

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 974 317**

51 Int. Cl.:

F16B 31/02 (2006.01)

G01L 5/24 (2006.01)

G01L 1/22 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **22.06.2021 PCT/EP2021/066916**

87 Fecha y número de publicación internacional: **30.12.2021 WO21259897**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **22.06.2021 E 21737575 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **29.11.2023 EP 3987191**

54 Título: **Tuerca y dispositivo de montaje**

30 Prioridad:

24.06.2020 DE 102020116618

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

26.06.2024

73 Titular/es:

**MICRO-SENSYS GMBH (100.0%)
In der Hochstedter Ecke 2
99098 Erfurt, DE**

72 Inventor/es:

**JURISCH, REINHARD y
PEITSCH, PETER**

74 Agente/Representante:

LEHMANN NOVO, María Isabel

ES 2 974 317 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

Tuerca y dispositivo de montaje

5 La invención se refiere a una tuerca y a un dispositivo de montaje.

A partir del estado de la técnica se conoce, como se describe en el documento DE 10 2009 038 211 A1, un dispositivo para determinar y/o controlar una fuerza de precarga de una unión atornillada. El dispositivo comprende un sensor para determinar y/o controlar la fuerza de precarga de la unión atornillada, que genera datos que dependen del valor de la fuerza de precarga y/o de una modificación de la fuerza de precarga, una unidad de transmisión para transmitir los datos del sensor y una fuente de energía que suministra energía eléctrica al sensor y/o a la unidad de transmisión.

En el documento WO 2017/203220 A1 se describe un método y un dispositivo para medir una frecuencia de resonancia de un objeto y para monitorizar una carga de tracción en un tornillo. Una disposición de tuerca-tornillo inteligente incluye una tuerca, un tornillo que se puede unir a la tuerca y una tapa que se puede montar de manera desmontable en la tuerca. La tapa contiene medios sensores para detectar la carga de tracción sobre la disposición de tuerca-tornillo como medida de la resistencia de la tuerca sobre el tornillo. La tapa también incluye un transmisor para transmitir la carga de tracción detectada en la disposición de tuerca-tornillo a una ubicación remota para monitorizar los cambios en la carga de tracción.

A partir del documento US 2010/0054891 A1 se conocen un dispositivo de fijación que incluye un tornillo o una tuerca y un sistema de detección del dispositivo de fijación que detecta una fuerza axial del dispositivo de fijación. El sistema de detección incluye un detector de fuerza axial con una galga extensométrica y una etiqueta IC, en donde la galga extensométrica se proporciona en un punto predeterminado para detectar un valor de fuerza axial del dispositivos de fijación, y la etiqueta IC está conectada a la galga extensométrica y transmite de forma inalámbrica el valor de fuerza axial detectado e información de identificación inequívoca. El detector de fuerza axial se suministra con corriente. Un dispositivo de lectura lee los datos transmitidos por el detector de fuerza axial.

En el documento US 2007/0204699 A1 se describe una medición de expansión en un dispositivo mecánico ubicado remotamente. Una disposición de sensores mide en el dispositivo mecánico y transmite una indicación de la medición a un dispositivo remoto a través de una conexión inalámbrica.

A partir del documento DE 10 2005 015 688 A1 se conocen un dispositivo y un método para detectar datos sobre la fuerza de precarga de elementos de conexión y datos de marcado de elementos de conexión. El dispositivo comprende un sensor ultrasónico con tecnología de película fina para medir la fuerza de precarga en un elemento de conexión, que está diseñado como parte firmemente adherida del elemento de conexión, un soporte de datos, que también está diseñado como parte firmemente adherida del elemento de conexión, y que contiene los datos de marcado para identificar el elemento de conexión, y un medio para asignar la fuerza de precarga medida a los datos de marcado de un elemento de conexión específico.

Un elemento de fijación inteligente se describe en el documento US 2013/0186951 A1. El elemento de fijación inteligente incluye una cabeza y un eje roscado externamente para acoplamiento roscado con un miembro estructural. La cabeza tiene un hueco formado en la superficie superior para fijar una etiqueta RFID. La etiqueta RFID incluye una memoria que contiene información específica del elemento de fijación, una antena para permitir la comunicación bidireccional con un lector de etiquetas RFID y un sensor de valor de torsión para determinar el momento de torsión aplicado al elemento de fijación mediante una herramienta de instalación de elemento de fijación. Después de la instalación, el momento de torsión existente en una pluralidad de elementos de fijación se mide usando un lector de etiquetas RFID para escanear la información almacenada en la memoria de cada elemento de fijación.

50 La invención tiene el objeto subyacente de especificar una tuerca mejorada con respecto al estado de la técnica y un dispositivo de montaje mejorado con respecto al estado de la técnica.

El objeto se logra de acuerdo con la invención mediante una tuerca con las características de la reivindicación 1 y un dispositivo de montaje con las características de la reivindicación 11.

