

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 987 198**

51 Int. Cl.:

G01D 11/30 (2006.01)

F16B 31/02 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **19.03.2020** **PCT/GB2020/050737**

87 Fecha y número de publicación internacional: **01.10.2020** **WO20193956**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **19.03.2020** **E 20716865 (9)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **04.09.2024** **EP 3743690**

54 Título: **Unidad de detección de conjunto de fijación**

30 Prioridad:

26.03.2019 GB 201904172

03.05.2019 GB 201906318

26.05.2019 GB 201907447

13.06.2019 GB 201908506

05.08.2019 GB 201911161

28.08.2019 GB 201912349

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

14.11.2024

73 Titular/es:

SALUNDA LIMITED (100.0%)

6 Avonbury Business Park

Howes LaneBicesterOxfordshire OX26 2UA, GB

72 Inventor/es:

FINLAY, ALAN PATRICK JOHN;

PICKLES, PHILIP SAMUEL y

NEWTON, JOHN MARK

74 Agente/Representante:

PONS ARIÑO, Ángel

ES 2 987 198 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

Unidad de detección de conjunto de fijación

- 5 La presente invención se refiere a una unidad de detección para monitorizar el movimiento de conjuntos de fijación, particularmente conjuntos de fijación en aplicaciones claves para la seguridad o inaccesibles.

10 Las sujeciones y los pernos se utilizan para unir de forma segura estructuras o ruedas, por ejemplo, vigas y viguetas, discos, cojinetes, válvulas, bridas y placas, que se utilizan en la industria, por ejemplo, para ensamblar y retener la superestructura o la grúa en un barco, o una grúa de perforación en una plataforma de petróleo o gas. Igualmente, los pernos pueden ser fundamentales para la integridad de una válvula, bridas, sello, accesorio de tubería o dispositivo antirreventones. Se proporciona una serie de elementos de fijación en toda la estructura para unir de forma segura elementos rígidos como vigas, manivelas, ruedas o placas. Se utilizan pernos, remaches o sujeciones para asegurar las uniones entre las secciones de rieles, vigas o viguetas. Los pernos están provistos de tuercas o sujeciones como parte de conjuntos montados en las estructuras. Un conjunto normalmente comprende: una cabeza de perno, una rosca, arandelas y una tuerca soportada de manera giratoria en la rosca del perno. Las tuercas se cierran para retener los pernos que unen las estructuras.

20 Los pernos y las sujeciones se inspeccionan de forma rutinaria para garantizar la rigidez y la integridad mecánica de las estructuras. Los pernos y las sujeciones se deterioran de diversas formas. Por ejemplo, la vibración puede hacer que los pernos se aflojen y la exposición ambiental provoca la corrosión y la desintegración de las sujeciones. El esfuerzo puede hacer que los pernos se fatiguen y se corten, y la deformación puede hacer que los pernos se alarguen, se agrieten y fallen. Si una sujeción se abre por error y un miembro rígido, tal como una viga, está presente, entonces puede fallar con consecuencias catastróficas e incluso mortales. En una grúa, por ejemplo, la vibración excesiva debido a la perforación, las sacudidas o las tuberías atascadas puede provocar el fallo de los elementos estructurales, como los rieles de ascensor. Ocasionalmente, un perno se afloja debido a una vibración excesiva y prolongada con consecuencias perturbadoras y graves, tales como el fallo de un miembro mecánico y la caída de un objeto.

30 En el contexto de la industria petrolera, los tubos conductores se ensamblan a partir de grandes secciones de tubulares y se utilizan para conectar brocales con plataformas. Las plataformas pueden incluir plataformas de producción, embarcaciones de producción y almacenamiento flotante en alta mar (FPSO), unidades móviles de perforación en alta mar (MODU), como barcos de perforación, semisumergibles o autoelevables. Las secciones de tubo conductor son tubulares, por ejemplo, tubos fabricados de acero, aleación o compuesto, que conducen fluidos de formación a la superficie o, durante la perforación, conducen fluidos de perforación hacia o desde el pozo. En los pozos de inyección, se pueden desplegar tubos conductores para inyectar fluidos en la formación. Los tubos conductores pueden conectar redes de líneas de flujo y colectores de múltiples pozos. Los tubos conductores vienen en varias dimensiones y especificaciones, y pueden incluir grandes secciones para el despliegue submarino a alta presión. Cuando están montadas, las secciones de tubo conductor están apiladas y las bridas selladas acoplan secciones de tubo conductor en conductos continuos que transportan fluidos a presión y preservan la integridad del pozo y de la plataforma. Por lo tanto, la condición de cada sección de tubo conductor es esencial y las secciones de tubo conductor se inspeccionan rutinariamente en busca de defectos, corrosión y fugas. El espesor y el estado de las sujeciones, como los pernos, son de particular importancia. Las técnicas de inspección no destructiva (END), la inspección visual y el mantenimiento de registros se encuentran entre los métodos utilizados para registrar y validar la integridad de las conexiones. Varias medidas, como el espesor de la sección transversal del perno, la condición de la superficie y los registros manuales, se pueden usar en cálculos y modelos para analizar la condición y la integridad de los pernos de tubo conductor. Estos métodos pueden formar parte del servicio periódico especial (SPS) o regímenes reglamentarios para verificar la integridad de los tubos conductores y la seguridad de las operaciones. Por ejemplo, se puede mantener un registro para cada sección del tubo conductor, incluidos los registros para el despliegue bajo el agua, recuentos que incluyen la profundidad y la duración del despliegue.

50 Las secciones de tubo conductor, cuando no se usan, se apilan en la cubierta de la embarcación o plataforma. Estas secciones de tubo conductor están etiquetadas, a menudo manualmente. La ubicación, el tipo y el historial de cada sección de tubo conductor se anota y generalmente se registra manualmente. Estos registros se inspeccionan y producen cada vez que el tubo conductor se implementa o valida por terceros como parte de SPS o un proceso de certificación. Las secciones de tubo conductor pueden desplegarse permanentemente en una MODU o plataforma particular, o moverse a otras ubicaciones para operaciones. Estas secciones de tubo conductor pueden emplearse globalmente o en una región particular. Las secciones de tubo conductor tienen un valor significativo y pueden ser reacondicionadas o reparadas periódicamente por fabricantes o contratistas, una plataforma de petróleo o gas. En consecuencia, existe el requisito de monitorizar cada sección de tubo conductor a lo largo de su vida útil tanto mientras se despliega como en almacenamiento.

65 Para validar la integridad de las estructuras, la inspección de rutina de las sujeciones puede ser obligatoria y se realiza con frecuencia de acuerdo con las normas de los organismos industriales como API, NAS, ASME, ASTI, BSEE. De manera similar, la inspección y las pruebas pueden ser necesarias como parte de la obtención o el mantenimiento de la clase de embarcación o la aprobación de tipo con organizaciones como DNV-GL, ABS (American Bureau of Shipping) o Lloyds Register. Los pernos y las sujeciones se utilizan bajo el mar de forma temporal y permanente. Por

ejemplo, los pernos que aseguran secciones de paquetes de tubos conductores marinos inferiores y BOP (bloqueadores de reventones), pueden inspeccionarse de forma rutinaria como parte del mantenimiento y la verificación durante y entre operaciones. Esta necesidad de confirmar la integridad de las sujeciones en las juntas de la estructura es esencial.

5 La inspección manual por equipos de especialistas puede incluir realizar diversas pruebas de rigidez torsional y de par. Estas inspecciones son continuas durante la vida útil de una estructura en alta mar, ya sea una plataforma o una unidad móvil de perforación en alta mar (MODU). Estas inspecciones pueden ser laboriosas, peligrosas y lentas, y requerir una amplia formación y precauciones de seguridad. Los equipos de técnicos inspeccionarán manualmente una estructura y realizarán pruebas en las sujeciones para determinar el par y la rigidez por medio de acceso por cuerda, o escaleras o usando un recogedor de cerezas o de otra manera, en condiciones, a menudo, peligrosas. Los técnicos están expuestos a la intemperie, a la caída de objetos y a otros peligros del trabajo en altura. Las interrupciones en las operaciones pueden ser costosas y provocar retrasos en la trayectoria esencial de un programa de perforación o programa de producción. Estos incidentes graves han creado un requisito para una solución que pueda remotamente, y sin inspección manual por medio de acceso por cuerda o interrupción del servicio y tiempo de inactividad, por ejemplo, detectar y confirmar el estado de una sujeción en la grúa de perforación o en el equipo.

En consecuencia, existe la necesidad de un dispositivo que reduzca la necesidad de inspección manual de sujeciones y conjuntos de fijación, mejorando así la seguridad operativa y de los trabajadores, y reduciendo los retrasos debidos a las inspecciones. Además, existe la necesidad de un dispositivo que pueda retroadaptarse o instalarse fácilmente en, o cerca de, una sujeción, y capaz de monitorizar permanentemente la integridad de la sujeción mientras transmite periódicamente, de forma inalámbrica o por otros medios, el estado de la sujeción a un controlador para su análisis y visualización del estado, de cambios y de tendencias.

25 El documento DE-10/2016215202, en el que se basa la formulación en dos partes de la reivindicación 1, divulga una unidad de detección para una sujeción de tornillo, comprendiendo la unidad de detección un montaje en forma de tapa que une rígidamente la unidad de detección a un elemento de la sujeción de tornillo; un sensor inductivo configurado para detectar el movimiento de la sujeción de tornillo; y un dispositivo de evaluación dispuesto para procesar la salida del sensor para detectar el movimiento relativo de los elementos del elemento de fijación de tornillo y permitir la visualización de dicho movimiento relativo.

El documento US-9964134 divulga una unidad de detección que se incorpora en un núcleo de un perno, comprendiendo la unidad de detección un sensor de esfuerzo configurado para detectar fuerza, carga, tensión o fuerzas de compresión sobre el perno.

35 El documento DE-10/2007015927 divulga un sensor para una sujeción de elemento giratorio, comprendiendo la unidad de detección un montaje en forma de tapa que une rígidamente la unidad de detección adyacente a la sujeción; y un sensor configurado para detectar la presencia o posición de la sujeción de tornillo; y una unidad de evaluación dispuesta para procesar la salida del sensor para detectar el aflojamiento de la sujeción y emitir una señal de advertencia en respuesta a la detección de dicho aflojamiento.

45 El documento WO-2018/093273 divulga un sistema para monitorizar elementos de equipos de perforación o control de pozos, comprendiendo el sistema cámaras que están dispuestas en una unidad de perforación móvil para obtener imágenes de los elementos del equipo de perforación o control de pozos; y un sistema informático que está dispuesto para procesar datos recibidos de las cámaras para identificar y monitorizar los elementos del equipo de perforación o control de pozos. El sistema informático puede analizar imágenes secuencialmente en el dominio del tiempo para rastrear la dirección del equipo, localizando elementos específicos del equipo de perforación y control de pozos en los datos de imágenes y comparando esa ubicación con ubicaciones de datos de imágenes anteriores.

50 De acuerdo con un aspecto de la invención, se proporciona una unidad de detección para un conjunto de fijación, comprendiendo la unidad de detección un montaje dispuesto para unir rígidamente la unidad de detección a, o adyacente a, un conjunto de fijación; un sensor de flujo óptico configurado para detectar el movimiento del conjunto de fijación; y un procesador dispuesto para procesar la salida del sensor de flujo óptico para detectar el aflojamiento del conjunto de fijación y para emitir una señal que representa el estado del conjunto de fijación.

55 De esta manera, el dispositivo de monitorización tiene la ventaja de reducir la frecuencia de la inspección manual y ordenar a los técnicos que mantengan ciertas sujeciones basándose en el análisis de datos y tendencias, el mantenimiento predictivo y cambios críticos en el estado. Los beneficios incluirían costes laborales reducidos, gastos sufragados, riesgo de HSE (salud, seguridad y entorno) minimizado y menos interrupciones de las operaciones para el mantenimiento programado. Al proporcionar un procesador integrado en la unidad de detección, la unidad de detección puede generar y transmitir una señal de monitorización simple. Esta será más robusta y menos propensa a la pérdida de datos que a transmitir la salida de un sensor directamente.

60 El conjunto de fijación puede ser de cualquier tipo, incluidos los expuestos anteriormente.

65 En una realización, la unidad de detección comprende, además, una unidad de comunicación inalámbrica dispuesta

para comunicar la señal. La comunicación inalámbrica es particularmente ventajosa cuando la unidad de detección está montada en una ubicación inaccesible o remota.

En una realización, el sensor está configurado para detectar la rotación angular o el movimiento axial del conjunto de fijación. La rotación angular y el movimiento axial son indicativos de aflojamiento o posible fallo del conjunto de fijación y, por lo tanto, detectar este tipo de movimiento es particularmente importante.

En una realización, el sensor está configurado para detectar la rotación angular o el movimiento axial del conjunto de fijación con respecto a un objeto que fija el conjunto de fijación. Este tipo de movimiento puede ser indicativo de estiramiento o fatiga del conjunto de fijación, y detectarlo rápidamente puede evitar el fallo del conjunto de fijación.

En una realización, el sensor está configurado para detectar la rotación angular o el movimiento axial de partes del conjunto de fijación entre sí. Este tipo de movimiento puede indicar un aflojamiento del conjunto de fijación, por ejemplo, una tuerca que se pierde en su respectivo perno.

En una realización, el montaje está dispuesto para unir rígidamente la unidad de detección al conjunto de fijación. Esto puede ser ventajoso al conectar la unidad de detección al conjunto de fijación, de modo que permanezca en la posición correcta para una detección robusta con respecto al conjunto de fijación.

En una realización, el conjunto de fijación incluye una porción de acoplamiento que se acopla a un objeto que fija el conjunto de fijación, y el montaje está dispuesto para unir rígidamente la unidad de detección a la porción de acoplamiento del conjunto de fijación. Una porción de acoplamiento, tal como una tuerca o la cabeza de un perno, tendrá típicamente una forma y dimensión estandarizadas y, por lo tanto, será particularmente conveniente como punto de unión.

En una realización, el sensor de flujo óptico está configurado para detectar la rotación angular de la porción de acoplamiento con respecto al objeto. Los sensores de flujo óptico están bien desarrollados y proporcionan un método fiable para detectar movimiento, particularmente el movimiento perpendicular a un eje del sensor.

En una realización, el montaje está dispuesto para unir rígidamente la unidad de detección adyacente al conjunto de fijación. En una realización, la unidad de detección está montada adyacente al conjunto de fijación. Dependiendo del entorno o del diseño del conjunto de fijación, puede ser más conveniente ubicar la unidad de detección adyacente a, en lugar de directamente sobre, el conjunto de fijación. Por ejemplo, la unidad de detección puede unirse a una superficie adyacente al conjunto de fijación.

En una realización, la unidad de detección comprende, además, un sensor de corriente de Foucault configurado para monitorizar el estado del conjunto de fijación. En una realización, la unidad de detección comprende, además, un procesador dispuesto para procesar la salida del sensor de corrientes de Foucault. Se puede usar un sensor de corriente de Foucault para detectar cambios en la condición del conjunto de fijación que pueden no provocar el movimiento del conjunto de fijación, como la fatiga en metal.

De acuerdo con un aspecto de la invención, se proporciona una unidad de detección de acuerdo con la invención en combinación con un conjunto de fijación. Esto puede mejorar la conveniencia de instalar la unidad de detección, por ejemplo, si la unidad de detección está integrada en el conjunto de fijación.

Las realizaciones de la presente invención se describirán ahora a modo de ejemplo no limitativo con referencia a los dibujos adjuntos, en los que:

las figuras 1(a) a 1(d) representan la configuración típica de un conjunto de fijación estándar;

la figura 2 muestra longitudes de la sección de tubo conductor del tipo en el que se puede usar la unidad de detección;

la figura 3 muestra longitudes de sección de tubo conductor con módulos de flotabilidad del tipo en el que se puede usar la unidad de detección;

la figura 4 muestra un conjunto de tubo conductor en uso;

la figura 5 muestra una vista detallada de un conjunto de tubo conductor y conjuntos de fijación en el mismo;

la figura 6 muestra una vista en perspectiva de una unidad de detección con un cuerpo y una tapa;

la figura 7 muestra una vista lateral de una unidad de detección con un cuerpo y una tapa;

la figura 8 es un esquema de una unidad de detección que usa un sensor de flujo óptico y está montado en un perno del conjunto de fijación para detectar la rotación del conjunto de fijación con respecto al objeto que fija el conjunto de fijación;

la figura 9 es un esquema de una unidad de detección que usa un sensor de flujo óptico y está montado en una tuerca del conjunto de fijación para detectar la rotación del conjunto de fijación con respecto al objeto que fija el conjunto de fijación;

5

la figura 10 es un esquema de una unidad de detección que usa un sensor de flujo óptico y está montado en una tuerca del conjunto de fijación para detectar la rotación de una parte del conjunto de fijación con respecto a otra parte del conjunto de fijación;

10 la figura 11 es un esquema de una unidad de detección del tipo mostrado en la figura 8 y que incluye, además, un sensor de corrientes de Foucault;

las figuras 12(a) a 12(h) muestran vistas de una unidad de detección y disposiciones para montar la unidad de detección en un objeto;

15

las figuras 13(a) y 13(b) muestran vistas de la unidad de detección de la figura 12 montada en un conjunto de fijación para detectar una orientación axial y una rotación angular;

20 las figuras 14(a) a 14(h) muestran vistas de una unidad de detección con un montaje alternativo que se puede montar en una amplia gama de conjuntos de fijación.

las figuras 15(a) a 15(c) muestran vistas de la unidad de detección de la figura 14 montada en un conjunto de fijación para detectar una orientación axial o rotación angular para determinar el estado o comportamiento o funcionalidad de un conjunto de fijación;

25

la figura 16 muestra una unidad de detección que puede retroadaptarse a conjuntos de fijación de diversos tamaños usando una disposición de montaje modular y un paquete de sensores común;

30 la figura 17 muestra una unidad de detección del tipo mostrado en la figura 10 que puede retroadaptarse a conjuntos de fijación de diversos tamaños usando una disposición de montaje modular y un paquete de sensores común;

la figura 18 muestra diferentes montajes para unidades de detección;

35 las figuras 19(a) y 19(b) muestran montajes para unidades de detección montadas adyacentes a un perno del conjunto de fijación para detectar la rotación del conjunto de fijación con respecto al objeto que fija el conjunto de fijación;

las figuras 20(a) a 20(c) muestran montajes del tipo mostrado en la figura 19 usados para unir una unidad de detección adyacente a un conjunto de fijación;

40 las figuras 21(a) y 21(b) muestra un montaje alternativo para unidades de detección del tipo mostrado en las figuras 21 y 22;

las figuras 22(a) a 22(c) muestran montajes del tipo mostrado en la figura 21 usados para unir una unidad de detección adyacente a un conjunto de fijación;

45

la figura 23 muestra una unidad de detección montada en una junta o superficie adyacente a un conjunto de fijación para medir la holgura de una superficie de un componente del conjunto de fijación (por ejemplo, perno de cabeza hexagonal) y para determinar si el conjunto de fijación se ha movido con respecto a la unidad de detección;

50 la figura 24 es una vista alternativa de la unidad de detección de la figura 23;

la figura 25 muestra una unidad de detección alternativa montada adyacente a un conjunto de fijación para detectar el movimiento del conjunto de fijación;

55 la figura 26 muestra un esquema de una unidad de detección; y

la figura 27 es un diagrama de flujo de un método para detectar el estado de un conjunto de fijación.

