

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 748 603**

51 Int. Cl.:

F16L 55/40	(2006.01)	F17D 5/00	(2006.01)
G01M 3/24	(2006.01)	F17D 5/06	(2006.01)
G01N 27/82	(2006.01)		
F16L 55/48	(2006.01)		
F16L 55/38	(2006.01)		
F16L 55/46	(2006.01)		
G01M 3/00	(2006.01)		
F16L 101/30	(2006.01)		
F17D 3/00	(2006.01)		
F17D 3/08	(2006.01)		

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **07.02.2006 E 15152055 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **31.07.2019 EP 2902690**

54 Título: **Detector de anomalías para tuberías**

30 Prioridad:

07.02.2005 CA 2496150

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
17.03.2020

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:

ISERN JARA, Jorge

ES 2 748 603 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 de anomalías para tuberías

5 Antecedentes de la invención

1. Campo de la invención

10 Esta invención se refiere a un detector para la detección de anomalías en tuberías que transportan líquidos. En su realización preferida, la invención se refiere a una unidad de sensores que es capaz de inspeccionar una tubería de transporte de líquido, sin interferir con los líquidos transportados en la tubería. En una realización, el detector localiza fugas de líquido en las que se está escapando líquido de la tubería. En otra realización, el detector se usa en una tubería de hormigón con refuerzo de alambre, y detecta porciones corroídas o dañadas del refuerzo de alambre, o se usa en una tubería de metal y detecta la corrosión y/o los fallos de soldadura. La unidad de sensores también tiene una forma novedosa de determinar su ubicación dentro de la tubería.

2. Descripción de la técnica anterior

20 Se conoce el uso de detectores acústicos para detectar fugas en una tubería. Por ejemplo, los detectores pueden colocarse en la parte de debajo de las bocas de inspección, o pueden colocarse a lo largo de un encordado de cables entre las bocas de inspección, o a lo largo de un cable al que se le permite recorrer la porción más baja del tubo, como se muestra en la patente canadiense n.º 2.273.979 de Paulson. Tales detectores pueden detectar el sonido hecho por la rotura de un alambre de refuerzo en una tubería de hormigón reforzada con alambre, o pueden detectar el sonido del líquido que escapa a través de una fuga en una tubería de metal o de hormigón.

25 Se conoce la inspección de tuberías de diámetro pequeño, en particular tuberías de petróleo, que usan un dispositivo denominado "diablo", el cual llena la tubería y es impulsado a lo largo de esta por la presión de petróleo. Tal inspección puede usarse para ubicar fugas y para verificar las soldaduras entre tramos adyacentes del tubo.

30 Se conoce también la inspección de tuberías con un sensor de densidad neutra no anclado, el cual es impulsado por el líquido de la tubería, tal como se muestra en la solicitud PCT publicada WO 2004/059274. No obstante, es difícil determinar la ubicación de un sensor de este tipo dentro de la tubería, y el sensor está sujeto a quedar atrapado dentro de la tubería. Además, tales unidades de sensores se comunican con electromagnetismo, lo que evita que usen sensores magnéticos tales como magnetómetros para detectar las condiciones de tubería.

35 Si una tubería es lo bastante grande (por ejemplo, tubos de hormigón grandes para traer agua a las ciudades o tubos de aguas residuales grandes), el tubo puede drenarse y un ser humano puede realizar una inspección manual. También se conocen algunos tipos de inspección en tubos drenados usando sensores montados en un carro con ruedas o similares. Véase, por ejemplo, la patente de EE. UU. n.º 6.781.369 de Paulson.

40 El documento WO 99/66172 A1 muestra diferentes unidades de sensores sin anclaje: En una primera realización, una unidad de sensores sin anclaje de forma esférica sin medio alguno de impulsión motorizado, para inspeccionar una tubería que contiene un líquido en movimiento, unidad de sensores que comprende un paquete que contiene un sensor seleccionado de entre al menos un sensor magnético y al menos un acelerómetro y medios de registro para registrar datos detectados por dicho sensor pero sin contador de revoluciones, estando dicha unidad de sensores adaptada para rodar a lo largo de la parte inferior de la tubería que se va a inspeccionar. En una segunda realización, la unidad de sensores sin anclaje de forma esférica tiene un medio de impulsión motorizado, para inspeccionar una tubería que contiene un líquido en movimiento, unidad de sensores que comprende un paquete que contiene un sensor seleccionado de entre al menos un sensor magnético y al menos un acelerómetro y medios de registro para registrar datos detectados por dicho sensor, estando dicha unidad de sensores adaptada para rodar a lo largo de la parte inferior de la tubería que se va a inspeccionar, y un contador de revoluciones que realiza un seguimiento de la distancia recorrida en la tubería y un sensor para detectar puntos de marcador en la tubería.

50 El documento WO 01/70422 A1 muestra un dispositivo esférico de limpieza con diablo de tuberías, que tiene un acelerómetro tridimensional, pero sin medio de impulsión motorizado, debido a que este solo flota bajo la influencia del fluido en la tubería que se va a inspeccionar.

Sumario de la invención

60 La presente invención proporciona una unidad de sensores sin anclaje de acuerdo con la reivindicación 1, y un método de acuerdo con la reivindicación 7.

65 La unidad de sensores es una unidad de sensores autónoma, la cual se libera dentro de la tubería en una escotilla de inspección o boca de inspección, mientras la tubería está transportando líquido. La unidad de sensores se desplaza con el flujo del líquido, y es recuperable en una boca de inspección aguas abajo u otra ubicación en la que pueda obtenerse un acceso conveniente al tubo. Esta contiene, como sensor, al menos un magnetómetro o acelerómetro. En una realización preferida, esta contiene tres magnetómetros, dispuestos ortogonalmente.

5 Durante el uso, la unidad de sensores de la invención es más pequeña en sección transversal que la tubería, y no obstaculiza el flujo del líquido en la tubería. En su lugar, esta se desliza con tal flujo. Por lo tanto, no crea una contrapresión significativa u obstaculiza el flujo del líquido en la tubería. Además, esta puede hacerse lo bastante pequeña como para ser usada en tuberías que son demasiado pequeñas para que entre un ser humano, y en las cuales no es posible, por lo tanto, la inspección por un ser humano.

10 La unidad de sensores (la cual incluye los sensores, equipo asociado y una batería dentro de una estructura externa de protección) tiene generalmente forma de bola. En una realización, esta es esférica, dándole la forma de, por ejemplo, una pelota de tenis. En otra forma, esta tiene un eje ligeramente alargado, dándole la forma de un balón como los usados en fútbol americano o canadiense o en el rugby inglés (forma que será denominada posteriormente en el presente documento "elipsoide"). Las formas preferidas de la unidad de sensores van de una forma esférica (todos los ejes iguales) a una forma elipsoidal en la que un eje (llamado en el presente documento "eje mayor") es hasta aproximadamente un 30 % más largo que los otros dos, y los otros dos son iguales.

15 En una realización preferida, la unidad de sensores tiene un paquete interior no comprimible, preferiblemente cilíndrico o esférico, el cual contiene uno o más sensores, un medio de registro y su fuente de alimentación (por ejemplo, una batería). En esta divulgación, esto será denominado "paquete de sensores". El paquete de sensores está contenido dentro de una unidad externa en forma de bola, denominada en el presente documento "bola". El paquete de sensores y la unidad de bola forman conjuntamente la unidad de sensores de la invención.

20 En una realización preferida, se tiene por objeto que la unidad de sensores rueda a lo largo de la parte inferior de la tubería, como rueda una bola a lo largo del suelo, con una fuerza motriz para su movimiento de rodadura dada por el movimiento del líquido en la tubería. Con el fin de que la unidad de sensores permanezca en la parte inferior de la tubería, su densidad global es mayor que la densidad del líquido con el cual se llena la tubería.

25 En otra realización, la unidad de sensores se dota de una densidad global menor que la del líquido en la tubería, y se pretende que rueda a lo largo de la superficie superior del interior de la tubería. En muchas tuberías, hay bocas de acceso dispuestas a lo largo de la superficie superior de la tubería. Por lo tanto, cuando se usa esta realización, la unidad de sensores debería dimensionarse de forma que tenga una sección transversal más grande que cualquier válvula o boca de acceso entre la ubicación en la que se coloca en la tubería y la ubicación en la que se retirará, para evitar que esta quede atorada.

30 En una forma preferida, la unidad de sensores es esférica, como una pelota de tenis o un balón de fútbol. Si es esférica, el diámetro de la unidad de sensores es preferiblemente menor que la mitad del diámetro de la tubería que se pretende usar. Esto permite que la misma pase bajo objetos que dividen en dos partes iguales el tubo a lo largo de un diámetro horizontal, tales como válvulas de mariposa abiertas. El diámetro de la unidad de sensores también debe ser lo bastante grande de forma que la unidad de sensores pueda rodar fácilmente sobre obstáculos pequeños, tales como una discontinuidad en la pared de la tubería en donde se unen dos secciones de tubo, y de forma que el arrastre del agua causará que esta continúe rodando hacia delante incluso si el tubo se inclina hacia arriba. La acción de rodadura de la unidad de sensores añade momento angular a la unidad de sensores. El momento angular puede ayudar a atravesar obstáculos tales como drenajes inferiores y hacer que la bola sea menos susceptible de quedar atrapada por obstáculos. Además, debido a que la bola atraviesa el centro inferior del tubo, pueden atravesarse sin dificultad flujos de salida pequeños a tubos adyacentes (los cuales habitualmente salen del tubo en un lado en lugar de salir de la parte inferior). En la mayoría de los casos, el diámetro de la unidad de sensores debe ser mayor que aproximadamente 1/10 del diámetro de la tubería con el fin de que esta capte suficiente momento angular, pero esto depende en cierta medida de la naturaleza de los obstáculos y de si el tubo va hacia arriba en la dirección del flujo.

35 Con tales factores en mente, el diámetro preferido de la unidad esférica de sensores es de aproximadamente 1/4 a aproximadamente 1/3 del diámetro de la tubería en la cual se va a usar esta. No obstante, para tuberías particulares, pueden utilizarse sensores esféricos fuera de este rango.

40 En otra forma preferida, la unidad de sensores es un elipsoide con el eje mayor ligeramente mayor que los otros dos ejes en ángulos rectos al mismo, de forma que tenga una forma similar a un balón de rugby o un balón de fútbol americano. Si la unidad de sensores de esta forma es lo bastante densa en relación con el líquido en la tubería de forma que descansa en la parte inferior de la tubería, esta tiende, cuando es empujada por el flujo de líquido en la tubería, a rodar a lo largo de la porción inferior de la tubería con su eje mayor perpendicular a la línea central de la tubería. De forma similar, si la densidad de la unidad de sensores elipsoidal es menor que la densidad del líquido en la tubería, esta tiende a rodar a lo largo de la parte superior del interior de la tubería con su eje mayor perpendicular a la línea central de la tubería. Esto hace improbable que la misma entre y quede atorada en boca de acceso alguna que tenga una sección transversal menor que su eje mayor.

45 En general, las bolas elipsoidales preferiblemente tendrán su eje mayor menor que la mitad del diámetro de la tubería en la cual se van a usar, preferiblemente entre 1/3 y 1/4 del diámetro de la tubería. No obstante, puede ser adecuado el uso de unidades de sensores con ejes mayores más pequeños o más grandes, dependiendo de la naturaleza de la tubería.

