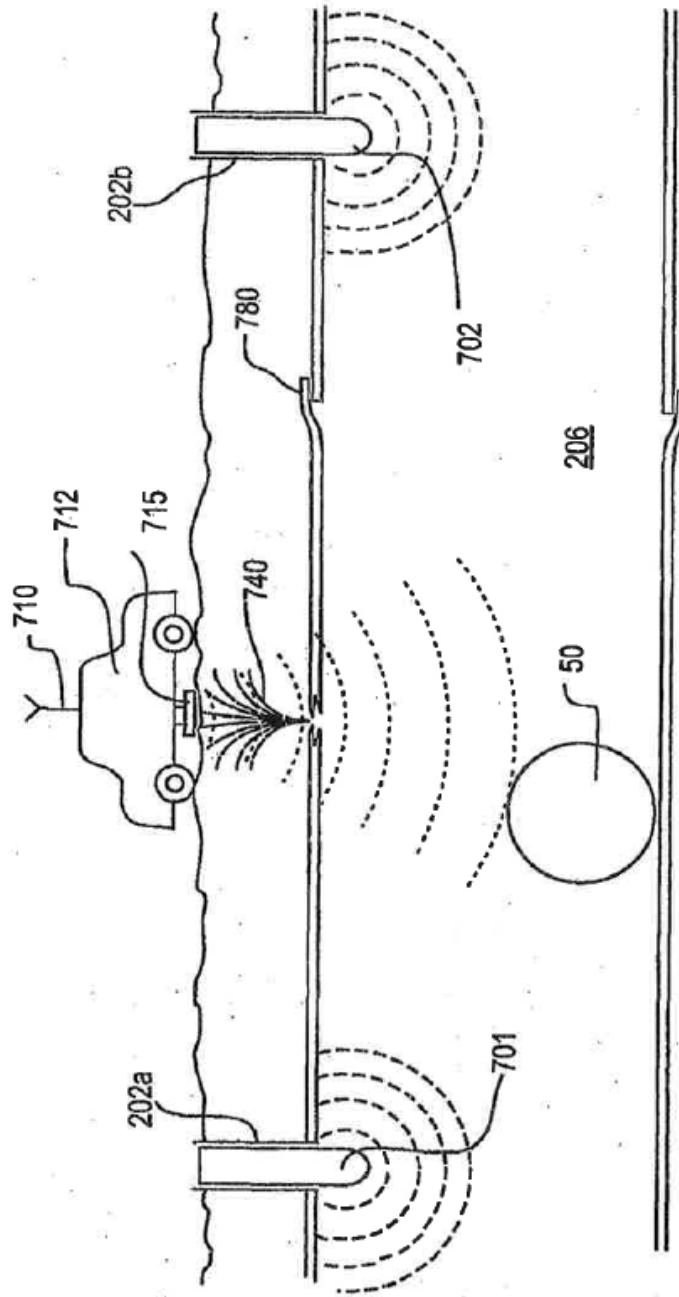


Fig. 7

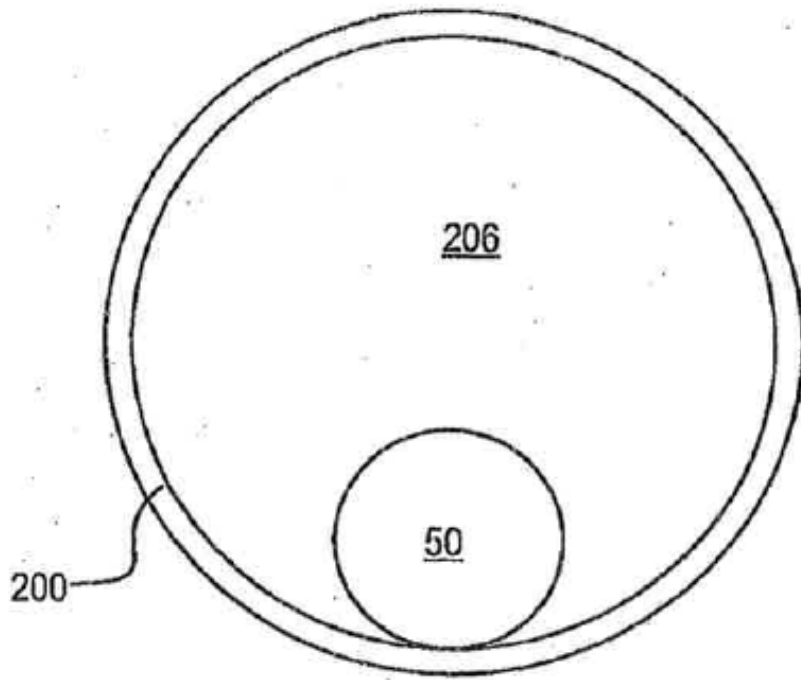


