

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 983 365**

21 Número de solicitud: 202490011

51 Int. Cl.:

G01N 15/02

(2014.01)

12

SOLICITUD DE PATENTE

A2

22 Fecha de presentación:

20.07.2021

43 Fecha de publicación de la solicitud:

22.10.2024

71 Solicitantes:

**ATTEN2 ADVANCED MONITORING
TECHNOLOGIES S.L.U. (100.0%)
C/ Iñaki Goenaga, 5
20600 Eibar (Gipuzkoa) ES**

72 Inventor/es:

**BRAVO IMAZ, Iñaki y
ARNAIZ IRIGARAY, Aitor**

74 Agente/Representante:

VALLEJO LÓPEZ, Juan Pedro

54 Título: **SISTEMA Y MÉTODO PARA INSPECCIONAR UN FLUIDO**

57 Resumen:

Sistema y método para inspeccionar un fluido.

Se proporciona un sistema para inspeccionar un fluido (21). El sistema comprende: un sistema de iluminación (205) para iluminar un fluido (21) sometido a inspección en un área de detección de imágenes (25); un sistema de captura de imágenes (201) para capturar una secuencia de imágenes del fluido (21) en el área de detección de imágenes (25); medios magnéticos (28, 28') para generar un campo magnético hacia el fluido (21) sometido a inspección, comprendiendo los medios magnéticos (28, 28') al menos una bobina (57) para generar un campo magnético, de modo que las partículas ferromagnéticas comprendidas en el fluido (21) sometido a inspección no puedan alcanzar -o se retiren de- el área de detección de imágenes (25); en donde el sistema de captura de imágenes (201) está configurado para capturar una imagen del fluido (21) ubicado en el área de detección de imágenes (25) antes de aplicar el campo magnético y una imagen del fluido (21) ubicado en el área de detección de imágenes (25) después de aplicar el campo magnético, por lo tanto libre de partículas ferromagnéticas; medios de procesamiento configurados para comparar dichas imágenes del fluido (21) sometido a inspección y contar las partículas ferromagnéticas comprendidas en el fluido.

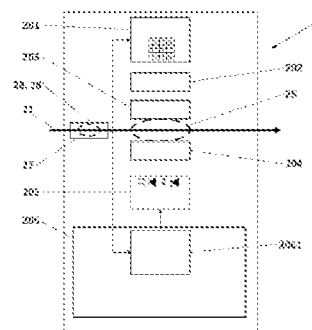


FIG. 1

DESCRIPCIÓN

SISTEMA Y MÉTODO PARA INSPECCIONAR UN FLUIDO

CAMPO TÉCNICO

La presente invención se refiere al campo de la monitorización de fluidos para determinar la condición general de los fluidos, tal como su degradación y contenido de partículas. Esta monitorización es aplicable, por ejemplo, a los aceites lubricantes, ya que su estado de degradación y contenido de partículas proporciona información sobre la maquinaria lubricada por el aceite lubricante. Más específicamente, la presente invención se refiere a la monitorización de partículas magnéticas en un fluido, así como de la viscosidad del fluido, tal como en un aceite lubricante.

ANTECEDENTES DE LA INVENCION

La maquinaria industrial a menudo usa fluidos lubricantes con el fin de que los componentes de la máquina en cuestión operen correctamente. Las fallas o interrupciones en la maquinaria industrial generalmente están causadas por problemas asociados con la lubricación. Estas fallas o interrupciones pueden reducir la vida útil de la maquinaria, así como conllevar costes de mantenimiento innecesarios. Ejemplos de fluidos lubricantes incluyen lubricantes y aceites que pueden ser a base de hidrocarburos, de productos sintéticos y/o de petróleo, así como fluidos hidráulicos. Estos fluidos deben mantenerse dentro de un cierto intervalo de composición y limpieza para un rendimiento eficiente de la máquina. Por ejemplo, la adición no deseada de agua o residuos puede causar que la máquina pierda eficiencia y se dañe. Por lo tanto, el fluido, tal como aceite lubricante, usado para la lubricación debe monitorizarse porque esto proporciona información relevante sobre la condición

de la máquina.

En condiciones operativas normales, el aceite lubricante forma una película entre los componentes mecánicos en movimiento de la maquinaria, que impide el contacto directo entre ellos. Esta película debe tener un cierto espesor, lo que significa que si el espesor es demasiado grande, los componentes mecánicos pueden estar sometidos a una carga adicional, mientras que si es demasiado bajo, los componentes mecánicos pueden estar en contacto directo, generando calor excesivo y posiblemente dañando los componentes y produciendo un mal funcionamiento. La propiedad del aceite lubricante que está directamente relacionada con el espesor de la película de aceite es la viscosidad. Un cambio en la viscosidad del aceite generalmente es un primer indicio de un problema más grave. Dependiendo de la naturaleza de la avería, la viscosidad del aceite puede aumentar o disminuir. Por lo tanto, la monitorización de la viscosidad potencialmente posibilita la detección de fallas prematuras, impidiendo averías más graves. Por consiguiente, se recomienda monitorizar la viscosidad del aceite lubricante, ya que está directamente relacionada con el espesor de la película de aceite entre los componentes mecánicos lubricados, que, a su vez, es el origen de muchas averías que pueden llevar a fallas catastróficas. Sin embargo, hay situaciones de mal funcionamiento en las que la viscosidad del aceite no cambia.

Una manera convencional de monitorizar el estado del aceite lubricante es mediante medición fuera de línea, es decir, analizando muestras de aceite en un laboratorio. Sin embargo, las técnicas fuera de línea no proporcionan una detección lo suficientemente temprana del proceso de degradación, principalmente porque la recogida y el análisis de muestras no se realizan con

la frecuencia suficiente.

Con el fin de superar los inconvenientes inherentes a las técnicas de análisis fuera de línea, se han desarrollado técnicas en línea con el fin de evaluar el estado de un fluido durante su operación, cuando está en
5 movimiento, sin la necesidad de extraer muestras del mismo para su posterior análisis y sin perder tiempo de producción. Por ejemplo, la patente de US9341612B2 divulga un sistema para inspeccionar aceite, que comprende una celda a través de la que fluye el aceite a lo largo de una tubería. Un sistema de iluminación que tiene un diodo LED suministra un haz de luz al flujo
10 de aceite. Un sistema de captura de imágenes situado en el lado opuesto de la tubería con respecto al sistema de iluminación captura una secuencia de imágenes del aceite que fluye en el interior de la tubería. Al procesar las imágenes capturadas, se determina la presencia de partículas en el aceite y un índice de degradación del aceite.

15 En ciertas situaciones, por ejemplo, cuando la velocidad instantánea de las partículas comprendidas en el aceite es relativamente alta, el sistema divulgado en US9341612B2 puede ser incapaz de capturar una imagen de algunas partículas o puede capturar una imagen, pero la morfología de las partículas puede estar incorrectamente determinada, en otras palabras, las
20 partículas pueden estar distorsionadas. Este problema es abordado por EP3348993A1, que divulga un sistema para detectar objetos microscópicos en un fluido que fluye, en el que un sistema de iluminación suministra pulsos de luz de alta potencia que tienen un tiempo de duración muy corto. El instante de tiempo en el que se disparan los pulsos de luz está sincronizado con los
25 instantes de tiempo en los que los píxeles en un sistema de captura de

imágenes comienzan a capturar cada fotograma. La amplitud y el tiempo de duración de los pulsos de luz se controlan a partir de la información obtenida de los fotogramas capturados.

Por otro lado, las partículas comprendidas dentro de un fluido, tal como un fluido lubricante o hidráulico, pueden clasificarse como metálicas y no metálicas. Las partículas metálicas dentro de un fluido lubricante o hidráulico están directamente relacionadas con el contacto entre dos cuerpos metálicos y, por consiguiente, con la degradación de los cuerpos metálicos. Por lo tanto, es deseable contar o medir partículas metálicas porque estas proporcionan información relevante sobre el estado -también denominado estado de salud- de la maquinaria en contacto con el fluido lubricante o hidráulico. Las partículas no metálicas suelen tener un origen diferente de las metálicas. Por ejemplo, pueden estar causadas por sellos o suciedad. Las partículas no metálicas pueden proporcionar información relevante porque están asociadas con diversas averías o problemas, tales como la contaminación del fluido lubricante o hidráulico y la degradación de diferentes partes de la maquinaria, tales como los sellos. Sin embargo, la presencia de partículas no metálicas puede distorsionar las mediciones asociadas a las metálicas y generar un índice de salud inexacto. Una propiedad muy interesante de los materiales metálicos más comunes usados en ingeniería, por ejemplo, el acero, es el ferromagnetismo. El ferromagnetismo es la propiedad por la que ciertos materiales (tal como el hierro) son atraídos por los campos magnéticos. Así pues, al aplicar un campo magnético, las partículas ferromagnéticas pueden ser atraídas.

Por lo tanto, existe la necesidad de un sistema y un método para inspeccionar un fluido que supere los inconvenientes anteriores.

DESCRIPCIÓN DE LA INVENCION

Los inconvenientes de los sistemas y métodos convencionales para inspeccionar fluidos y detectar objetos o partículas en un fluido, tal como aceite lubricante, se resuelven mediante la presente invención, que proporciona un sistema y un método para inspeccionar un fluido. En el sistema y el método de la presente invención, las partículas ferromagnéticas se eliminan de (o se impide que alcancen) el área de detección de imágenes. Esto hace que el conteo y la clasificación de partículas sean más precisos. Por consiguiente, se mejora la calidad de la información sobre el estado de salud del recurso en el que trabaja el fluido.