60 La presente divulgación se refiere a una unidad de detección 10 para un conjunto de fijación 100. La unidad de detección 10 también puede conocerse como una unidad de monitorización o un conjunto de detección. La unidad de detección 10 puede ser una unidad de detección 10 inalámbrica que puede retroadaptarse a un conjunto de fijación 100 para detectar la orientación y confirmar el estado, de una sujeción, perno, tapa, cabeza de perno, espárrago, tornillo, tornillo de cabeza, arandela o remache para una estructura rígida o montar un miembro giratorio.

65 Las aplicaciones de la unidad de detección 10 pueden ser para sujeciones que son particularmente esenciales, como en el procesamiento de hidrocarburos o embarcaciones de alta presión o atmósferas inflamables, o en ubicaciones

que son difíciles de alcanzar, como tubos conductores submarinos o palas de turbina eólica. A su vez, la unidad de detección 10 puede aplicarse a conjuntos de fijación 100 que se fabrican y rompen con frecuencia, como en conexiones para tubos conductores de perforación submarinos. La unidad de detección 10 puede aplicarse a la monitorización de estructuras dentro de la grúa de perforación que experimentan un alto impacto, una alta vibración o una alta deformación, como los pernos que aseguran los rieles de guía para sistemas de propulsión superior. De manera similar, la unidad de detección 10 puede montarse en conjuntos de fijación 100 en mecanismos de enlace de un sistema de propulsión superior, o en ruedas o máquinas rotativas, o en bridas, para confirmar el estado, la integridad y la condición del equipo, de la maquinaria rotatoria y de las tuberías, y para evitar caídas de objetos o fallas de equipos en servicio dentro de la grúa de perforación o alrededor de una instalación. Igualmente, la unidad de detección 10 podría usarse para monitorizar juntas, sujeciones, remaches, pernos y soldaduras y para demostrar el cumplimiento de la práctica recomendada API 4G para la operación, inspección, mantenimiento y reparación de estructuras de perforación y servicio de pozos, y 4F para estructuras de perforación. La unidad de detección 10 podría desplegarse dondequiera que las sujeciones sean esenciales para la integridad de las conexiones y juntas. Por ejemplo, en juntas difíciles de inspeccionar, como palas de turbinas eólicas, pilones, monopolitos, juntas ferroviarias, pernos submarinos, tubos conductores submarinos, árboles de Navidad submarinos (árboles), árboles de Navidad superficiales, líneas de estrangulamiento, en sujeciones o conexiones y bridas utilizadas en atmósferas inflamables tales como el procesamiento de hidrocarburos, a lo largo de las flotas de fracturación hidráulica, paquetes o camisas de tubos conductores marinos inferiores. En particular, el fallo de los pernos H4 utilizados en los tubos conductores de perforación submarinos y los paquetes de tubos conductores marinos inferiores puede provocar fugas de fluidos de perforación e hidrocarburos o una pérdida catastrófica del control del pozo y una explosión. La unidad de detección 10 puede aprovecharse como un sistema de monitorización para una sección de tubo conductor de perforación o producción. La unidad de detección 10 puede utilizarse dondequiera que las sujeciones sean esenciales y se fabriquen y rompan con frecuencia, como en las secciones de conexión de pernos del tubo conductor de perforación.

En uso operativo, la unidad de detección 10 puede eliminar la necesidad de un observador en la grúa de perforación que compruebe si se han soltado juntas, pernos y sujeciones que se consideran un riesgo de caída de tipo DROPS. La unidad de detección 10 podría usarse para rastrear el estado de una sujeción en servicio en una estructura, brida, placa, junta, válvula, tubería o máquina de tipo esencial y su salida utilizada en retroalimentación para planificar y dirigir el mantenimiento y evitar fallos de manera oportuna.

El conjunto de fijación 100 representado en la figura 1 comprende dos placas o superficies 101 y 102 para formar una junta, un perno roscado 103 o tornillo, una cabeza 104, arandelas 106 y una tuerca 105. De manera similar, esto podría formar un remache o tornillo. De manera opcional, el conjunto de fijación 100 puede ser una sujeción de tubo conductor.

La figura 2 muestra ejemplos de secciones de tubo conductor 5 comúnmente utilizadas en la industria del petróleo y el gas, que pueden unirse entre sí usando conjuntos de fijación 100 como el que se muestra en la figura 1. La figura 3 muestra ejemplos adicionales de secciones de tubo conductor 5 que incluyen módulos de flotabilidad. La figura 4 muestra un tubo conductor 1, compuesto por varias secciones de tubo conductor 5, en uso y conectados a una grúa de perforación de petróleo.

La figura 5 muestra la construcción de un tubo conductor 1 estándar, cada uno con una pluralidad de secciones de tubo conductor 5. Las secciones de tubo conductor 5 se proporcionan cada una como parte de los respectivos conjuntos de tubo conductor 2 montados en series a lo largo del tubo conductor 1. Cada conjunto de tubo conductor 2 puede comprender dos o más secciones de tubo conductor 5.

Se describirán dos tipos de conjunto de tubo conductor 2, siendo el primer tipo para perforación y el segundo tipo para producción. Los dos tipos de conjunto de tubo conductor 2 tienen una construcción que es generalmente la misma, salvo porque las especificaciones de las secciones de tubo conductor 5 son diferentes, según sea apropiado para retener diferentes tipos de fluidos, con un cambio correspondiente en el ancho y los materiales de la pared de la tubería a partir de la cual se fabrican las secciones de tubo conductor 5. Por lo tanto, se proporciona una descripción común usando números de referencia comunes. La siguiente descripción se aplica igualmente al primer y al segundo tipo de conjunto de tubo conductor 2 y, de hecho, a cualquier conjunto de tubo conductor 2, excepto cuando se hace referencia específica a uno de los tipos primero y segundo.

El conjunto de tubo conductor 2 comprende una sección de tubo conductor 5 que comprende una brida de tubo conductor 3a y un cuerpo alargado 3b que se extiende entre las bridas 3a. El conjunto de tubo conductor 2 se acopla usando espárragos (también denominados pernos) 4 y tuercas 4a que se unen a través de aberturas de espárrago en la brida de tubo conductor 3a. El conjunto de tubo conductor 2 también comprende chalecos de flotabilidad 5a y amarres 6a, ambos asegurados a la sección de tubo conductor 5.

La unidad de detección 10 puede retroadaptarse en, o integrarse con, el perno de tubo conductor 4 o la tuerca 4a. La unidad de detección 10 comprende un alojamiento 11, una fuente de alimentación 14, uno o más sensores y una o más fuentes de luz, medios de comunicación acústicos o inalámbricos.

La unidad de detección 10 puede montarse opcionalmente en la sección de tubo conductor 5, en el espárrago 4, en

las tuercas 4a o brida 3a de un conjunto de tubo conductor 2, que puede ser, por ejemplo, de los tipos descritos anteriormente con referencia a la figura 5. Por ejemplo, la unidad de detección 10 puede proporcionarse integralmente con la sección de tubo conductor 5 o el espárrago 4 o la tuerca 4a durante la fabricación. Como alternativa, la unidad de detección 10 puede configurarse para unirse a una sección de tubo conductor 5 preexistente.

La unidad de detección 10 comprende un montaje dispuesto para unir rigidamente la unidad de detección 10 a, o adyacente a, un conjunto de fijación 100. La unidad de detección 10 puede comprender opcionalmente un miembro de sujeción, que actúa como el montaje. El montaje puede estar configurado para asegurar la unidad de detección 10 a la sección de tubo conductor 5, al conjunto de fijación 100, al espárrago 4 o a la tuerca 4a.

Las figuras 6 y 7 ilustran una realización en la que el alojamiento 11 de la unidad de detección 10 puede insertarse a través de un orificio en la sección de tubo conductor 5, tal como un orificio de perno o una abertura de perno, y un montaje provisto en el extremo opuesto del orificio al alojamiento 11 y configurado para asegurar el alojamiento 11 a la sección de tubo conductor 5. Por ejemplo, el miembro de sujeción puede estar configurado para atornillarse en una rosca dentro del alojamiento 11. Sin embargo, se puede usar cualquier sistema de fijación para fijar el montaje al alojamiento 11. Como alternativa, el alojamiento 11 puede estar provisto de una porción de tornillo, y la unidad de detección 10 configurada para atornillarse en una rosca dentro de la sección de tubo conductor 5. Como alternativa, la unidad de detección 10 puede estar provista de orificios a través de los cuales se pueden roscar pernos para retener la unidad de detección 10. Por último, el alojamiento 11 puede incluir orificios, formados integralmente, o una placa que puede soldarse para su fijación permanente al conjunto de fijación de tubo conductor 100 para proporcionar un registro continuo del despliegue de la fijación de tubo conductor, su ubicación y su condición. De este modo, se puede proporcionar una unidad de detección 10 compacta y fácil de instalar. La unidad de detección 10 puede comprender, además, opcionalmente, un dispositivo de retención de respaldo que está configurado para unir la unidad de detección 10 a un componente del conjunto de fijación de tubo conductor 100. Por ejemplo, el dispositivo de retención de respaldo puede comprender una hebra de alambre o cuerda unida tanto a la sección de tubo conductor 5 como a la unidad de detección 10. De este modo, si el montaje falla, el dispositivo de retención de respaldo garantiza que la unidad de detección 10 no se caiga y dañe otros equipos o al personal. De este modo, puede proporcionarse una unidad de detección 10 más segura.

Opcionalmente, la unidad de detección 10 puede integrarse en la sección de tubo conductor 5, o pernos 4, o tuercas 4a, o las bridas 3a de la sección de tubo conductor 5. En esta realización, la unidad de detección 10 se proporciona como un paquete que puede montarse en la sujeción de la sección de tubo conductor 5 dentro de una cavidad adecuada provista dentro del conjunto de fijación 100. La cavidad puede estar en cualquier parte del conjunto de fijación, por ejemplo, la cabeza del perno 4 o la tuerca 4a. La cabeza y la tuerca 4a también pueden denominarse porción de acoplamiento. La cavidad también puede proporcionarse adyacente al conjunto de fijación 100, por ejemplo, dentro de la brida 3a.

La unidad de detección 10 puede ser un dispositivo OEM que incorpora todas las características divulgadas en el presente documento, pero que se puede insertar en esta cavidad dentro del cuerpo de la sujeción o brida 3a o perno 4. La cavidad puede tener acceso a través de un orificio roscado de modo que la unidad de detección 10 pueda reemplazarse, por ejemplo, cuando la batería se agote o se requiera mantenimiento. La cavidad puede ser preferentemente cilíndrica y la unidad de detección 10 puede ser un paquete con un exterior roscado. La unidad de detección 10 puede insertarse en la cavidad y girarse en su posición hasta que quede asegurada. El orificio puede sellarse con una tapa 13 o un pegamento o epoxi. La unidad de detección 10 puede encapsularse y asegurarse dentro del chaleco de flotabilidad 5a usando un miembro elástico, partes roscadas, tornillos o un compuesto de relleno adecuado, pegamento o epoxi.

Las figuras 8 a 18 representan realizaciones de la unidad de detección 10 en las que el montaje de la unidad de detección 10 está dispuesto para unir rigidamente la unidad de detección 10 al conjunto de fijación 100. Por ejemplo, la unidad de detección 10 puede montarse en el conjunto de fijación 100. Ventajosamente, la unidad de detección 10 se puede montar en un componente del conjunto de fijación 100, tal como una cabeza de perno 104, tornillo, tapa, arandela o tuerca 105. En algunas realizaciones, el conjunto de fijación 100 puede incluir una porción de acoplamiento, por ejemplo, una cabeza de perno 104, arandela o tuerca 105, que se acopla a un objeto que fija el conjunto de fijación 100, y el montaje puede disponerse para unir rigidamente la unidad de detección 10 a la porción de acoplamiento del conjunto de fijación 100. Por ejemplo, en las figuras 8 y 11, la unidad de detección 10 está montada en la cabeza 104 del perno 103 del conjunto de fijación 100. En las figuras 9 y 10, la unidad de detección 10 está montada en una tuerca 105 del conjunto de fijación 100. En otras realizaciones, la unidad de detección 10 puede montarse en el perno 103.

En las realizaciones de las figuras 8 a 11, la unidad de detección 10 comprende un alojamiento 12 (equivalente al alojamiento 11 de las figuras 6 y 7), una batería 14 y una placa de circuito 18. Una junta tórica 22 está presente en la parte inferior de la unidad de detección 10 para proporcionar un sello contra la superficie de la placa 101 alrededor del conjunto de fijación 100. La junta tórica puede proteger los componentes internos de la unidad de detección 10, particularmente cuando la unidad de detección 10 se usa en conjuntos de fijación 100 en entornos peligrosos, bajo el agua o similar.

En una realización preferida, la unidad de detección 10 está empaquetada de tal manera que puede retroadaptarse

rápida a un conjunto de fijación 100, por ejemplo, montándola como una tapa sobre la cabeza 104 y/o la tuerca 105 de una sujeción. Ventajosamente, la unidad de detección 10 se puede montar en el conjunto de fijación de tubo conductor 100, por ejemplo, retroadaptado en la cabeza 104 o tuerca 105 de un perno de tubo conductor H4 103. Montar la unidad de detección 10 en la sección de tubo conductor 5 significa que la unidad de detección 10 detecta la

5 ubicación y orientación a partir del movimiento o posición del tubo conductor 1, lo que permite el uso de un sensor que es más simple y de menor potencia que una inspección manual y el mantenimiento de un registro. En este sentido, el tubo conductor 1 puede funcionar durante periodos prolongados de tiempo sin inspección fuera de línea o NDT.

Montar la unidad de detección 10 en el conjunto de fijación 100 significa que el sensor de la unidad de detección 10 detecta y confirma la posición y orientación axial de la cabeza de perno 104 y la tuerca 105, a cada lado de una estructura o placa 101, permitiendo la comparación de los datos del sensor para detectar cambios en la orientación axial relativa o la rotación angular. De manera similar, los sensores pueden medir la inclinación o la alineación para detectar distorsión, pandeo o fracturas. La unidad de detección 10 está unida a una sujeción, perno 103 o remache y monitoriza de forma inalámbrica la orientación axial del perno 103, remache o sujeción de la misma manera que un

10 indicador visual. La unidad de detección 10 puede montarse con el perno 103 durante el ensamblaje de una estructura, o retroadaptarse posteriormente, para medir, procesar, analizar, determinar y transmitir localmente el estado de una sujeción. Como alternativa, la unidad de detección 10 puede integrarse con el conjunto de fijación 100 durante la fabricación. La unidad de detección 10 puede formarse integralmente en un componente o componentes, de un conjunto de fijación 100 e insertarse en un rebaje de un perno 103, cabeza 104, espárrago, grapa, tuerca 105 o arandela. El componente del conjunto de fijación 100 que integra la unidad de detección 10 puede estar fabricado a

15 partir de materiales compuestos, no metálicos, laminados o parcialmente no metálicos para permitir la transmisión y recepción de radiación electromagnética. De esta manera, incorporando la unidad de detección 10 sensores para detectar cambios en el movimiento absoluto o relativo entre un componente y una superficie fija, o entre un componente y otro componente, puede integrarse, por ejemplo, en una tuerca compuesta 105 o cabeza de perno 104 para alertar de forma remota sobre cambios en la integridad o estado o comportamiento o funcionalidad de un conjunto

20 de fijación 100 o estructura rígida.

La figura 12 representa diversas vistas de otra realización de la unidad de detección 401. La unidad de detección 401 incorpora una disposición de montaje que puede retroadaptarse a un conjunto de fijación 100 sujetando alrededor de una cabeza 104 o tuerca 105. La unidad de detección 401 tiene un rebaje 403 que se puede sujetar sobre una cabeza de perno existente 104 (pero no una tuerca 105 ya que no hay orificio para que pase el perno 103). Se pueden usar diversos métodos para retener la unidad de detección 401, tal como un tornillo prisionero 404 que entra desde los

30 lados 402 y se aprieta a la forma hexagonal de la cabeza de perno 104 (véanse las figuras 12(a) y 12(b)). Como alternativa, podría usarse una leva 405 para acoplar el cabezal 104 en el rebaje 403 (véanse las figuras 12(e) y 12(f)). Al indexar la leva 405, en primer lugar se muerde y se sujeta la forma hexagonal externa de la cabeza 104, pero también se gira una restricción física 406 debajo de la forma hexagonal y dentro del chaflán/socavado (ver figuras 12(g) y 12(h)). Una desventaja de este diseño es que necesita un rebaje 403 dedicado para cada tamaño hexagonal, requiriendo así un rango de unidades de detección 401 para cada diámetro de la cabeza de perno 104.

La figura 13 representa la unidad de detección 401 en la figura 12 montada sobre una cabeza de perno 104 y monitorizando un conjunto de fijación 100 que incluye una tuerca 105, una arandela 106 y un perno 103. El dispositivo 401 incorpora tecnologías de sensores (tales como sensores de flujo óptico) para medir la rotación angular o la orientación axial de la cabeza 104 y determina y comunica de forma inalámbrica el estado del conjunto de fijación 100 basándose en la detección de pequeños cambios en la inclinación absoluta, la vibración, el desplazamiento, la inclinación, la rotación angular o la orientación axial de la cabeza 104. De manera similar, la unidad de detección 401 puede incorporar tecnologías de detección para medir cambios o tendencias en el flujo magnético axial, corriente de Foucault y/o conductividad para detectar la propagación de grietas, corrosión u otros cambios en la integridad del conjunto de fijación 100.

La figura 14 representa vistas de otra realización de la unidad de detección 701. La unidad de detección 701 es completamente retroadaptable a una variedad de componentes del conjunto de fijación 100 a través de un rango de diámetros de cabeza hexagonal. Un rebaje 703 está provisto de caras 702. Estas caras 702 son parte de las hojas de una disposición de estilo iris. Al indexar la característica moleteada 704, las caras 702 se sujetan alrededor de la cabeza hexagonal y reducen el diámetro del rebaje 703. Se proporcionan múltiples caras 702 u hojas de iris que interactúan con un trinquete, mecanismo de autobloqueo que es accionado por la característica moleteada 704. La característica moleteada de torsión 704 engrana las caras 702 hasta que se bloquean alrededor de la cabeza 104 o la tuerca 105. La unidad de detección 701 incorpora un orificio 706 para permitir que un perno 103, espárrago o tornillo pase a través de la unidad de detección 701 a medida que las características 704 se sujetan alrededor de la cabeza hexagonal. Las caras 702 pueden incluir las características externas que acoplan y bloquean la forma hexagonal de la cabeza 104, pero también para rotar una restricción física 406 bajo la forma hexagonal y en el chaflán/socavado de la cabeza hexagonal 104. La figura 15 representa la unidad de detección 701 montada sobre la cabeza 104 y la tuerca 105 con el perno 103 pasando a través del rebaje 703 y el orificio 706. La unidad de detección 701 puede retroadaptarse a un rango de conjuntos de fijación. La unidad de detección 701 incorpora tecnologías de detección para medir la rotación angular o la orientación axial de la cabeza 104 o la tuerca 105 y determina y comunica de forma inalámbrica el estado del conjunto de fijación 100 basándose en la detección de pequeños cambios en el flujo óptico de la cabeza 104 o la tuerca 105. Las unidades de detección 701 pueden comparar la orientación de la cabeza 104 y

la tuerca 105 para el flujo óptico que es indicativo de aflojamiento o pérdida de par. De manera similar, la unidad de detección 701 puede incorporar tecnologías de sensor para medir cambios o tendencias en el flujo óptico, flujo magnético axial, corriente de Foucault y/o conductividad para detectar la propagación de grietas, corrosión u otros cambios en la integridad del conjunto de fijación 100, como se comentará adicionalmente más adelante.