En la realización preferida, la bola que rodea el paquete de sensores está formada por una espuma fácilmente comprimible, tal como espuma de poliuretano reticulada o de celdas abiertas de baja densidad. La espuma reticulada no tiene estructura celular alguna sino solo una matriz que forma la espuma. Se prefiere particularmente la espuma reticulada debido a que es menos probable que retenga aire cuando se sumerja en el líquido que fluye a través de la tubería. Es adecuada una densidad de espuma de menos de 80,09 kg/m³ (cinco libras por pie cúbico), pero se prefiere una densidad de menos de 16,01 kg/m³ (una libra por pie cúbico). La espuma protege el paquete de sensores frente a daños y da la forma de bola deseada a la unidad. También crea menor ruido cuando está rodando a lo largo de la pared interior de la tubería que el que haría el paquete de sensores por sí solo.

La espuma de esta realización se puede comprimir fuertemente alrededor del paquete de sensores para su inserción en la tubería, permitiendo de esta forma la inserción a través de una boca de acceso que es más pequeña que la unidad de sensores cuando se expande a su forma esférica o elipsoidal total. Una vez está dentro de la tubería, la espuma se descomprime y la unidad de sensores recupera su tamaño y forma total. La forma, cuando está comprimida, puede ser aproximadamente cilíndrica, y de un diámetro que permite que se inserte empujándola a través de una válvula o boca de inspección que sea más pequeña que el diámetro de la forma esférica o elipsoidal totalmente expandida de la unidad de sensores.

Puede proporcionarse una pluralidad de bolas de diámetros externos diferentes, o algunas bolas que son elipsoidales y algunas que son esféricas, con unos interiores dimensionados para encajar con un tamaño convencional del paquete de sensores. También pueden proporcionarse paquetes de sensores que tienen diferentes tipos de sensores (como se describe posteriormente en el presente documento). Por lo tanto, la unidad de sensores usada en cualquier tubería puede hacerse a medida eligiendo un paquete de sensores adecuado para el trabajo que va a realizar, y haciéndola corresponderse con una bola de un tamaño apropiado para su uso en esa tubería para formar una unidad de sensores óptima.

En una realización alternativa, la bola está formada por nervaduras que se desvían hacia afuera para formar una estructura de bola, y las cuales están cubiertas por una cubierta de material textil o de plástico flexible, estirada para dar una forma de bola mediante las nervaduras. En esta realización, el líquido en la tubería puede entrar en el interior de la bola pasando a través de una cubierta de material textil permeable a líquidos o entrando a través de orificios adecuados en una cubierta impermeable, de forma que el interior de la bola, a excepción de la parte ocupada por el paquete de sensores, está lleno con el mismo líquido con el que lo está cuando se transporta en la tubería. En esta realización, el paquete de sensores es preferiblemente cilíndrico.

La densidad global de la unidad de sensores se elige en relación con la densidad del líquido que se está transportando en la tubería. La densidad elegida puede ser o bien menor que la densidad del líquido en la tubería o bien mayor que la densidad de líquido, dependiendo del uso previsto. Si la unidad de sensores es de una densidad mayor que la del líquido en la tubería, la unidad de sensores tenderá a rodar a lo largo de la porción más baja de las secciones del tubo que constituyen la tubería. Si esta es de una densidad más baja que el líquido, y la tubería se llena con líquido, la unidad de sensores rueda a lo largo de la porción superior de las secciones de tubo.

Por lo tanto, ajustar la densidad de la unidad de sensores permite que la inspección más detallada sea o bien en la porción superior de la tubería o bien en la porción inferior de la tubería. También es posible realizar una inspección usando más de una unidad de sensores. En una inspección de este tipo, una unidad de sensores puede, por ejemplo, ser de una densidad menor que el líquido de forma que recopile datos de la parte superior de las secciones de tubo que forman la tubería, y una puede ser de una densidad mayor, con el fin de recopilar datos de la porción inferior de la tubería.

Una forma de alcanzar la densidad deseada es incluir pesos dentro del paquete de sensores para alcanzar la densidad global deseada, teniendo en cuenta la densidad de la bola con la cual va a usarse el paquete de sensores. No obstante, en la mayoría de los casos se prefiere tener una unidad de sensores en la que la densidad se pueda variar fácilmente dependiendo del uso particular deseado. Esto puede lograrse fácilmente cuando la unidad de bola está hecha de espuma, haciendo una serie de unidades de bola de diferentes densidades, y colocando el paquete de sensores dentro de aquella unidad de bola, de entre la serie de unidades de bola, que dé una unidad de sensores global de la densidad deseada. También es posible, aunque menos preferido, fabricar una unidad de bolas y un paquete de sensores de unos materiales que den una densidad promedio global menor que la del líquido en la tubería, y proporcionar unos pesos adecuados dentro de la bola o el paquete de sensores para llevar la bola de sensores a la densidad deseada. Otra forma menos preferida de proporcionar una densidad variable es fabricar una unidad de bola que, con su paquete de sensores, forme una unidad de sensores de una densidad mayor que la densidad del líquido, y que tenga una porción extraíble que pueda ser sustituida con un material de una densidad menor cuando se desee.

Un problema que puede presentarse es que la cantidad de flotación que se surge del uso de una bola de espuma cambia con la presión de la tubería debido a que cualquier aire que permanezca en la bola es comprimido por esa presión. Para remediar esto, la bola de espuma se expone preferiblemente a un vacío justo antes de su inserción en la tubería para reducir la presión de aire en torno a la bola a menos de 0,1 bar y, preferiblemente, a menos de 0,001 bar. Esto retira virtualmente todo el aire presente y permite que el agua sature totalmente la espuma, en particular si

la espuma es espuma reticulada. También mejora la transparencia acústica de la bola, permitiendo una detección mejor de las señales acústicas pequeñas por medio de un sensor acústico dentro del paquete de sensores, debido a que el aire atrapado en la espuma servirá para bloquear algunas ondas acústicas. La exposición al vacío puede llevarse a cabo en una cámara cerrada justo antes de la inserción de la unidad de sensores en el tubo. Entonces, la válvula que permite que la unidad de sensores se inserte en el tubo puede abrirse lentamente para permitir llenar con agua la cámara previamente evacuada. Esto también ofrece una oportunidad de esterilizar la bola mediante la introducción de un esterilizante en la misma cámara. La esterilización de la bola puede ser una consideración importante si el líquido en la tubería es agua potable.

El paquete de sensores de acuerdo con la invención contiene al menos un sensor que puede detectar y registrar el número de revoluciones de la unidad de sensores cuando rueda a lo largo de la parte inferior o superior del interior de la tubería (una "revolución" significa la distancia recorrida por la unidad esférica al rodar a lo largo del tubo cuando esta realiza una circunferencia completa, o la distancia recorrida a través de la unidad elipsoidal cuando esta rueda suficientemente de forma que hay una rotación completa de 360 grados en torno al eje mayor. La detección y el registro de revoluciones pueden hacerse mediante cualquier instrumento adecuado. Por ejemplo, un acelerómetro detectará cada revolución como un patrón repetido de la aceleración. Como alternativa, un magnetómetro detectará los cambios magnéticos a medida que su sensor se aproxima a y se aleja de la pared de tubo durante cada revolución. Cuando la unidad de sensores es elipsoidal, un único instrumento de este tipo da buenos resultados, aunque se debe tener cuidado para que esté orientado para realizar la detección en una dirección que no sea exactamente a lo largo del eje mayor. Cuando la unidad de sensores es esférica, un único magnetómetro o acelerómetro puede realizar un recuento de las revoluciones ligeramente menor al real, debido a que el eje de revolución de la esfera puede alinearse fortuitamente con el eje a lo largo del cual el instrumento no realiza la detección durante periodos cortos. Por lo tanto, es preferible tener al menos dos acelerómetros o magnetómetros orientados para realizar la detección en direcciones angulares diferentes (es decir, que tengan una separación angular que no sea de 180 grados en la dirección en la que estos realizan la detección), y resolver el vector de sus salidas cuando se analizan las salidas de sensor. Se prefiere particularmente tener tres magnetómetros o tres acelerómetros dispuestos ortogonalmente, y contar las revoluciones resolviendo el vector de sus salidas individuales cuando se analizan las salidas de sensor. Habitualmente, el análisis se realiza por ordenador después de que la unidad de sensores se haya retirado de la tubería y los datos se hayan descargado en un ordenador. Una disposición de tres magnetómetros ortogonales se muestra en la solicitud de patente canadiense 2.273.979 de Paulson.

El paquete de sensores puede contener además cualesquiera sensores adecuados para examinar tuberías. Por ejemplo, en una realización, el paquete de sensores tiene un sensor acústico, tal como un hidrófono, o un sensor sensible a presión, tal como un dispositivo piezoeléctrico, u otro sensor acústico o de presión.

Para requisitos de detección particulares, se puede usar cualquier otro tipo de sensor adecuado para satisfacer el requisito particular. Por ejemplo, pueden usarse sensores de temperatura cuando se desea obtener un perfil de temperatura de la temperatura del líquido a lo largo de la longitud de una tubería. Se pueden usar detectores químicos cuando se desee encontrar la ubicación en la que un contaminante químico está entrando a una tubería.

El paquete de sensores también contiene medios para conservar las lecturas de los sensores. En general, este será un dispositivo de registro, preferiblemente una memoria digital. El medio de almacenamiento preferido es un dispositivo de memoria extraíble tal como una tarjeta SD-Ram.

El paquete de sensores también contiene medios de suministro de alimentación adecuados para proporcionar alimentación a aquellos sensores que la requieran y al dispositivo de registro. Lo más convenientemente, esta es una batería de larga duración. En la actualidad se prefiere una batería de litio no recargable basándose en el coste, desempeño y tamaño, pero es posible usar cualquier otra batería u otra fuente de alimentación que suministre un voltaje adecuado para alimentar los sensores y el dispositivo de registro, y que pueda guardar suficiente energía para alimentarlos durante el periodo de uso previsto.

En una realización, el paquete de sensores registra los datos, y los datos se recuperan cuando la unidad de sensores es recuperada en un punto aguas abajo, y entonces son analizados por un ordenador adecuado.

Se pueden determinar las ubicaciones a lo largo de la tubería de las anomalías encontradas por cualquiera de los sensores (tales como una fuga encontrada por el sensor acústico, o corrosión encontrada por los sensores magnéticos) al anotar el número de revoluciones de la unidad de sensores que tuvieron lugar cuando se detectó la anomalía. Debido a que la circunferencia de la bola es conocida, la velocidad y distancia de desplazamiento también se conocen al contar las revoluciones y multiplicar las revoluciones por la circunferencia de la bola. Se prefieren los magnetómetros frente a los acelerómetros, debido a que los magnetómetros también registran el paso sobre las uniones de tubos y el paso cerca de otras características de la tubería, tales como pasos laterales, que ayudan a verificar la ubicación.

También pueden usarse otros medios para verificar las ubicaciones. Si se conoce la velocidad del flujo del líquido a lo largo de la tubería (como, por ejemplo mediante registros de estación de bombeo o sensores de flujo estacionarios en la tubería) y es relativamente constante, la ubicación asociada con los datos que se están recopilando puede estimarse a partir del lapso de tiempo transcurrido entre el momento en el que se liberó la unidad de sensores dentro de la tubería

para moverse con el flujo de líquido, y el momento de la adquisición de los datos de interés. Si los datos se registran como un registro en tiempo real, no se necesita reloj alguno, aunque puede proporcionarse un seguimiento de reloj con los datos recopilados, si así se desea. Si los datos se comprimen, se prefiere tener un seguimiento de reloj registrado con los datos.