En particular, se pueden tomar dos imágenes del fluido sometido a inspección: una imagen del fluido -que incluye tanto las partículas ferromagnéticas como las no ferromagnéticas- sometido a inspección se captura en un área de detección de imágenes. Otra imagen del fluido se toma en el área de detección de imágenes después de retirar -mediante atracción- partículas ferromagnéticas comprendidas dentro del fluido. Esto se hace aplicando un campo magnético. El orden de la toma de imágenes puede alterarse. Aplicando un algoritmo informático para comparar las dos imágenes, se identifican las partículas ferromagnéticas. Por ejemplo, restando las partículas ferromagnéticas de la cantidad total de partículas, se puede estimar el número de partículas ferromagnéticas (y, por lo tanto, también el número de partículas no ferromagnéticas).

El campo magnético para atraer las partículas ferromagnéticas del fluido que ocupa el área de detección de imágenes se aplica mediante medios magnéticos. En realizaciones de la invención, el medio magnético es al menos

una bobina. En realizaciones de la invención, el medio magnético es un viscosímetro magnético, en particular un sensor magnetoelástico que implementa una técnica basada en microvibraciones para medir la viscosidad. La ventaja de incluir un sensor magnetoelástico dentro del sistema para
5 inspeccionar un fluido, es que posibilita tanto la retirada de partículas ferromagnéticas del fluido sometido a inspección -en particular del área de detección de imágenes, que también es el área expuesta al campo magnético, como la medida de la viscosidad del fluido.

Por lo tanto, el sistema y el método propuestos permiten evaluar con
10 exactitud la calidad del fluido sometido a inspección midiendo el número de partículas ferromagnéticas y no ferromagnéticas presentes en el fluido, así como su viscosidad, obteniendo por consiguiente información exacta sobre el estado de la maquinaria en contacto con el fluido lubricante o hidráulico.

En un primer aspecto de la presente invención, se proporciona un
15 sistema para inspeccionar un fluido. El sistema comprende un sistema de iluminación para iluminar un fluido sometido a inspección en un área de detección de imágenes; un sistema de captura de imágenes para capturar una secuencia de imágenes del fluido en el área de detección de imágenes; medios magnéticos para generar un campo magnético hacia el fluido del que se han
20 captado imágenes sometido a inspección, comprendiendo los medios magnéticos al menos una bobina para generar un campo magnético, de modo que las partículas ferromagnéticas comprendidas en el fluido sometido a inspección no puedan alcanzar-o se retiren de- el área de detección de imágenes; en donde el sistema de captura de imágenes está configurado para
25 capturar una imagen del fluido ubicado en el área de detección de imágenes

antes de aplicar el campo magnético y una imagen del fluido ubicado en el área de detección de imágenes después de aplicar el campo magnético, por lo tanto libre de partículas ferromagnéticas; medios de procesamiento configurados para comparar dichas imágenes del fluido sometido a inspección y contar las

5 partículas ferromagnéticas comprendidas en el fluido.

En realizaciones de la invención, el sistema comprende además un difusor situado entre el sistema de iluminación y el fluido sometido a inspección, configurado para proporcionar iluminación homogénea al área a iluminar.

10 En realizaciones de la invención, el sistema comprende además una lente situada entre el sistema de captura de imágenes y el fluido sometido a inspección, configurada para enfocar las imágenes capturadas.

En realizaciones de la invención, el medio magnético comprende además medios para medir la viscosidad que implementan una técnica basada

15 en microvibraciones.

En realizaciones de la invención, el medio magnético comprende: una primera bobina configurada para generar un campo magnético alterno; una tira magnetoelástica sumergida en el fluido sometido a inspección y configurada para ser excitada por el campo magnético alterno generado por la primera

20 bobina y para producir resonancia magnetoelástica; una segunda bobina en la que las tensiones (voltajes) relacionadas con la resonancia magnetoelástica de la tira magnetoelástica se inducen dentro de un intervalo de frecuencias; medios de medición configurados para medir dichas tensiones inducidas en dicho intervalo de frecuencias; en donde el medio de procesamiento está

25 configurado además para obtener la viscosidad del fluido a partir de al menos

un parámetro obtenido a partir de dichas tensiones inducidas y frecuencias, siendo dicho al menos un parámetro uno de: la amplitud de la resonancia magnetoelástica, la amplitud de la antirresonancia magnetoelástica, la frecuencia de la resonancia magnetoelástica, la frecuencia de la antirresonancia magnetoelástica, el amortiguamiento de la curva de resonancia magnetoelástica y el amortiguamiento de la curva de antirresonancia magnetoelástica.

En realizaciones de la invención, el sistema comprende además una bobina de compensación para suprimir el ruido magnético generado por la primera bobina.

En realizaciones de la invención, la bobina de compensación está dispuesta en serie -pero devanada en dirección opuesta- con la segunda bobina.

En realizaciones de la invención, el sistema comprende además al menos una bobina adicional para configurar el campo de polarización para la tira magnetoelástica.

En realizaciones de la invención, la bobina para generar un campo magnético hacia el fluido sometido a inspección para atraer partículas ferromagnéticas, es la al menos una bobina adicional del medio para medir la viscosidad.

En realizaciones de la invención, la tira magnetoelástica está rodeada por la segunda bobina, que, a su vez, está rodeada por la primera bobina, que, a su vez, está rodeada por la al menos una bobina adicional.

El sistema para inspeccionar un fluido de la presente divulgación puede ser un subsistema o módulo de un sistema o instalación más grande que

comprende varios subsistemas conectados entre sí y contenidos dentro de un receptáculo o recipiente. El sistema de inspección es un subsistema autónomo con un funcionamiento totalmente independiente, que aporta mediciones autointerpretables, calibradas y corregidas para todo el intervalo operativo
5 definido. En otras palabras, aporta valores de medición que no necesitan procesamiento adicional. El sistema de inspección puede estar diseñado para instalarse en una derivación de un sistema de lubricación de cierta maquinaria. La circulación de fluidos está habilitada gracias a las diferencias de presión. Otros subsistemas de la instalación completa pueden ser un subsistema de
10 acondicionamiento hidráulico que incluye componentes de control de flujo, tales como electroválvulas, control de presión, filtros y tuberías de entrada y salida; y un subsistema electrónico para gestionar todos los subsistemas activos, gestionar canales de datos y que incluye tecnologías de conexión interna y externa y sistema de alimentación.

15 El sistema para inspeccionar un fluido de la presente divulgación puede operar en una celda micromecánica a través de la que circula el fluido sometido a supervisión. El fluido es preferentemente aceite, más preferentemente aceite lubricante. El fluido es transportado en el interior de medios de canalización, tales como por ejemplo una tubería. El sistema para inspeccionar un fluido, tal
20 como aceite, de la presente invención puede operar alternativamente en una toma de un recipiente.

En un segundo aspecto de la presente invención, se proporciona un método para inspeccionar un fluido. El método comprende: iluminar un área de detección que tiene un fluido que tiene partículas suspendidas en el mismo;
25 capturar una imagen del fluido en el área de detección; generar un campo

magnético hacia el área de detección de imágenes, de tal manera que las partículas ferromagnéticas comprendidas en el fluido se retiren de -o se impida que alcancen- el área de detección de imágenes; capturar una imagen del fluido, libre de partículas ferromagnéticas, en el área de detección; comparar
5 dichas imágenes del fluido y contar las partículas ferromagnéticas comprendidas en el fluido.

En realizaciones de la invención, el método comprende además medir la viscosidad del fluido como sigue: generar un campo magnético alterno en una primera bobina; excitar una tira magnetoelástica sumergida en el fluido
10 sometido a inspección, produciendo, por consiguiente, una resonancia magnetoelástica; en una segunda bobina, inducir tensiones relacionadas con la resonancia magnetoelástica de la tira magnetoelástica dentro de un intervalo de frecuencias; medir dichas tensiones inducidas en dicho intervalo de frecuencias; obtener la viscosidad del fluido a partir de al menos un parámetro
15 obtenido de dichas tensiones inducidas y frecuencias, siendo dicho al menos un parámetro uno de: la amplitud de la resonancia magnetoelástica, la amplitud de la antirresonancia magnetoelástica, la frecuencia de la resonancia magnetoelástica, la frecuencia de la antirresonancia magnetoelástica, el amortiguamiento de la curva de resonancia magnetoelástica y el
20 amortiguamiento de la curva de antirresonancia magnetoelástica.

En un tercer aspecto de la presente invención, se proporciona un programa informático que comprende medios de código de programa informático adaptados para realizar las siguientes etapas cuando dicho programa se ejecuta en un ordenador, un procesador de señal digital, una
25 matriz de puertas programables de campo, un circuito integrado de aplicación

específica, un microprocesador, un microcontrolador o cualquier otra forma de hardware programable: generar un campo magnético alterno en una primera bobina; excitar una tira magnetoelástica sumergida en el fluido sometido a inspección, produciendo, por consiguiente, una resonancia magnetoelástica; en
5 una segunda bobina, inducir tensiones relacionadas con la resonancia magnetoelástica de la tira magnetoelástica dentro de un intervalo de frecuencias; medir dichas tensiones inducidas en dicho intervalo de frecuencias; obtener la viscosidad del fluido a partir de al menos un parámetro obtenido de dichas tensiones inducidas y frecuencias, siendo dicho al menos
10 un parámetro uno de: la amplitud de la resonancia magnetoelástica, la amplitud de la antirresonancia magnetoelástica, la frecuencia de la resonancia magnetoelástica, la frecuencia de la antirresonancia magnetoelástica, el amortiguamiento de la curva de resonancia magnetoelástica y el amortiguamiento de la curva de antirresonancia magnetoelástica.