55 Las configuraciones ventajosas de la invención son el objeto de las reivindicaciones dependientes.

Una tuerca de acuerdo con la invención comprende un módulo sensor para determinar una fuerza de precarga de una unión atornillada a establecer o establecida con la tuerca, comprendiendo el módulo sensor al menos un sensor de detección de deformación dispuesto en un cuerpo base de la tuerca para detectar una deformación del cuerpo base de la tuerca y una unidad de transpondedor RFID, y estando dispuesta una placa de circuito impreso del módulo sensor en una cara frontal del cuerpo base, por ejemplo directamente en el mismo o estando dispuesta, por ejemplo, sobre una capa dispuesta entre la placa de circuito y la cara frontal, por ejemplo apoyada en la cara frontal. En particular, la placa de circuito impreso, está fijada, en particular montada esta cara frontal del cuerpo base. En particular, en la placa de circuito están configuradas una antena de la unidad de transpondedor RFID y un circuito electrónico del módulo sensor. Ventajosamente, toda la unidad de transpondedor RFID está dispuesta en la placa de

circuito impreso. La placa de circuito está acoplada de manera eléctricamente conductora con al menos un sensor de detección de deformación.

5 La tuerca de acuerdo con la invención es una tuerca telemétrica que, en particular gracias a la tecnología RFID, permite determinar sin contacto la fuerza de precarga de la unión atornillada a establecer o establecida mediante la tuerca, ya que la transmisión de datos entre el módulo sensor, en particular su unidad de transpondedor RFID, y una unidad de lectura RFID tiene lugar de forma inalámbrica a través de un campo electromagnético y, por tanto, mediante transmisión por radio. Además, no es necesario que la tuerca tenga una fuente de energía eléctrica para hacer funcionar el módulo sensor, ya que por medio de la tecnología RFID también tiene lugar una transmisión de energía eléctrica desde la unidad de lectura RFID al módulo sensor utilizando el campo electromagnético. Sin embargo, el módulo sensor, en particular la unidad de transpondedor RFID, puede presentar, por ejemplo, un dispositivo de almacenamiento de energía eléctrica recargable, en particular un condensador, para almacenar, al menos para almacenar temporalmente a corto plazo, la energía eléctrica transmitida por la unidad de lectura RFID, como se explicará a continuación.

15 De acuerdo con la invención, la placa de circuito impreso está configurada en forma de anillo, en particular al menos esencialmente circular o elíptica o con un contorno exterior hexagonal. En este caso, una anchura libre de una abertura de paso de la placa de circuito impreso y convenientemente también de todo el módulo sensor es al menos tan grande como una anchura libre de una abertura para tornillo en el cuerpo base de la tuerca, para permitir que la tuerca del tornillo se atornille sobre un tornillo o un perno roscado o una varilla roscada. En el caso de una abertura de paso redonda, el diámetro de la abertura de paso es al menos tan grande como el diámetro de la abertura de tornillo. Ventajosamente, la anchura libre de la abertura de paso y, en el caso de una abertura de paso redonda, su diámetro es mayor que la anchura libre o el diámetro de la abertura de tornillo.

25 Ventajosamente, el al menos un sensor de detección de deformación está dispuesto en la zona de un lado periférico exterior del cuerpo base. Por ejemplo, está dispuesto en una superficie lateral, es decir, en una sección de superficie de intervención de herramienta, o está dispuesto, por ejemplo, en una cavidad que está formada en una superficie lateral, o está dispuesto, por ejemplo, en un orificio axial, en la zona de un borde entre dos superficies laterales adyacentes. Un cuerpo base de la tuerca configurado como tuerca hexagonal presenta seis de estas superficies laterales y seis bordes, estando formado el borde respectivo entre dos superficies laterales adyacentes. Un cuerpo base configurado como tuerca cuadrada presenta cuatro superficies laterales de este tipo y cuatro bordes.

35 Ventajosamente, todos los componentes del módulo sensor, por ejemplo con excepción del al menos un sensor de detección de deformación o los varios sensores de detección de deformación y/o uno o más sensores adicionales y líneas de conexión eléctrica entre la placa de circuito impreso y al menos uno o el respectivo sensor de detección de deformación y/o entre la placa de circuito impreso y el respectivo otro sensor en la placa de circuito impreso anular y, por lo tanto, junto con la placa de circuito impreso en la cara frontal del cuerpo base, en particular dispuesto en la cara frontal, en particular montado en particular fijado, y todo el módulo sensor presenta la abertura de paso, estando configurada la disposición en el cuerpo base de tal manera que se permita el paso del tornillo, del perno roscado o de la varilla roscada a través del módulo sensor. Si el módulo de sensor presenta una cubierta protectora, esto se aplica ventajosamente al módulo de sensor que incluye la cubierta protectora.

45 Ventajosamente, el al menos un sensor de detección de deformación está diseñado como sensor para detectar expansiones, compresiones y/o fuerzas de cizallamiento, en particular como sensor de expansión, en particular como sensor de galgas extensométricas.