5 En otra realización, se colocan marcadores acústicos en unas ubicaciones conocidas a lo largo de la tubería y se usa un paquete de sensores que registra datos acústicos. El registro de señales de estos marcadores por el sensor acústico o piezoeléctrico en el paquete de sensores da una buena indicación de la velocidad a la cual se está desplazando la bola en la tubería, y el punto en el registro de datos en el que el sensor pasa por cada marcador. La
10 ubicación desde la cual se recopilaban los datos de interés puede interpolarse entonces entre ubicaciones conocidas tales como la ubicación en la que la bola estaba colocada en la tubería, las ubicaciones de los marcadores, y la ubicación en la que la bola fue retirada de la tubería. Preferiblemente, cada marcador acústico tiene una señal diferente, de forma que es fácil distinguir entre sí las señales de los marcadores. Pueden anotarse los puntos en el registro del sensor acústico en los que el sensor pasa por los marcadores de ubicación, y la ubicación particular en la
15 que se ha recibido una señal anómala al anotar el marcador de ubicación por el que se ha pasado más recientemente antes de la señal anómala, y el siguiente marcador de ubicación por el que se ha pasado después de la señal, y prorratear la señal continua para determinar la ubicación, suponiendo que la velocidad de la unidad de sensores entre los marcadores de ubicación es constante. Para verificar si la velocidad fue o no fue constante, se puede hacer referencia a la distancia recorrida de acuerdo con el número de revoluciones.

20 Otra forma de determinar la ubicación del sensor en la tubería es dotando a la unidad de sensores de un sensor magnético, preferiblemente sensible en más de un eje, y registrando la señal de tal sensor magnético. En las tuberías de metal, las secciones de tubería están unidas por soldaduras, lo que proporcionará una anomalía magnética que puede ser notada por el sensor magnético cuando la unidad de sensores pasa sobre una unión soldada. En las tuberías
25 de hormigón, hay una disposición de campana y espiga al final de cada sección, en donde una porción de un tubo (la campana) se solapa durante una distancia corta con otro tubo (la espiga). Debido a que los tubos de hormigón son reforzados por envolturas de alambre dentro del hormigón, las uniones tendrán dos conjuntos superpuestos de envolturas de alambre, una de cada tubo, y también un detalle de espiga y campana de acero que solo existe en las uniones, y que también proporcionarán una anomalía magnética. Por lo tanto, una persona que represente gráficamente la ubicación de una anomalía acústica puede consultar los registros de la construcción de tubería, para hallar dónde están las uniones, y correlacionar el número de uniones cruzadas (por las anomalías magnéticas que se exhiben cuando se cruza una unión) frente a cualquier otra anomalía detectada por cualquier sensor en el paquete de sensores: por lo tanto, si un sensor acústico se encuentra presente y detecta una anomalía acústica, tal como una fuga, la correlación con los resultados del sensor magnético permite la ubicación de una fuga para identificarla dentro
30 de un tramo de tubo. Suponiendo una velocidad constante a lo largo de ese tramo de tubo, se puede prorratear el tiempo que lleva recorrer la longitud del tubo, y encontrar la ubicación de la fuga con una precisión muy grande.

35 Un sensor magnético también puede adquirir otra información útil. En un tubo de hormigón, por ejemplo, si los alambres que envuelven del tubo han sido gravemente corroídos o dañados, esto puede crear una anomalía magnética en una ubicación que no es una unión entre secciones de tubería. En una tubería de metal soldada, si la soldadura ha empezado a fallar, la firma magnética puede ser diferente de la firma de las soldaduras que están intactas. Por lo tanto, el sensor magnético también puede proporcionar información útil acerca del estado del tubo, así como suministrar una función de ubicación para cualesquiera anomalías acústicas.

45 En una realización en la que el paquete de sensores contiene un sensor magnético, pueden ubicarse transpondedores magnéticos o eléctricos que tienen señales características en ubicaciones conocidas a lo largo de la tubería. Estas se registrarán en el registro magnético que se hace a medida que la unidad de sensores pasa por sus ubicaciones.

50 En una realización particularmente preferida, hay tres sensores magnéticos dispuestos ortogonalmente. Por lo tanto, cuando tiene lugar una anomalía magnética no anticipada, por ejemplo una que no sea una anomalía magnética normal encontrada en una unión de tubo, los tres sensores magnéticos ortogonales registrarán la anomalía magnética de modo diferente. Si la orientación de los tres sensores ortogonales es conocida (como, por ejemplo, ubicándolos en relación con la dirección hacia abajo como se muestra en el documento CP. A. 2.273.979 de Paulson), entonces puede determinarse la ubicación en torno a la circunferencia de la tubería desde la cual se está registrando la anomalía magnética. Esto ayuda a ubicar la anomalía para el fin de una inspección posterior de otra naturaleza, como, por ejemplo por una videocámara anclada.

60 Cuando hay varias rutas posibles para la unidad de sensores, la ruta puede manipularse mediante la apertura y el cierre selectivos de válvulas para dirigir el flujo del líquido de una forma tal que la unidad de sensores se lleve a tubos en los que se necesite una inspección.

65 En otra realización, la unidad de sensores o la bola puede contener un transmisor o transpondedor acústico, y las señales procedentes de los mismos pueden ser captadas por receptores u otros transpondedores a intervalos a lo largo de la tubería (tal como en bocas de inspección). Esto permite que un operador remoto realice un seguimiento del progreso de la unidad de sensores. Estos transpondedores emiten frecuencias más altas que el rango audible, preferiblemente frecuencias por encima de 20 kHz debido a que unas frecuencias más altas tienden a propagarse

unas distancias muy largas en un tubo. El uso de transpondedores que transmiten a más de una frecuencia o como un barrido de frecuencias a lo largo de un rango puede permitir una estimación de la proximidad de la unidad de sensores a un detector de superficie, debido a que las frecuencias más bajas se atenuarían más rápidamente con la distancia. Las relaciones entre la amplitud de las señales a frecuencias diferentes pueden proporcionar, por lo tanto, una indicación de la proximidad y, por lo tanto, con el tiempo, la dirección del movimiento, ya sea hacia o lejos del detector. Un rango preferido para un pulso de barrido de este tipo está entre 1 kHz y 200 kHz.

La unidad de sensores se inserta preferiblemente en la tubería en una forma plegada. Si la bola es de espuma, esta se comprime en torno al paquete de sensores. El paquete de sensores es preferiblemente esférico, y lo bastante pequeño de forma que, con la bola apretada en torno al mismo, puede empujarse a través de una boca de inspección o válvula. Por ejemplo, para muchas aplicaciones se prefiere tener una unidad de sensores que pueda comprimirse de forma que se pueda empujar a través de una boca de inspección de 4 pulgadas (10 cm) de diámetro. Una vez en el interior de la tubería, la espuma se expande al diámetro total previsto de la unidad de sensores, de forma que la unidad de sensores tiene una resistencia mayor al flujo del agua, haciéndose más fácil que el agua la empuje hacia arriba por las pendientes.

Para permitir el plegado de la espuma, se pueden retirar núcleos de la bola de espuma para formar pequeños orificios circulares o cónicos en la misma, por ejemplo de 1 a 4 cm de diámetro cada uno. Esto reduce la cantidad de espuma que es necesario comprimir, pero sigue conservando el diámetro total de la unidad de sensores.

Si la bola es una realización con nervaduras expansibles, esta es empujada dentro de la tubería por un accionador, y se aplica presión adicional al accionador para expandir las nervaduras de forma que salten a una forma esférica.

Para una inspección total, puede desearse liberar varias unidades de sensores dentro de un espacio de tiempo corto. Una puede, por ejemplo, tener una densidad tal que rodará a lo largo de la parte inferior de la tubería. Una segunda puede, por ejemplo, tener una densidad menor que la de la tubería, de forma que rodará a lo largo de la parte interna superior de la tubería. No debería usarse una unidad de sensores de una densidad menor que el líquido en la tubería si hay cualquier otra boca de inspección o boca de acceso a las cuales podría subir y quedar atrapada antes de que se haya desplazado la distancia prevista para la inspección, o proyecciones hacia abajo desde el techo de la tubería (tales como una estructura de válvula) por las que podría ser que esta no pudiera pasar.

Otra ocasión en la cual pueden usarse varias unidades de sensores es cuando una primera unidad de sensores ha detectado una fuga y la posición de la fuga ha sido representada gráficamente por el número de revoluciones a través de las cuales se ha desplazado la unidad de sensores. Entonces, pueden colocarse transpondedores o vibradores acústicos de superficie sobre la superficie cerca de la posición estimada de la fuga. Entonces se libera una segunda unidad de sensores, y la ubicación de la fuga y la ubicación de los transpondedores o vibradores se anotan a partir del registro que hace esta. Esto permite la comparación de la posición de la fuga con las posiciones de los transpondedores o vibradores de superficie, permitiendo una estimación muy precisa de las posiciones de fuga. En este caso, se prefiere el uso de vibradores acústicos de baja frecuencia, debido a que las señales pueden penetrar a través de la cubierta de suelo y la pared de tubo.

Después de que se haya recorrido la distancia de inspección deseada, se proporcionan medios para recuperar la unidad de sensores. En una realización simple, una boca de inspección se abre a medida que la unidad de sensores se acerca a la misma, descargando líquido de tubería (que se encuentra a una presión más alta que la atmosférica) a la atmósfera. Esto atrapa la unidad de sensores en el líquido que escapa de la tubería y lo expulsa.

Más preferiblemente, no obstante, se dispone un aparato de captura de bola. Un aparato de captura de bola preferido para una unidad de sensores de bola de espuma es un tubo que se inserta en la tubería a través de una válvula o boca de inspección. El tubo insertado está equipado con una red que se despliega para dirigir la unidad de sensores hacia un orificio en el tubo insertado. Inicialmente, la presión en el tubo insertado es la misma que la de la tubería. Cuando la bola se encuentra adyacente al orificio, la presión en el tubo insertado se reduce, por ejemplo exponiendo el otro extremo del tubo insertado a la atmósfera.

La bola es aspirada al orificio por la diferencia en la presión entre la presión en la tubería y la presión más baja en el interior del tubo insertado. La espuma se comprime para pasar a través del orificio al tubo, de forma que la bola se comprime a través del orificio y pasa a través del tubo insertado, fuera de la tubería. Entonces el tubo se retira de la tubería, plegando la red a medida que pasa.

Otra realización de un dispositivo de captura de unidad de sensores, utilizable o bien con una unidad de sensores que tiene una bola de espuma o bien con una unidad de sensores que tiene una cubierta de material textil y unas nervaduras de apoyo, es una red bajada a través de una escotilla de inspección o válvula que se abre para bloquear el paso de objetos a través de al menos parte de la tubería, al tiempo que se permite que pase líquido. Debido a que se conoce que la unidad de sensores estará rodando a lo largo de la parte inferior de la tubería (si es más densa que el líquido) o rodando a lo largo de la parte superior de la tubería (si es menos densa que el líquido), habitualmente solo es necesario bloquear únicamente la parte inferior (o la parte superior, según pueda ser sea el caso) con la red. Entonces la unidad de sensores es retenida por la red. La unidad de sensores puede recuperarse entonces mediante la manipulación de la red para envolver la unidad de sensores, retirando entonces la red a través de la escotilla de

inspección.

Una vez que la unidad de sensores ha sido recuperada, se leen los registros realizados por los sensores. Las anomalías acústicas, magnéticas, de temperatura y/o químicas (dependiendo de qué sensores se encontraran presentes) se anotan con respecto a su ubicación a lo largo de la tubería. Entonces se puede llevar a cabo en esas ubicaciones un examen adicional, usando otro tipo de sensor, o puede accederse al exterior de la tubería en esas ubicaciones para el trabajo de reparación necesario.