5 En la realización de las figuras 16 a 18, la unidad de detección 10 comprende un paquete de sensores estándar que incluye el sensor de la unidad de detección 10 para medir la rotación de un componente del conjunto de fijación 100 con respecto a otro componente, por ejemplo, la cara del extremo de perno con respecto a la cara de la tuerca 105, y/o el movimiento absoluto del conjunto de fijación 100 con respecto a la junta, agujero o estructura fija. El paquete de
10 sensores estándar puede montarse en un módulo de montaje intercambiable que actúa como el montaje de la unidad de detección 10 que incorpora características de agarre elásticas (o "dientes") para asegurar el montaje al conjunto de fijación 100. El módulo de montaje puede seleccionarse para el tipo de sujeción, por ejemplo, montajes para M10 a M40, etc. Se puede proporcionar retención adicional por medio de un cordón.

15 Como alternativa a la unión rígida de la unidad de detección 10 al conjunto de fijación 100, el montaje puede disponerse para unir rigidamente la unidad de detección 10 adyacente al conjunto de fijación 100. En otras palabras, la unidad de detección 10 puede montarse adyacente al conjunto de fijación 100.

20 Las figuras 19 a 23 representan realizaciones de la unidad de detección 10 en las que el montaje está dispuesto para montar la unidad de detección adyacente al conjunto de fijación 100. En dicha realización alternativa, la unidad de detección está montada adyacente a un conjunto de fijación 100 para detectar la rotación de un componente, o de todos, del conjunto. El dispositivo de la invención puede fijarse adyacente al conjunto de fijación 100 de interés. El dispositivo puede montarse en una estructura rígida adyacente, o junta, magnéticamente, mediante soldadura o usando un adhesivo. Por ejemplo, la unidad de detección 10 puede unirse al objeto que sujeta el conjunto de fijación
25 100. La retención secundaria o adicional puede proporcionarse por medio de un alambre de retención o material compuesto, tal como un cordón o red de Dyneema®.

Asimismo, la unidad de detección 10 puede montarse de manera que sea adyacente a, pero no esté en contacto con, el conjunto de fijación 100 y, por lo tanto, permita el acceso al conjunto de fijación 100 para inspección visual (por
30 ejemplo, para detectar corrosión o decoloración) y para mantenimiento (por ejemplo, unir una llave para comprobar y aplicar par y/o volver a apretar la sujeción).

La figura 19 comprende varias vistas de una realización de la unidad de detección 201. Una unidad de detección 201 puede montarse por medio de una disposición de montaje retroadaptable 204, que actúa como el montaje de la unidad
35 de detección 201, incluyendo una banda de acero inoxidable estándar (o polímero, mylar o Kevlar) 203 para asegurar a una gama de conjuntos de fijación como se muestra en la figura 24. La banda 203 puede unirse a un componente del conjunto de fijación 100, tal como la forma hexagonal de una tuerca 105 o cabeza 104, y retroadaptarse a una amplia variedad de diámetros. La unidad de detección 201 usa un diente 205 en la disposición de montaje 204 para morder y bloquear sobre el chaflán o socavado de la tuerca 105 o la cabeza 104. La banda 203 puede apretarse para
40 encajar de forma segura alrededor del componente del conjunto de fijación 100 por medio de un tornillo de apriete 202. Un tornillo prisionero 202 puede girarse a la banda de trinquete 203 hasta que el diente 205 se bloquee debajo del chaflán de la tuerca 105 o la cabeza 104. El mecanismo de bloqueo del tornillo 202 proporciona una retención secundaria para evitar que la unidad de detección 201 se caiga.

45 La figura 20 representa la unidad de detección 201 de la figura 19 montada en un conjunto de fijación 100 y monitorizando operativamente su estanqueidad. La unidad de detección 201 está unida de forma segura al perno 103 en su tuerca 105 y/o cabeza 104 y se usa para detectar pequeños cambios en la rotación angular absoluta o relativa o en la orientación axial de la cabeza 104 y/o la tuerca 105. Si se montan dos unidades de detección 201 tanto en la tuerca 105 como en el cabezal 104, la comparación de su orientación o rotación angular puede determinar pequeños
50 cambios en su rotación angular relativa u orientación axial y puede ser indicativa de un fallo incipiente. La unidad de detección 201 mide la orientación axial, la rotación angular y procesa las mediciones localmente, determinando el estado del conjunto de fijación 100 y comunicando el estado a un controlador remoto por medio de interfaces de comunicaciones ópticas y/o de radiofrecuencia integrales a la unidad de detección 201, como se comentará más adelante. La unidad de detección 201 puede comprender un sensor de flujo óptico 16 montado en la tuerca 105 que
55 genera imágenes periódicamente de la rosca en el perno 103 para el movimiento.

La figura 21 representa una realización adicional de la unidad de detección 601. En esta realización, la unidad de detección 601 encaja debajo de una cabeza de perno 104 o tuerca 105 existente. La unidad de detección 601 puede
60 ser el dispositivo estándar de cualquiera de las figuras 8 a 20 con una placa metálica simple 602 para adaptarse al tamaño hexagonal de la cabeza 104 y/o la tuerca 105. La unidad de detección 601 se retiene en la placa 602 con tornillos 604. La tuerca 105 y/o el perno 103 deben retirarse para encajar la placa 602, lo que es desventajoso para la retroadaptación, pero puede ser ventajoso para nuevas instalaciones y puede no ser ideal cuando se considera pintar. La figura 26 representa la unidad de detección 601 montada en un conjunto de fijación 100 que incluye debajo de la cabeza 104 y otra unidad de detección 601 debajo de la tuerca 105. La unidad de detección 601 incorpora tecnologías
65 de sensor para medir la rotación angular o la orientación axial de la cabeza 104 o la tuerca 105 y determina y comunica de forma inalámbrica el estado del conjunto de fijación 100 basándose en la detección de pequeños cambios en el

flujo óptico de la cabeza 104 o la tuerca 105. Las unidades de detección 601 montadas en la tuerca 105 y la cabeza 104 del mismo conjunto de fijación 100 pueden comparar las orientaciones de la cabeza 104 y la tuerca 105 para cambios relativos en la orientación angular que son indicativos de aflojamiento o pérdida de par.

- 5 En una realización alternativa mostrada en las figuras 23 y 24, la unidad de detección 10 está montada adyacente a un conjunto de fijación 100 para detectar la rotación de un componente, o de todos, del conjunto de fijación 100. Un sensor de proximidad incorporado en la unidad de detección 10 de la invención puede utilizarse para detectar el movimiento del conjunto de fijación 100. Los cambios en la holgura entre el sensor de proximidad, que es un sensor de flujo óptico, se utilizan para determinar si el conjunto de fijación 100 se ha movido y se puede establecer un umbral por encima del cual se retransmite un mensaje a una pantalla central, ordenador o controlador.

- 10 La unidad de detección 10 comprende, además, un sensor, que es un sensor de flujo óptico 16 configurado para detectar el movimiento del conjunto de fijación 100. Por ejemplo, en una realización, el sensor está configurado para detectar la rotación angular o el movimiento axial del conjunto de fijación 100. La unidad de detección 10 incorpora
15 sensores para medir y determinar la rotación angular, la orientación axial, de un conjunto de fijación 100. La unidad de detección 10 mide la rotación del cuerpo principal de la sujeción con respecto a la tuerca 105, y del conjunto de elemento de sujeción 100 con respecto a la junta fija que asegura.

- 20 En particular, los sensores de las unidades de detección 10 mostradas en las figuras 8, 9, 11, 23, 24 y 25 están configuradas para detectar la rotación angular o el movimiento axial del conjunto de fijación 100 con respecto a un objeto que sujeta el conjunto de fijación 100. La rotación del conjunto de fijación 100 con respecto a la estructura a través de la que está montado puede ser una indicación de una pérdida de tensión, por ejemplo, si la tuerca 105 está agarrotada debido a corrosión o degradación, debido al movimiento de la estructura, a la expansión térmica, al estiramiento de un perno 103 o al estrechamiento gradual de una estructura.

- 25 El sensor de la unidad de detección 10 comprende un sensor de flujo óptico 16. En algunas realizaciones, el conjunto de fijación 100 puede incluir una porción de acoplamiento, por ejemplo, una cabeza de perno 104, arandela o tuerca 105, que se acopla a un objeto que sujeta el conjunto de fijación 100. El montaje de la unidad de detección 10 puede disponerse para unir rigidamente la unidad de detección 10 a la porción de acoplamiento, y el sensor de flujo óptico
30 16 puede configurarse para detectar la rotación angular de la porción de acoplamiento con respecto al objeto.

- En general, los sensores de flujo óptico 16 son más fiables para detectar la rotación angular del conjunto de fijación 100, o una parte del mismo. La rotación provoca un cambio más sustancial en las características de la superficie en el campo de visión del sensor de flujo óptico 16. El movimiento axial sigue siendo detectable usando un sensor de flujo
35 óptico 16, y puede detectarse de manera más fiable cuando la unidad de detección 10 está montada adyacente al conjunto de fijación, de modo que el movimiento axial del conjunto de fijación 100 se produce en el plano de visión del flujo óptico el sensor 16 (por ejemplo, cuando el montaje de la unidad de detección 10 es del tipo mostrado en las figuras 23 a 25). Cuando el montaje es del tipo mostrado en las figuras 12 a 18 (es decir, está dispuesto para montar la unidad de detección 10 en la porción de acoplamiento), el movimiento axial del conjunto de fijación 100 será perpendicular al plano de visión del sensor de flujo óptico 16 y, por lo tanto, solo será visible como una ligera ampliación o desampliación de la imagen.

- Las figuras 8 a 11 y 16 a 18 muestran realizaciones de la unidad de detección 10 que comprende un sensor de flujo óptico 16. La unidad de detección 10 puede utilizar tecnología de flujo óptico para detectar la rotación angular de un
45 perno 103, un conjunto de fijación 100 o tuerca 105 con respecto a una superficie fija, tal como entre una tuerca 105 y un perno 103 o tornillo roscado, o cabeza de perno 104 con respecto a la superficie a la que se sujeta. Un sensor de flujo óptico 16 es un sensor de visión capaz de medir el flujo óptico o el movimiento visual y emitir una medición basándose en el flujo óptico. Se puede utilizar un sensor de flujo óptico 16 para detectar y medir cambios en la posición angular o la rotación de un árbol, rosca. El sensor de flujo óptico 16 podría medir el movimiento de discontinuidades o rugosidades en el árbol, o el movimiento en los alrededores del sensor de flujo óptico 16, tales como características
50 prominentes tales como luces cercanas, o cambios en contraste o brillo debido a un cambio en la orientación. Se tomarían imágenes periódicamente por un CCD o algún otro dispositivo de formación de imágenes para determinar cuánto se había movido la rosca o superficie de tornillo con respecto a la tuerca de sujeción 105 o cabeza 104. El sensor de flujo óptico 16 podría montarse en una superficie estacionaria con una vista de una superficie en movimiento o al revés. Cuando la superficie se moviera debajo del sensor de flujo óptico 16, la cantidad de movimiento podría medirse haciendo coincidir las imágenes obtenidas del sensor de flujo óptico 16. La tecnología de flujo óptico se utiliza ampliamente en ratones ópticos con ordenadores personales y está comenzando a emplearse en drones y otras máquinas de vuelo autónomas debido a la amplia disponibilidad de componentes y dispositivos de tecnología de flujo óptico genéricos, baratos y de bajo consumo de energía.

- 60 En las realizaciones mostradas en las figuras 8, 9 y 11, el sensor de flujo óptico 16 o dispositivo detecta movimiento relativo entre la parte del conjunto de fijación 100 sobre la que está unido (p. ej., la cabeza 104 en la figura 8 y la tuerca 105 en la figura 9) y alguna superficie fija tal como una rosca de tornillo o superficie fija de una estructura rígida alrededor del conjunto de fijación 100. Las secuencias de imágenes se capturan por un dispositivo de formación de
65 imágenes CCD o algún dispositivo de detección óptica y se comparan para medir el movimiento relativo.

En las realizaciones de las figuras 8 a 11, la unidad de detección 10 incluye una lente 20 que enfoca la imagen de la superficie que está observando el sensor de flujo óptico 16. La junta tórica 22 en la parte inferior de la unidad de detección 10 puede proteger la lente 20 y otros componentes internos de la unidad de detección 10. Como alternativa, la unidad de detección 10 puede estar sellada y provista de una o más ventanas transparentes para permitir que el sensor de flujo óptico 16 tome imágenes de la superficie.

El sensor de flujo óptico 16 está conectado a la placa de circuito 18 para recibir alimentación y transferir datos desde las imágenes. La placa de circuito 18 puede comprender un procesador para procesar las imágenes del sensor de flujo óptico 16 para detectar el aflojamiento del conjunto de fijación 100 y emitir una señal que representa el estado del conjunto de fijación 100. Como alternativa, el sensor de flujo óptico 16 puede ser un paquete integrado que incluye el procesador. En el caso de las figuras 8, 9 y 11, la unidad de detección 10 comprende dos sensores de flujo óptico 16 y lentes 20 correspondientes. Usar múltiples sensores de flujo óptico 16 y combinar su salida puede mejorar la fiabilidad y precisión de la señal de salida del procesador. Por ejemplo, se pueden usar más de dos sensores de flujo óptico 16, tal como tres, cuatro o más. Sin embargo, esto no es esencial, y puede usarse un único sensor de flujo óptico 16.

El sensor de flujo óptico 16 puede montarse en la tuerca 105, el cabezal 104 o algún componente fijo o móvil del conjunto de fijación 100 y usarse para medir los cambios en la rotación angular y/o la orientación axial de un componente de un conjunto de fijación 100.

El sensor de flujo óptico 16 puede ser un dispositivo específico de la aplicación que incorpora acelerómetros MEMS, giroscopios, sensores de efecto Hall y procesamiento en el mismo troquel. El sensor de flujo óptico 16 puede incorporar una fuente de luz, tal como un LED o láser de estado sólido, para capturar periódicamente imágenes secuenciales de una superficie próxima. La superficie con imágenes en estrecha proximidad puede ser una rosca, o arandela, o superficie fija, o pasador, o una estructura rígida, y estas múltiples imágenes secuenciales pueden procesarse para determinar el movimiento del sensor de flujo óptico 16 con respecto a la superficie próxima. La unidad de detección 10, que incorpora un sensor de flujo óptico 16, puede determinar y medir el movimiento relativo de un componente de un conjunto de fijación 100 de esta manera. El periodo de captura de imágenes puede ser poco frecuente, hasta semanas o incluso meses de diferencia, ya que es probable que los cambios en la tensión del conjunto de fijación 100 sean muy graduales. Como alternativa, la frecuencia de captura de imágenes puede ajustarse o activarse intermitentemente de forma dinámica en función de choques, vibraciones, movimiento, cambios en el flujo magnético, conductividad, pH o cambios en la orientación detectados por acelerómetros, giroscopios o unidades de medición inercial (IMU).

El sensor de flujo óptico 16 de la unidad de detección 10 puede usarse para detectar cambios en la tensión de la sujeción y confirmar que la tensión alcanza un umbral especificado. Igualmente, el sensor de flujo óptico 16 puede utilizarse para detectar cambios en el esfuerzo, deformación o distorsión. El sensor óptico puede utilizarse para monitorizar el conjunto de fijación 100 en busca de decoloración y calidad superficial como una indicación de corrosión y degradación.

En algunas realizaciones, el sensor de la unidad de detección 10 está configurado para detectar la rotación angular o el movimiento axial de partes del conjunto de fijación 100 entre sí. Por ejemplo, el sensor puede detectar el movimiento de la tuerca 105 con respecto al perno 103. Esto se puede lograr usando sensores de flujo ópticos 16.

La figura 10 muestra una realización que usa un sensor de flujo óptico 16 para detectar el movimiento de partes del conjunto de fijación 100 entre sí, en este caso, la tuerca 105 con respecto al perno 103. La unidad de detección 10 está montada en la tuerca 105, y el sensor de flujo óptico 16 se coloca para detectar la rotación del extremo del perno. Como alternativa, la unidad de detección 10 puede montarse en el perno 103 y el sensor de flujo óptico 16 colocarse para detectar el movimiento de la tuerca 105.

En una máquina o rueda giratoria, se pueden instalar dos unidades de sensor 10 montadas en la cabeza 104 y la tuerca 105 del conjunto de fijación 100 para detectar cambios en su orientación relativa, en lugar de absoluta, o en su rotación angular, detectando así un fallo incipiente o una pérdida de par. Las disposiciones de este tipo se muestran en las figuras 24 y 26. La unidad de detección 10 puede comparar la orientación relativa de la cabeza 104 y su correspondiente tuerca 105 para cambios en la orientación relativa de la cabeza 104 y la tuerca 105 para detectar el movimiento naciente y el aflojamiento de un conjunto de fijación 100.

En la figura 26, se muestra un esquema de la unidad de detección 10. La unidad de detección 10 incluye el sensor 40. Se proporcionan un procesador y una memoria para registrar mediciones y proporcionar un registro electrónico para la validación e inspección de la condición del tubo conductor. El dispositivo incorpora procesador y memoria para ejecutar software y mediciones de análisis y determinar el estado. En algunas realizaciones, la unidad de detección 10 comprende, además, un procesador 42 dispuesto para procesar la salida del sensor 40 para detectar el aflojamiento del conjunto de fijación 100 y para emitir una señal que representa el estado del conjunto de fijación 100. El procesador 42 puede incluirse en la placa de circuito 18 o proporcionarse por separado.

Pueden detectarse pequeños cambios en la rotación angular de un conjunto de fijación 100 o un componente de un

conjunto de fijación 100 y usarse para activar advertencias de cambios incipientes en la integridad de un conjunto de fijación 100. Un pequeño cambio o rotación del conjunto de fijación 100, de incluso un décimo grado de rotación angular, puede ser un indicador de fallo incipiente, de par reducido, de agrietamiento, de corrosión o de pérdida de rigidez. Puede implementarse un umbral para determinar el estado, por ejemplo, si la rotación axial supera un cierto número de grados o radianes. Igualmente, la unidad de detección 10 puede incorporar sensores adicionales para medir la tensión, el par, la dureza, la conductividad, la corrosión, el flujo magnético, el cizallamiento, la deformación, las celdas de carga, la compresión, la inclinación, la orientación angular, la distorsión y la vibración.