Fig. 8A

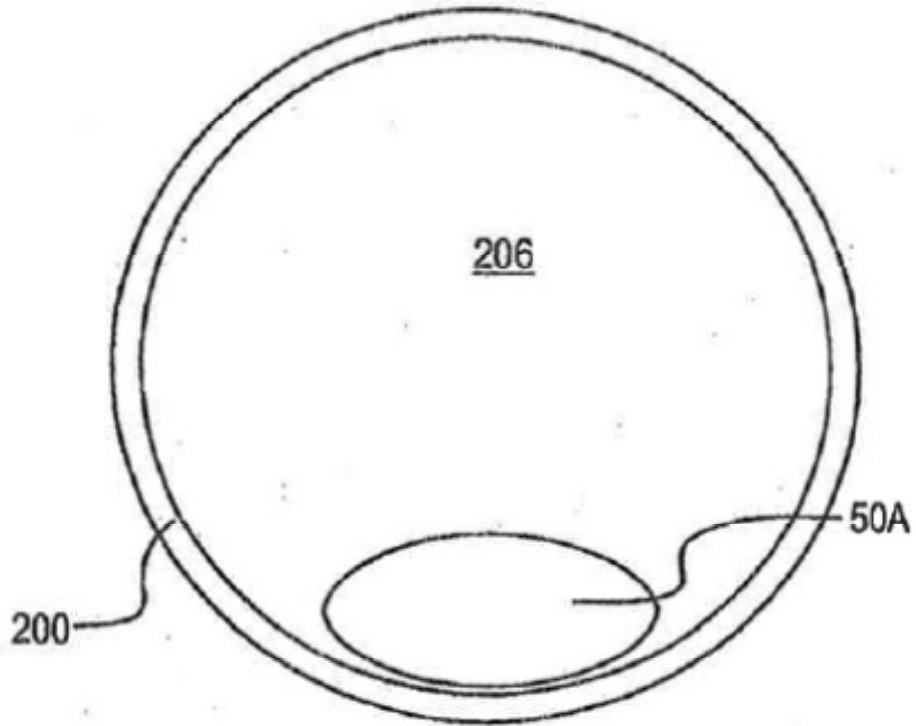


Fig. 8B

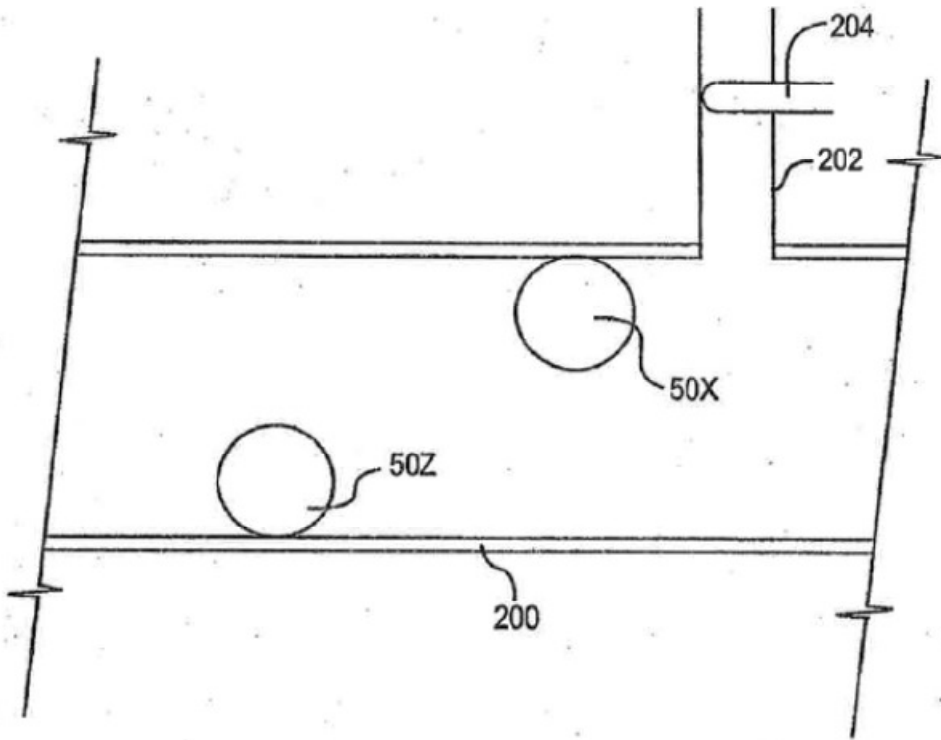