Breve descripción de los dibujos

La invención se describirá adicionalmente con respecto a los dibujos, en los que:

La figura 1 muestra un tipo preferido de unidad de detección de acuerdo con la invención, la cual tiene un exterior de espuma esférico.

La figura 2 muestra una variante de la figura 1, en la cual el exterior de espuma es un elipsoide.

La figura 3 muestra una secuencia de etapas para insertar una unidad de sensores cubierta de espuma en una tubería, mostrándose la tubería en sección transversal.

La figura 4 muestra una realización adicional de la unidad de sensores, que tiene nervaduras y un exterior de material textil, en una forma plegada.

La figura 5 muestra la unidad de sensores de la figura 4, en una forma expandida.

Las figuras 6a y 6b muestran la inserción de la realización de la figura 4 en una tubería.

La figura 7 muestra el paso de una unidad de sensores a lo largo de la parte inferior de una tubería.

Las figuras 8A y 8B muestran una sección transversal de la tubería de la figura 7, que muestra cómo la unidad de sensores (una unidad de sensores esférica en la figura 8A y una unidad de sensores elipsoidal en la figura 8B) se mueven a lo largo de la parte inferior de la tubería.

La figura 9 muestra dos unidades de sensores de dos densidades diferentes dispuestas en una tubería.

La figura 10 muestra un método de retirada de una unidad de sensores de una tubería, mediante la inserción de una red.

La figura 11 muestra un método preferido de retirada de una unidad de sensores de una tubería que está presurizada, mediante el uso de un tubo de recuperación insertado.

La figura 12 muestra la ruta real registrada por un sensor magnético, mostrando la traza realizada a medida que la unidad de sensores gira mientras rueda a lo largo de la tubería.

Los dibujos son esquemáticos y no están a escala.

Descripción detallada de la invención

La figura 1 ilustra una realización preferida de la unidad de sensores de acuerdo con la invención, mostrada de forma parcialmente desmontada. La unidad de sensores (paquete de sensores más unidad de bola) parcialmente desmontada se muestra esquemáticamente como 50. Un paquete de sensores 100 se hace de algún material rígido, tal como un plástico rígido. El paquete de sensores también puede ser de metal u otro material, si los sensores que se van a disponer dentro del mismo son de tal modo que un paquete de metal no afecte a su sensibilidad a estímulos externos.

En la realización mostrada, el paquete de sensores tiene dos medias carcasas 102 y 104. La media carcasa 104 tiene un reborde 106 que encaja bajo la media carcasa 102 y se sujeta en su posición mediante los tornillos 108. Obviamente, se pueden usar otros medios para cerrar el paquete de sensores y mantenerlo cerrado.

Dentro del paquete de sensores hay una tarjeta de circuito 110. Este se dota de un sistema de circuitos adecuado para conectar los sensores, la fuente de alimentación, el dispositivo de registro, el reloj y cualquier otro componente del paquete de sensores. Obviamente, se podrían usar conexiones separadas en lugar de una tarjeta de circuito, pero esto es engorroso y no se prefiere.

En la tarjeta de circuito hay montados uno o más sensores mostrados esquemáticamente como 112, 114, 116 y 118. Por ejemplo, puede haber un sensor acústico, uno o más magnetómetros y/o uno o más dispositivos de detección de

ES 2 748 603 T3

presión, o dispositivos de registro de temperatura. Si hay presentes magnetómetros, se prefiere tener tres magnetómetros orientados ortogonalmente entre sí. Esto se indica esquemáticamente en la figura 1, en la que los sensores 112, 114 y 116 son magnetómetros ortogonales entre sí. El sensor 118 es un sensor acústico o de presión, por ejemplo un micrófono o hidrófono, o sensor piezoeléctrico. El sensor 118 tiene su porción de detección acústica 118a en contacto acústico con la pared del paquete de sensores 100, para obtener un buen paso de las señales acústicas a través de la pared.

En la tarjeta de circuito también hay montado un dispositivo de registro 120, el cual registra en una memoria extraíble 122. Convenientemente, el dispositivo de registro es un aparato de registro digital simple, que recibe (y convierte a digital si es necesario) las salidas de sensor y las registra en la memoria. La memoria preferida es una tarjeta de SD Ram.

Opcionalmente, en la tarjeta de circuito también está montado, asimismo, un reloj 124, que registra un seguimiento de reloj en la memoria 122.

La tarjeta de circuito 110 también tiene montada en ella una fuente de alimentación 126. Convenientemente, esta puede ser una batería no recargable, tal como una batería de litio. No obstante, pueden usarse baterías recargables o cualquier otra fuente de energía autónoma de un adecuado tamaño.

Se proporciona una unidad de bola de espuma 150. Esta se muestra desmontada en la figura 1. Esta se hace preferiblemente de espuma comprimible, por ejemplo poliuretano blando. Se prefiere espuma de poliuretano de baja densidad reticulada. Esta se proporciona como dos medias piezas esféricas 152 y 154, que se pueden unir entre sí al enganchar unas espigas de plástico duro 156 en los rebajes 158. Los rebajes 158 tienen unas cabezas agrandadas 160 que encajan en unos extremos alargados 162 de los rebajes para mantener unidas durante el uso las medias esferas 152 y 154. Las piezas 152 y 154 tienen unas porciones huecas 164 y 166, respectivamente, que son justo lo bastante grandes para que la unidad de sensores 100 encaje adentro cuando las piezas 152 y 154 están montadas para formar la unidad de bola de espuma 150. Las piezas 252 y 154 tienen, pasando a través de las mismas, unos orificios circulares o cónicos 160, cuyo fin es reducir la cantidad de espuma que se ha de comprimir cuando la unidad se comprime para colocarse en la tubería. Preferiblemente, uno de los orificios también está ubicado de forma que la porción de la pared del paquete de sensores 100 en donde el sensor acústico 118a está ubicado no está cubierta por espuma, para asegurar una buena señal acústica. Preferiblemente, asimismo, los orificios están separados de forma sustancialmente uniforme a lo largo de la superficie de las piezas 252 y 354, de forma que no obstaculicen la función protectora de la espuma y no desequilibren el peso de toda la unidad.

La figura 2 muestra una variante de la figura 1. La unidad de sensores 100 es la misma que la de la figura 1. No obstante, la unidad de bola de espuma (numerada 150A y mostrada montada, es elipsoidal (configurada como un balón de rugby o de fútbol americano).

La figura 3 muestra la inserción de una unidad de sensores 50 (después de montarse uniendo entre sí las piezas 152 y 154) en una tubería 200 llena con el líquido 206 (por ejemplo, agua) que fluye en la dirección 208. Hay una boca de acceso 202 (también conocida como boca de inspección) en la parte superior de la tubería. Esta está normalmente cerrada por una válvula mostrada esquemáticamente como 204. En la figura, la válvula está cerrada.

En la parte superior de la boca de acceso 202 hay una rosca de tornillo 232. Inicialmente, no hay cosa alguna montada sobre en rosca de tornillo. Se lleva a la ubicación una unidad de sensores (mostrada inicialmente en la posición 50a). Esta se mete entonces a presión en la posición mostrada como 50b. Se enrosca entonces una cubierta 230 de una forma estanca a la presión en la rosca 232. La cubierta tiene un prensaestopas estanco a la presión 235 a través del cual pasa una varilla 220, terminando en un empujador 221 que, convenientemente, es de plástico o metal. También tiene una pequeña perforación 236 a la cual se afianza una válvula 239 adecuada. A la válvula puede conectarse una línea 237.

La unidad de sensores se muestra en cuatro posiciones secuenciales 50a, 50b, 50c y 50d. En la posición 50a, esta está descansando sobre la superficie de suelo 210 antes de la inserción. En la posición 50b, la válvula 204 se ha abierta y la unidad de espuma ha sido comprimida para entrar a presión a través de la boca de acceso 202 por encima de la válvula 204. Entonces, se coloca encima la cubierta 230. Cuando la cubierta 230 se ha asegurado en relación estanca a la presión, opcionalmente se crea un vacío en el espacio entre la cubierta 230 y la válvula 204 al extraer aire a través de la válvula 139 y la línea 137, para retirar el aire atrapado en la espuma de la bola 50. Si se cree deseable, también puede introducirse un esterilizante a través de la línea 237 y la válvula 239. Se cierra la válvula 239 y entonces se abre la válvula 204, de forma que el líquido procedente de la tubería entra en el espacio entre la válvula 204 y la cubierta 230. Cuando el espacio entre la válvula 204 y la cubierta 230 está lleno de agua, la varilla 220 es empujada manualmente, para forzar la unidad de sensores en primer lugar a la posición 50c y entonces al interior de la tubería como en 50d, en donde recupera su tamaño total.

Las figuras 4 - 6 muestran una segunda realización de la unidad de sensores. En general, esta realización se numera 450. Esta tiene un paquete de sensores cilíndrico 410 y un exterior de material textil 420. El paquete de sensores contiene los mismos sensores y otros componentes (no mostrados) que el paquete de sensores 100 de la figura 1.

Las nervaduras 430 se acoplan de forma flexible a un extremo del paquete de sensores 410 en 432, y terminan en el otro extremo en una conexión flexible 436 a un anillo 434 que puede estirarse. El paquete 410 tiene un rebaje 438 en el cual se puede asegurar el anillo 434, como se mostrará, y dos extremos planos 412 y 414. El extremo 412 tiene un rebaje 416 dentro del cual puede encajar una herramienta de inserción. Las nervaduras 430 soportan el material textil 420, el cual conformará la forma de bola.

En la figura 4, la unidad de sensores 450 está desmontada para su inserción en una tubería. Las nervaduras se extienden hacia arriba más allá del extremo del paquete de sensores 410, con el material textil 440 recubriéndolas. El material textil se ha recortado para mostrar las nervaduras. En la figura 5, la unidad de sensores está totalmente montada. El anillo 434 se asegura en su posición en el rebaje 438 y el material textil, empujado por las nervaduras, ha adoptado una forma de bola con unos extremos aplanados 412, 414 en el extremo del paquete de sensores 420.

Las figuras 6a y 6b muestran la secuencia de inserción de la unidad de sensores 450 en la tubería, y su montaje final dentro de la tubería. La tubería es la misma que en la figura 3, y para describirla se usan los mismos números que en la figura 3. La unidad de sensores 450 se acopla de forma liberable al extremo de un dispositivo de inserción 470, como por ajuste de compresión holgado de un extremo inferior de caucho 472 del dispositivo de inserción 470 en el rebaje 416. El dispositivo de inserción se baja entonces a través de la válvula 204 al interior de la tubería. El diámetro del paquete de sensores cilíndrico 410 es lo bastante pequeño para pasar a través de la boca de acceso 202 y más allá de la válvula 204. En la figura 6a, esta se encuentra en el proceso de pasar por la válvula 204. En la figura 6b, es se encuentra dentro de la tubería. Un manguito 474 es bajado sobre el dispositivo de inserción 470 para empujar el anillo 434. Lo empuja hasta que el anillo 434 encaja a presión en el rebaje 438, doblando al mismo tiempo las nervaduras para forzar que el material textil adopte una forma de bola. El interior de la bola se llena con el líquido de la tubería. El material textil puede ser permeable al líquido, o puede estar dotado de orificios (no mostrados) para permitir que entre el líquido. El manguito 474 se deja entonces en su posición, mientras que la herramienta de inserción 470 se retira del rebaje 416. La herramienta de inserción 470 y el manguito 474 se retiran entonces a través de la boca de acceso 202 y se cierra la válvula 204.