50 Como ya se ha mencionado anteriormente, en una posible forma de realización el módulo sensor, en particular su unidad de transpondedor RFID, puede presentar un dispositivo de almacenamiento de energía, en particular un condensador, que permite un almacenamiento al menos a corto plazo de la energía eléctrica transmitida a la unidad de transpondedor RFID mediante una unidad de lectura RFID, para poder determinar, por ejemplo, la fuerza de precarga mediante el módulo sensor, incluso si no se transfiere energía a la unidad de transpondedor RFID mediante la unidad de lectura RFID.

55 Ventajosamente, la antena está dispuesta o configurada como bobina en la placa de circuito impreso. Por ejemplo, está configurada como bobina impresa en la placa de circuito impreso o dispuesta como bobina enrollada en la placa de circuito impreso. Por lo tanto, la antena está configurada ventajosamente como una bobina que, por ejemplo, está impresa o enrollada en la placa de circuito impreso y dispuesta en la placa de circuito impreso. La bobina presenta en particular varias espiras, pero en una posible forma de realización también puede presentar solo una espira. Ventajosamente, la antena se extiende por toda la circunferencia de la placa de circuito impreso. De este modo es posible leer el módulo sensor mediante el dispositivo de lectura RFID en todas las posiciones circunferenciales de la tuerca.

65 En una posible forma de realización, el módulo sensor comprende una pluralidad de sensores de detección de deformación, por ejemplo dos o más de dos sensores de detección de deformación. Estos sensores de detección de deformación están entonces dispuestos ventajosamente distribuidos uniformemente alrededor de un perímetro exterior en el cuerpo base de la tuerca.

La tuerca comprende ventajosamente una cubierta protectora para el módulo sensor.

Un dispositivo de montaje de acuerdo con la invención comprende dicha tuerca y una llave.

5 Por ejemplo, el dispositivo de montaje incluye un dispositivo de lectura RFID que está firmemente conectado a la llave o puede conectarse o estar conectado de manera desmontable a la llave.

10 Ventajosamente, un alojamiento de tuerca de la llave está configurado de forma correspondiente a la tuerca. Por ejemplo, el alojamiento de tuerca de la llave tiene al menos una escotadura para recibir al menos un sensor de detección de deformación de la tuerca. Esta al menos una escotadura está configurada ventajosamente para corresponder a una zona del al menos un sensor de detección de deformación que sobresale de una superficie del cuerpo base de la tuerca.

15 La tuerca permite en particular una medición de expansión en la tuerca, es decir, en su cuerpo base. Para ello, el al menos un sensor de detección de deformación, en particular un sensor de galgas extensométricas, está dispuesto ventajosamente junto con una unidad de conversión analógico-digital y la unidad de transpondedor RFID, que posibilita un acoplamiento electromagnético sin contacto del módulo sensor, en particular mediante un dispositivo de lectura RFID, para la transmisión de energía y datos, sobre el cuerpo base de la tuerca, en donde la placa de circuito impreso, que realiza al mismo tiempo el contacto de circuito, antena y sensor y está configurada convenientemente de modo que todavía se puede utilizar una llave y ventajosamente se puede hacer pasar el tornillo o el perno roscado, en su cara frontal, es decir, en particular en una cara frontal del cuerpo base.

20 La detección de la deformación, en particular de la expansión (o compresión, ya que se trata de una expansión negativa), se realiza mediante el al menos un sensor de detección de deformación, ventajosamente en el lado periférico exterior del cuerpo base de la tuerca o al menos en la zona del lado periférico exterior, para lo cual está dispuesto correspondientemente el al menos un sensor de detección de deformación, como se describió anteriormente. En particular se registra una deformación, en particular una expansión y/o una compresión, es decir una expansión negativa, en la dirección axial de la tuerca, es decir, en la dirección de atornillado de la tuerca y, con ello, de la unión atornillada a establecer o establecida. Ventajosamente, el módulo sensor, como se ha descrito anteriormente, incluye varios sensores de detección de deformación de este tipo, de modo que en varios puntos de medición en el cuerpo base de la tuerca es posible una detección de deformación correspondiente. En una configuración ventajosa, como ya se mencionó anteriormente, el al menos uno o el respectivo sensor de detección de deformación está dispuesto en una cavidad formada en el cuerpo base de la tuerca. De este modo, el sensor de detección de deformación se cierra ventajosamente a ras de una superficie exterior adyacente del cuerpo base.