El tubo conductor 1 puede incluir adicionalmente uno o más sensores de posición para detectar la posición del tubo conductor 1. Dicho sensor de posición puede ser de cualquier tipo adecuado y puede ser preferentemente un sensor de baja potencia tal como un sensor MEMS, que puede estar configurado, por ejemplo, como un inclinómetro o acelerómetro. Los ejemplos de tipos alternativos de sensor de posición que podrían usarse incluyen: sensor de bola de inclinación; sensores infrarrojos, láser, acústicos, capacitivos, magnéticos o de efecto Hall. Estos pueden integrarse en la unidad de detección 10, y el procesamiento de estas señales combinado con el procesamiento de señales del sensor de flujo óptico. Los sensores de posición para la unidad de detección 10 pueden incluir sensores de ubicación tales como módulos GPS, sensores inerciales tales como acelerómetros y giroscopios.

Las unidades de detección 10 pueden ubicarse en pernos en ambos extremos de la sección de tubo conductor 5. En este caso, estas unidades de detección pueden supervisar los extremos correspondientes utilizados para asegurar la misma longitud de la sección de tubo conductor 5. En este caso, las unidades de detección 10 pueden emparejarse, o combinarse sus salidas, de modo que la unidad de detección 10 detecte una anomalía si estos extremos correspondientes (o bridas 3a) no funcionan simultáneamente. Por ejemplo, si se ha colocado una sección de tubo conductor 5 en la pila de tubo conductor, ambas unidades de detección 10 correspondientes en los extremos superior e inferior de la sección de tubo conductor 5 deben estar en una ubicación próxima, y su orientación puede usarse para dar la posición de la sección de tubo conductor 5 en el tubo conductor 1. La salida de las unidades de detección 10 "emparejadas" en los extremos superior e inferior de la sección de tubo conductor 5 se puede combinar y comparar para detectar una anomalía y marcar una advertencia a un operador a través de una pantalla.

En algunas realizaciones, la unidad de detección 10 comprende, además, un procesador 42 dispuesto para procesar la salida del sensor 40, y un sensor de corriente de Foucault configurado para monitorizar el estado del conjunto de fijación 100, estando dispuesto el procesador 42, además, para procesar la salida del sensor de corrientes de Foucault. La unidad de detección 10 puede comprender un sensor de corriente de Foucault configurado para medir las propiedades electromagnéticas de un conjunto de fijación 100. En la figura 11 se muestra un ejemplo de dicha realización. La unidad de detección 10 incorpora una bobina 26, o varias bobinas, que detecta inductivamente el conjunto de fijación metálico 100 y mide su conductividad, su flujo magnético y la presencia o ausencia de corrosión en el conjunto de fijación 100. La unidad de detección 10 puede comprender, además, un imán 24. Las bobinas pueden aprovecharse para acoplar el flujo magnético a través del conjunto de fijación 100 para medir una tendencia y detectar la corrosión incipiente, el agrietamiento o la deformación. La detección de corrientes de Foucault puede aprovecharse para detectar grietas locales. Esta bobina 26, o varias bobinas, puede diseñarse de tal manera que tenga una segunda función y puede usarse para comunicaciones de campo cercano o comunicaciones de RF con un dispositivo adyacente.

La unidad de detección 10 puede incorporar otros sensores de condición para medir el impacto, la vibración y la compresión en el conjunto de fijación 100. Los sensores de condición pueden basarse en material piezoeléctrico montado entre una cabeza de perno 104 y una superficie o entre la tuerca 105 y una superficie para medir la compresión. Los cambios en la compresión del material indicarán un cambio en la tensión del conjunto de fijación 100 y predecirán un fallo incipiente. De manera similar, las mediciones de choque y vibración pueden registrarse y correlacionarse o compararse con otras mediciones, tales como la orientación axial y la rotación angular, para predecir el fallo incipiente o el funcionamiento del conjunto de fijación 100 fuera de las especificaciones. De manera opcional, la unidad de detección 10 puede comprender, además, un sensor de condición configurado para detectar la compresión en un componente de un conjunto de fijación 100. La unidad de detección 10 puede incorporar un transductor ultrasónico o acústico para medir la velocidad del sonido y cualquier reflexión, a lo largo del eje primario del conjunto de fijación 100. De esta manera, la tecnología de sensores ultrasónicos o acústicos podría aprovecharse para detectar la reflexión y el tiempo de vuelo de un pulso desde un transductor hasta la cara o extremo opuesto del perno 103 o el conjunto de fijación 100, y medir cualquier pequeño cambio en la longitud, o área de sección transversal, del perno 103, correlacionado con los cambios de tensión, compresión y/o corrosión o agrietamiento. El transductor ultrasónico puede incorporarse en la unidad de detección 10 y montarse en un componente del conjunto de fijación 100 por medio de una tapa, en la cabeza de perno 104 o la cabeza hexagonal, en el espárrago o dentro de una tuerca 105 o arandela.

Para medir la condición del conjunto de tubo conductor 2, se pueden realizar mediciones del estado de los pernos. Se pueden usar sensores inductivos o de corrientes inducidas para medir el agrietamiento, la corrosión, la calidad superficial, picaduras, degradación y condiciones basadas en la susceptibilidad magnética y la conductividad a través de múltiples frecuencias. Las mediciones del cambio de frecuencia y la amplitud, así como el factor 'Q', se pueden usar para rastrear los cambios en la condición de los materiales. A bajas frecuencias, la profundidad de la piel es tal que puede penetrar desde una superficie a través de la pared hasta otra superficie. Las mediciones de la condición

de la superficie y la escala se pueden tomar de una manera similar.

La unidad de detección 10 puede retroadaptarse a una cabeza de perno 104 o tuerca 105, o ambas, y programarse para supervisar la orientación axial de la cabeza 104 o el perno 103, o ambos, y detectar cambios y alertar a un usuario de forma inalámbrica a través de un controlador y/u o interfaz de usuario o pantalla, a cambios en la orientación axial absoluta o relativa u orientación angular de un conjunto de fijación 100, una cabeza de perno 104, una tuerca 105 o un componente de un conjunto de fijación 100. La unidad de detección 10 puede formar parte de una red que está interconectada con un sistema de control de OEM. Por ejemplo, como se muestra en la figura 26, la unidad de detección 10 puede comunicarse con un sistema de monitorización 50. En consecuencia, los cambios en el estado, la funcionalidad, el comportamiento, la condición o la seguridad de las sujeciones esenciales se pueden monitorizar desde un controlador en el sistema de monitorización 50 y se pueden usar como retroalimentación para controlar, desacelerar o bloquear el equipo usado durante las operaciones para evitar la caída de objetos u otros incidentes que surjan del fallo de un conjunto de fijación 100, como un perno o una tuerca sueltos en una ubicación esencial. Igualmente, la unidad de detección 10 podría usarse para monitorizar el estado de pernos o tornillos esenciales, y para interactuar con un sistema de control de OEM, tal como el sistema de monitorización 50, y comunicar el estado de los conjuntos de fijación 100. Los cambios en el estado de los conjuntos de fijación 100, por ejemplo, más allá de un umbral, pueden usarse para enclavar la maquinaria para garantizar que el equipo no se opere hasta que el conjunto de fijación 100 se apriete o reemplace de manera segura. La modulación de una señal de acuerdo con la orientación de un conjunto de fijación 100 permite proporcionar una unidad de detección 10 inalámbrica que sea adecuada para su uso en ubicaciones remotas sin la necesidad de realizar una conexión eléctrica, ya que puede monitorizarse la salida de la unidad de detección 10.

Múltiples unidades de detección 10 instaladas en conjuntos de fijación 100 conjuntamente pueden formar una serie de sensores. Las mediciones de esta serie de unidades de detección 10 pueden combinarse para predecir fallos, condición y comportamiento de una estructura. Los datos de esta serie de unidades de detección 10 conjuntamente pueden analizarse y visualizarse como un modelo tridimensional de una estructura. La pantalla puede incluir torsión, vibración y orientación de los conjuntos de fijación 100. Con el tiempo, las mediciones pueden registrarse y usarse para trazar la fatiga y predecir fallos, daños mecánicos o concentraciones de esfuerzo. Estos registros pueden correlacionarse o compararse con otras actividades de una plataforma o estructura, para registrar el comportamiento de estructuras esenciales, juntas, pórticos, grúas, soldaduras, pernos y conjuntos de fijación 100 durante la perforación, sacudidas, terminación, vibración, vientos fuertes, mares agitados, tormentas, oleaje, levantamiento, amarre, "stick slip", brocas atascadas, el uso de explosivos durante la minería o perforación, fracturamiento hidráulico o "balanceo" de un pozo. El registro puede analizarse, combinando varias mediciones y parámetros, para predecir o anticipar fallos, condiciones o vida útil de una estructura o conjunto de fijación 100. Estos registros de conjuntos de unidades de sensores 10 montadas en conjuntos de fijación 100 podrían usarse para predecir y/o detectar daños, pandeo, distorsión, agrietamiento, degradación o fatiga en torres de perforación, trabajos de extracción, grúas, puertas, pescantes, mamparos u otras piezas esenciales de equipo alrededor de una plataforma o una embarcación. Las unidades de detección 10 pueden desplegarse de forma permanente o temporal (p. ej., durante el montaje, la elevación o el desmantelamiento). Cuando se correlacionan con otras fuentes de datos, como el clima, la navegación, la tensión de la tubería vertical, la tensión de la línea de amarre, la profundidad de perforación, la presión, las "patadas", la temperatura, la velocidad del viento, etc., el resultado del modelo podría incluir el tiempo hasta el fallo o la ubicación de los componentes fatigados, los conjuntos de fijación 100 y las estructuras. Una serie de unidades de detección 10 podría formar conjuntamente un modelo para comparación con modelos de análisis de elementos finitos de una estructura, y formar nodos para análisis modal de una estructura bajo ciertas condiciones operativas y ambientales. Igualmente, los datos de las series de unidades de detección 10 pueden registrarse y analizarse para generar un modelo dinámico para una estructura, máquina, brida o junta esencial. Estas series, y el análisis y las pruebas de esfuerzo de los modelos resultantes, podrían usarse para obtener la aprobación de clase con organismos notificados como American Bureau of Shipping (ABS), DNV-GL y Lloyds Register.

La unidad de detección 10 puede incorporar dispositivos GPS u otra tecnología de posicionamiento electrónico para confirmar y rastrear la condición de los conjuntos de fijación 10 y las conexiones del tubo conductor en la grúa de perforación y en la cubierta, o en el almacenamiento en tierra. La unidad de detección 10 puede montarse en componentes esenciales del paquete de tubos conductores, como el estrangulador, paquete de tubos conductores marinos inferiores y líneas de muerte.

Los datos o metadatos generados por las unidades de detección 10 que supervisan los tubos conductores a lo largo del despliegue incluirán características de perno de tubo conductor tales como ID de sensor, ID de tubo conductor, fecha, hora, número de ciclos de presión, recuento de movimientos de tubo conductor, recuento de inmersión de tubo conductor, nivel de señal de sensor, potencia de la batería del sensor, información de autodiagnóstico, choque, la vibración, posición, ángulo, velocidad, aceleración, temperatura, presión, la conductividad, salinidad, magnetismo, la corrosión, escala, defectos superficiales, dureza de la superficie y calidad de la superficie, etc. Estos datos pueden registrarse y analizarse para identificar tubos conductores que no están funcionando según las especificaciones o que pueden necesitar mantenimiento o reemplazo. Los datos registrados pueden usarse para comparar la condición del paquete de tubos conductores con los requisitos de las normas de la industria, por ejemplo, de acuerdo con las normas API 53, 7L, las especificaciones 15F, RP160, las especificaciones 16R, RP17G y DNV-RP-F206 y otras normas para mantenimiento, monitorización e inspección de paquetes de tubos conductores marinos. El historial registrado por la

unidad de detección 10 puede analizarse para su historial y condición durante un intervalo de cinco años de acuerdo con los requisitos de SPS y ABS para inspección periódica. Estos datos pueden analizarse para monitorizar, basándose en la condición, los tubos conductores para minimizar el tiempo de inactividad y, planificando el mantenimiento en función de la probabilidad de fallo de inspección del tubo conductor, maximizar la disponibilidad y eficiencia operativa. De forma adicional, los registros de datos y los metadatos pueden presentarse a los fabricantes, proveedores, clientes, auditores o reguladores externos para validar la garantía del equipo, indicar el rendimiento de seguridad y demostrar el cumplimiento de las mejores prácticas y el cumplimiento de las regulaciones. Por último, la unidad de detección 10 puede proporcionar datos para análisis en modelos o simulaciones de condición de tubo conductor como parte de su ciclo de mantenimiento o servicio periódico especial. De hecho, esta recopilación longitudinal de mediciones de la condición de la tubería puede usarse como una alternativa a los END periódicos y la inspección, ahorrando en procesos manuales y costes de auditoría.

La unidad de detección 10 puede usarse para monitorizar equipo, además del tubo conductor 1, incluyendo una tubería de perforación, un alojamiento, una tubería de producción, herramientas de corte, conjuntos de fondo de pozo, tubos conductores de producción, tubo conductor flexible y líneas de flujo. Los datos de la unidad de detección 10 pueden usarse para proporcionar integridad a lo largo del tubo conductor y para monitorizar su posición, ubicación, orientación y condición para demostrar que el tubo conductor es seguro.

La unidad de detección 10 puede estar encapsulada en un material adecuado que presentar resistencia a los fluidos de perforación, la salmuera, el cemento, la luz del sol, la radiación UV, la grasa, el lubricante de tuberías, las limaduras de hierro y otros desechos. Ventajosamente, el material puede ser plástico PEEK, que es químicamente inerte. En particular, grados de PEEK que incluyen carbono como el negro TECAPEEK y el negro TECAPEEK CF30 (fabricado por Ensinger, Reino Unido) y que usan Victrex PEEK 450G como componente base. Estos grados de PEEK pueden soldarse para sellar la unidad de detección 10 y proporcionar impermeabilidad IP67 o IP68, así como una certificación de acuerdo con las normas IECEx y ATEX para uso en atmósferas inflamables.

La unidad de detección 10 y su montaje (miembro de fijación) pueden fabricarse a partir de un material resistente, duradero, para soportar golpes, la vibración, temperaturas extremas, hielo, luz solar directa, degradación UV y lavado con un chorro de agua a alta presión a más de 200 Psi. Los materiales adecuados utilizados para la fabricación del recinto para la unidad de detección 10 y el montaje incluyen PEEK, fibra de carbono, fibra de vidrio, PEEK reforzado con fibra de carbono y otros termoplásticos de ingeniería y compuestos o elastómeros. El material para fabricar la unidad de detección 10 y el montaje puede ser un material compuesto adecuado, tal como fibra de carbono o fibra de vidrio, o un plástico, por ejemplo, políéster éter cetona (PEEK), o un elastómero, por ejemplo, un caucho. La unidad de detección 10 y el montaje también pueden incorporar materiales de revestimiento no metálicos para proporcionar fricción adicional, integridad y sellado para evitar la entrada de aceites y desechos. Estos pueden incorporar juntas tóricas que proporcionan compresión para adaptarse a las tolerancias del tubo conductor para las dimensiones del brazo de tubo conductor, que pueden ser amplias. Los materiales no metálicos utilizados en la unidad de detección 10 pueden ser de un tipo conocido por ser adecuado para su uso como revestimiento en aplicaciones de petróleo y gas. Los materiales adecuados para el revestimiento no metálico en la unidad de detección 10 pueden incluir, sin limitación: polisopreno, caucho de estireno-butadieno, caucho de monómero de etileno propileno dieno, caucho de policloropreno, caucho de polietileno clorosulfonado, "Viton" o caucho de nitrilo butadieno. El material también puede ser una mezcla de estos y/u otros materiales.

La unidad de detección 10 puede comprender, además, una fuente de alimentación, tal como una batería 14. La fuente de alimentación puede ser cualquier tipo de fuente de alimentación independiente conocida en la técnica que sea capaz de proporcionar alimentación a la unidad de detección 10 incluyendo el sensor y otros componentes tales como el procesador 42 y la unidad de comunicación inalámbrica 44 (analizados más adelante). Por ejemplo, la fuente de alimentación puede comprender una batería 14, una célula solar o un condensador. La fuente de alimentación puede comprender opcionalmente un dispositivo de captación de energía que está configurado para captar energía del entorno del conjunto de tubo conductor 2. Por ejemplo, la fuente de alimentación puede configurarse para captar energía del movimiento, choques o vibraciones de la sección de tubo conductor 5. La fuente de alimentación se puede proporcionar integral con la unidad de detección 10, o unida de forma desmontable a la unidad de detección 10. Por lo tanto, se puede proporcionar una unidad de detección 10 que se mantenga fácilmente durante largos periodos de despliegue. Pueden implementarse circuitos de procesamiento integrados con el sensor de flujo óptico 16 para minimizar el consumo de energía.

La fuente de alimentación, tal como una batería 14 con características de larga duración, puede usarse para alimentar la unidad de detección 10. La batería 14 tiene un formato idealmente compacto y puede encajar dentro de la unidad de detección 10 montada en el brazo tubo conductor por el montaje. Para evitar el reemplazo frecuente de la unidad de detección 10, la batería 14 idealmente tendrá suficiente capacidad para alimentar la unidad de detección 10 durante decenas de miles de ciclos de tubo conductor durante varios años (p. ej., cinco años entre SPS). Opcionalmente, la batería 14 utilizada puede ser una batería de cloruro de tionilo de litio que se ha seleccionado y configurado para durar toda la vida útil del equipo. La batería 14 puede complementarse con un supercondensador para almacenar y liberar carga, por ejemplo, para la difusión de información de forma inalámbrica por radio o por medio de una señal de luz modulada.

La unidad de detección 10 puede funcionar durante periodos de tiempo prolongados desde una fuente de energía remota, como una batería 14. La captación de energía puede aprovecharse para generar energía y para complementar la energía de una batería 14 o supercondensador. La energía puede obtenerse a partir de ruido mecánico, vibración, choques, energía solar, líneas neumáticas y aire presurizado, líneas hidráulicas o fuentes térmicas y gradientes térmicos (p. ej., utilizando un Peltier y un disipador de calor).

A medida que la unidad de detección 10 se monta en el tubo conductor, el sensor puede ser de un tipo relativamente simple y de baja potencia en comparación con un sensor montado en el tubo conductor que detecta indirectamente el conjunto de tubo conductor 100. De este modo, puede proporcionarse una unidad de detección 10 económica que puede funcionar desde una fuente de alimentación autónoma.

En una realización en la que la unidad de detección 10 comprende un procesador 42, la unidad de detección 10 puede comprender, además, una unidad de comunicación inalámbrica 44 dispuesta para comunicar la señal desde el procesador 42. La unidad de comunicación inalámbrica 44 puede ser una interfaz de comunicación por radio dispuesta para comunicarse usando ondas electromagnéticas (EM) de radiofrecuencia. La unidad de comunicación inalámbrica 44 se puede utilizar para comunicar de forma inalámbrica la señal a un sistema de monitorización 50 bajo el control del procesador 42.