15 En resumen, el sistema y método propuestos permiten obtener información exacta sobre el estado de la maquinaria en contacto con el fluido lubricante o hidráulico, detectando y contando las partículas ferromagnéticas, por un lado, y las partículas no ferromagnéticas, por otro lado, que viajan/están ubicadas dentro del fluido sometido a inspección, así como la viscosidad del
20 fluido. La información obtenida permite detectar de forma prematura posibles fallas que, si no se manejan a tiempo, pueden llevar a fallas catastróficas. Todo esto se realiza en un pequeño sistema compacto que puede instalarse en una derivación de un sistema de lubricación de ciertas máquinas. El sistema puede operar en una celda micromecánica a través de la que circula el fluido sometido
25 a supervisión.

A partir de la descripción detallada que sigue resultarán evidentes ventajas y peculiaridades adicionales de la invención, que se señalarán particularmente en las reivindicaciones adjuntas.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

5 Como complemento de la descripción y con el fin de contribuir a una mejor comprensión de las características de la invención, de acuerdo con un ejemplo de un ejemplo práctico de la misma, se adjunta un conjunto de dibujos como parte integral de esta descripción, que a modo de ilustración y no de limitación, representan lo siguiente:

10 La figura 1 representa esquemáticamente un sistema para inspeccionar un fluido de acuerdo con una realización de la invención.

 La figura 2A muestra esquemáticamente un sistema para inspeccionar un fluido en la que el sistema se inserta en una simple toma de un tanque que contiene el fluido, de acuerdo con una realización de la invención. Las
15 figuras 2B y 2C muestran dos vistas, frontal y perfil, respectivamente-, del sistema de inspección de acuerdo con una posible realización de la invención. En estas vistas, puede verse el canal a través del que fluye o se desecha la muestra sometida a inspección. Una parte del fluido contenido en el tanque en el que está acoplado el sistema de inspección circula a través de este canal (o
20 está ubicado en este). La figura 2D muestra una vista de perfil de un sistema de inspección de acuerdo con otra realización de la invención, en donde el canal está formado fuera del sistema. El canal está construido como una porción estrecha de la carcasa del sistema.

 La figura 3A muestra una posible implementación de medios magnéticos
25 para aplicar un campo magnético para atraer partículas ferromagnéticas, de

acuerdo con una realización de la invención.

La figura 3B muestra otra implementación de medios magnéticos, que no solo atrae partículas ferromagnéticas, sino que también mide la viscosidad del fluido, de acuerdo con una realización de la invención.

5 La figura 4 muestra una posible implementación de los medios magnéticos con respecto al sistema de medición.

La figura 5A muestra una vista en sección transversal de los medios magnéticos de la figura 3B. La figura 5B muestra una vista en sección transversal de una implementación alternativa de medios magnéticos.

10 **DESCRIPCIÓN DE UNA REALIZACIÓN DE LA INVENCION**

Las figuras 1 y 2A-2D muestran diferentes implementaciones de sistemas para inspeccionar un fluido. El fluido puede ser, por ejemplo, un fluido lubricante o hidráulico. El sistema de monitorización o inspección a veces se denomina sensor en toda la presente invención. En el sistema de

15 monitorización 1 que se muestra en la figura 1, generalmente se toman mediciones de un fluido en movimiento. El sistema 1 está diseñado para su integración directa en un sistema de lubricación de maquinaria sin afectar a las condiciones operativas de la misma. Esto se logra mediante un subsistema hidráulico (no mostrado) que posibilita el muestreo controlado en el fluido

20 lubricante (por ejemplo, aceite) mediante la instalación en línea. El fluido 21 puede ser transportado en el interior de medios de canalización, por ejemplo, una tubería regular, y circula gracias a una pequeña diferencia de presión entre la entrada y la salida del sistema (generalmente es suficiente 0,05 bares o más). El sistema 1 puede operar en una celda micromecánica a través de la

25 que circula el fluido 21 sometido a supervisión. En este caso, ilustrado en la

figura 1, el fluido 21 sometido a supervisión puede circular en el interior de una tubería dentro de la celda micromecánica, generalmente representada por el sistema 1. En el sistema de monitorización 11 mostrado en las figuras 2A-2D, el fluido se mide acoplando el sistema a un tanque que contiene el fluido. Por ejemplo, tal y como se muestra en la figura 2A, el sistema 11 puede acoplarse a un tanque, depósito o tubería 41 que contiene el fluido 21 sometido a inspección, a través de una simple toma 15, tal como una toma hidráulica común. Por consiguiente, se evita la necesidad de llevar a cabo una derivación por medio de conductos o tuberías que desvían el fluido 21 para su monitorización. El fluido puede estar sustancialmente estático o en movimiento. En cualquier realización (figuras 1 y 2A-2D), el sistema 1, 11 puede tomar mediciones del fluido 21 sin necesidad de extraer una muestra de fluido del depósito o instalación. También se usan normalmente interfaces de comunicación y unidades de suministro eléctrico. El sistema 1, 11 es de tamaño pequeño y compacto con el fin de encajarlo, si es necesario, en subsistemas hidráulicos más grandes, tales como filtros o válvulas. El fluido es preferentemente aceite, tal como aceite lubricante o hidráulico.

Las figuras 2B y 2C muestran vistas frontal y de perfil, respectivamente, de una posible implementación del sistema 11. Un revestimiento, caja o cubierta tiene una forma que posibilita el paso o la presencia del fluido 21 entre cuatro superficies exteriores 31, 32, 33, 34 del revestimiento. Es decir, el fluido 21 atraviesa o llena un área 25 que está fuera de la caja. Esta área exterior es un tipo de túnel, canal, conducto o área de medición entre una superficie exterior de una primera porción 35 de la caja y una superficie exterior de una segunda porción 36 de la caja enfrentada a la primera porción 35 de la

caja, definiendo ambas porciones el conducto o área de medición 25 para el fluido 21. La segunda porción 36 tiene forma de U, definiendo esta forma el canal 25 a través del que fluye o permanece el fluido 21 cuando el sistema de inspección 11 se ha acoplado al depósito 41 del fluido 21 sometido a supervisión. La figura 2D muestra una vista de perfil de otra posible implementación del sistema de monitorización 11. Como en el caso anterior, el revestimiento, caja o cubierta del sistema o sensor 11 tiene una forma que posibilita el paso del fluido 21 entre tres superficies exteriores 31', 32', 33' de la caja. Estas tres superficies 31', 32', 33' definen el canal entre una superficie exterior de una primera porción 35 de la caja y una superficie exterior de una segunda porción 36 de la caja enfrentada a la primera porción 35 de la caja, definiendo ambas porciones el conducto o canal para el fluido 21. Es decir, como puede verse en la figura 2D, el revestimiento tiene una dimensión específica (por ejemplo, anchura) "z1" en las porciones primera y segunda, pero es más estrecha (anchura "z2") en una porción intermedia 37 entre las porciones primera y segunda 35 36, de modo que la caja se divide en dos porciones unidas por una parte estrecha 37 de la caja, existiendo un hueco o canal 320 a través del que fluye o permanece el fluido 21 cuando el sistema de monitorización 11 se ha acoplado al depósito 41 del fluido 21 sometido a supervisión. Aunque en las figuras 2B-2D la superficie que delimita el canal (área de medición) 25 se ha mostrado como paredes o superficies planas (31-34, 31'-33'), pueden llevarse a cabo otras implementaciones del revestimiento o caja con superficies curvas, por ejemplo, una superficie sustancialmente curva, en donde no se puede hacer una clara diferenciación entre dichas superficies 31-34 o 31'-33'.

Dependiendo de la configuración del depósito 41 que contiene el fluido 21 sometido a análisis, la toma o acoplamiento 15 en el depósito 41, a través de la que se inserta o acopla el sensor o sistema de monitorización 11 en el depósito 41, puede estar en un lado del depósito 41, como es el caso con la configuración mostrada en la figura 2A, o puede estar en la parte superior (por ejemplo, la tapa) del depósito 41. En el primer caso, el sistema de monitorización 11 se inserta en el depósito 41 de forma oblicua al mismo. En el segundo caso, el sistema de monitorización 11 se inserta en el depósito 41 de forma perpendicular al mismo.

En las implementaciones mostradas en las figuras 2A-2D, en las que el sistema 11 está acoplado a un depósito 41, el fluido sometido a inspección (en el área de medición 25) puede considerarse sustancialmente estático, aunque también puede estar en movimiento. Puede estar en movimiento cuando el sistema 11 está acoplado a una tubería. En la implementación mostrada en la figura 1, el fluido sometido a inspección es generalmente un fluido en movimiento, que viaja a lo largo del área de inspección 25.