25 La solución de acuerdo con la invención permite en particular una determinación rápida, sencilla, fiable y económica de la fuerza de precarga en uniones atornilladas. Ventajosamente, para esta solución de acuerdo con la invención es necesario realizar la menor o ninguna modificación mecánica posible en los componentes utilizados para la unión atornillada, por ejemplo un tornillo, una arandela y ventajosamente también en el cuerpo base de la tuerca. Esto significa que se siguen cumpliendo las normas y homologaciones existentes para estos componentes. En la solución descrita anteriormente, este es el caso ventajosamente al menos para aquellas formas de realización de la tuerca en las que no está formada una cavidad u orificio axial en el cuerpo base de la tuerca para el al menos uno o el respectivo sensor de detección de deformación, porque en estas formas de realización, todos los componentes del módulo sensor están fijados en la superficie del cuerpo base. El cuerpo base de la tuerca corresponde ventajosamente a la tuerca convencional, por ejemplo normalizada y/o homologada. Ventajosamente no se realiza una modificación mecánica en este cuerpo base, sino que el módulo sensor se fija simplemente en este cuerpo base, es decir, en la tuerca convencional.

30 La medición, es decir, la detección de la deformación en el cuerpo base de la tuerca, se realiza ventajosamente, como ya se mencionó anteriormente, mediante un sensor de detección de deformación configurado, por ejemplo, como sensor de expansión o de fuerza y sin contacto eléctrico en la tuerca, es decir, mediante una transmisión de datos inalámbrica y, en particular, también mediante una transmisión de energía eléctrica inalámbrica entre la tuerca, en particular su módulo sensor, y el dispositivo de lectura RFID. La fijación del módulo sensor al cuerpo base de la tuerca simplifica considerablemente la realización de tales mediciones, ya que las tuercas están estandarizadas y son fácilmente intercambiables y tienen una variedad mucho menor que, por ejemplo, los tornillos.

35 Para evitar posibles influencias sobre la resistencia de la unión atornillada, ventajosamente se miniaturiza el tamaño del módulo sensor, al menos en gran medida. Para ello es muy ventajoso diseñar el al menos uno o el respectivo sensor de detección de deformación como sensor de galgas extensométricas, abreviado también como sensor DMS. Como ya se describió anteriormente, mediante el al menos un sensor de detección de deformación, en particular de un sensor DMS, se detecta ventajosamente la expansión (también expansión negativa, es decir, compresión) del cuerpo base de la tuerca en una superficie lateral o, en el caso de varios sensores de detección de deformación de este tipo, en varias superficies laterales del cuerpo base de la tuerca, lo que se correlaciona con una fuerza de precarga presente en la unión atornillada.

5 Como ya se ha descrito, la tecnología RFID se utiliza ventajosamente para la transmisión de energía y datos para realizar la detección de la tensión sin contacto. De este modo no se necesita una fuente de energía eléctrica adicional, en particular una batería, para el suministro de energía eléctrica, de modo que todo el módulo sensor se puede fijar en forma miniaturizada y robusta al cuerpo base de la tuerca y se puede utilizar de forma muy flexible junto con él como componente en una aplicación respectiva.

10 Por ejemplo, se puede utilizar un dispositivo de lectura RFID móvil estándar para leer la fuerza de precarga presente en la unión atornillada. Mediante la configuración ventajosa del módulo sensor, en particular mediante la antena, que se extiende ventajosamente por todo el perímetro de la placa de circuito impreso, que de acuerdo con la invención está configurada en forma de anillo, se puede obtener una dirección independiente y, por tanto, independiente de un ángulo de giro de la tuerca y, por tanto, es posible una lectura rápida, ergonómica y segura de valores de medición determinados y, en particular, ya digitalizados en el módulo sensor.

15 La tuerca aquí descrita, en particular con el módulo sensor aquí descrito, permite así una medición fiable y ergonómica de la fuerza de precarga tanto durante el montaje de la unión atornillada como, por ejemplo, durante los controles cíclicos posteriores a lo largo de todo el ciclo de vida de la unión atornillada, en particular esto se debe a que el módulo sensor funciona de forma pasiva, es decir, no necesita batería y recibe energía eléctrica a través del dispositivo de lectura RFID externo.

20 La solución aquí descrita tiene importantes ventajas sobre otras posibles soluciones para determinar la fuerza de precarga de una unión atornillada. La fuerza de precarga es el parámetro determinante de la calidad de cada unión atornillada, por lo que su medición es necesaria en muchas aplicaciones. La medición de un momento de torsión con una llave dinamométrica representa el estado de la técnica utilizado en la práctica diaria actual. Sin embargo, los valores medidos obtenidos con este método dependen en gran medida de las condiciones de fricción existentes, de modo que no siempre existe una conexión clara entre el momento de torsión medido y la fuerza de precarga presente en la unión atornillada. Con la solución aquí descrita se evitan tales imprecisiones en la medición, ya que los valores de la fuerza de precarga determinados de esta manera son independientes de las condiciones de fricción, porque la solución aquí descrita se utiliza ventajosamente para determinar la deformación, en particular en la dirección axial del cuerpo base de la tuerca, en particular una expansión y/o compresión, es decir, una deformación negativa.