En algunas aplicaciones, puede no haber unidad de comunicación inalámbrica 44, en cuyo caso la señal del procesador 42 puede registrarse y comunicarse en un momento posterior, por ejemplo, a través de una conexión por cable. Por ejemplo, la sección de tubo conductor 5 puede comprender cableado usado para transmitir las señales desde el procesador 42.

La unidad de comunicación inalámbrica 44 puede comunicarse con un sistema de monitorización 50 que puede tener una configuración similar al sistema de monitorización para pestillos de un sistema de pestillo de diapason como se divulga en el documento WO-2018/007804. El sistema de monitoreo 50 proporciona una indicación del estado de los conjuntos de fijación 100 a un usuario, por ejemplo, en una pantalla o de forma audible. El sistema de monitorización 50 puede proporcionar una advertencia cuando el estado de cualquier conjunto de fijación 100 está aflojado o de otra manera en un estado peligroso.

Idealmente, la unidad de detección 10 se comunica de forma inalámbrica usando una unidad de comunicación inalámbrica 44 con un receptor, tal como el sistema de monitorización 50, para controlar, recoger, analizar, hallar tendencias y visualizar datos de la unidad de detección múltiple 10 montada, unida o sujeta a conjuntos de fijación 100 esenciales alrededor de una estructura o miembro rígido. La unidad de detección 10 puede comunicarse de forma inalámbrica usando el protocolo de red descrito en el documento WO2019020972. La unidad de detección 10 puede comunicarse de forma inalámbrica por medios ópticos, radiofrecuencia u otros medios electromagnéticos. La unidad de detección 10 puede incorporar un LED como indicador visual, u ópticamente por medio de LiFi, o una interfaz de comunicaciones de RF que se basa en protocolos patentados o disponibles comercialmente, tales como Bluetooth, Bluetooth de baja energía (BLE), LORA, 4G, 5G, ZigBee o WIFI. La comunicación óptica puede detectarse mediante una cámara o un fotodiodo para detectar luz modulada. Se pueden utilizar LIDAR, cámaras de tiempo de vuelo y radio de tiempo de vuelo para ubicar las unidades de sensor 10 y detectar cambios bruscos en su orientación o comportamiento. Como alternativa, se proporciona una unidad de comunicación inalámbrica 44 que se basa en comunicaciones por radio.

Para comunicarse de forma inalámbrica, la unidad de detección 10 puede utilizar radiofrecuencias. De manera opcional, se puede seleccionar una frecuencia que tenga una longitud de onda que no sufra atenuación o reflejos de tuberías y tubulares apilados o almacenados en la cubierta o en la eslora. Para minimizar los reflejos y la pérdida de señal, se puede seleccionar una frecuencia de radio que tenga una longitud de onda que sea menor que el espacio mínimo entre los tubulares cuando se apilan en almacenamiento. Este espaciado mínimo estará determinado por el paso mínimo entre las secciones de tubo conductor 5. Una realización para una unidad de detección 10 con un montaje utiliza ventajosamente una frecuencia de comunicaciones inalámbricas que tiene una longitud de onda que es menor que la separación mínima entre tubos conductores. La frecuencia seleccionada no debe interferir con el equipo de comunicaciones marinas. De manera opcional, la frecuencia seleccionada puede estar entre 1 kHz y 3 GHz. La frecuencia de comunicaciones puede ser de onda larga o una frecuencia adecuada para la transmisión a largas distancias cuando es deseable ubicar una sección del tubo ascendente y determinar de forma remota su condición. De manera opcional, las comunicaciones submarinas pueden ser por medio de transductores ultrasónicos. La señal puede retransmitirse desde una unidad de detección 10 a la superficie, o a través de unidades adyacentes.

Se puede proporcionar una red de unidades de detección inalámbricas 10 para comunicarse entre las unidades de detección 10, y entre sí, para retransmitir señales para el procesamiento y visualización de la condición y ubicación del tubo conductor a un operador, por ejemplo, a través del sistema de monitorización 50. Estas unidades de detección 10 se comunican con pasarelas para maximizar la recepción y cobertura de señal. De manera opcional, estas pasarelas pueden localizarse en cuatro localizaciones, adelante, atrás, a babor y a estribor en la plataforma o aparejo. Un transceptor adicional está montado en, o cerca de, la cabina de los perforadores y/o la sala de equipos locales (LER). El transceptor de puerta de enlace inalámbrica en la cabina de los perforadores y/o LER es el transceptor central que recibe señales de las unidades de detección 10 y los transceptores de puerta de enlace de red alrededor

de la plataforma.

Adicionalmente, la unidad de detección 10 se usa para comunicaciones de campo cercano (NFC). La funcionalidad NFC puede usarse para encender, o apagar, una unidad de detección 10 completamente sellada sin ningún contacto o interruptor externo. La NFC puede usarse a través del sensor 40 para poner la unidad de detección 10 en un estado inactivo o de baja potencia antes del envío, y para "despertar" la unidad de detección 10 a través de NFC a la llegada o cuando se instala y se pone en funcionamiento. Las una o más bobinas de sensor 30 pueden incorporar bobinas para percibir dispositivos tubulares y de NFC, o ambos. Las bobinas 30 pueden montarse de manera concéntrica o adyacentes entre sí en una placa de circuito impreso o una placa de circuito impreso flexible. De manera similar, la bobina de NFC puede usarse para actualizar el firmware y software de la unidad de detección 10, o para interrogar a la unidad de detección 10 durante la depuración. De esta forma, puede ahorrarse energía durante la fabricación, el montaje, el transporte y el almacenamiento, listo para reactivarse en la instalación. De manera similar, las comunicaciones pueden ser mediante RFID, modulación de luz, código de barras, código QR, retrorreflexión, inalámbrica, radio, Bluetooth, alimentación a través de Ethernet, etc.

El montaje puede comprender una o más fuentes de luz. De este modo, las fuentes de luz se dirigen hacia arriba. Como los conjuntos de tubo conductor normalmente se montan verticalmente, esto significa que son visibles desde arriba. También se mantienen más limpios, reduciendo el riesgo de oscurecer la luz de salida. Las fuentes de luz pueden emitir luz en cualquier banda de longitud de onda adecuada, por ejemplo, infrarroja, visible o ultravioleta. De manera similar, las fuentes de luz pueden sustituirse o complementarse con una unidad de comunicaciones inalámbricas de radiofrecuencia 44.

La salida de las una o más fuentes de luz se modula de acuerdo con la posición del tubo conductor detectado por la unidad de detección 10. La modulación puede implementarse en cualquier número de formas. En el caso más sencillo, las fuentes de luz pueden estar en un estado encendido o apagado correspondiente a dos condiciones, posiciones y ubicaciones diferentes del tubo conductor, por ejemplo, orientación angular, tensión, presión, temperatura, marcas, etc. Como alternativa, la modulación puede transmitir más información. Por ejemplo, el número de fuentes de luz encendidas puede identificar la posición de la sección del tubo conductor 5, o el espesor del perno, o la salinidad, conductividad o carga del agua. Como alternativa, la modulación puede ser un cambio en el color o la tasa de parpadeo de las fuentes de luz encendidas para identificar la posición de la sección de tubo conductor 5. En otra realización, una fuente de luz encendida puede identificar que la sección de tubo conductor 5 está en una condición de fallo, y una fuente de luz apagada puede indicar que la sección de tubo conductor 5 está funcionando normalmente. De este modo, se puede proporcionar una fuente de luz de tubo conductor más fiable que indique claramente cuándo el tubo conductor está asegurado de manera segura o en condiciones normales.

La modulación de una fuente de luz de acuerdo con la salida de la unidad de sensor 10 permite proporcionar una unidad de sensor inalámbrica 10 que sea adecuada para su uso en ubicaciones remotas sin la necesidad de realizar una conexión eléctrica, ya que la salida de la fuente de luz puede supervisarse y/o retransmitirse bajo el mar o en la superficie.

La modulación de una fuente de luz de conformidad con la posición del tubo conductor permite que se proporcione una unidad de detección 10 inalámbrica que es adecuada para su uso en ubicaciones remotas (submarinas) sin la necesidad de hacer una conexión eléctrica. Las fuentes de luz proporcionan una indicación instantánea de la integridad tubular, así como datos de banda ancha, que pueden supervisarse por una persona o supervisarse de forma remota a través de un sistema de detección, tal como fotodetectores o cámaras montadas en cada unidad de detección 10 para transmitir mensajes a la superficie, o a cámaras en la superficie mientras el tubo conductor se almacena en cubierta, por ejemplo. El procesamiento de imágenes se puede usar para proporcionar monitorización automatizada.

En algunas situaciones, la unidad de detección 10 de acuerdo con cualquier realización descrita en el presente documento puede proporcionarse o fabricarse en combinación con un conjunto de fijación 100. Esto puede ser particularmente ventajoso en situaciones tales como cuando la unidad de detección 10 está integrada en el conjunto de fijación 100, por ejemplo, en una cavidad en el perno 103, la cabeza 104 o la tuerca 105.

La figura 27 muestra un diagrama de flujo de una realización de un método para detectar el estado de un conjunto de fijación 100, en el que se puede utilizar la unidad de detección 10 descrita anteriormente. El método comprende una etapa S10 de detección del movimiento del conjunto de fijación 100 mediante un sensor, que es un sensor de flujo óptico 16 unido rígidamente a, o adyacente a, el conjunto de fijación 100. El método comprende, además, una etapa S12 de procesamiento de la salida del sensor para detectar el aflojamiento del conjunto de fijación 100 y emitir una señal que representa el estado del conjunto de fijación 100. Por último, el método de la figura 23 comprende una etapa S14 de comunicación inalámbrica de la señal. Por ejemplo, la señal puede comunicarse a un sistema de monitorización 50 tal como se muestra en la figura 22.

REIVINDICACIONES

1. Una unidad de detección (10) para un conjunto de fijación (100), comprendiendo la unidad de detección (10):
un montaje dispuesto para unir rigidamente la unidad de detección (10) a, o adyacente a, un conjunto de fijación (100);
5 un sensor (16) configurado para detectar el movimiento del conjunto de fijación (100); y un procesador (42) dispuesto para procesar la salida del sensor (16) para detectar el alojamiento del conjunto de fijación (100) y emitir una señal representativa del estado del conjunto de fijación (100),
10 caracterizada por que el sensor es un sensor de flujo óptico.
2. Una unidad de detección (10) de acuerdo con la reivindicación 1, en donde la unidad de detección (10) comprende, además, una unidad de comunicación inalámbrica (44) dispuesta para comunicar la señal.
3. Una unidad de detección (10) de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde el sensor de flujo óptico (16) está configurado para detectar la rotación angular o el movimiento axial del conjunto de fijación (100) con respecto a un objeto (101, 102) que fija el conjunto de fijación (100).
15
4. Una unidad de detección (10) de acuerdo con la reivindicación 1 o 2, en donde el sensor de flujo óptico está configurado para detectar la rotación angular o el movimiento axial de partes del conjunto de fijación (100) entre sí.
20
5. Una unidad de detección (10) de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde el montaje permite retroadaptar la unidad de detección (10) a un conjunto de fijación (100) o integra la unidad de detección (10) con el conjunto de fijación (100).
6. Una unidad de detección (10) de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que comprende, además, un sensor de corriente de Foucault (26) configurado para monitorizar el estado del conjunto de fijación (100), estando dispuesto el procesador (42), además, para procesar la salida del sensor de corriente de Foucault (26).
25
7. Una combinación de una unidad de detección (10) de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores con un conjunto de fijación (100).
30
8. Una combinación de acuerdo con la reivindicación 7, en donde el montaje une rigidamente la unidad de detección (10) a, o adyacente a, el conjunto de fijación (100).
9. Una combinación de acuerdo con la reivindicación 7 u 8, en donde el montaje une rigidamente la unidad de detección (10) al conjunto de fijación (100), y el conjunto de fijación (100) incluye una porción de acoplamiento (104, 105) que se acopla a un objeto (101, 102) que fija el conjunto de fijación (100), y el montaje está dispuesto para unir rigidamente la unidad de detección (10) a la porción de acoplamiento (104, 105) del conjunto de fijación (100).
35
10. Una combinación de acuerdo con la reivindicación 9, en donde el sensor de flujo óptico (16) está configurado para detectar la rotación angular de la porción de acoplamiento (104, 105) con respecto al objeto (101, 102)).
40
11. Una combinación de acuerdo con la reivindicación 10, en donde el conjunto de fijación (100) comprende un perno (103) que tiene una cabeza (104) y una tuerca (105) soportada de manera giratoria en el perno (103), siendo la porción de acoplamiento la tuerca (105) o la cabeza (104) del perno (103).
45
12. Una combinación de acuerdo con la reivindicación 11, en donde el montaje une rigidamente la unidad de detección (10) como una tapa sobre la tuerca (105) o la cabeza (104) del perno (103).
13. Una combinación de acuerdo con la reivindicación 9, en donde el sensor de flujo óptico (16) está configurado para detectar la rotación angular o el movimiento axial de la porción de acoplamiento (104, 105) con respecto a otra parte del conjunto de fijación (105, 103).
50
14. Una combinación de acuerdo con la reivindicación 13, en donde la porción de acoplamiento es la tuerca (105) y la otra parte del conjunto de fijación es el perno (103).
55
15. Una combinación de acuerdo con la reivindicación 14, en donde la otra parte del conjunto de fijación es una rosca del perno (103) o un extremo del perno (103).

Fig. 1(a)

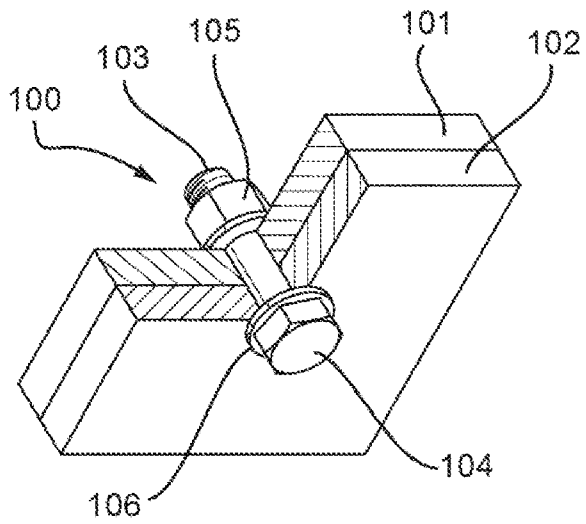


Fig. 1(b)

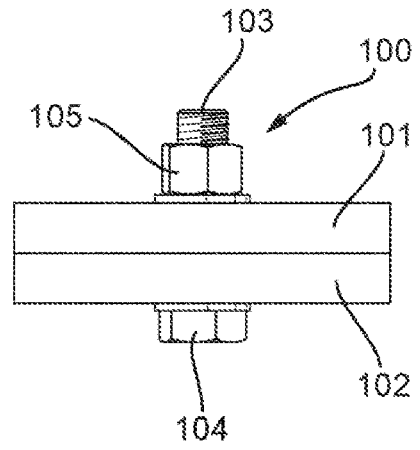


Fig. 1(c)

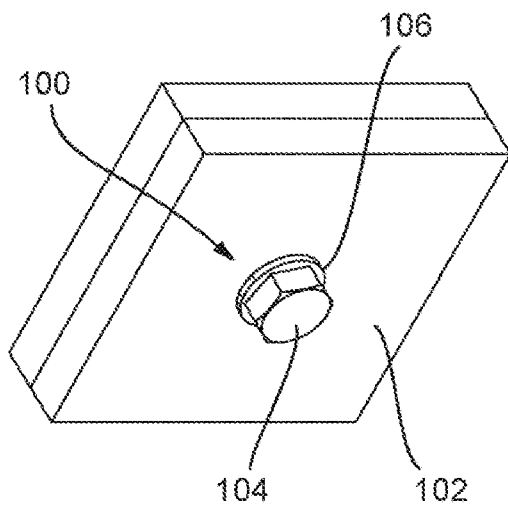


Fig. 1(d)