La siguiente descripción del sistema 1, 11 para inspeccionar un fluido es aplicable a cualquiera de las realizaciones mostradas en las figuras 1, 2A-2D. Cabe señalar que en las figuras 2A-2D, por simplicidad, no se muestran elementos específicos del sistema de inspección. El sistema 1, 11 comprende una parte óptica y una parte electrónica, también denominada subsistema de adquisición y procesamiento de vídeo. La parte óptica tiene un sistema de iluminación 205 para emitir un haz de luz al fluido que fluye 21. A continuación, un sistema de captura de imágenes 201 del subsistema de adquisición y procesamiento de vídeo captura una secuencia de vídeo de un área de

detección de imágenes 25, que es un área ocupada por el fluido que fluye 21 iluminado por el haz de luz. El sistema de iluminación 205 puede estar basado en uno o más diodos LED (emisores LED) que iluminan, ya sea de forma continua o con destellos de luz regulares, el fluido que fluye 21 que viaja a través del área de medición (área de detección de imágenes) 25. En aplicaciones en las que la velocidad instantánea de las partículas comprendidas en el fluido 21 es relativamente alta, el sistema de iluminación 205 puede ser un sistema de iluminación estroboscópico en el que los pulsos de luz se sincronizan con la captura de vídeo. Se puede disponer un difusor 204 entre el sistema de iluminación 205 y el flujo de fluido 21 a lo largo del área de medición 25, para difundir la cantidad de luz emitida por el sistema de iluminación 205 con el fin de obtener una iluminación homogénea en toda el área 25 -cantidad de fluido- que se está inspeccionando. El sistema de iluminación 205 puede comprender otros elementos, tales como un sistema de control, que está fuera del alcance de la presente invención. Un procesador embebido 2061 puede controlar el sistema de iluminación 205. En el sistema 1 de la figura 1, puede haber dos ventanas 203, 204 hechas de un material transparente que delimitan sustancialmente el área 25 iluminada por el sistema de iluminación 205 y dentro del campo de detección del sistema de captura de imágenes 201. La ventana 203 puede ser una ventana de calibración que comprende marcas o patrones que permiten su autocalibración, como se explica en US9341612B2, que se incorpora en el presente documento por referencia. Como se enseña en US9341612B2, el subsistema de adquisición y procesamiento de vídeo aplica algoritmos para la calibración dimensional del sistema 1.

Enfrente del sistema de iluminación 205, en el otro lado del área de medición 25 a través de la que circula el fluido 21, está ubicado un sistema de captura de imágenes 201, por ejemplo, basado en un sensor CMOS o en una cámara CCD. Cuando se usa el sistema 11 de las figuras 2A-2D, el sistema de iluminación 205 está, por ejemplo, dentro de la porción 35 del sistema 11 y el sistema de captura de imágenes 201 dentro de la porción 36 del mismo, o viceversa. El sistema de captura de imágenes 201 captura la secuencia de vídeo -una fila de imágenes- de la zona de interés en el paso del fluido. El sistema de captura de imágenes 201 es capaz de determinar un tamaño mínimo de partícula definido teniendo en cuenta varias condiciones, tales como, cuando el fluido no está estático, la velocidad instantánea del fluido en el que están suspendidas las partículas. Dependiendo de diferentes condiciones, tales como la velocidad instantánea y la opacidad del fluido, el tamaño mínimo de partícula a medir puede ser, por ejemplo, 0,1 μm , sobre un área de inspección de varios mm^2 , tal como aproximadamente 100 mm^2 . La resolución se logra optimizando varias condiciones, tales como el área a inspeccionar, el tamaño de la cámara, su número de píxeles y las características de la lente 202 (si hay una). Se puede usar una lente 202 opcional para transportar la imagen desde el objeto a la cámara 201. El subsistema de adquisición y procesamiento de vídeo lleva a cabo las actividades relacionadas con las mediciones, entre otras cosas. Está comprendido por un sistema de captura de imágenes embebido 201 y electrónica 206. La electrónica 206 comprende medios de procesamiento 2061, tales como un procesador incorporado, preferentemente dispuesto en la proximidad del sistema de iluminación 205. Las imágenes (secuencia de vídeo) del fluido 21 capturadas por la cámara se procesan en el

medio de procesamiento 2061, tales como un dispositivo DSP o una CPU, que analiza las imágenes. El objetivo del procesamiento es determinar la presencia de partículas y/o burbujas y el valor de degradación del fluido debido a las partículas; determinar la forma de las partículas; y/o establecer la viscosidad del fluido. Para este fin, el medio de procesamiento 2061 comprende medios de software que pueden incluir algoritmos para la detección y clasificación de partículas, detección de burbujas, determinación de degradación y determinación de viscosidad. El medio de procesamiento 2061 puede analizar, para cada imagen, si hay burbujas y partículas, contarlas, determinar el tamaño y la forma de los objetos detectados (burbujas y partículas) y calcular la viscosidad del fluido. También puede clasificar las partículas como partículas ferromagnéticas o no ferromagnéticas, como se explica a continuación. El sistema también incluye componentes convencionales, tales como interfaz de comunicación, fuente de alimentación y memoria. Es deseable que la distancia entre el objeto -plano de paso del fluido sometido a inspección- y el sistema de captura de imágenes 201 sea tan corta como sea posible y no exceda aproximadamente 40 mm, de manera que el sistema pueda ser lo más compacto y pequeño posible.

El sistema 1, 11 para inspeccionar un fluido también permite identificar y contar partículas ferromagnéticas comprendidas en el fluido 21 sometido a inspección. Identificar específicamente las partículas ferromagnéticas que viajan o están ubicadas dentro del fluido 21 es importante con el fin de evaluar el estado de salud de la maquinaria en contacto con el lubricante o fluido hidráulico. En particular, es importante determinar la cantidad de partículas ferromagnéticas con respecto a la cantidad total de partículas (ferromagnéticas

y no ferromagnéticas) porque la presencia de partículas no ferromagnéticas puede distorsionar las mediciones asociadas a las ferromagnéticas y generar una impresión errónea del estado de salud de la maquinaria sometida a evaluación. A modo de ejemplo, las partículas no ferromagnéticas, tales como
5 las partículas de arena o de polvo, en principio no se relacionan con el estado de degradación de la maquinaria.

Con el fin de monitorizar las partículas ferromagnéticas comprendidas dentro del fluido 21, se usan un medio magnético 28 para aplicar un campo magnético hacia el fluido sometido a inspección. Así, las partículas
10 ferromagnéticas comprendidas en el fluido 21 y que viajan a través o están comprendidas dentro del área de detección 25 son alejadas del área de detección 25, dicho de otra forma, eliminadas de la porción de fluido 21 situada dentro del área de detección 25. El medio magnético 28 está ubicado en las proximidades del área de detección 25. Por ejemplo, en el sistema 1 en la
15 figura 1, el medio magnético 28 está ubicado antes del área de detección 25 con respecto a la dirección de flujo de fluido. En las figuras 2B y 2D, el medio magnético 28 está ubicado en las proximidades del área de detección 25 siempre que el medio magnético consiga atraer las partículas ferromagnéticas presentes en el fluido sometido a inspección. El medio magnético 28 pueden
20 implementarse dentro del sistema de medición (dentro de la celda micromecánica ilustrada en la figura 1 o dentro del sensor 11 ilustrado en las figuras 2A-2D), o como una parte separada con respecto al sistema de medición, tal y como se ilustra en la figura 4. En cualquier implementación, el medio magnético 28 está configurado para atraer partículas ferromagnéticas
25 con el fin de impedir que alcancen el área de detección 25 (o para retirarlas del

área de detección 25 en caso de que ya estén allí). El campo magnético se genera de tal manera que la dirección del campo magnético arrastra las partículas ferromagnéticas fuera del campo de visión (área de detección 25) del sensor de conteo de partículas -el sistema de captura de imágenes 201. Las

5 partículas ferromagnéticas reaccionan al campo magnético aplicado alineándose y moviéndose en la dirección del campo. La figura 3A muestra una posible implementación de medios magnéticos 28, que comprende una bobina 57 y una fuente 58 de tensión o corriente para encender/apagar el medio magnético 28. Preferentemente, la fuente 58 es una fuente de corriente

10 continua (CC). Alternativamente, puede ser una fuente de corriente alterna (AC). La fuente 58 puede ser una fuente dedicada al medio magnético 28, en cuyo caso puede estar ubicada dentro del medio magnético 28; o puede ser proporcionada por el suministro eléctrico general del sistema 1, 11. Aunque no se muestra, el medio magnético 28 pueden comprender dos bobinas 57, lo que

15 puede simplificar el diseño del sistema 1, 11.

La operación es la siguiente. El sistema de captura de imágenes 201 captura una imagen del fluido 21 que fluye o está ubicado a través del área de detección de imágenes 25. La imagen del fluido -que comprende partículas ferromagnéticas y no ferromagnéticas presentes en el fluido- se almacena en

20 medios de memoria comprendidos preferentemente en la electrónica 206. A continuación, las partículas pueden contarse y clasificarse por tamaño y forma siguiendo algoritmos convencionales, tales como los divulgados en EP3348993A1 o en US9341612B2. Una vez que se captura esta primera imagen (primera fotografía), el medio magnético 28 se activa y aplica un campo

25 magnético hacia el área de detección 25 para alejar las partículas

ferromagnéticas comprendidas en el fluido 21 del área de detección 25. Por ejemplo, en las figuras 1 y 4, las partículas magnéticas son atraídas en el área 27 dentro del medio 28. Cuando se impide que las partículas ferromagnéticas alcancen el área de detección 25 debido al campo magnético (en otras palabras, cuando se retiran de la porción de fluido situada dentro del área de detección 25), el sistema de captura de imágenes 201 captura una nueva imagen (segunda fotografía) del área 25, esta vez sustancialmente libre de partículas ferromagnéticas. En otras palabras, se hace una nueva medición - imagen- del fluido una vez que el fluido no tiene partículas ferromagnéticas. Al comparar ambas imágenes, las partículas que han desaparecido de la primera medición capturada antes de aplicar el campo magnético, pueden identificarse mediante un algoritmo para el conteo de partículas y análisis opcional. Estas partículas son sustancialmente las ferromagnéticas.

Las dos imágenes pueden tomarse en el orden opuesto. Dicho de otra forma, primero se activa el medio magnético 28, de tal manera que se toma la primera fotografía del fluido (libre de partículas ferromagnéticas). Y, a continuación, el medio magnético 28 se desactiva y se toma la segunda imagen del fluido (que incluye partículas ferromagnéticas).