La figura 7 muestra una unidad de sensores 50 que se mueve a través de la tubería. En la realización mostrada, la unidad de sensores es más densa que el líquido en la tubería, de forma que la unidad de sensores rueda a lo largo de la parte inferior de la tubería. Esta pasa por las balizas acústicas 701, 702 colocadas en las bocas de acceso 202a y 202b, respectivamente. Las señales de estas balizas son recibidas por un sensor acústico 118 en la unidad de sensores 50. Si se sospecha que hay una fuga en el área (debido a que, por ejemplo, una unidad de sensores previa ha detectado una), puede colocarse una baliza acústica móvil 715 (mostrada en el presente caso colocada sobre un vehículo 712) sobre la superficie cerca de la fuga esperada. La baliza móvil 715 transmite a unas frecuencias muy bajas (por debajo de aproximadamente 1000 Hz) de forma que su señal no será atenuada por la tierra ni por las paredes de la tubería. La baliza móvil 715 también se dota de un transmisor/receptor de GPS 710 de forma que su posición se conozca con exactitud. Las señales procedentes de las balizas son registradas por el sensor acústico, o son registradas por un dispositivo de registro 122, para proporcionar una referencia a la ubicación de la unidad de sensores cuando se hace el registro.

Hay una fuga 740 en la tubería, y el líquido que escapa proporciona un sonido característico que es detectado por el sensor acústico y registrado con las otras señales de ese sensor. Un análisis posterior puede determinar la ubicación de la fuga, o bien por comparación con las señales registradas procedentes de las balizas o bien leyendo el seguimiento de reloj para ver el tiempo transcurrido desde que se liberó la unidad de sensores, y conociendo la velocidad del líquido en la tubería, o mediante el recuento de las revoluciones de la unidad de sensores.

La tubería es una tubería de hormigón envuelta con alambre. Los sensores magnetométricos en la unidad de sensores 50 registran señales aumentadas cuando la unidad de sensores 50 pasa por una unión de campana y espiga entre dos tubos como en 780, debido a que hay más alambres en la unión que en el tubo y debido a que hay una pieza insertada de metal en esa ubicación. Los sensores magnetométricos también notan las anomalías magnéticas si hay corrosión en los alambres, y estas se registran en el medio de registro o se transmiten, o ambas. La ubicación puede determinarse por el tiempo transcurrido o por una correlación con el registro acústico que es dejado por las balizas acústicas en el medio de registro, o que se transmite.

La figura 8A muestra una sección transversal a través de la tubería 200, que muestra cómo la unidad de sensores 50 rueda a lo largo de la parte inferior de la tubería. La figura 8B muestra la posición que ocupa un sensor elipsoidal, con su eje mayor en ángulos rectos con respecto al eje de la tubería.

La figura 9 muestra dos unidades de sensores de una densidad diferente, y cómo se mueven estas a través de la tubería. La unidad de sensores 50x tiene una densidad promedio menor que la tubería, y se usa solo cuando la tubería está llena con líquido. En la realización mostrada, la tubería está llena con líquido, por lo que rueda a lo largo del techo de la tubería. Es de un diámetro más grande que las bocas de inspección encontradas en la ruta, por lo que no quedan atascadas en tales bocas de inspección. La unidad de sensores 50z es de una densidad promedio mayor que el líquido en la tubería, de modo que rueda a lo largo de la parte inferior. Las unidades de sensores se muestran con unos diámetros diferentes, pero pueden ser del mismo diámetro si se desea.

La figura 10 muestra unos medios para retirar un sensor de una tubería, cuando ha terminado la inspección. Esto es útil en una tubería que está a presión atmosférica. Se ha abierto una escotilla de inspección 1000 al retirar la cubierta de escotilla de inspección 1002, y se ha colocado una red 1010 para bloquear la tubería usando unos postes de posicionamiento 1012. Se coloca sobre el piso de la tubería una porción adicional 1020 de la red, con unas correas de elevación 1022. La unidad de sensores 50 rueda a lo largo del piso de la tubería (en esta realización, la unidad de sensores tiene una densidad mayor que el líquido en la tubería) hasta que golpea la red 1010, lo que evita que se mueva adicionalmente. Esta está entonces sobre la porción 1020. Los postes 1012 y las correas de elevación 1022 se accionan para sacar por tracción la unidad de sensores de la tubería. En lugar de usar la porción de red 1020 para enganchar con la unidad de sensores, como alternativa se puede enganchar la misma manualmente con una pinza de tipo mordaza 1030.

Cuando el líquido en la tubería está a presión y la unidad de sensores tiene una superficie externa de bola comprimible esférica 150, se usa preferiblemente el método de recuperación de unidad de sensores mostrado en la figura 11. La figura 11 muestra un tubo de recuperación 1100 insertado a través de una boca de inspección (también conocida como boca de acceso) 202, con la válvula 204 cerrada de forma estanca alrededor de tubo. El tubo de recuperación 1100 tiene su propia válvula 1102, la cual también está cerrada de forma que la presión no se escapa del tubo. El tubo de recuperación 1100 tiene, acoplado al mismo, una red en forma de cono 1120, que es desplegada por unas nervaduras elásticas 1122, las cuales se comprimen durante la inserción del tubo de recuperación en la boca de inspección, pero se expanden entonces para desplegar la red. La red da lugar a que la unidad de sensores 50 se desvíe hacia el vértice del cono. En el vértice del cono hay un orificio 1130 en el tubo de inspección. El orificio es ligeramente más pequeño que el diámetro de la unidad de bola. Cuando la bola está en el cono, la válvula de tubo de recuperación 1102 se abre rápidamente a la atmósfera. Debido a que la presión atmosférica es menor que la presión en el tubo, la unidad de sensores se comprime ligeramente y se aspira al orificio 1130, tras lo cual sube y sale disparada fuera del tubo de recuperación por encima del suelo.

Como alternativa, es posible usar una red con una banda elástica de acero, que la expande para bloquear la tubería, como se muestra en la solicitud PCT publicada WO 2004/059274.

Una vez que se ha recuperado la unidad de sensores, los datos registrados de sus sensores en su unidad de registro se analizan de forma conocida. Si los datos han sido transmitidos por el transmisor 120 antes de que se haya recuperado la unidad de sensores, el análisis de datos puede comenzar incluso antes de la recuperación.

La figura 12 muestra una traza real hecha por un único magnetómetro a medida que una unidad esférica de sensores que tiene una circunferencia de 61 cm (2 pies) se movía a lo largo de un tubo. Se ve un patrón regular de picos y depresiones. Por razones de claridad, los picos se han numerado 1201 - 1212. Cada pico representa la compleción de una revolución. Por lo tanto, a partir del gráfico se puede ver fácilmente que la unidad de sensores recorrió 731,5 cm (24 pies). La abscisa del gráfico es el tiempo transcurrido en segundos, y la ordenada es el voltaje de salida del magnetómetro.

Aunque la descripción anterior y los dibujos han mostrado realizaciones preferidas de la invención, a los expertos en la materia les resultarán evidentes otras realizaciones, y también se tiene por objeto la protección de las mismas.

REIVINDICACIONES

- 5 1. Una unidad de sensores sin anclaje (50) de forma esférica o elipsoidal para inspeccionar una tubería (200) que contiene un líquido en movimiento (206) de una densidad menor que la unidad de sensores (50), en donde
- 10 (a) la unidad de sensores (50) comprende un paquete (100) que contiene un sensor (112) configurado para detectar el número revoluciones de la unidad de sensores, y medios de registro (120) configurados para registrar el número revoluciones detectadas por dicho sensor, seleccionándose dicho sensor de entre (i) al menos un sensor magnético y (ii) al menos un acelerómetro, y
- 15 (b) dicha unidad de sensores (50) está adaptada para rodar en la dirección del flujo del líquido a lo largo de la parte inferior del interior de la tubería, con la fuerza motriz para su movimiento de rodadura dada por el líquido en movimiento en la tubería.
2. Una unidad de sensores (50) de acuerdo con la reivindicación 1, en la que la unidad de sensores es esférica y tiene un diámetro menor que la mitad y mayor que la décima parte del diámetro de la tubería que se va a inspeccionar.
3. Una unidad de sensores (50) de acuerdo con la reivindicación 1, en la que la unidad de sensores (50) es elipsoidal y la longitud de su eje mayor es menor que la mitad del diámetro de la tubería (200) que se va a inspeccionar.
- 20 4. Una unidad de sensores (50) de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, que comprende adicionalmente un transmisor o transpondedor acústico que emite una frecuencia por encima de 20 kilohercios.
5. Una unidad de sensores (50) de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, que comprende adicionalmente un transmisor o transpondedor que transmite un intervalo de frecuencias que comprende un pulso de barrido, en el intervalo entre 1 kilohercio y 200 kilohercios.
- 25 6. Una unidad de sensores (50) de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, en la que dicho sensor comprende tres magnetómetros (112, 114, 116), dispuestos ortogonalmente entre sí.
- 30 7. Un método de inspección de una tubería (200) que contiene un líquido que fluye (206), que comprende:
- proporcionar una unidad de sensores (50) que comprende un paquete (100) que contiene un sensor (112) seleccionado de entre al menos un sensor magnético y al menos un acelerómetro, y medios (120) para registrar datos detectados por dicho sensor, siendo dicha unidad de sensores de una densidad mayor que el líquido en la tubería que se va a inspeccionar, y
- 35 permitir que la unidad de sensores se haga rodar a lo largo de la parte inferior del interior de la tubería con la fuerza motriz para su movimiento de rodadura dada por el líquido en movimiento en la tubería, registrando una señal representativa del número revoluciones que ha realizado la superficie de la unidad de sensores.
- 40 8. Un método de acuerdo con la reivindicación 7, en el que la unidad de sensores (50) comprende un transmisor o transpondedor acústico, y el método incluye emitir señales desde el transmisor o transpondedor y recibir tales señales en al menos una ubicación a lo largo de la tubería (200).
- 45 9. Un método de acuerdo con la reivindicación 8, en el que las señales se emiten a una frecuencia por encima de 20 kilohercios.
10. Un método de acuerdo con la reivindicación 8, en el que las señales se emiten a un intervalo de frecuencias que comprende un pulso de barrido, en un intervalo entre 1 kilohercio y 200 kilohercios.