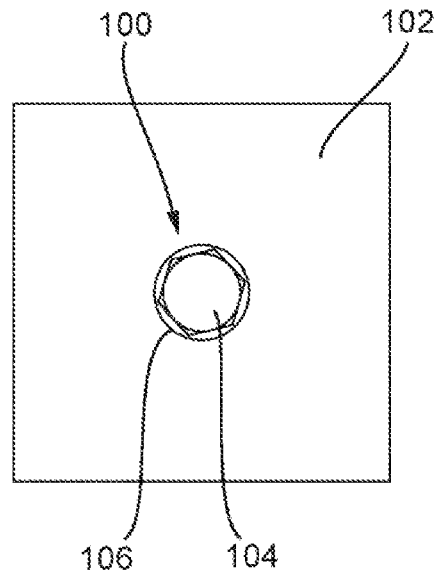


Fig. 2

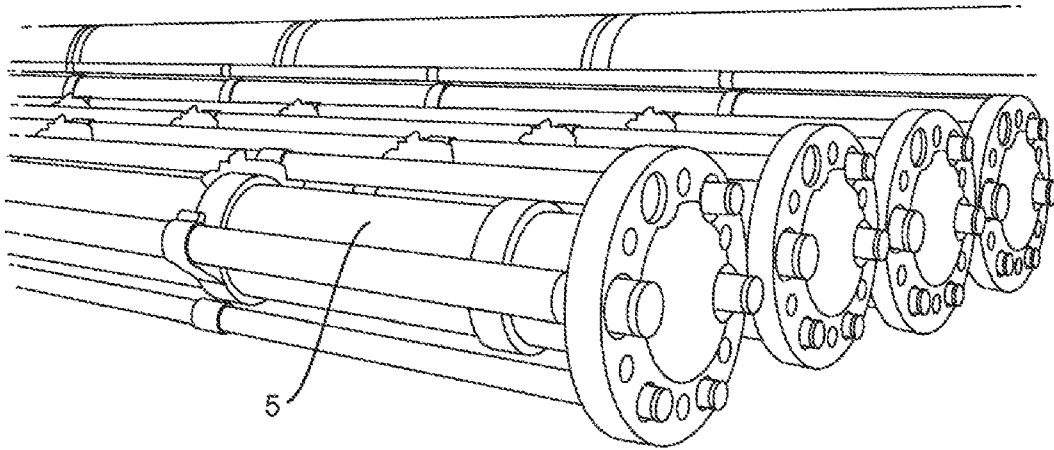


Fig. 3

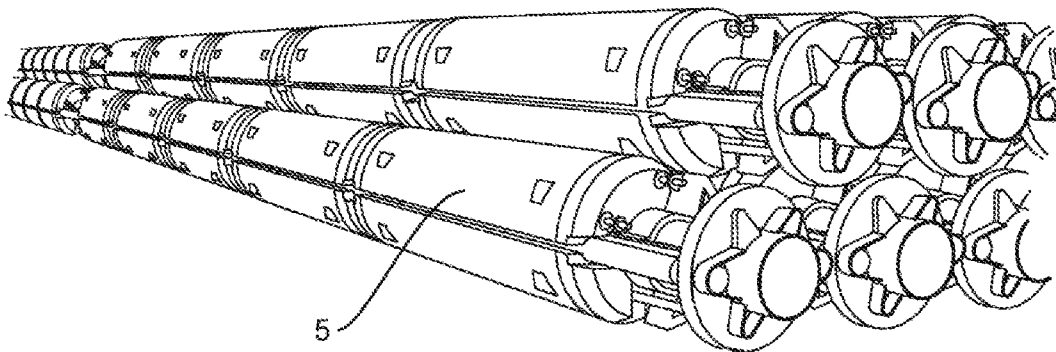


Fig. 4

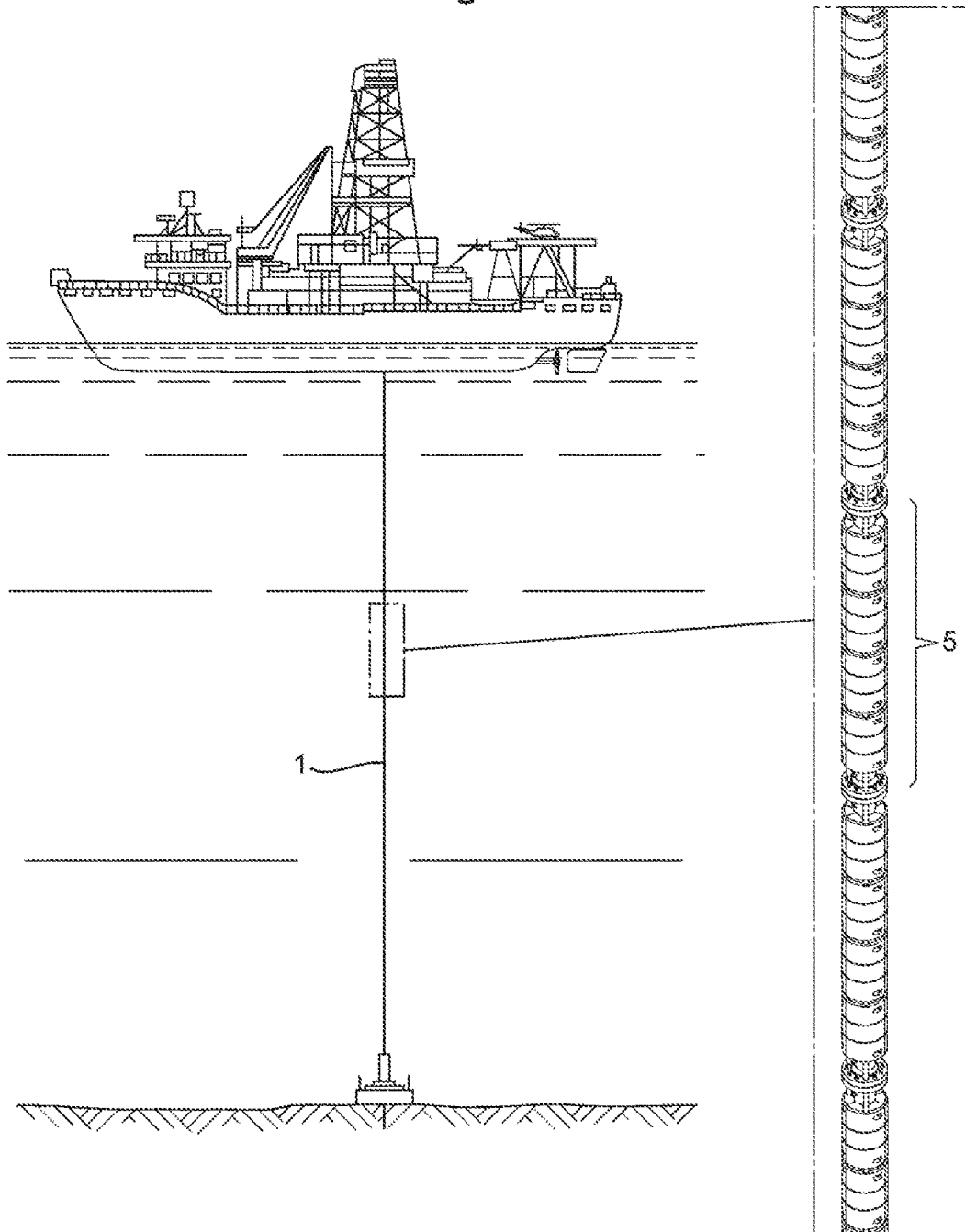


Fig. 5

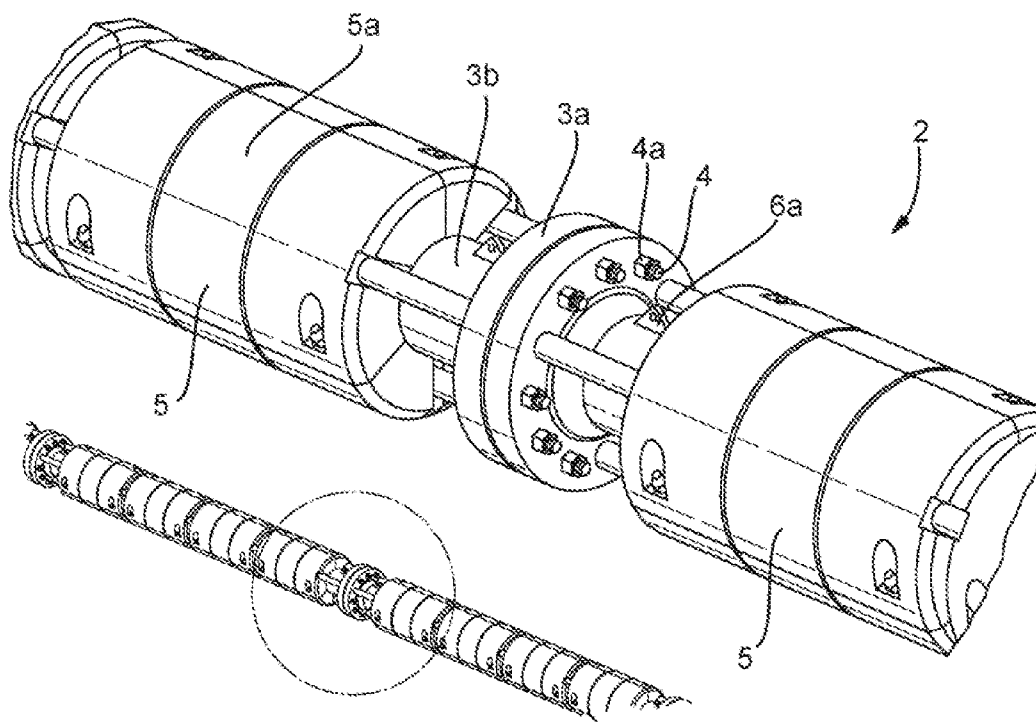


Fig. 6

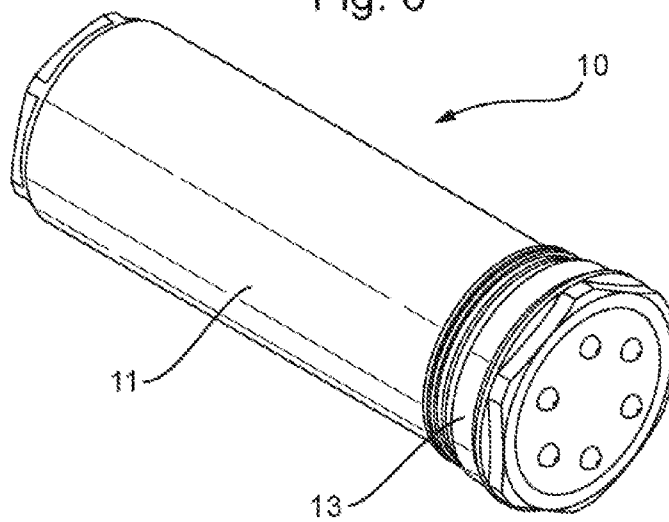


Fig. 7

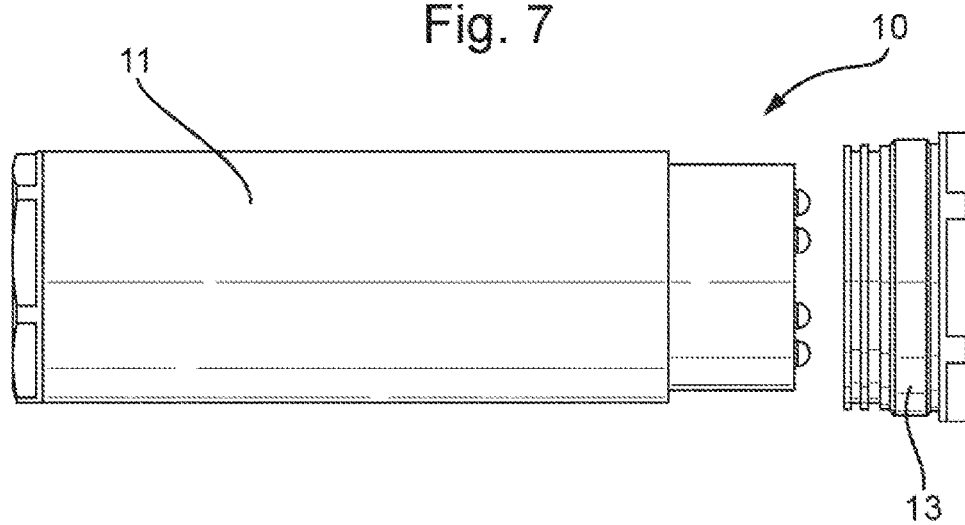


Fig. 8

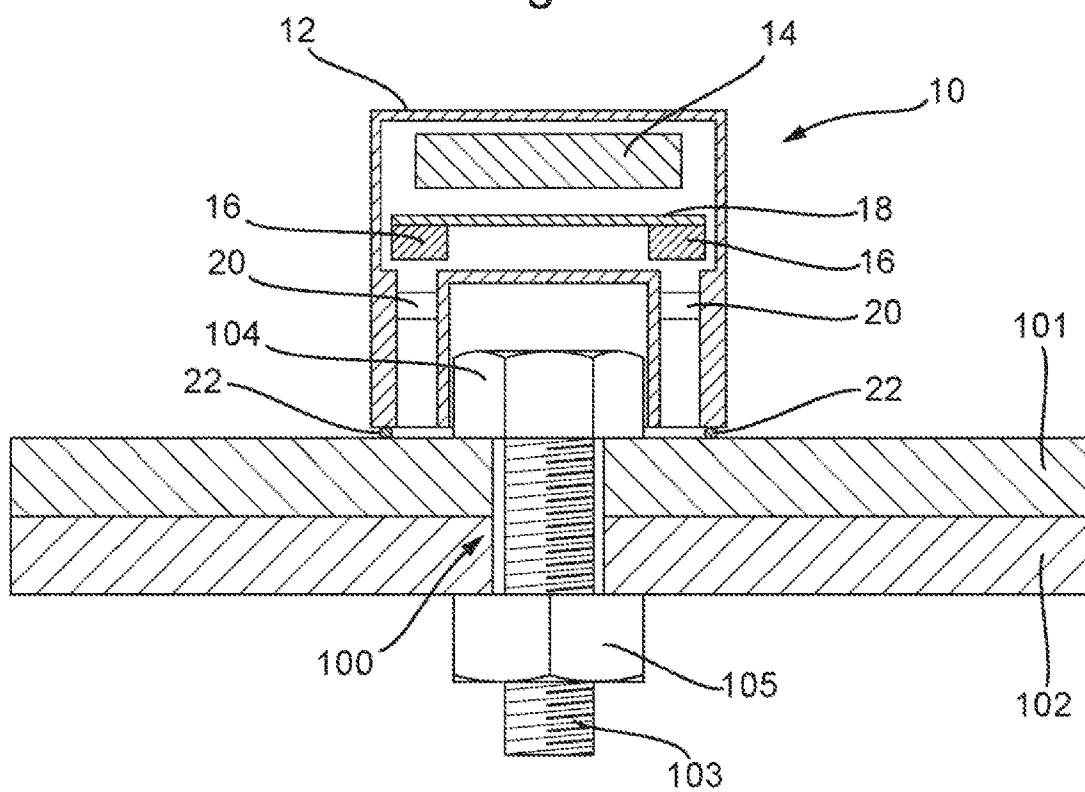


Fig. 9

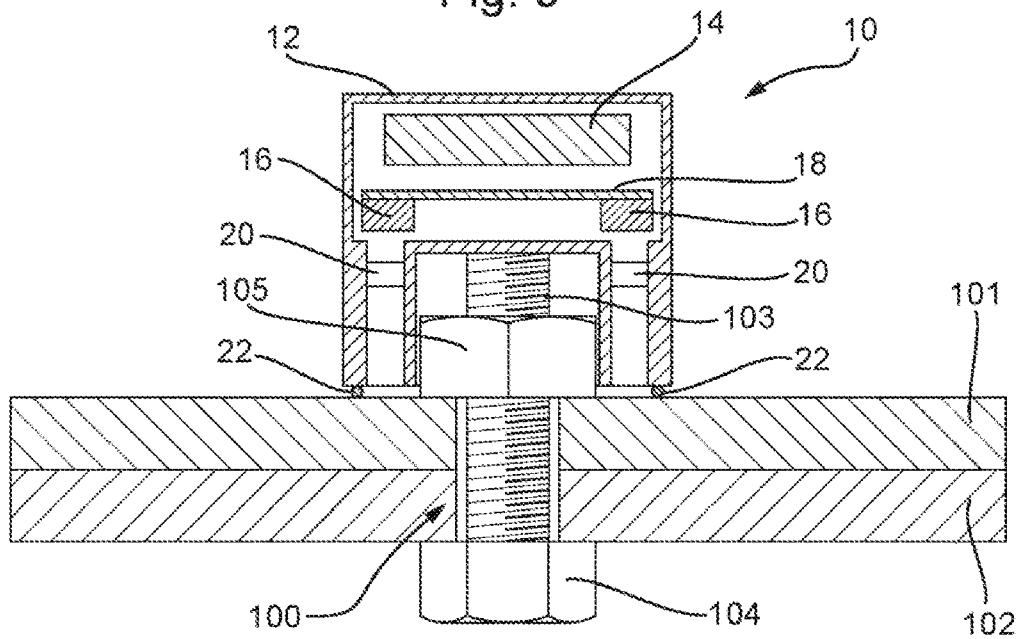


Fig. 10

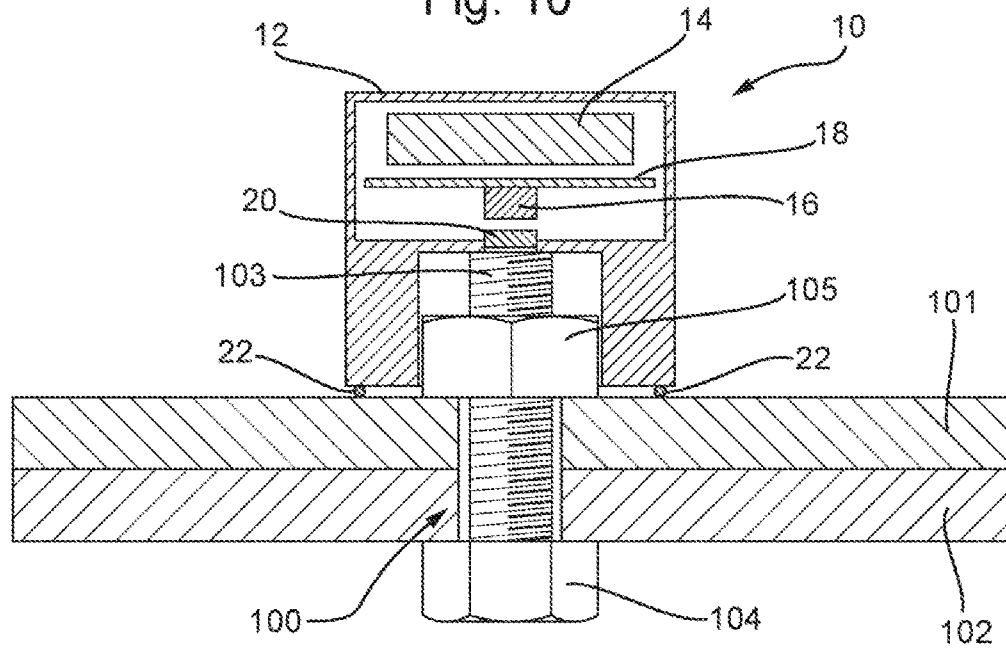


Fig. 11

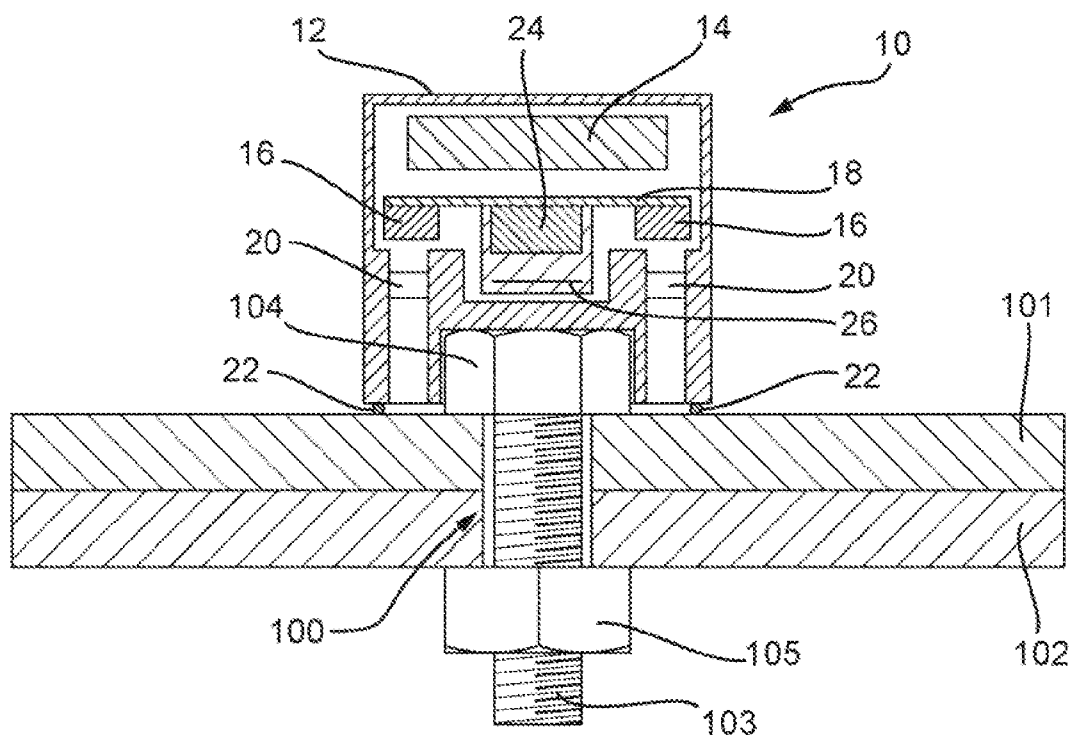


Fig. 12 (a)

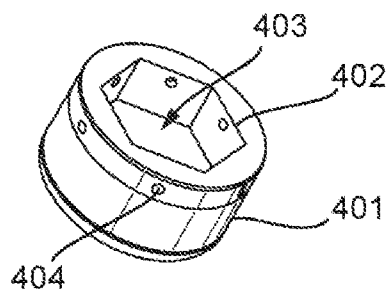


Fig. 12 (b)