A continuación, se comparan ambas imágenes, obteniendo el número de partículas identificadas (ferromagnéticas y no ferromagnéticas) para cada caso. En realizaciones de la invención, la unidad de procesamiento 2061 aplica un algoritmo para comparar las dos imágenes o mediciones. Restando el número de partículas obtenidas en la fotografía libre de partículas ferromagnéticas del número total de partículas identificadas en la otra fotografía, se obtiene el número de partículas ferromagnéticas. Si se realiza un análisis de forma de

ambas imágenes, además del análisis ferromagnético de las partículas detectadas, se obtiene información más exacta sobre el origen y de las partículas. Por ejemplo, si se obtiene la forma de las partículas en la primera y la segunda imagen, de manera análoga, se obtiene el origen de las partículas
5 ferromagnéticas. El resultado de este algoritmo es el número de partículas ferromagnéticas, opcionalmente clasificadas por tamaños y su origen (si además se ha realizado un análisis por forma).

El fluido dentro del área de detección 25 puede estar sustancialmente estático o en movimiento. Cuando está estático, las dos fotografías
10 corresponden, sin duda, sustancialmente a la misma porción de fluido. Cuando el fluido está en movimiento, tal como en la implementación de la figura 1, las dos fotografías pueden corresponder a porciones de fluido sustancialmente diferentes. Sin embargo, se supone que el fluido es suficientemente homogéneo para considerar que desde un punto de vista estadístico, las dos
15 fotografías representan el mismo fluido en términos de partículas ferromagnéticas y no ferromagnéticas comprendidas en el mismo.

En una realización particular, el medio magnético también mide la viscosidad. La figura 3B muestra esquemáticamente un aparato 28' que implementa dicho medio magnético de acuerdo con una realización de la
20 invención. El medio para medir la viscosidad implementado en el aparato 28' está basado en técnicas de vibración, porque las técnicas de vibración pueden implementarse en mediciones en línea, tales como las que se muestran esquemáticamente en las figuras 1 y 2A-2D. En particular, el aparato 28' es un sensor magnetoelástico que implementa una técnica basada en
25 microvibraciones para medir la viscosidad. Por lo tanto, el sensor

magnetoelástico mide un amplio rango de viscosidades del fluido -tal como el aceite lubricante- en línea, in situ y en tiempo real. En general, se genera una excitación producida por un material magnetoelástico mediante un campo magnético alterno que, dependiendo de la frecuencia y de las características del material, produce oscilaciones mecánicas forzadas o resonancias mecánicas. Se pueden usar diferentes materiales y tamaños para el elemento vibrante, tal como una cinta (tira) magnetoelástica, que es el elemento que vibra. La presencia de una fuerza disipativa -causada por el fluido sometido a inspección- produce una atenuación de las oscilaciones forzadas o una reducción de la magnitud y del factor de calidad de la resonancia, que puede correlacionarse con la viscosidad del fluido. El aparato 28' puede alimentarse con la misma fuente de alimentación del sistema 1, 11. Alternativamente, puede alimentarse con una fuente de alimentación independiente (fuente 52 y/o fuente 58) en cuyo caso puede comercializarse con independencia del sistema de monitorización 1, 11.

La magnetoelasticidad se refiere a los cambios de magnetización causados por la deformación mecánica de un material ferromagnético. En particular, en un material magnetoelástico, la permeabilidad magnética del material depende de la carga aplicada. El acoplamiento magnetoelástico hace que una perturbación de carga (onda mecánica o de sonido) que viaja a través de un material magnetoelástico se acompañe de una perturbación magnética correspondiente, formando una onda magnetoelástica. Debido a su naturaleza dual, las ondas magnetoelásticas pueden generarse o mecánicamente o magnéticamente en el interior del material y detectarse de la misma manera.

Cuando las ondas magnetoelásticas se excitan en un material acotado -

por ejemplo, en una cinta 55 (cinta delgada) de una longitud dada, tal y como se muestra en la figura 3B, pueden producirse ondas estacionarias si la longitud de onda de la oscilación mecánica coincide con la longitud de material acotado. Esta situación produce resonancias agudas en las que tienen lugar
5 grandes deformaciones y cambios de magnetización. El efecto se llama resonancia magnetoelástica (MER) y es el núcleo de la tecnología de detección propuesta para la detección de la viscosidad del fluido.

En la resonancia magnetoelástica de un material ferromagnético, la frecuencia resonante está determinada por el valor del módulo de Young, dicho
10 de otra forma, por el módulo de Young a un valor dado del campo magnético aplicado. Por lo tanto, la frecuencia resonante se puede variar a voluntad, dentro de un cierto intervalo, polarizando magnéticamente la muestra mediante un campo magnético controlable. El fenómeno detrás de esta capacidad de afinado es el llamado efecto ΔE , en donde E se refiere a la elasticidad de la
15 muestra. El efecto ΔE modifica las condiciones de resonancia. En este sentido, no solo la frecuencia de resonancia de la cinta magnetoelástica depende del campo de polarización aplicado, sino también la amplitud de la resonancia y la reacción a la temperatura. Por esta razón, con el fin de maximizar la capacidad de detección y eliminar los efectos de temperatura indeseables, se aplica
20 preferentemente un campo magnético de polarización para magnetizar la muestra en el punto operativo óptimo en la curva de magnetización. El campo de polarización adecuado lo proporciona una bobina adicional (bobina 57). Alternativamente, puede ser proporcionado por un imán, no mostrado.

Una configuración para medir la resonancia magnetoelástica de un
25 material ferromagnético debe tener la capacidad de producir un campo de

polarización (una excitación magnética en el material ferromagnético) y de detectar su respuesta magnética. El aparato 28' para medir la viscosidad de un fluido a través de la resonancia magnetoelástica de un material ferromagnético también atrae partículas ferromagnéticas de una manera similar a la descrita con referencia al medio magnético 28. Una tira magnetoelástica 55, también denominada cinta magnetoelástica 55, se sumerge en el fluido 21 sometido a inspección, cuya viscosidad se va a medir. En esta realización, se aplica un campo de polarización mediante una bobina externa 57, que en la figura 3B se alimenta mediante la fuente 58 (fuente de tensión o de corriente). Se genera una excitación mediante una bobina de excitación 51. La excitación es una señal de corriente constante, con una frecuencia variable, obtenida con una fuente 52 de corriente alterna (AC). Para la medición de la respuesta de la tira magnetoelástica 55 a esta excitación, se usa al menos una bobina 53. Opcionalmente, puede usarse una segunda bobina 54 para compensar el ruido magnético generado principalmente por la bobina de excitación 51. En la bobina 53 (bobina de captación o bobina de medición) se induce una tensión relacionada con la resonancia magnetoelástica de la tira magnetoelástica 55 dentro de un rango de frecuencias. Este rango de frecuencias se selecciona dependiendo de las características de la tira 55, en particular, dependiendo de su material, tamaño y forma. Las frecuencias seleccionadas deben ser tales que comprendan al menos la frecuencia de resonancia de la tira 55. Preferentemente, también la frecuencia de antirresonancia de la tira 55 está comprendida dentro del rango seleccionado.

En el aparato 28' propuesto, la capacidad de producir un campo de polarización (una excitación magnética en el material ferromagnético de la

cinta 55) y de detectar su respuesta magnética, se implementa preferentemente usando al menos cuatro bobinas: una bobina primaria 51, también denominada bobina de excitación, que se alimenta con una AC de una fuente 52 de corriente alterna; una bobina secundaria (o bobina de captación o bobina de medición) 53, en la que se induce una tensión relacionada con (causada por) los cambios de magnetización en la cinta (tira) 55; una bobina de compensación 54, que elimina el ruido eléctrico en la medición; y al menos una bobina 57 que establece el campo de polarización para el material magnetoelástico. Los diferentes valores de tensión inducidos en la bobina 53 en el intervalo seleccionado de frecuencias se miden mediante medios de medición 56, tales como un voltímetro 56. Por consiguiente, se obtiene una curva de valores de tensión con respecto a los valores de frecuencia. Esta curva puede proporcionar, en particular: la amplitud de la resonancia magnetoelástica (representada por la tensión máxima en la curva); la amplitud de la antirresonancia magnetoelástica (representada por la tensión mínima en la curva); las respectivas frecuencias de resonancia y antirresonancia magnetoelástica (frecuencias a las que se obtienen las tensiones máxima y mínima respectivamente); y los valores de amortiguamiento asociados a la anchura de la curva de resonancia y/o de la curva de antirresonancia.

A continuación, los medios de procesamiento (tales como los medios de procesamiento 2061 del sistema 1, 11 o los medios de procesamiento -no mostrados- comprendidos dentro del aparato 28') aplican un algoritmo para obtener la viscosidad del fluido sometido a inspección a partir de al menos uno de los parámetros obtenidos. Dicho de otra forma, a partir de al menos uno de la amplitud de la resonancia magnetoelástica (representada por la tensión

máxima en la curva); la amplitud de la antirresonancia magnetoelástica (representada por la tensión mínima en la curva); las respectivas frecuencias de resonancia y antirresonancia magnetoelástica (frecuencias a las que se obtienen las tensiones máxima y mínima respectivamente); y los valores de
5 amortiguamiento asociados a la anchura de la curva de resonancia y/o de la curva de antirresonancia. El algoritmo para calcular la viscosidad del fluido está fuera de la presente invención.

La bobina de compensación 54 está dispuesta en serie -pero devanada en dirección opuesta- con la bobina de captación 53 con el fin de suprimir la
10 tensión inducida directamente por la bobina de excitación 51, así como cualquier otra señal/ruido de fondo. De esta manera, se mejora considerablemente la relación señal/ruido.