30 En la solución aquí descrita, la fuerza de precarga aplicada en la unión atornillada se determina ventajosamente en al menos una superficie lateral o, en el caso de varios sensores de detección de deformación, correspondientemente en varias superficies laterales del cuerpo base de la tuerca mediante uno o más sensores de detección de expansión, en particular diseñados como sensores de deformación.

35 Ventajosamente, el cuerpo base de la tuerca está fabricado de metal, ya que la medición de la fuerza de precarga es especialmente importante en el caso de uniones atornilladas con tuercas de metal. Sin embargo, la solución descrita también es adecuada para tuercas cuyo cuerpo base esté fabricado de otro material, por ejemplo plástico o cerámica.

40 Al apretar la unión atornillada se generan en el cuerpo base de la tuerca tensiones mecánicas que están directamente relacionadas con la fuerza de precarga aplicada y que pueden registrarse como expansión (o compresión como expansión negativa) en la superficie lateral respectiva del cuerpo base.

45 Por motivos de simetría, el correspondiente sensor de detección de deformación está colocado ventajosamente en el centro o lo más centrado posible en la superficie lateral del cuerpo base de la tuerca. Dado que en condiciones de funcionamiento reales, debido a irregularidades de los componentes implicados, montaje inclinado y/o con suciedad, la unión atornillada normalmente no se aprieta exactamente de la misma manera y, por lo tanto, no conduce a una distribución rotosimétrica de las fuerzas, para aumentar la precisión de medición es ventajoso utilizar al menos dos sensores de detección de deformación, en particular configurados como sensores DMS, que están dispuestos, por ejemplo, en dos superficies laterales opuestas del cuerpo base de la tuerca o están dispuestos en una cavidad respectiva en la respectiva superficie lateral o están dispuestos en orificios axiales opuestos. Ventajosamente se consigue entonces un cálculo y/o evaluación de los respectivos valores medidos de estos sensores de detección de deformación, por ejemplo mediante un algoritmo de evaluación adecuado, por ejemplo mediante simple suma o formación de un valor medio.

55 Como sensor de detección de deformación, en particular sensor DMS, se pueden utilizar ventajosamente todos los tipos de sensores utilizados habitualmente para montaje sobre metal para medir expansiones, compresiones y fuerzas de cizallamiento, en particular en el caso de un cuerpo base de la tuerca hecho de metal. El al menos uno o el respectivo sensor de detección de deformación está diseñado como resistencia DMS metálica sobre lámina, como resistencia DMS semiconductor o como DMS piezorresistivo.

60 El montaje del sensor de detección de deformación en la superficie lateral del cuerpo base de la tuerca o el montaje del sensor de detección de deformación respectivo en la superficie lateral respectiva del cuerpo de base de la tuerca se realiza ventajosamente pegando, por ejemplo con un acrilato o con resina epoxi, mediante soldadura por puntos o revestimiento de vidrio.

En una posible forma de realización, el sensor de detección de deformación o el correspondiente sensor de detección de deformación, en particular el sensor DMS, está configurado como un elemento sensor individual, que está montado de tal manera que se mide una fuerza en la dirección axial de la tuerca, es decir, en la dirección de su eje longitudinal, en particular de su eje de rotación, alrededor del cual se gira para establecer la unión atornillada.

Sin embargo, los sensores DMS suelen tener una resistencia muy baja ($\leq 1 \text{ k}\Omega$) y solo emiten una señal de medición muy pequeña ($< 1 \text{ mV}$), que a menudo también depende de la temperatura. Por este motivo, en una forma de realización ventajosa está previsto que el elemento sensor individual en el sensor de detección de deformación o en el respectivo sensor de detección de deformación funcione junto con al menos una resistencia fija de referencia como medio puente o como puente completo.

En otra forma de realización posible está previsto que los varios sensores de detección de deformación de la tuerca, respectivamente configurados como sensor DMS, en particular como elemento sensor individual, estén conectados formando un puente de medición. Esto puede simplificar la evaluación de los valores medidos detectados.

En otra forma de realización posible, el al menos uno o el respectivo sensor de detección de deformación, en particular el sensor DMS, presenta varios elementos sensores que están conectados en forma de medio puente o puente completo y/o tienen compensación de temperatura. Esto es especialmente ventajoso para tuercas de gran tamaño, especialmente para cuerpos base.

En otra posible forma de realización, el al menos uno o el respectivo sensor de detección de deformación está configurado, por ejemplo, como un sensor DMS más complejo, en particular como un llamado DMS de roseta. Sin embargo, esto requiere una electrónica de medición multicanal.