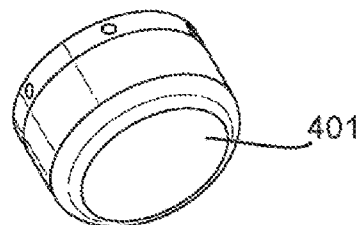


Fig. 12 (c)

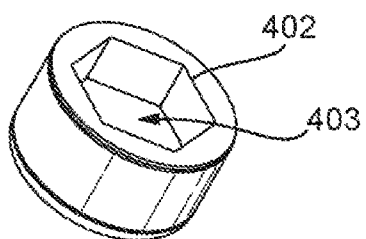


Fig. 12 (d)

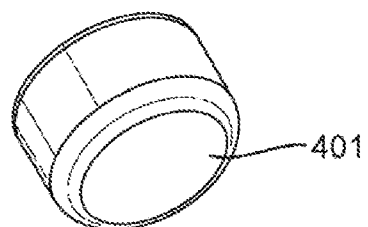


Fig. 12 (e)

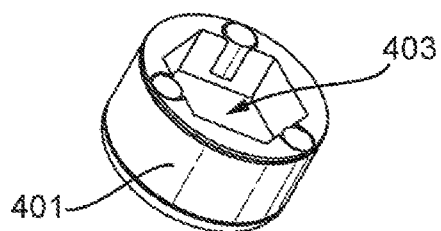


Fig. 12 (f)

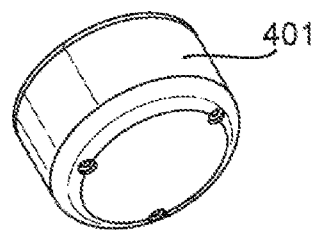


Fig. 12 (g)

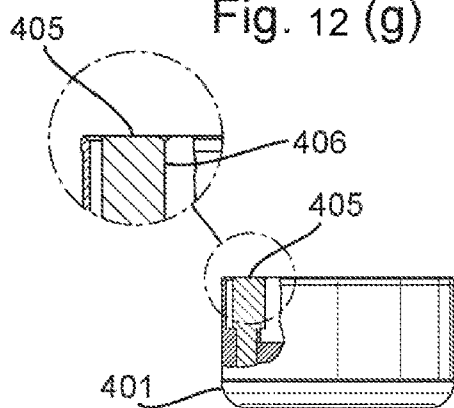


Fig. 12 (h)

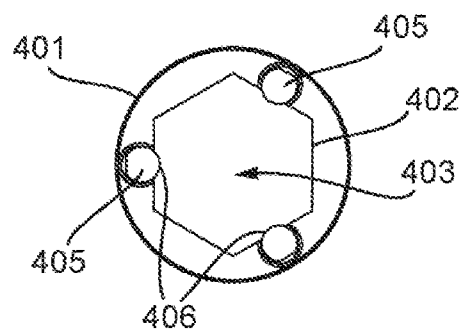


Fig. 13 (a)

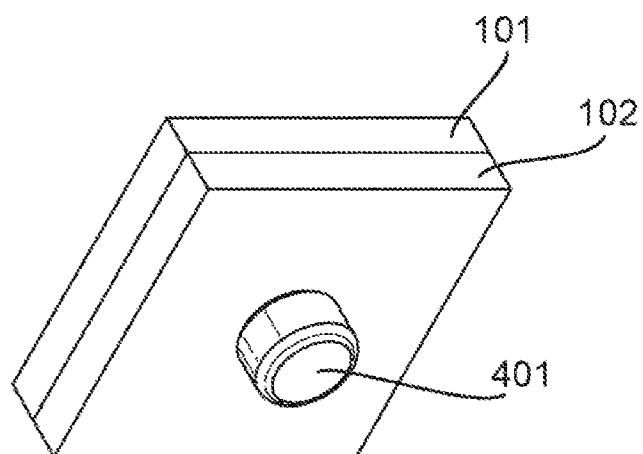
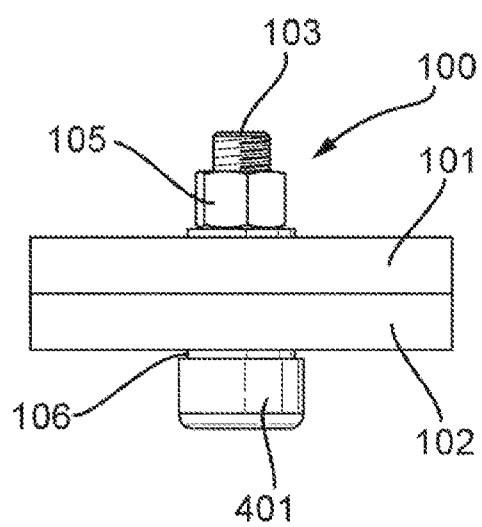


Fig. 13 (b)



14

Fig. 14 (a)

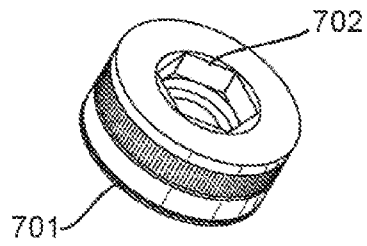


Fig. 14 (b)

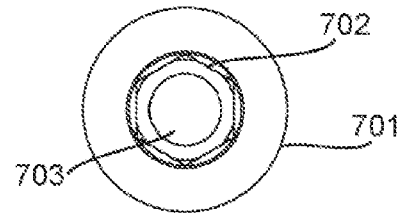


Fig. 14 (c)

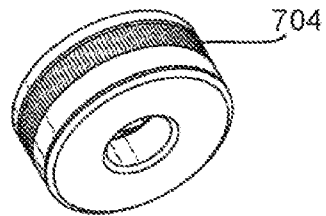


Fig. 14 (d)

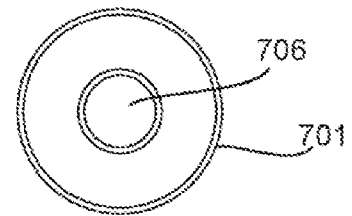


Fig. 14 (e)

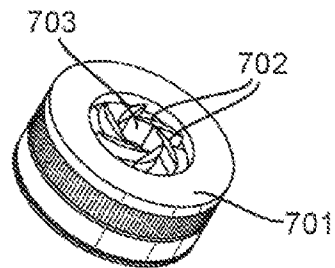


Fig. 14 (f)

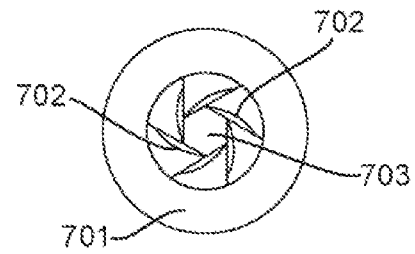


Fig. 14 (g)

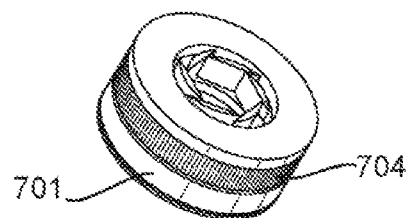


Fig. 14 (h)

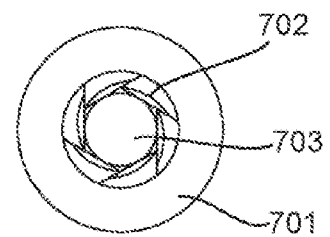


Fig. 15 (a)

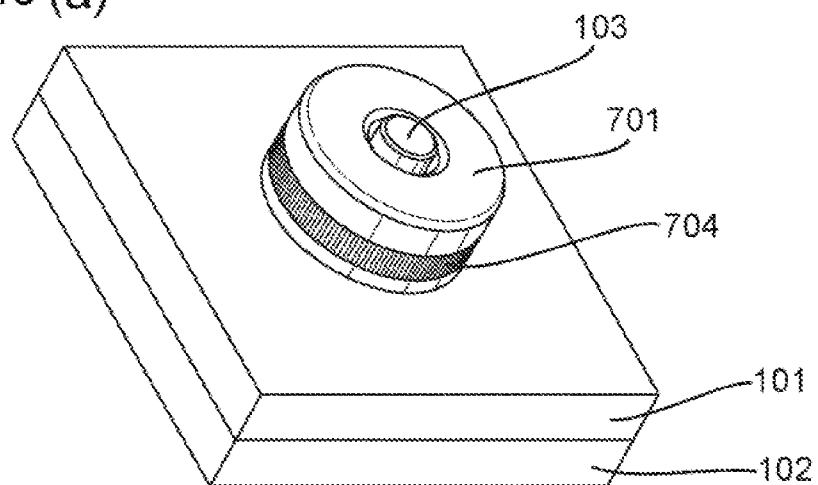


Fig. 15 (b)

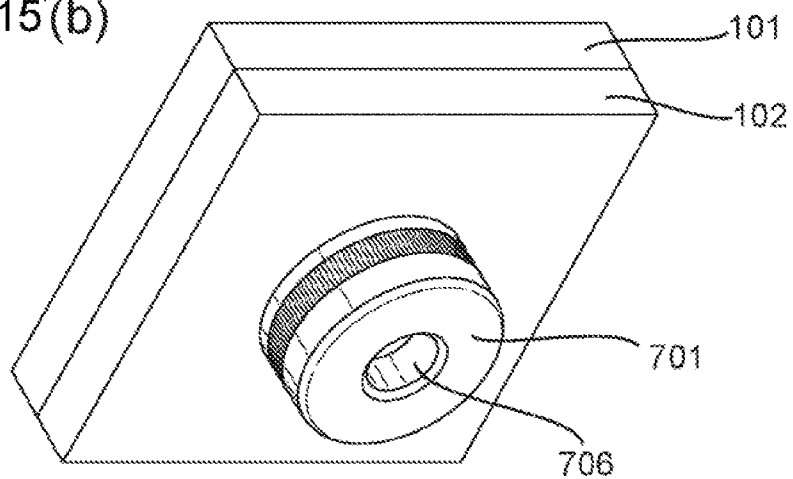


Fig. 15 (c)

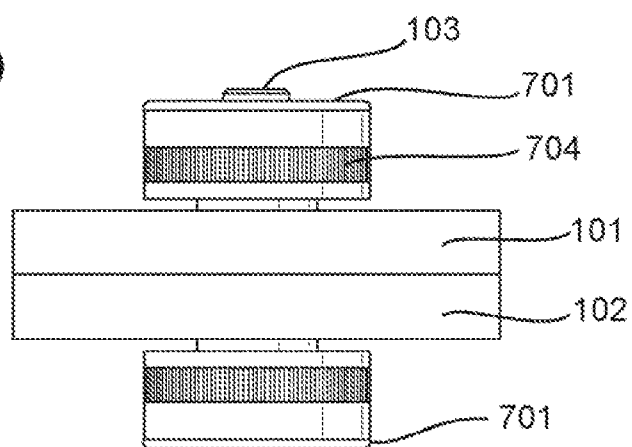


Fig. 16

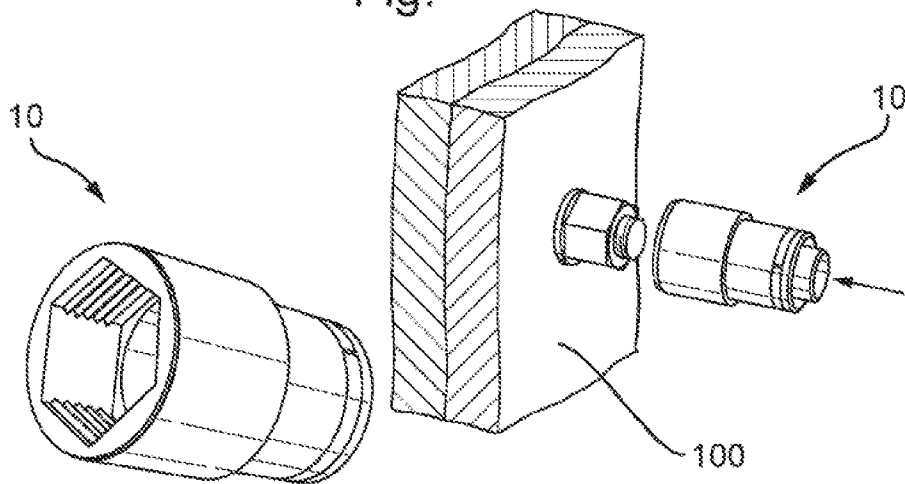


Fig. 17

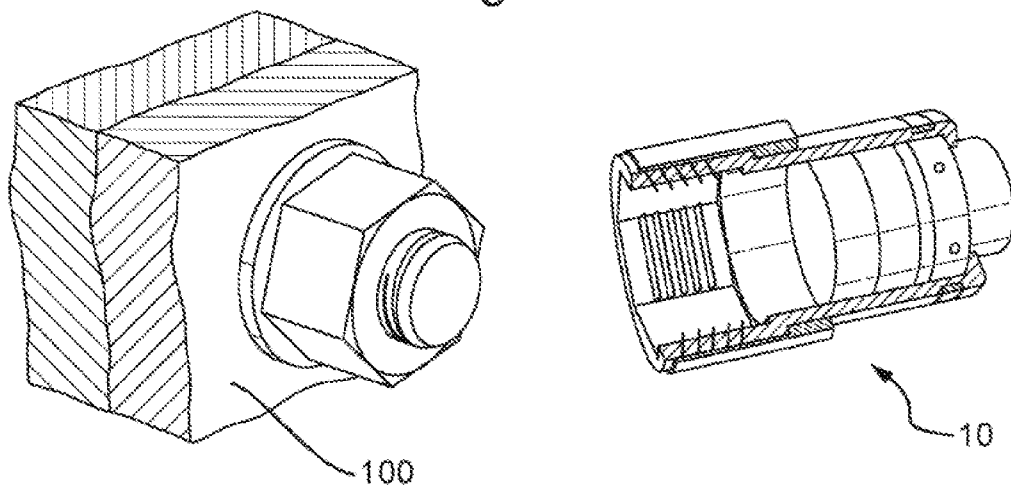


Fig. 18

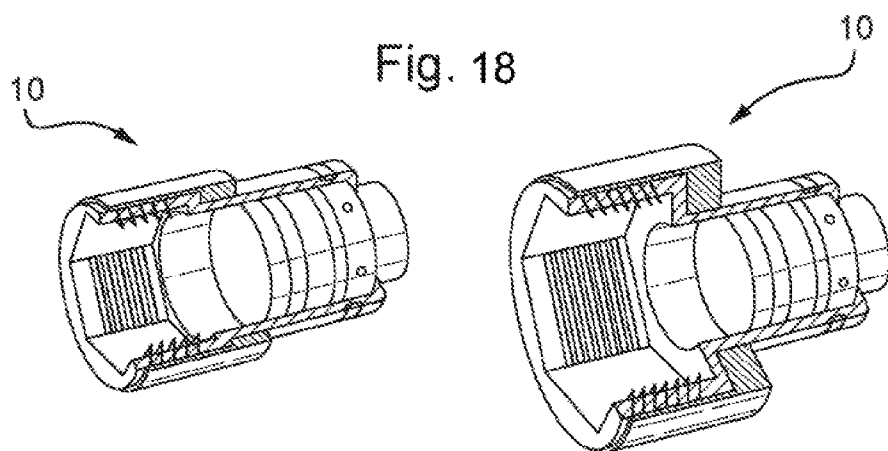


Fig. 19 (a)

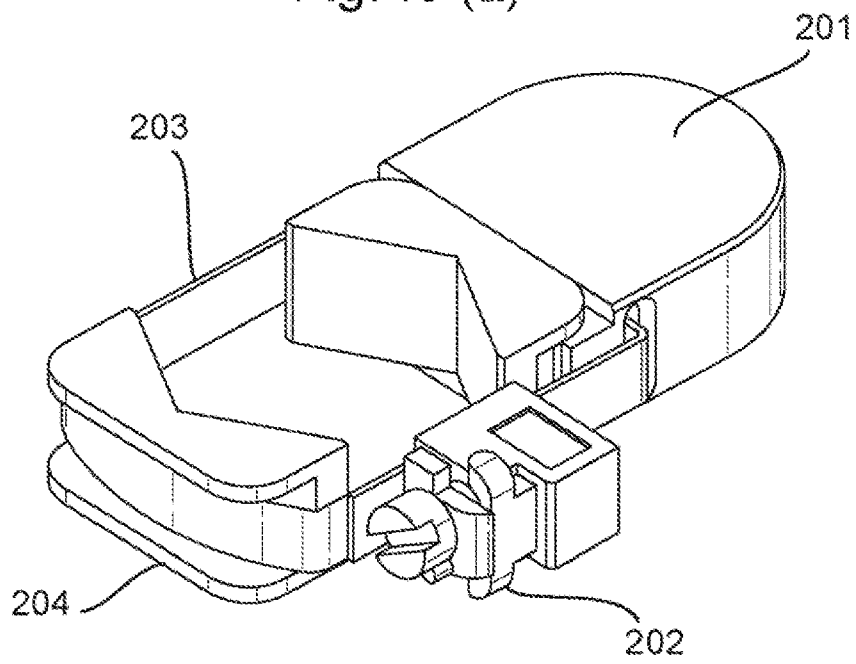


Fig. 19 (b)

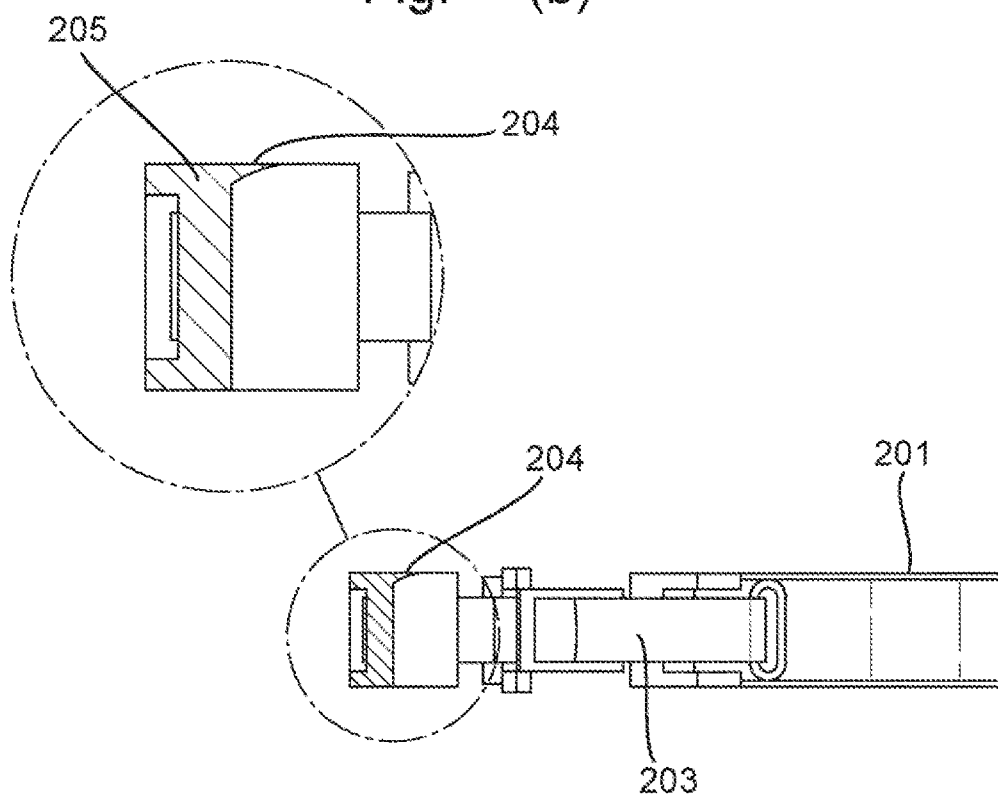


Fig. 20 (a)