Fig. 9

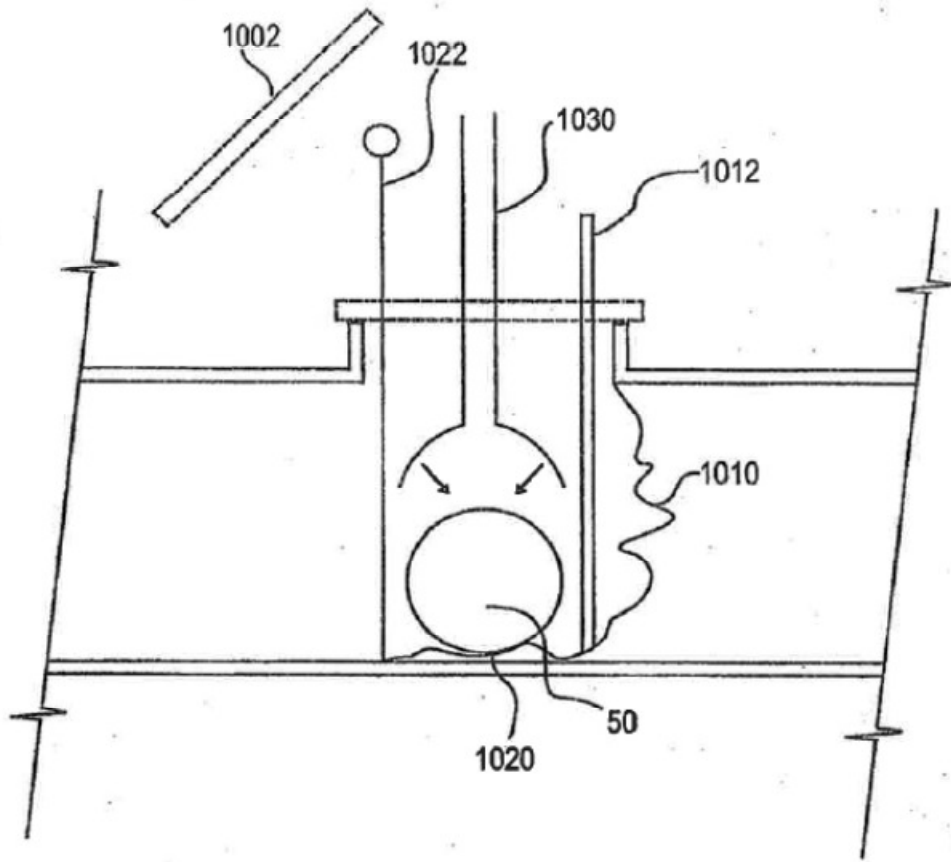


Fig 10