Como ya se describió anteriormente, la lectura de los valores medidos detectados mediante el al menos un sensor de detección de deformación o mediante los múltiples sensores de detección de deformación se realiza utilizando tecnología RFID, es decir mediante un dispositivo de lectura RFID y mediante la unidad de transpondedor RFID del módulo sensor, en particular sin contacto e inalámbrico y sin utilizar una batería en el módulo sensor. El dispositivo de lectura RFID y la unidad de transpondedor RFID funcionan, por ejemplo, en el rango HF o UHF. El módulo sensor recibe energía eléctrica del campo electromagnético emitido por el dispositivo de lectura RFID. Como es habitual en la tecnología RFID, la transmisión de datos bidireccional entre el dispositivo de lectura RFID y el módulo sensor, en particular su unidad de transpondedor RFID, se realiza también a través del mismo campo electromagnético.

El módulo sensor, en particular su unidad de transpondedor RFID, presenta ventajosamente una denominada gestión de energía, es decir, una unidad de gestión de energía. Incluye, por ejemplo, estabilización de tensión, filtrado, control de tensión y, opcionalmente, el almacenamiento de energía ya mencionado, en particular en forma de un condensador, que cuando el campo electromagnético del dispositivo de lectura RFID está desconectado, por ejemplo para mejorar la relación señal/ruido mediante esta desconexión, durante un tiempo mínimo predeterminado garantiza el suministro de energía eléctrica, de modo que en este caso también se puede determinar la fuerza de precarga.

Para medir la tensión del al menos un sensor de detección de deformación, diseñado en particular como sensor DMS, o de varios sensores de detección de deformación, está previsto ventajosamente un convertidor analógico-digital que, en particular en el caso de varios sensores de detección de deformación, presenta ventajosamente varias entradas de señales. Alternativamente, para cada sensor de detección de deformación también puede estar previsto un convertidor analógico-digital separado, en cuyo caso los convertidores analógico-digitales se colocan ventajosamente en el espacio lo más cerca posible del sensor de detección de deformación respectivo para mejorar la inmunidad a interferencias.

Como ya se ha mencionado anteriormente, la placa de circuito impreso del módulo sensor está configurada de forma ventajosa. Ventajosamente presenta un contorno exterior al menos aproximadamente circular o elíptico o un contorno que comprende un contorno exterior hexagonal. Ventajosamente, todos los componentes electrónicos del módulo sensor están dispuestos en la placa de circuito impreso, a excepción, por supuesto, del al menos uno o del respectivo sensor de detección de deformación. Un material de la placa de circuito es, por ejemplo, FR4 o un material similar. La placa de circuito comprende, por ejemplo, varias capas, por ejemplo de dos a seis capas. El espesor de la placa de circuito es, por ejemplo, de aproximadamente 1,0 mm. Alternativamente es posible, por ejemplo, utilizar una película de polímero para la placa de circuito impreso. Ventajosamente, la placa de circuito impreso está dispuesta en la cara frontal opuesta a la acción de fuerza del cuerpo base de la tuerca. Ventajosamente está unido fijamente con el cuerpo base de la tuerca. Ventajosamente está situado coaxialmente con el cuerpo base de la tuerca. Disponer la placa de circuito impreso en el lado opuesto a la acción de fuerza significa, en particular, que con la tuerca aquí descrita se debe disponer en la unión atornillada de tal manera que la placa de circuito impreso quede posicionada en el lado opuesto a la acción de fuerza. Esto evita que el módulo sensor sea destruido por la fuerza de la unión atornillada.

Como ya se mencionó anteriormente, el tamaño de la abertura de paso en la placa de circuito impreso anular está dimensionado convenientemente de tal manera que el tornillo o la varilla roscada o el perno roscado utilizado para la unión atornillada se pueda insertar de forma segura a través de esta abertura de paso.

Debido al espacio de instalación requerido para la placa de circuito, la solución descrita es particularmente adecuada para tuercas, es decir, para cuerpos base de tuercas, mayores o iguales a M10. Para miniaturizar el tamaño y aumentar la robustez, todos los componentes de la placa de circuito impreso están ventajosamente montados en un lado y utilizando SMD (dispositivo montado en superficie) y/o montaje flip-chip y/o montaje COB (tecnología chip-on-board). La posición de los componentes electrónicos en la placa de circuito impreso anular se puede elegir con relativa libertad. Por lo tanto, esta posición de los componentes electrónicos en la placa de circuito impreso se optimiza ventajosamente con respecto a la inmunidad a interferencias y/o a los costes de fabricación.

Esta placa de circuito impreso anular sirve además como soporte para la antena para el acoplamiento electromagnético con el dispositivo de lectura RFID. Ventajosamente, la antena está configurada en la placa de circuito impreso como bobina, en particular como bobina impresa (antena impresa). El número de espiras de esta bobina, es decir, de la antena, depende esencialmente de la frecuencia portadora RFID utilizada y del tamaño del cuerpo base de la tuerca. En particular, el número de vueltas está determinado por una inductancia necesaria para la resonancia. Por ejemplo, para transpondedores de alta frecuencia tiene sentido un número de vueltas de 2 a 20. Por ejemplo, el número de vueltas es diez vueltas o aproximadamente diez vueltas.