En el aparato 28', el campo magnético que atrae partículas ferromagnéticas se genera usando la bobina 57, cuando la fuente 58 está
15 encendida. Después de que una corriente generada por la fuente 58 atraviesa esta bobina 57, se genera un campo magnético. La bobina 57 está diseñada de tal manera que el campo magnético es máximo en el medio de la bobina 57, por lo que las partículas ferromagnéticas serán atraídas hacia el área 27. Las partículas ferromagnéticas reaccionan al campo magnético generado,
20 moviéndose en la dirección del campo. Esto desplaza las partículas ferromagnéticas del campo de operación del sistema de captura de imágenes 201. La viscosidad del fluido 21 se mide ajustando el campo de polarización en una posición óptima para la cinta magnetoelástica 55. Después de esto, la bobina primaria 51 excita la cinta 55 conduciendo una tensión con
25 una frecuencia variable a través de ella. La respuesta a esta excitación se mide

en las bobinas 53 y 54. A partir de esa respuesta medida, medida, por ejemplo, usando el voltímetro 56, se obtienen la frecuencia resonante y la frecuencia antirresonante, la amplitud de la resonancia y de la antirresonancia y el amortiguamiento de las curvas de resonancia y de antirresonancia. Esto puede
5 hacerse en la electrónica 206, ya que el aparato 28, 28' está conectado preferentemente al sistema 1, 11 a través de una interfaz eléctrica (es decir, una interfaz cableada), o en medios de procesamiento específicos comprendidos en el aparato 28'. Estos parámetros están directamente relacionados con la viscosidad del fluido 21, como sabe un experto en la
10 materia. Por lo tanto, el aparato 28' posibilita la medición y el conteo de partículas ferromagnéticas en el fluido sometido a inspección, así como la viscosidad del fluido.

La figura 5A muestra una realización en la que el aparato 28' que comprende las bobinas 51, 53, 54, 57 está diseñado de tal manera que el
15 fluido 21 y la cinta magnetoelástica 55 se colocan en el interior de las bobinas, que rodean concéntricamente el fluido y la cinta. Esto aumenta el efecto de la excitación y el nivel de la señal inducida tanto como sea posible, maximizando, por lo tanto, el rendimiento de la configuración de medición. Como se muestra en la vista en sección transversal de la figura 5A, el aparato 28' está dispuesto
20 en contacto con el fluido 21 a monitorizar. En particular, en esta realización, a lo largo de su flujo. La cinta magnetoelástica 55 está dispuesta dentro del fluido 21. Está fijada preferentemente a la tubería o recipiente que contiene el fluido sometido a inspección. Puede fijarse con medios de enganche o de sujeción. En la figura 5A, los medios de sujeción 65 se muestran
25 esquemáticamente. Además, la cinta 55 está rodeada por la bobina 53. En

serie con la bobina 53, está dispuesta la bobina 54. Los puntos y cruces en la vista representan la dirección del devanado de las bobinas. Ambas bobinas 53, 54 están rodeadas por la bobina 51, que a su vez está rodeada por la bobina 57. El área 27 hacia la que son atraídas las partículas ferromagnéticas presentes en el fluido 21 está ubicada sustancialmente en el centro (dentro del devanado de la bobina 57). El campo magnético alterno generado en la bobina primaria 51 excita el material magnetoelástico 55 y produce resonancia magnetoelástica.

La figura 5B muestra una realización alternativa del aparato 28', en la que hay dos bobinas de polarización 57, 57' en lugar de una sola. El uso de dos bobinas 57, 57' puede simplificar el diseño del sistema 1, 11 o de los medios magnéticos 28', ya que facilita la implementación y el acceso al área 27 hacia la que son atraídas las partículas ferromagnéticas presentes en el fluido 21. Al disponer correctamente las bobinas 57, 57' sustancialmente a la misma distancia con respecto a esta área 27, las partículas ferromagnéticas son atraídas hacia el área 27.

Por ejemplo, la tira magnetoelástica 55 puede estar hecha del material comercial Vitrovac4040®, que tiene una composición nominal Fe39Ni39Mo4Si6B12. Cuando se proporciona en forma de banda, con un tamaño de 30 mm x 6 mm, tiene una resonancia magnetoelástica en 32 KHz y una antirresonancia en 36 KHz para una viscosidad del aceite de 32,4 cSt, medida a temperatura ambiente. La excitación, realizada con la bobina 51, en el ejemplo se realiza entre 20 KHz y 40 KHz con la fuente 52 de corriente alterna.

La viscosidad del fluido 21 se mide en el sistema 1, 11 como sigue, con

el aparato 28' (figuras 1, 2A-2D o 4):

En primer lugar, el campo de polarización se ajusta en un punto óptimo. El campo de polarización puede variar dependiendo del material, el tamaño y la forma de la tira magnetoelástica 55. Por ejemplo, en el caso del
5 Vitrovac 4040®, se ajusta en 535 Am-1.

A continuación, se realiza un barrido entre las frecuencias de referencia (entre las frecuencias inferior y superior) para el material magnetoelástico 55 en la bobina de excitación 51, excitando el material magnetoelástico. En el caso del Vitrovac 4040®, el barrido se realiza entre 20 kHz y 40 kHz.

10 A continuación, se mide la respuesta en la bobina de detección 53. En particular, los valores nominales de la tensión en una respectiva pluralidad de frecuencias previamente definidas se miden en el voltímetro 56. Del conjunto de valores de tensión y frecuencia medidos, se extrae al menos uno de los siguientes parámetros: la amplitud de la resonancia magnetoelástica, la
15 amplitud de la antirresonancia, la frecuencia de la resonancia magnetoelástica, la frecuencia de la antirresonancia, el amortiguamiento de la curva de resonancia magnetoelástica y el amortiguamiento de la curva de antirresonancia magnetoelástica. Preferentemente, se extraen todos estos parámetros. A partir de al menos uno de estos parámetros, se calcula la
20 viscosidad del fluido 21 aplicando medios convencionales que están fuera del alcance de la presente invención.

Estas mediciones se repiten, ya sea periódicamente o no periódicamente. Por consiguiente, se calcula y se registra la evolución en el tiempo de la viscosidad del fluido.

25 En resumen, el sistema para inspeccionar un fluido de la presente

invención posibilita la detección y el conteo de partículas, tanto ferromagnéticas como no ferromagnéticas, así como la determinación de la viscosidad del fluido sometido a inspección. Todas estas mediciones contribuyen a la detección temprana de fallas prematuras, impidiendo averías más graves en los
5 componentes de la maquinaria lubricada por el fluido sometido a inspección.

En todo este documento, la palabra "comprende" y sus variantes (tales como "que comprende", etc.) no deben interpretarse como que tienen un significado exclusivo, en otras palabras, no excluyen la posibilidad de que lo que se describe incorpore otros elementos, etapas, etc.

10 Al mismo tiempo, la invención no se limita a las realizaciones específicas descritas en el presente documento y también se extiende, por ejemplo, a variantes que puede realizar un experto habitual en la materia (por ejemplo, en lo que se refiere a la elección de materiales, dimensiones, componentes, configuración, etc.), dentro del alcance de lo que se infiere de las
15 reivindicaciones.

REIVINDICACIONES

1. Un sistema para inspeccionar un fluido (21) que comprende:
 - un sistema de iluminación (205) para iluminar un fluido (21) sometido a
 - 5 inspección en un área de detección de imágenes (25);
 - un sistema de captura de imágenes (201) para capturar una secuencia de imágenes del fluido (21) en el área de detección de imágenes (25);
 - medios magnéticos (28, 28') para generar un campo magnético hacia el
 - fluido (21) sometido a inspección, comprendiendo los medios magnéticos (28,
 - 10 28') al menos una bobina (57) para generar un campo magnético, de modo que las partículas ferromagnéticas comprendidas en el fluido (21) sometido a inspección no puedan alcanzar -o se retiren de- el área de detección de imágenes (25);
 - en donde el sistema de captura de imágenes (201) está configurado
 - 15 para capturar una imagen del fluido (21) ubicado en el área de detección de imágenes (25) antes de aplicar el campo magnético y una imagen del fluido (21) ubicado en el área de detección de imágenes (25) después de aplicar el campo magnético, por lo tanto libre de partículas ferromagnéticas;
 - medios de procesamiento configurados para comparar dichas imágenes
 - 20 del fluido (21) sometido a inspección y contar las partículas ferromagnéticas comprendidas en el fluido.
2. El sistema de la reivindicación 1, que comprende además un difusor (204) situado entre el sistema de iluminación (205) y el fluido (21) sometido a
- 25 inspección, configurado para proporcionar iluminación homogénea al área (25)

a iluminar.

3. El sistema de una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que comprende además una lente (202) situada entre el sistema de captura de
5 imágenes (201) y el fluido (21) sometido a inspección, configurada para enfocar las imágenes capturadas.

4. El sistema de una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde los medios magnéticos (28, 28') comprenden, además, medios para
10 medir la viscosidad que implementan una técnica basada en microvibraciones.