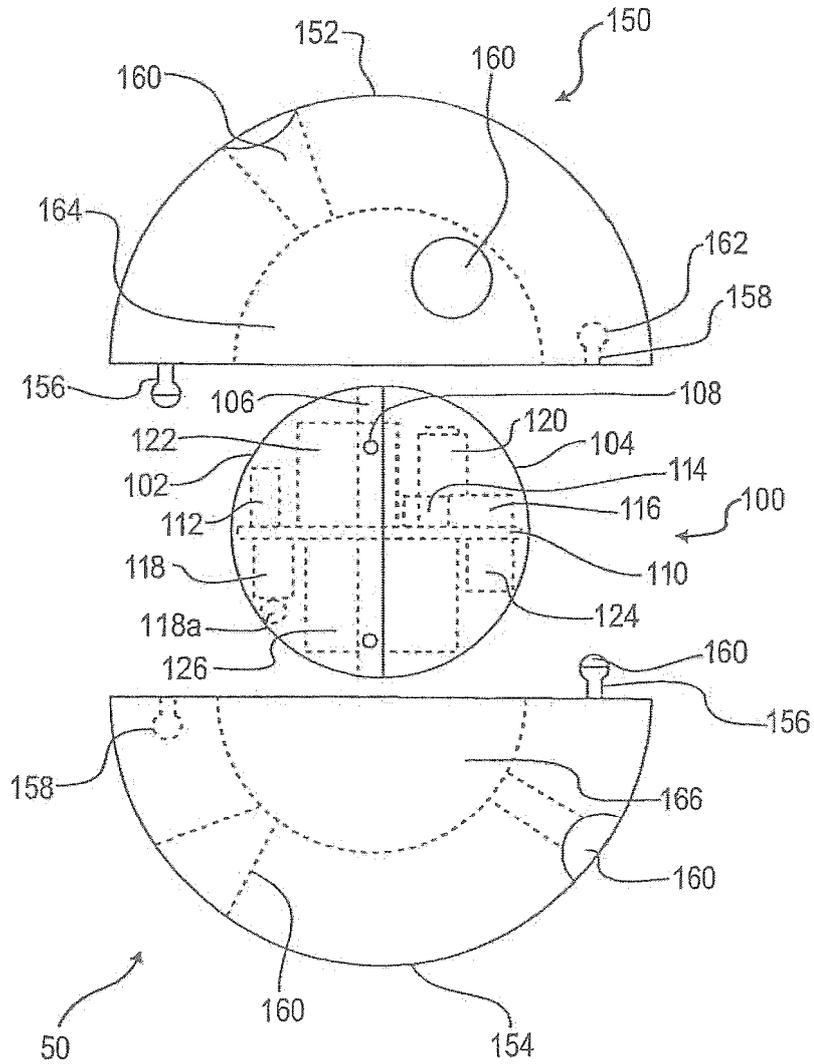


Fig. 1

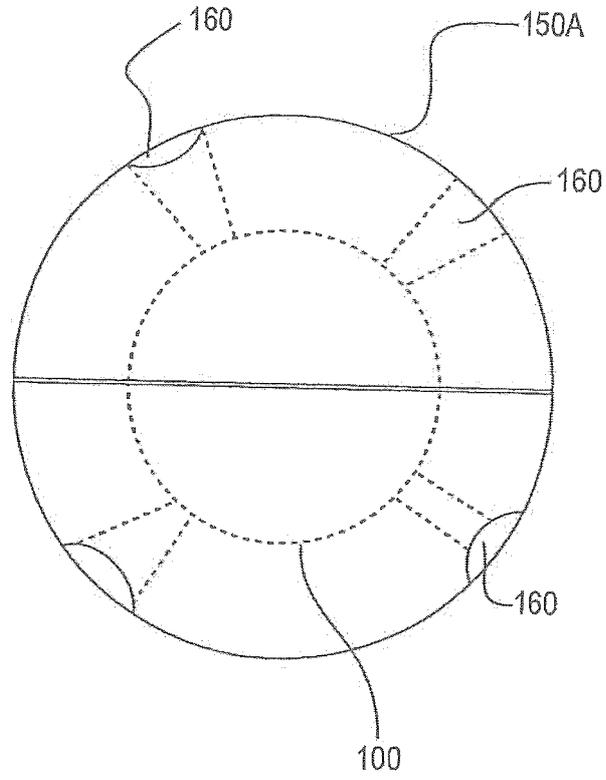


Fig. 2

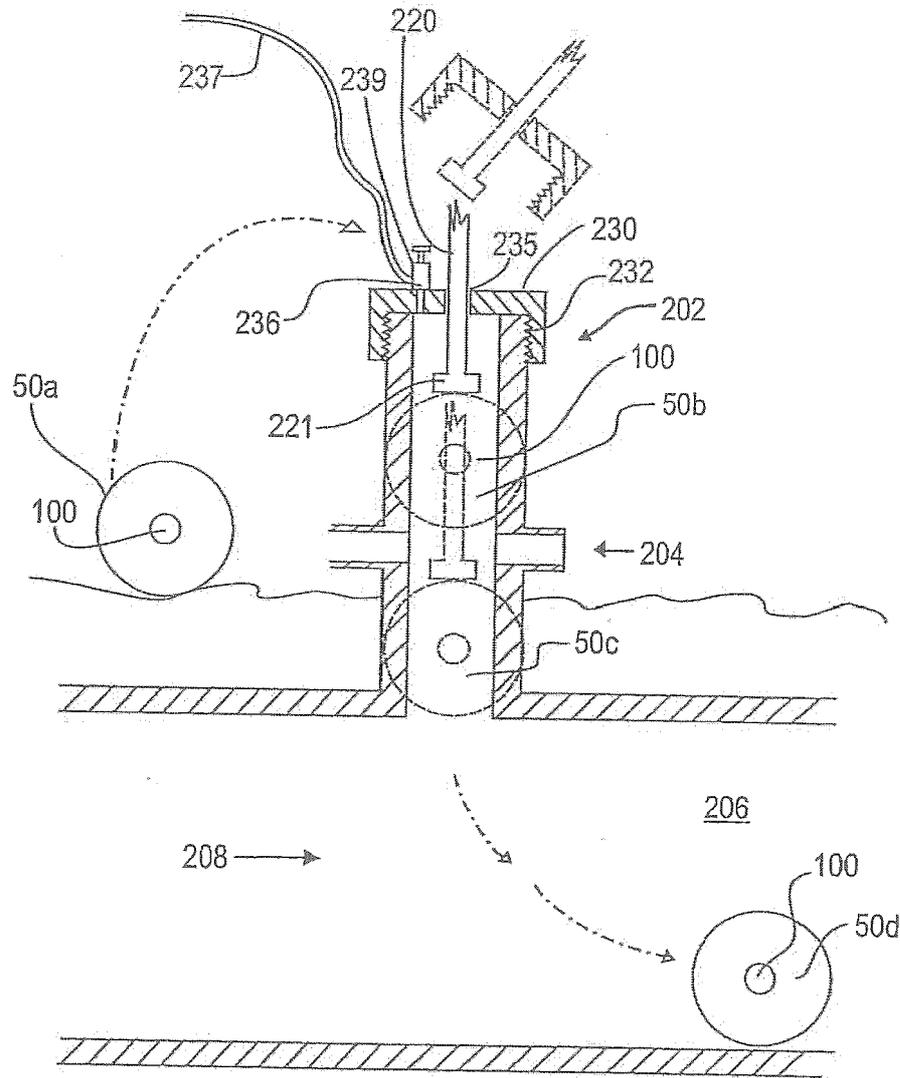


Fig. 3

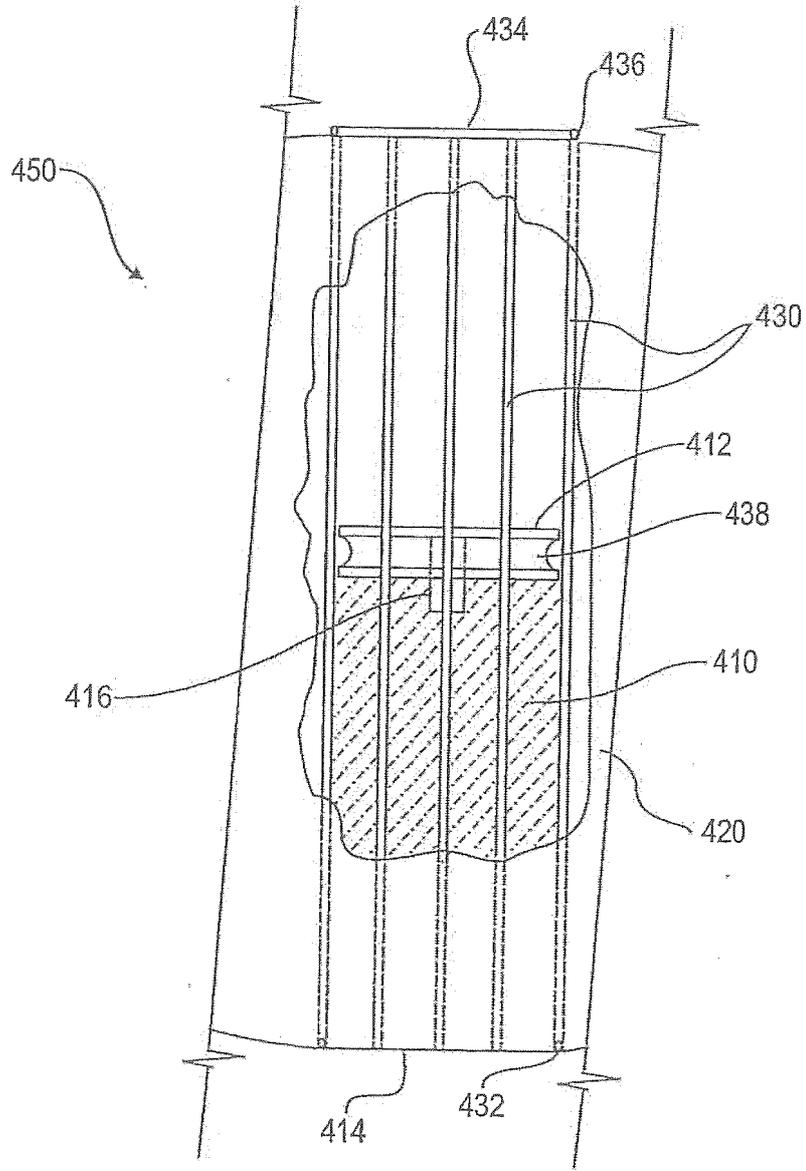


Fig. 4

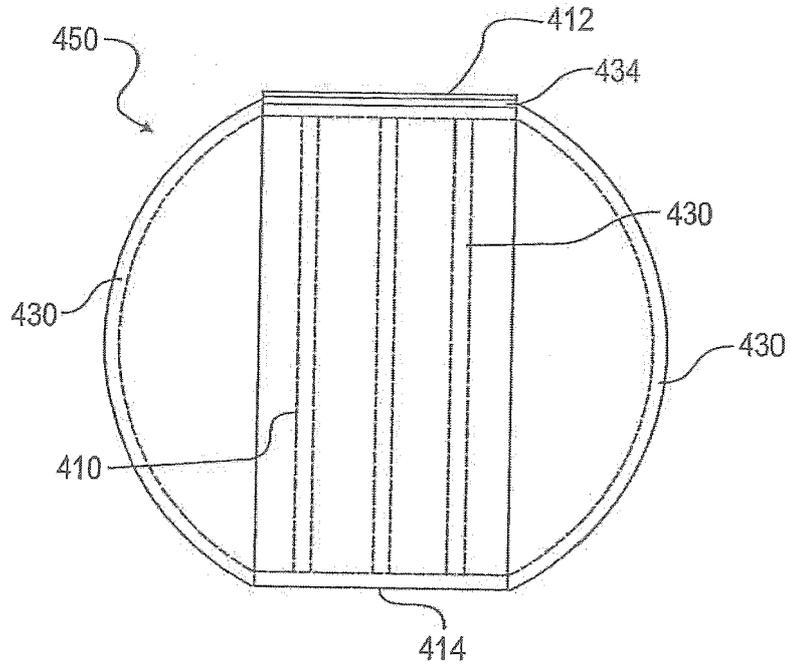