Además, la placa de circuito impreso sirve para el contacto eléctrico con el al menos uno o el respectivo sensor de detección de deformación, que está dispuesto ventajosamente en la superficie lateral del cuerpo base de la tuerca y está configurado en particular como sensor DMS, por ejemplo mediante soldadura, pegado o uniendo cables. Las pistas conductoras eléctricas entre el al menos un sensor de detección de deformación o los varios sensores de detección de deformación y el convertidor analógico-digital o los varios convertidores analógico-digitales están diseñadas ventajosamente lo más cortas posible para mejorar la inmunidad a interferencias, ventajosamente discurren en paralelo y están ventajosamente, están apantalladas mediante superficies de cobre por encima y por debajo en la placa de circuito impreso. Las múltiples funciones descritas de la placa de circuito impreso conducen a una reducción significativa del tamaño y de los costes del módulo sensor y, con ello, de la tuerca aquí descrita.

Por lo tanto, la tuerca aquí descrita está configurada como tuerca de medición, que ventajosamente se compone del cuerpo base, que forma la tuerca propiamente dicha, ventajosamente convencional, y el módulo sensor. Ventajosamente, el módulo sensor se compone de al menos un sensor de detección de deformación, configurado ventajosamente como sensor DMS, o de varios sensores de detección de deformación de este tipo, en particular montados en una superficie lateral o en cada caso en una superficie lateral del cuerpo base de la tuerca, de la placa de circuito impreso y ventajosamente una cubierta protectora, es decir, la cubierta protectora, alrededor del módulo sensor, en particular alrededor del al menos un sensor de detección de deformación o alrededor de varios sensores de detección de deformación y alrededor de la placa de circuito impreso, en particular también alrededor de los componentes dispuestos encima. Ventajosamente, toda la estructura de la tuerca aquí descrita está diseñada en forma monolítica para obtener un dispositivo de medición robusto, flexible y sin contacto para la aplicación de la medición de precarga en uniones atornilladas.

La tuerca aquí descrita es ventajosamente adecuada como objeto para apretar uniones atornilladas como una tuerca estándar sin pérdidas fundamentales de estabilidad, ya que al menos en algunas formas de realización ventajosas se utiliza ventajosamente una tuerca original como cuerpo base sin modificar su estructura, ventajosamente al menos en las formas de realización, que no tienen una cavidad o un orificio axial para el respectivo sensor de detección de deformación.

La forma de realización descrita es una placa de circuito impreso anular con una antena anular impresa, que es la abertura para tornillo del cuerpo base de la tuerca y, si la tuerca está enroscada sobre el tornillo o la varilla roscada o el perno roscado, también este tornillo o la varilla roscada o el perno roscado, si éste o ésta, al sobresalir a través de la abertura del tornillo que lo encierra, conduce a una estructura al menos aproximadamente rotosimétrica, en particular con respecto a la antena, de modo que el módulo sensor y con ello la tuerca aquí descrita, que forma la tuerca de medición, se puede leer sin contacto e independientemente de dirección. Esto impide la legibilidad desde una sola dirección preferida. Esta propiedad es de particular importancia para el uso de la tuerca para medir la fuerza de precarga, ya que cuando se aprieta la unión atornillada, no es posible predecir en qué ángulo de rotación se logrará la fuerza de precarga requerida y en qué ángulo se pueden leer los valores de sensor. Esta independencia de dirección hace que sea considerablemente más fácil utilizar la tuerca aquí descrita para medir la fuerza de precarga.

Para apretar la unión atornillada, en particular la tuerca, se utilizan habitualmente llaves de boca, llaves de estrella o herramientas similares, que deben ponerse en contacto con la tuerca y que provocan un efecto de fuerza importante sobre la tuerca. Para permitir aún más un uso práctico y seguro de estas herramientas, el al menos uno o el respectivo sensor de detección de deformación está montado en el cuerpo base en una posición adecuada y con la altura más baja posible, y ventajosamente la envoltura protectora, es decir, la cubierta protectora, está prevista para protegerlo, por ejemplo en forma de una capa de encapsulado o de una carcasa, de modo que el al menos uno o el respectivo sensor de detección de deformación quede protegido contra posibles cargas o daños causados por estas herramientas.

65

Como ya se ha descrito, en el dispositivo de montaje, que comprende la tuerca y la llave u otra herramienta adecuada, se puede prever que la forma de la herramienta a utilizar, en particular de la llave, se modifique adecuadamente para garantizar un fácil manejo y evitar posible daños. Esta modificación puede consistir, por ejemplo, en uno o más abultamientos en las mordazas traseras de la llave. El alojamiento de tuerca de la llave presenta así ventajosamente al menos una escotadura para recibir al menos un sensor de detección de deformación de la tuerca, estando configurada esta al menos una escotadura para corresponder a la zona del al menos un sensor de detección de deformación que sobresale más allá de la superficie del cuerpo base de la tuerca. De este modo también es posible, por ejemplo, utilizar de forma segura una llave de boca incluso con dos sensores de detección de deformación montados uno frente al otro en el cuerpo base.