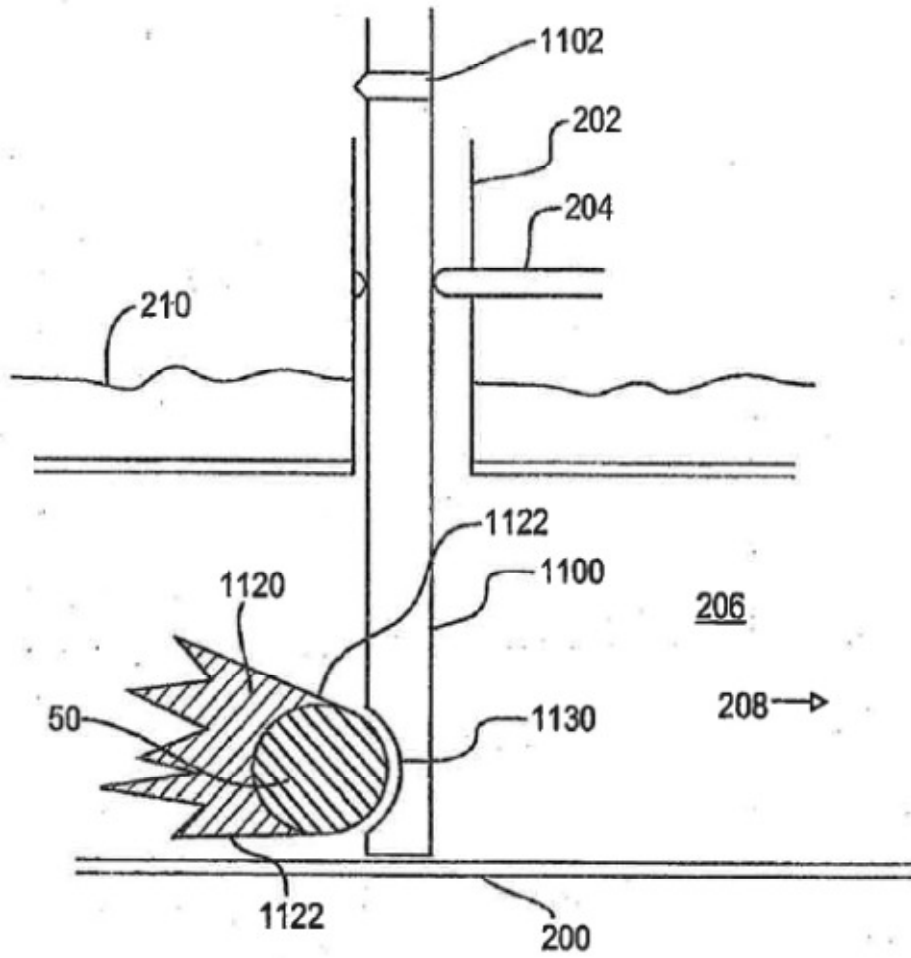


Fig. 11

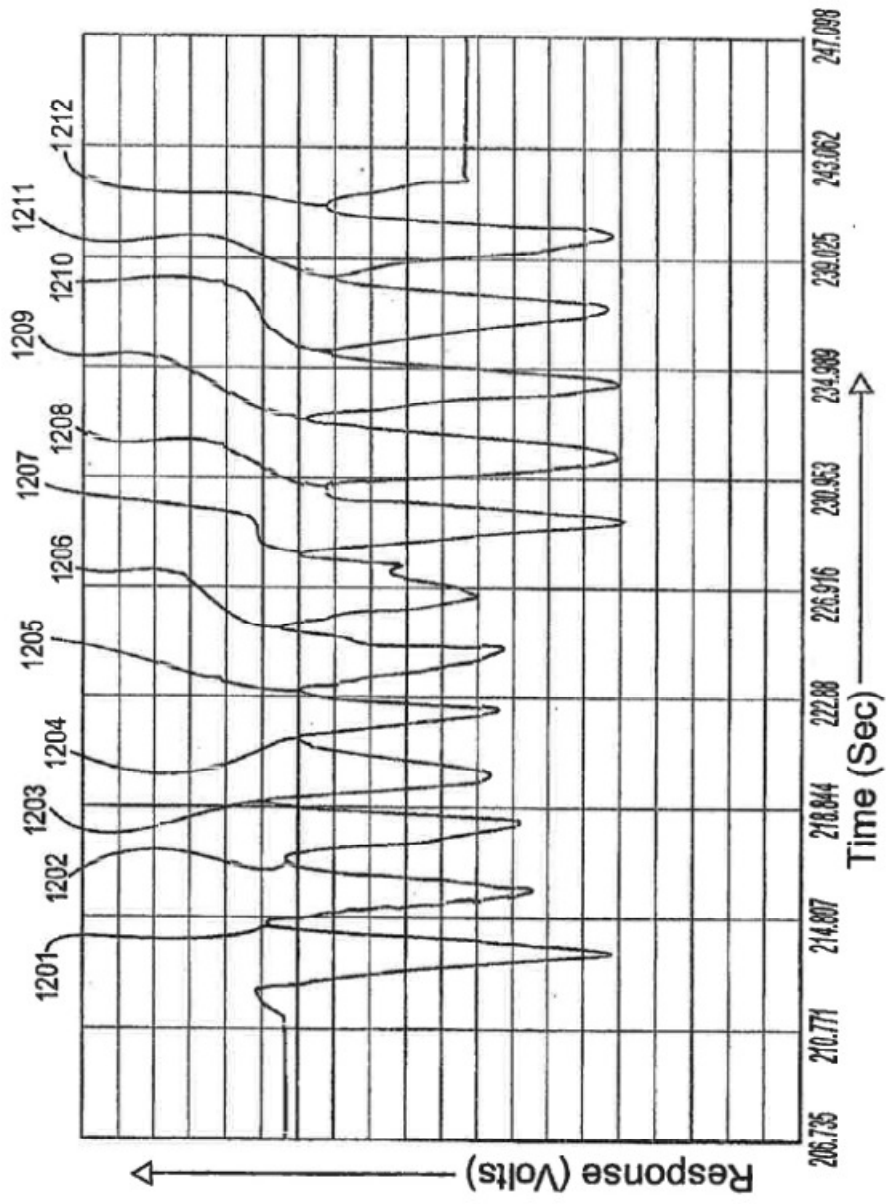


Fig. 12