Fig. 5

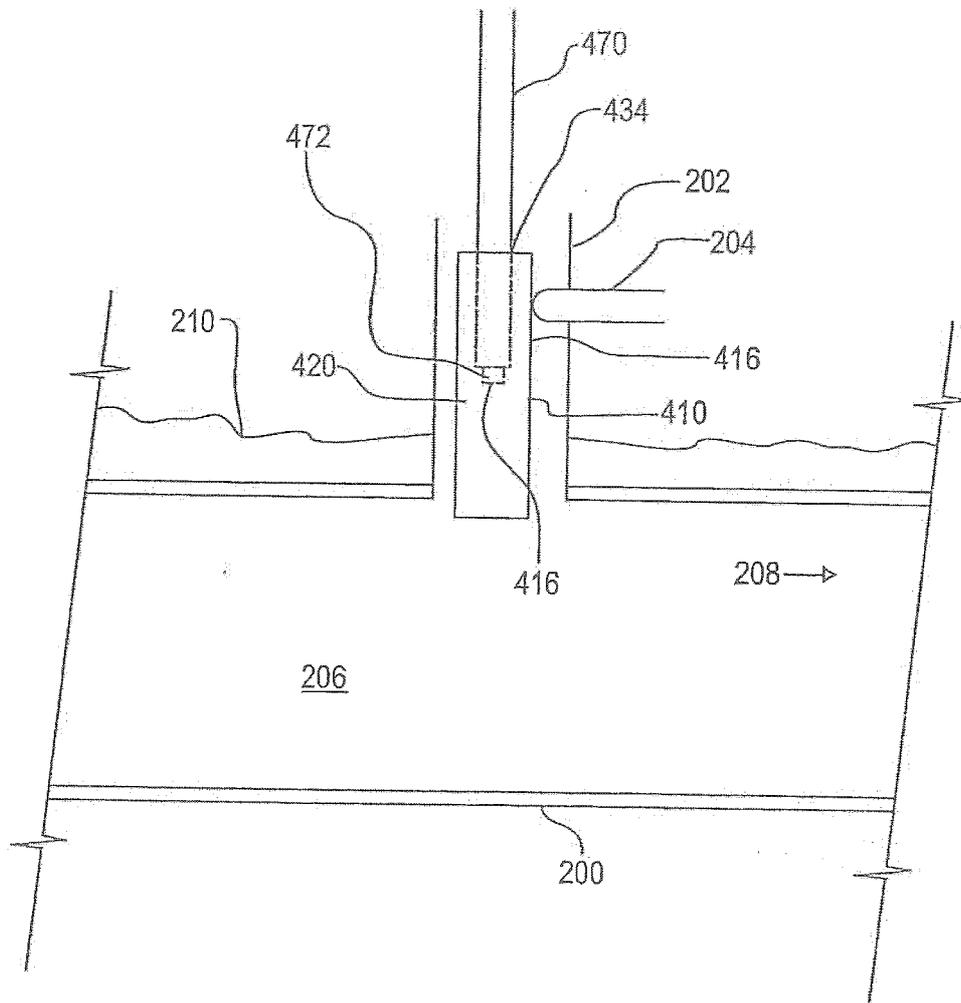


Fig. 6a

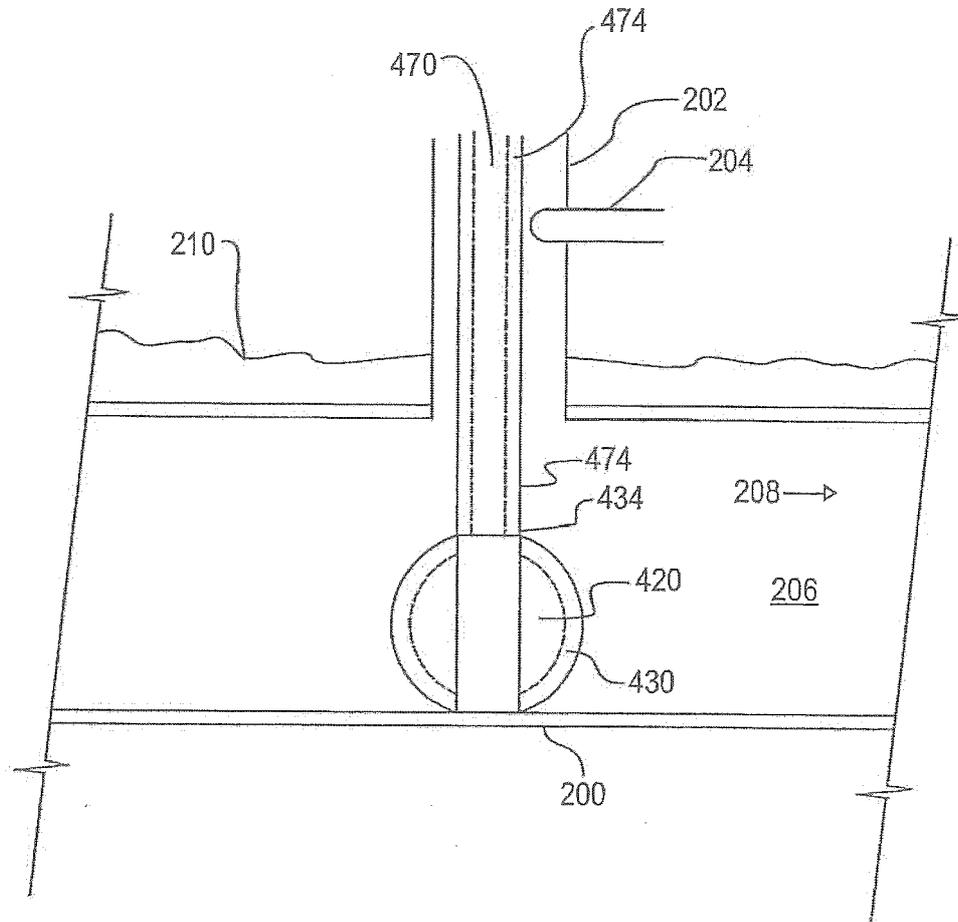


Fig. 6b

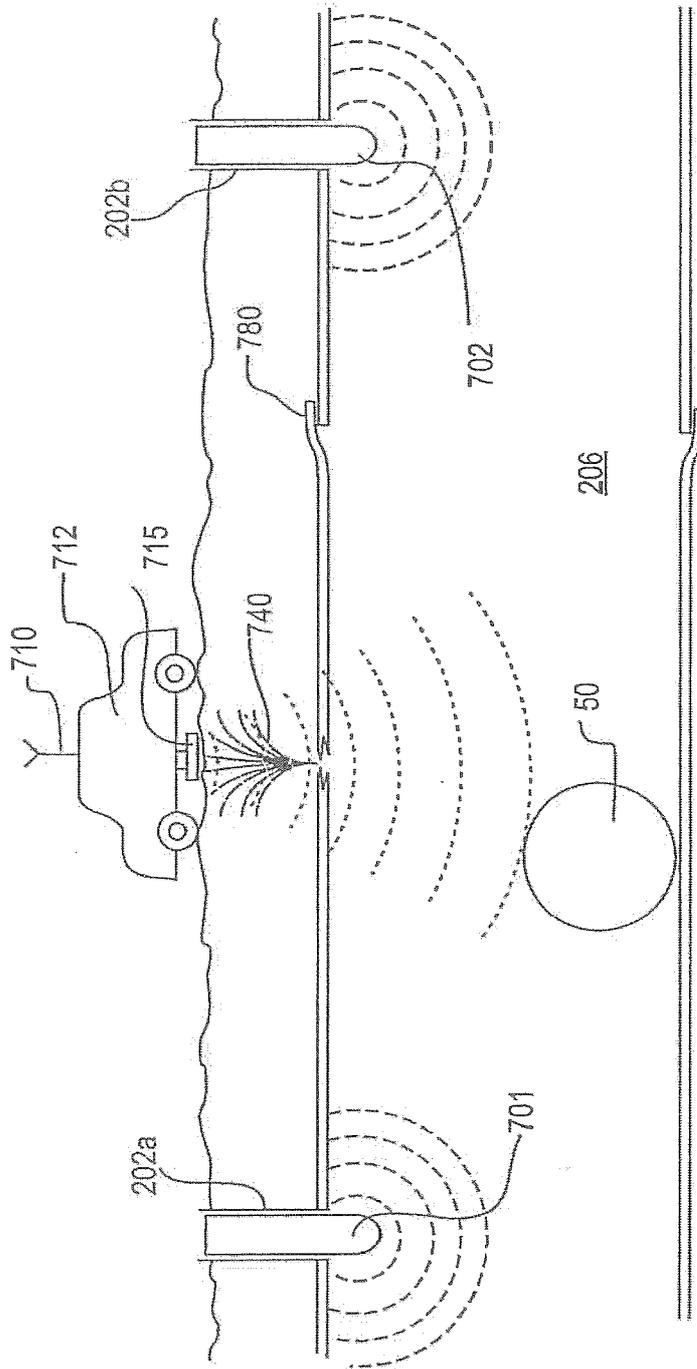


Fig. 7

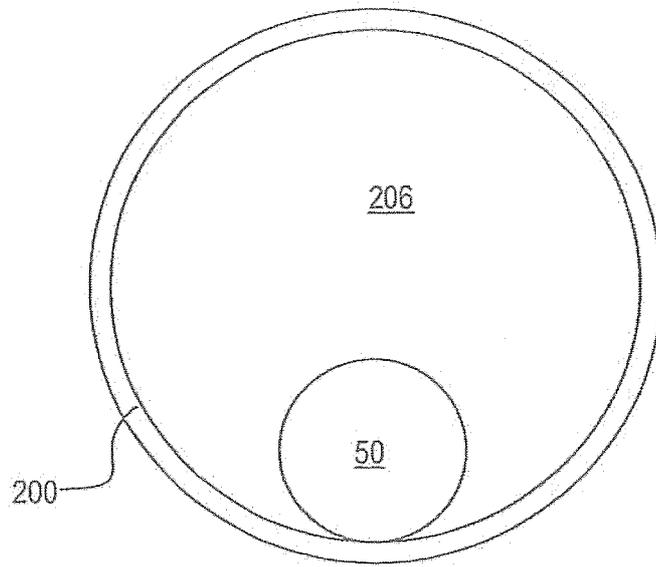


Fig. 8A