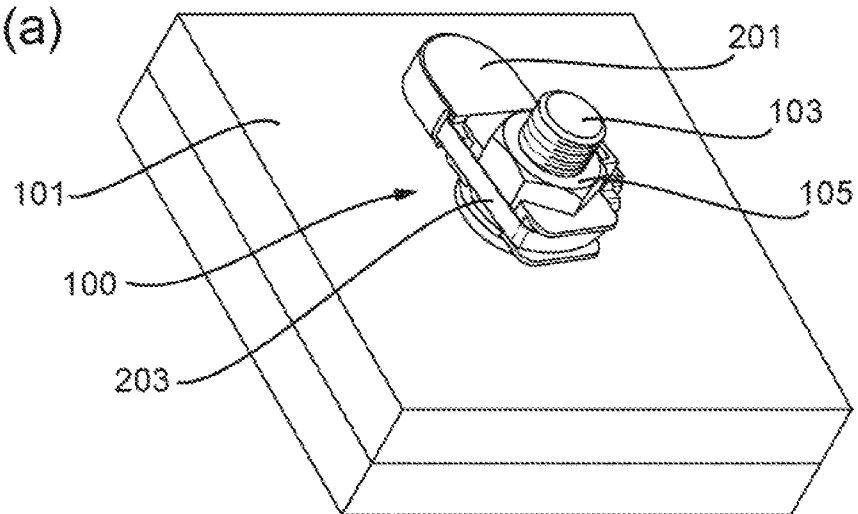


Fig. 20 (b)

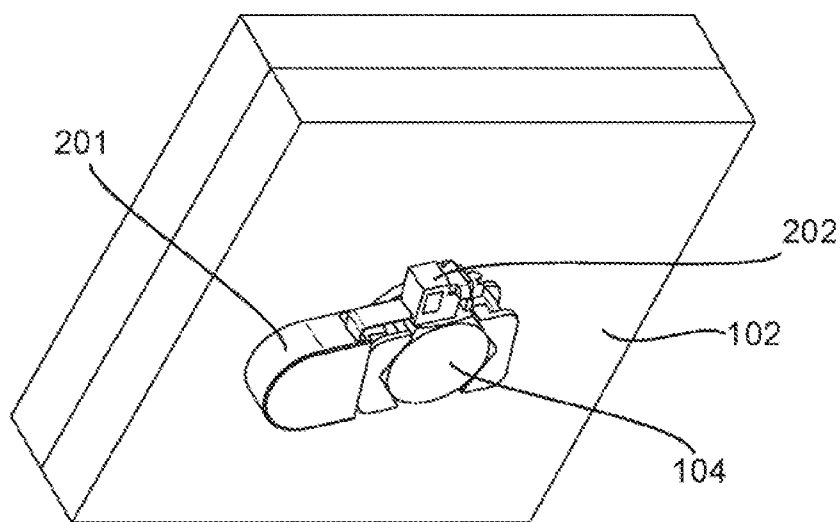


Fig. 20 (c)

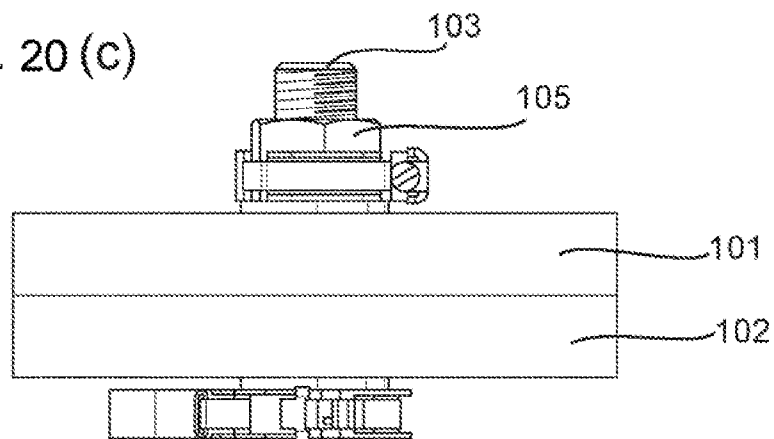


Fig. 21 (a)

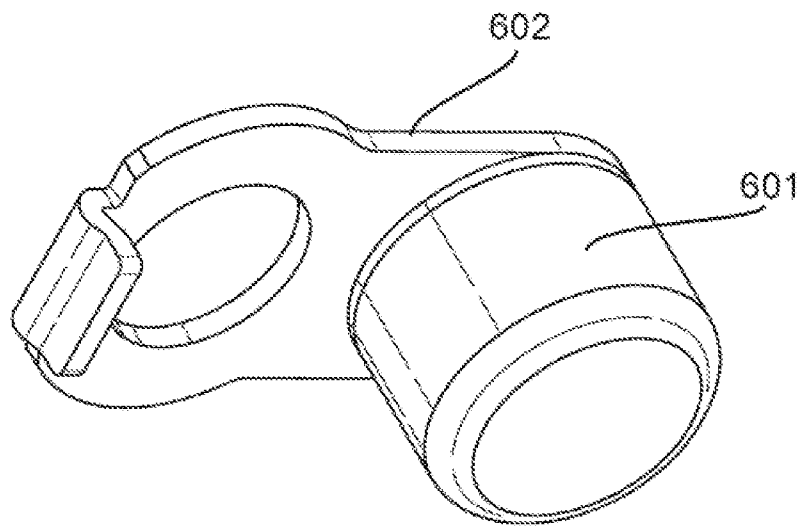


Fig. 21(b)

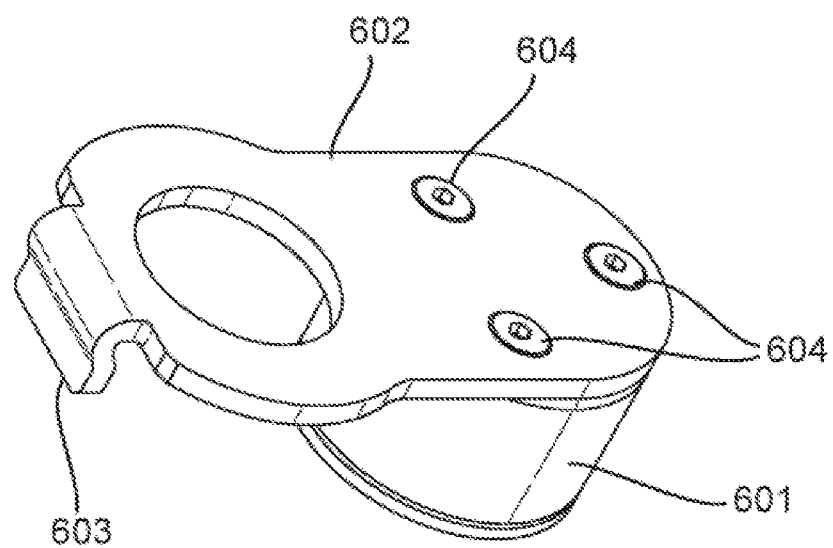


Fig. 22 (a)

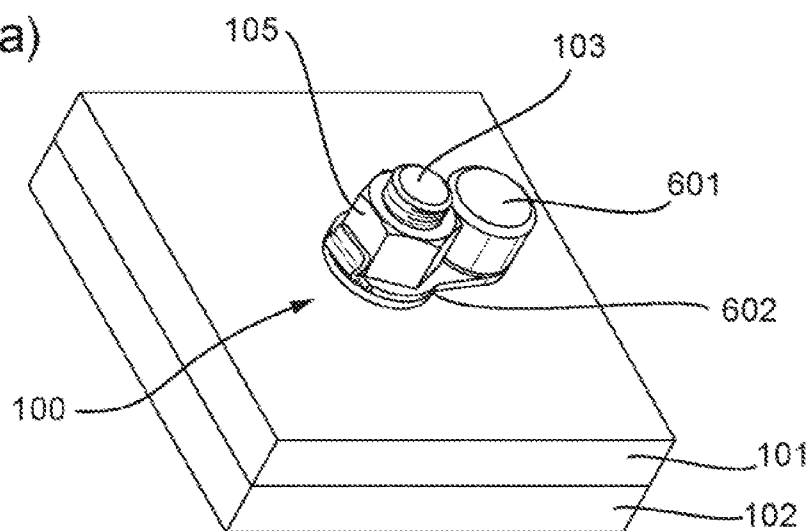


Fig. 22 (b)

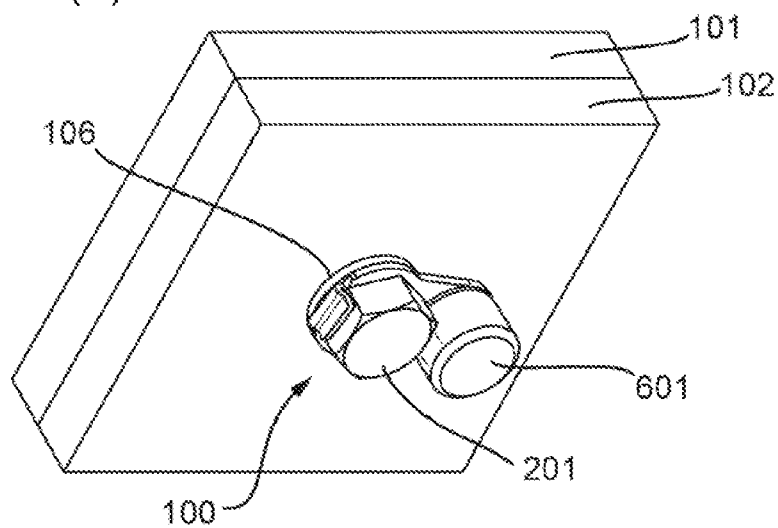


Fig. 22 (c)

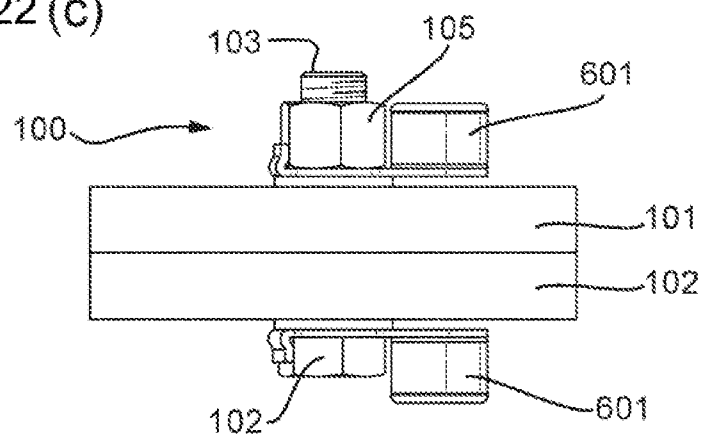


Fig. 23

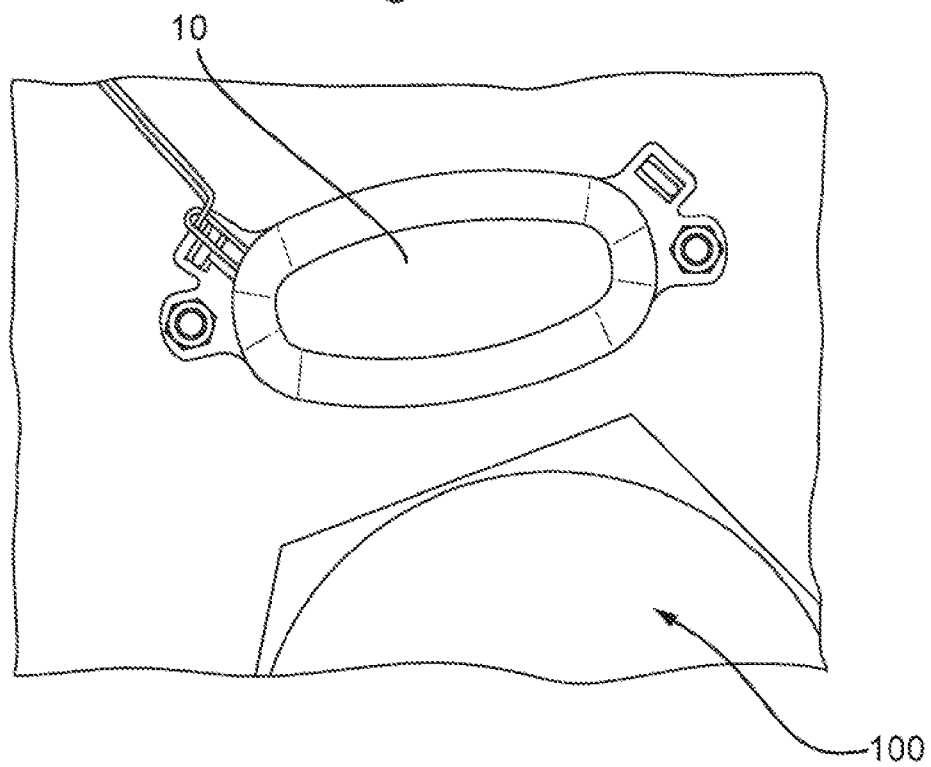


Fig. 24

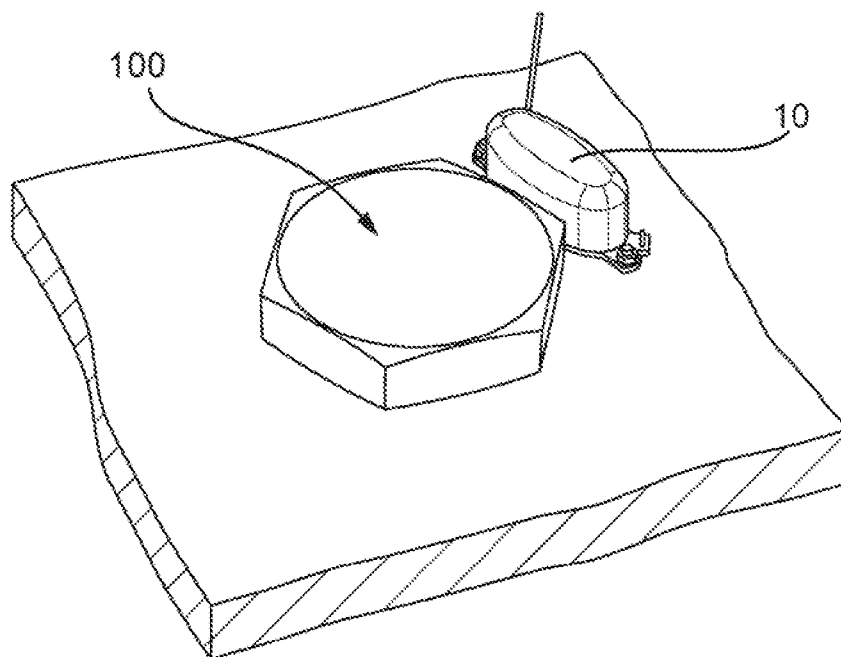


Fig. 25

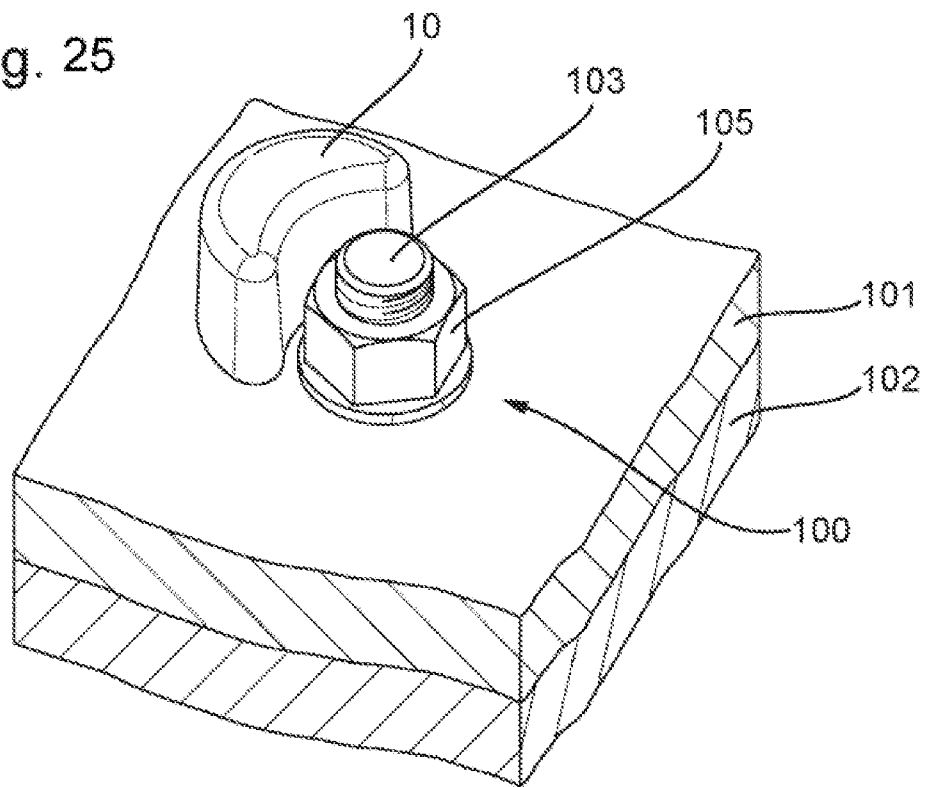


Fig. 26

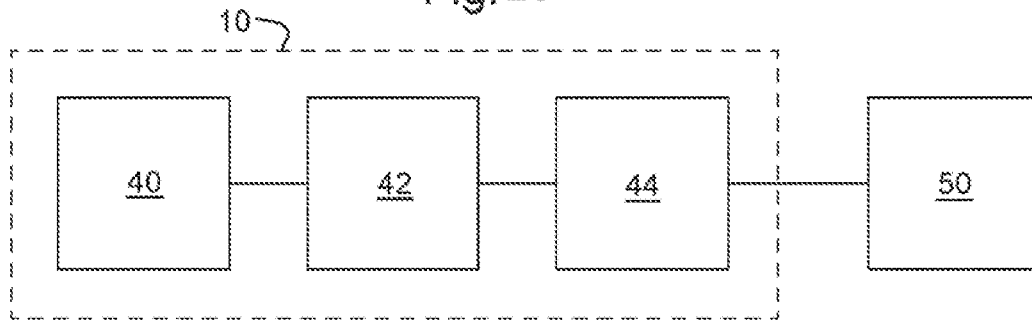


Fig. 27