5. El sistema de la reivindicación 4, en donde el medio magnético (28') comprende:

una primera bobina (51) configurada para generar un campo magnético
15 alterno;

una tira magnetoelástica (55) sumergida en el fluido (21) sometido a inspección y configurada para ser excitada por el campo magnético alterno generado por la primera bobina (51) y para producir resonancia magnetoelástica;

20 una segunda bobina (53) en la que las tensiones relacionadas con la resonancia magnetoelástica de la tira magnetoelástica (55) se inducen dentro de un rango de frecuencias;

medios de medición (56) configurados para medir dichas tensiones inducidas en dicho rango de frecuencias;

25 en donde el medio de procesamiento está configurado además para

obtener la viscosidad del fluido (21) a partir de al menos un parámetro obtenido a partir de dichas tensiones inducidas y frecuencias, siendo dicho al menos un parámetro uno de: la amplitud de la resonancia magnetoelástica, la amplitud de la antirresonancia magnetoelástica, la frecuencia de la resonancia magnetoelástica, la frecuencia de la antirresonancia magnetoelástica, el amortiguamiento de la curva de resonancia magnetoelástica y el amortiguamiento de la curva de antirresonancia magnetoelástica.

6. El sistema de la reivindicación 5, que comprende además una bobina de compensación (54) para suprimir el ruido magnético generado por la primera bobina (51).

7. El sistema de la reivindicación 6, en donde la bobina de compensación (54) está dispuesta en serie -pero devanada en dirección opuesta- con la segunda bobina (53).

8. El sistema de una cualquiera de las reivindicaciones 5-7, que comprende además al menos una bobina (57, 57') adicional para ajustar el campo de polarización para la tira magnetoelástica (55).

9. El sistema de la reivindicación 8, en donde la bobina (57) para generar un campo magnético hacia el fluido (21) sometido a inspección para atraer partículas ferromagnéticas, es la al menos una bobina (57, 57') adicional del medio para medir la viscosidad.

10. El sistema de una cualquiera de las reivindicaciones 8-9, en donde la tira magnetoelástica (55) está rodeada por la segunda bobina (53), que, a su vez, está rodeada por la primera bobina (51), que, a su vez, está rodeada por la al menos una bobina (57, 57') adicional.

5

11. Un método para inspeccionar un fluido (21) dentro de un área de detección (25), que comprende:

iluminar un área de detección (25) que tiene un fluido (21) que tiene partículas suspendidas en el mismo;

10 capturar una imagen del fluido (21) en el área de detección (25);

generar un campo magnético hacia el área de detección de imágenes (25), de tal manera que las partículas ferromagnéticas comprendidas en el fluido (21) se retiren de -o se impida que alcancen- el área de detección de imágenes (25);

15 capturar una imagen del fluido (21), libre de partículas ferromagnéticas - en el área de detección (25);

comparar dichas imágenes del fluido y contar las partículas ferromagnéticas comprendidas en el fluido.

20 12. El método de la reivindicación 11, que comprende además medir la viscosidad del fluido (21) como sigue:

generar un campo magnético alterno en una primera bobina (51);

25 excitar una tira magnetoelástica (55) sumergida en el fluido (21) sometido a inspección, produciendo, por consiguiente, una resonancia magnetoelástica;

en una segunda bobina (53), inducir tensiones relacionadas con la resonancia magnetoelástica de la tira magnetoelástica (55) dentro de un rango de frecuencias;

medir dichas tensiones inducidas en dicho rango de frecuencias;

- 5 obtener la viscosidad del fluido (21) a partir de al menos un parámetro obtenido de dichas tensiones inducidas y frecuencias, siendo dicho al menos un parámetro uno de: la amplitud de la resonancia magnetoelástica, la amplitud de la antirresonancia magnetoelástica, la frecuencia de la resonancia magnetoelástica, la frecuencia de la antirresonancia magnetoelástica, el
10 amortiguamiento de la curva de resonancia magnetoelástica y el amortiguamiento de la curva de antirresonancia magnetoelástica.

13. Un programa informático que comprende medios de código de programa informático adaptados para realizar las siguientes etapas cuando dicho
15 programa se ejecuta en un ordenador, un procesador de señal digital, una matriz de puertas programables de campo, un circuito integrado de aplicación específica, un microprocesador, un microcontrolador o cualquier otra forma de hardware programable:

generar un campo magnético alterno en una primera bobina (51);

- 20 excitar una tira magnetoelástica (55) sumergida en el fluido (21) sometido a inspección, produciendo, por consiguiente, una resonancia magnetoelástica;

- en una segunda bobina (53), inducir tensiones relacionadas con la resonancia magnetoelástica de la tira magnetoelástica (55) dentro de un rango
25 de frecuencias;

medir dichas tensiones inducidas en dicho rango de frecuencias;

obtener la viscosidad del fluido (21) a partir de al menos un parámetro obtenido de dichas tensiones inducidas y frecuencias, siendo dicho al menos un parámetro uno de: la amplitud de la resonancia magnetoelástica, la amplitud de la antirresonancia magnetoelástica, la frecuencia de la resonancia magnetoelástica, la frecuencia de la antirresonancia magnetoelástica, el amortiguamiento de la curva de resonancia magnetoelástica y el amortiguamiento de la curva de antirresonancia magnetoelástica.