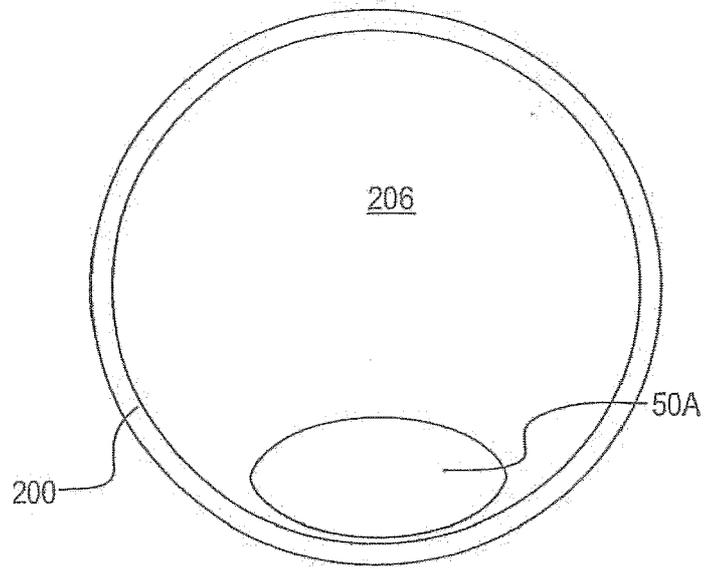


Fig. 8B

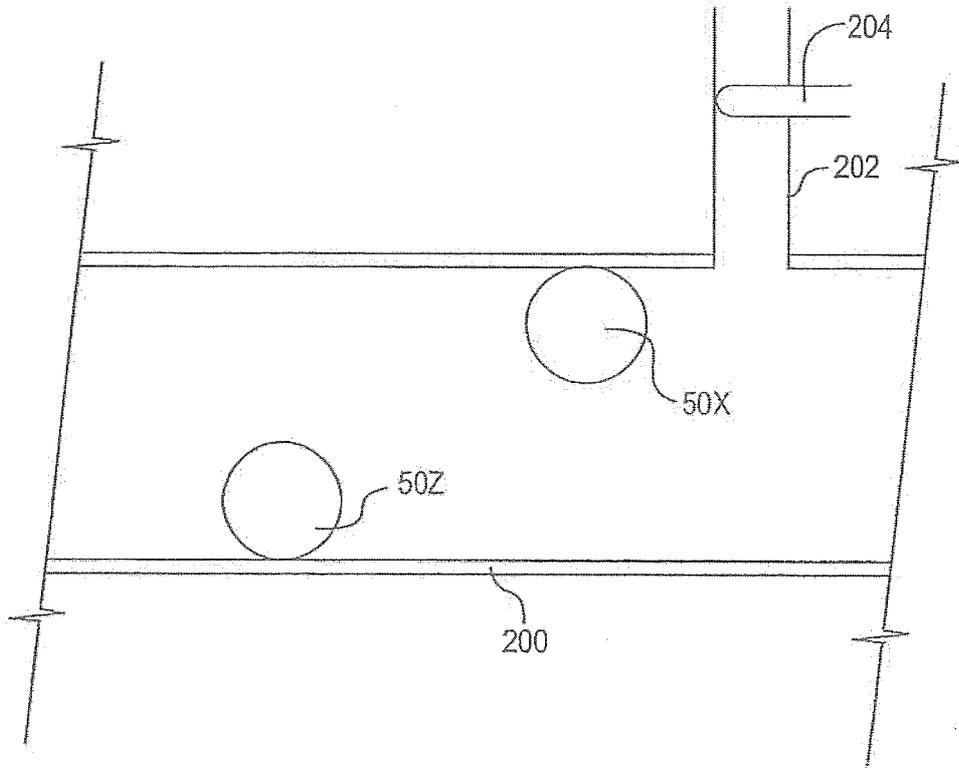


Fig. 9

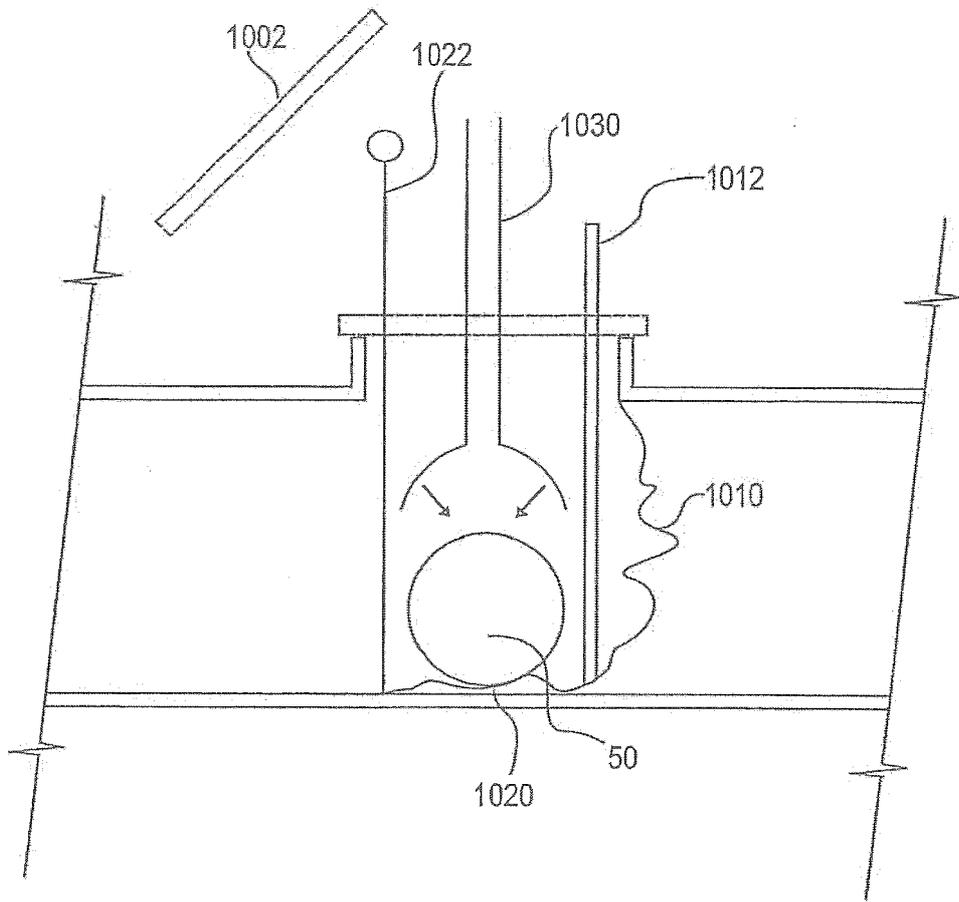


Fig 10

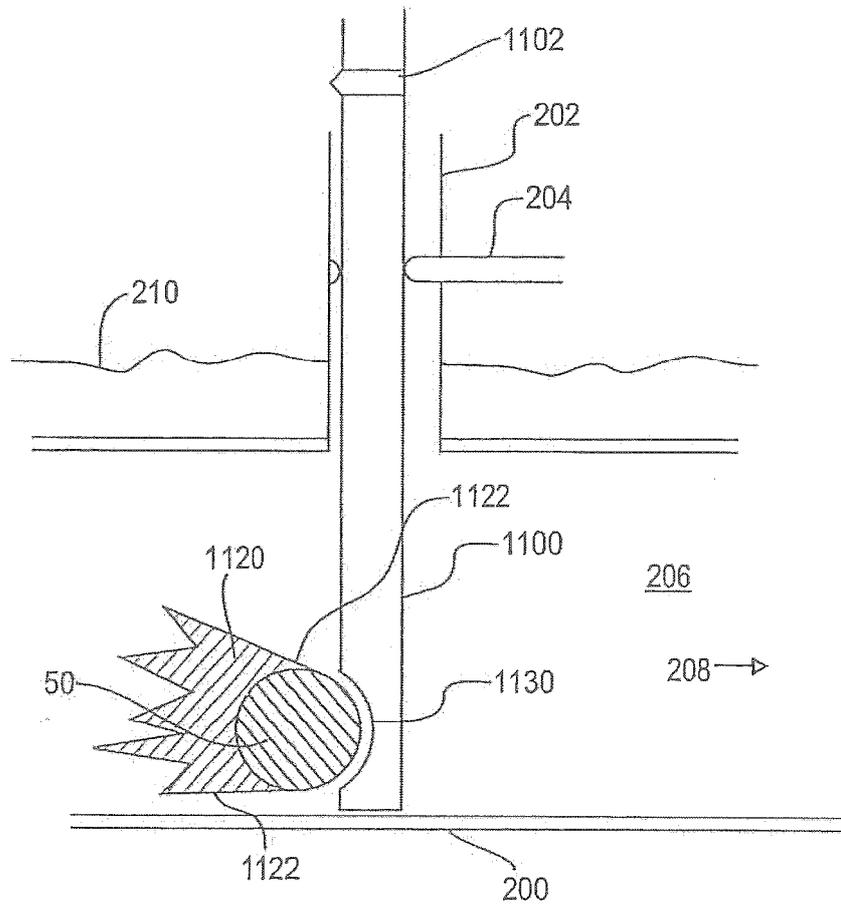


Fig. 11

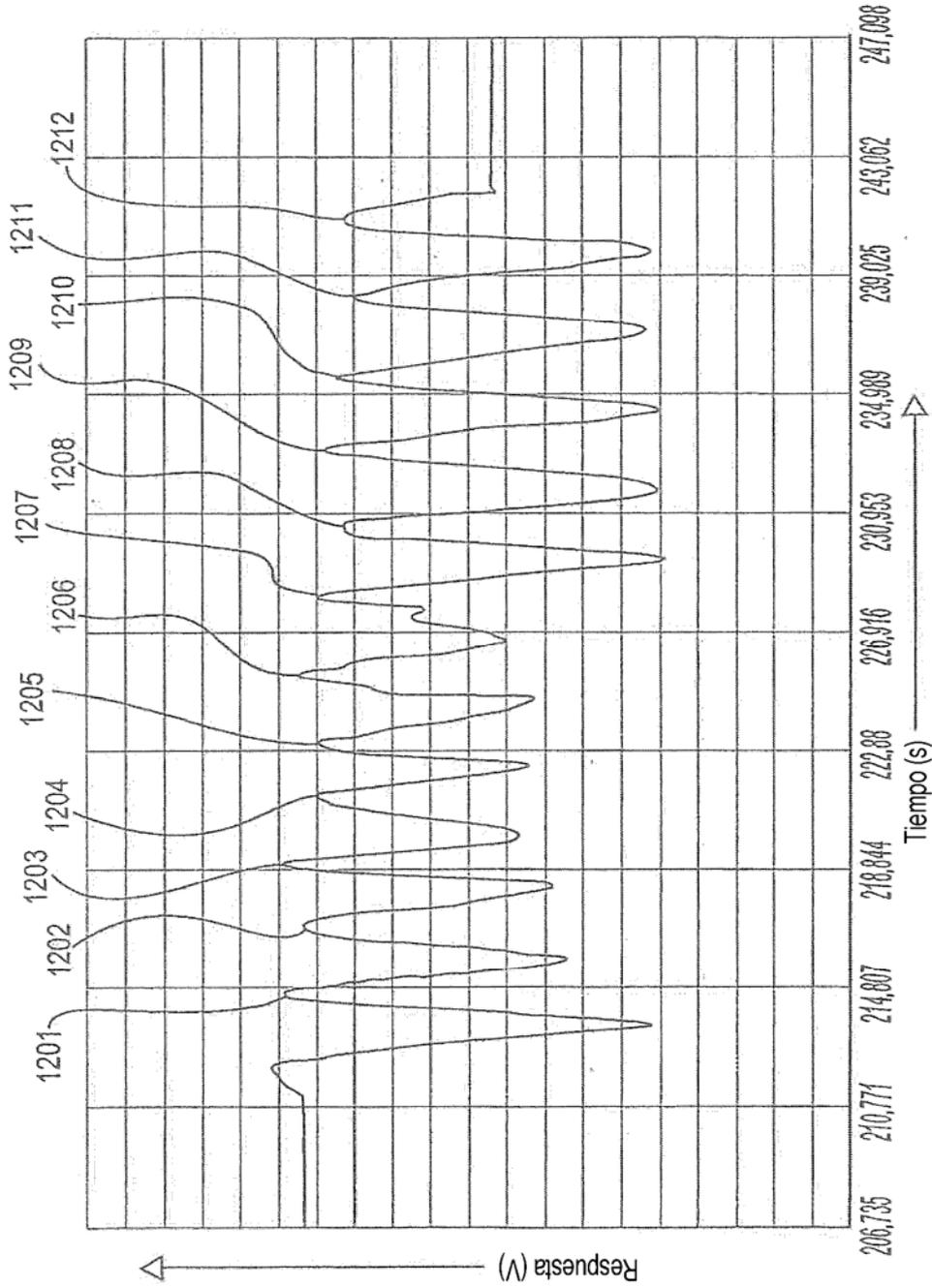


Fig. 12