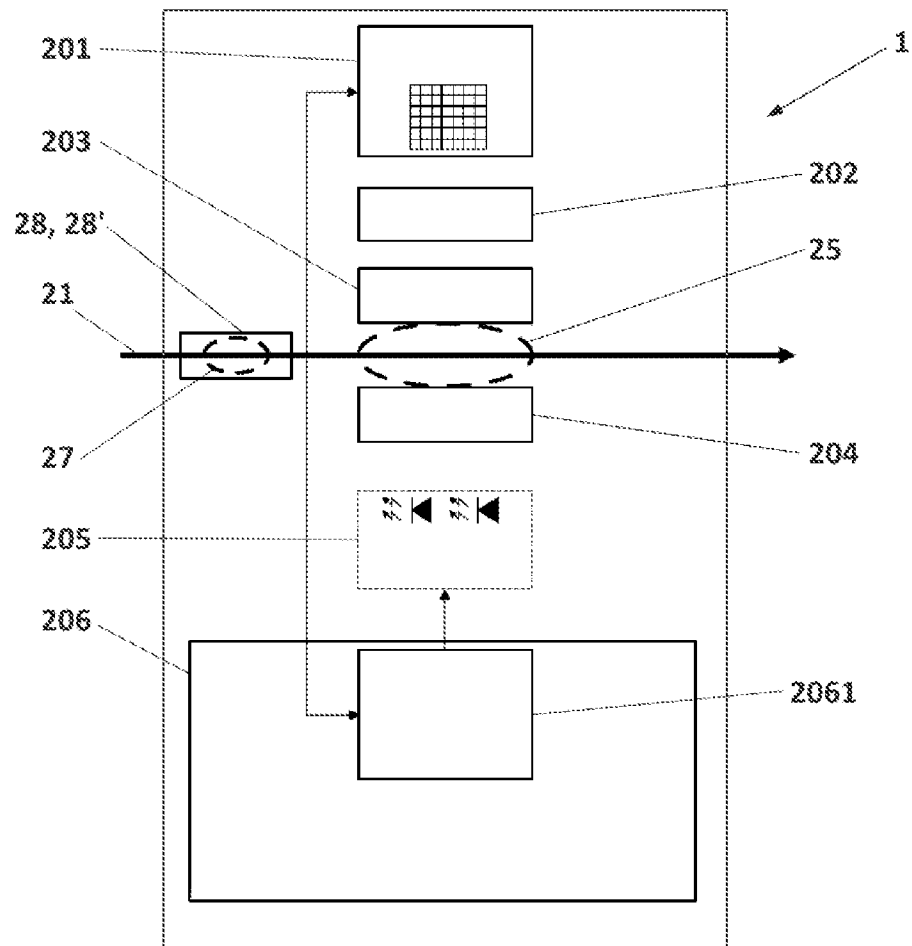


FIG. 1

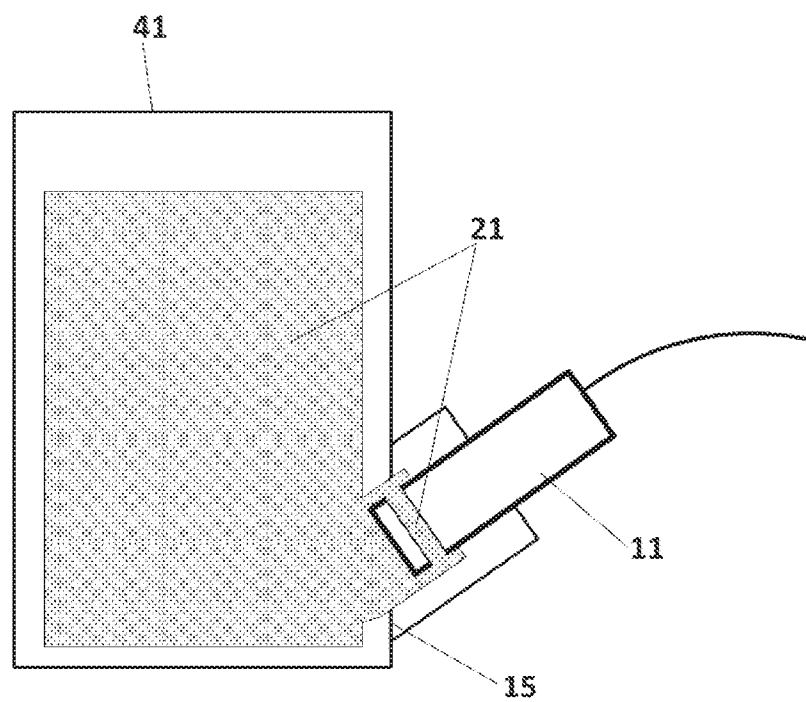


FIG. 2A

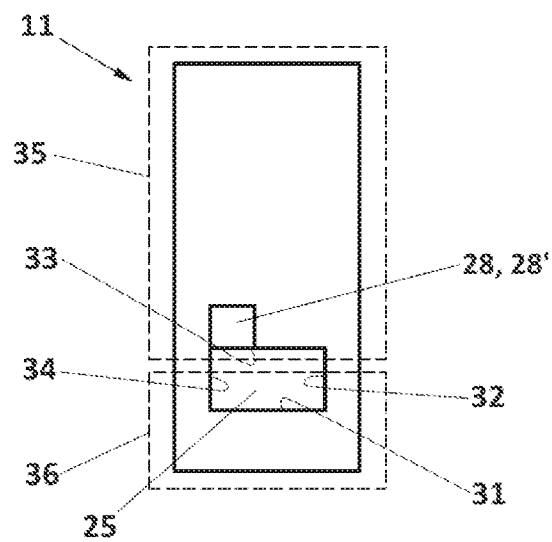


FIG. 2B

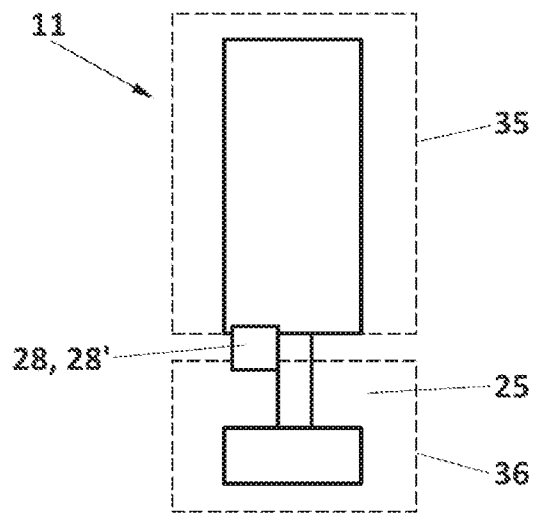


FIG. 2C

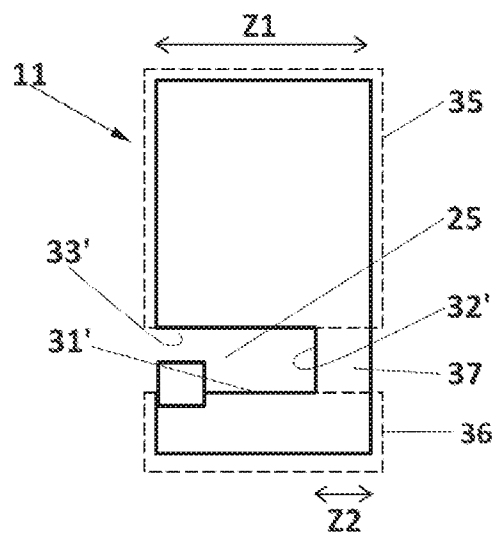


FIG. 2D

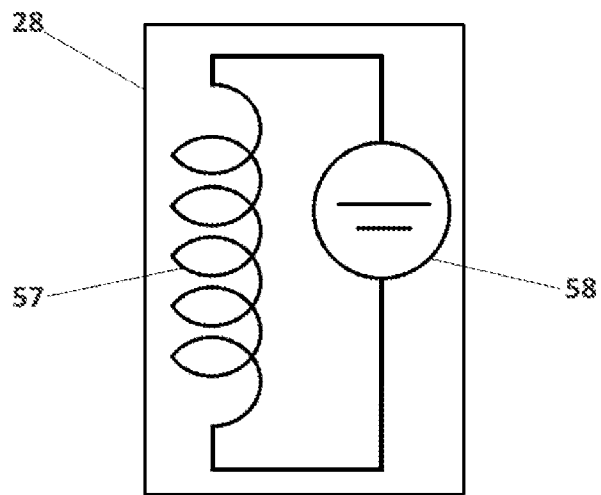


FIG. 3A

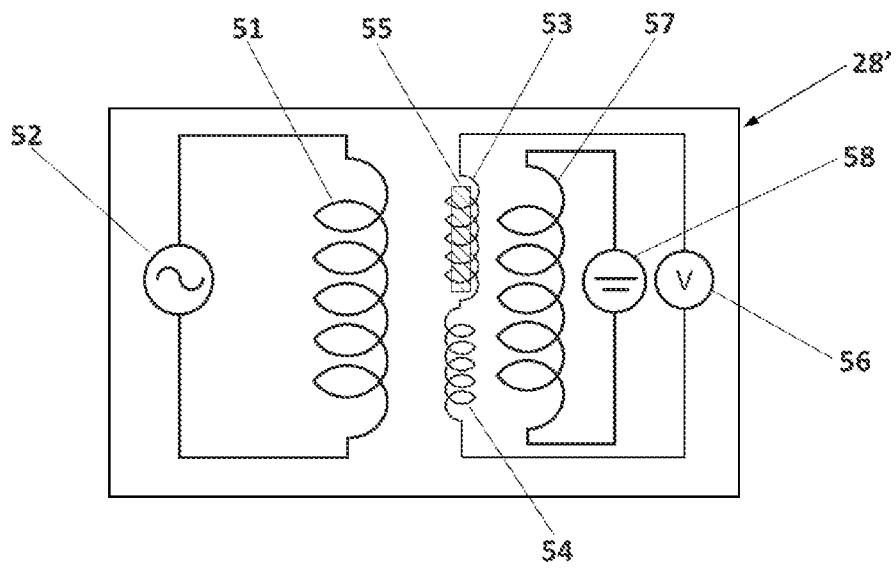


FIG. 3B

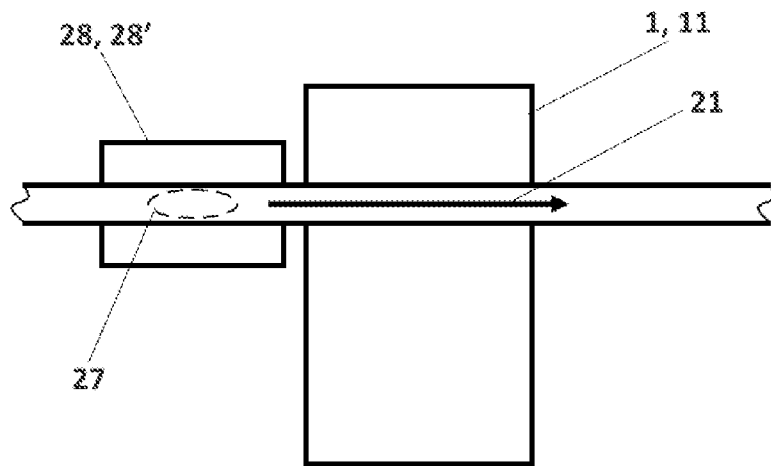


FIG. 4

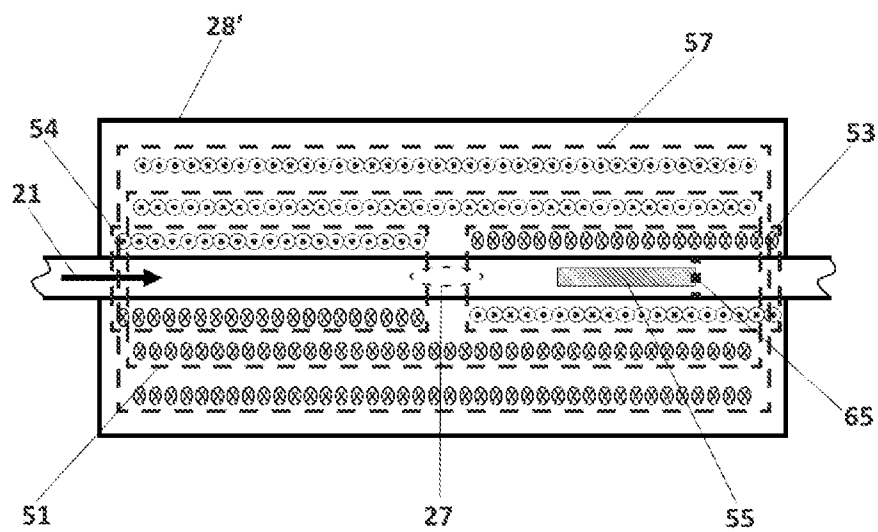


FIG. 5A

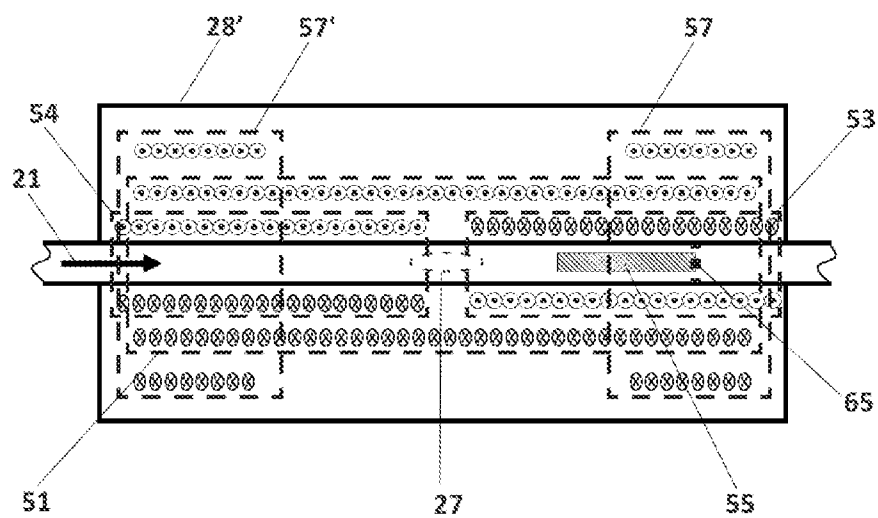


FIG. 5B