Ventajosamente, la placa de circuito impreso que incluye la cubierta protectora, por ejemplo en forma de carcasa o una envoltura protectora, por ejemplo en forma de encapsulado, no sobresale del contorno del cuerpo base, en el caso de una tuerca hexagonal sobre el contorno hexagonal, en la zona de al menos uno o el respectivo sensor de detección de deformación al menos no sobresale del contorno más allá de este sensor de detección de deformación o del respectivo sensor de detección de deformación. Esto también evita posibles daños causados por el uso de una llave.

La altura total de la placa de circuito impreso, en particular cubierta, es lo más baja posible, por ejemplo del orden de unos pocos milímetros, por ejemplo del orden de 1 mm a 10 mm. La configuración descrita garantiza en general una buena protección del módulo sensor, incluido el al menos un sensor de detección de deformación, en particular diseñado como sensor DMS, o el respectivo sensor de detección de deformación de este tipo contra daños durante el manejo, en particular al apretar o desatornillar la tuerca con la llave.

Ventajosamente, el montaje de la tuerca aquí descrito no se diferencia significativamente en términos de herramientas y esfuerzo a utilizar, en comparación con el montaje de una tuerca convencional comparable sin módulo sensor. Por lo tanto, el montaje sigue siendo muy sencillo, fiable y económico, por ejemplo con una llave.

Como ya se mencionó, en una posible forma de realización puede estar previsto que el al menos un sensor de detección de deformación esté dispuesto en una cavidad formada en una superficie lateral del cuerpo base, o que el respectivo sensor de detección de deformación esté dispuesto en cada caso en una cavidad que está configurada en cada caso en una superficie lateral del cuerpo base. Por lo tanto, la cavidad o la cavidad respectiva es una escotadura en la superficie lateral del cuerpo base de la tuerca. De esta manera se consigue una protección aún mejor del al menos uno o del respectivo sensor de detección de deformación.

Ventajosamente, la cavidad o la cavidad respectiva está configurada hasta la placa de circuito impreso, para proteger también las líneas de suministro al sensor de detección de deformación o al respectivo sensor de detección de deformación, es decir, líneas de conexión entre la placa de circuito impreso y el al menos uno o el respectivo sensor de detección de deformación.

Ventajosamente, la cavidad o la cavidad respectiva está configurada de tal manera, en particular tan profundamente en el cuerpo base, que el al menos uno o el respectivo sensor de detección de deformación, incluidos los conductos de alimentación, está instalado a ras en la superficie lateral o en la respectiva superficie lateral del cuerpo base de la tuerca. De este modo se pueden excluir o al menos casi eliminar los daños causados por la llave, incluso si se utiliza una llave normal, que no presenta un alojamiento especial para alojar el al menos uno o el respectivo sensor de detección de deformación.

Como ya se ha mencionado, en una posible forma de realización del dispositivo de montaje está previsto que un dispositivo de lectura RFID esté unido fijamente a la llave o que puede estar unido o está unido de forma desmontable a la llave. Esto hace posible que la fuerza de precarga se determine y muestre constantemente incluso mientras se aprieta la tuerca. El dispositivo de lectura RFID presenta, por ejemplo, una unidad de visualización, en particular una pantalla, para mostrar el valor medido de la fuerza de precarga determinada. Alternativa o adicionalmente puede estar previsto, por ejemplo, que los valores medidos para la fuerza de precarga se transmitan a través de una línea o de forma inalámbrica, por ejemplo a través de Bluetooth u otras tecnologías de comunicación inalámbrica, a otro dispositivo, por ejemplo a un teléfono móvil, en particular a un teléfono inteligente y/o a una computadora portátil, en particular a una tableta o un ordenador portátil, y se visualicen y/o guarden allí. En este caso, el dispositivo de lectura RFID presenta una correspondiente interfaz de transmisión de datos por cable o inalámbrica. Alternativa o adicionalmente, por ejemplo, el dispositivo de lectura RFID también puede presentar una memoria para almacenar los valores medidos determinados de la fuerza de precarga.

Una ventaja esencial de la determinación de la fuerza de precarga de la unión atornillada sobre la tuerca, que es posible con la tuerca aquí descrita, es que la tuerca convencional y, por tanto, también el cuerpo base de la tuerca aquí descrita suponen un componente económico, que se ofrece en tamaños y diseños estandarizados, y cuya variabilidad del producto es significativamente menor en comparación con los tornillos. Esto significa que como cuerpo base para la tuerca aquí descrita se pueden utilizar, por ejemplo, tuercas convencionales configuradas como tuerca sensora, que luego están dotadas con el módulo sensor, en particular con uno o varios sensores de detección de deformación, configurados en particular como sensor DMS, de acuerdo con la estructura aquí descrita. Esto permite

una producción rentable en series más grandes, especialmente en comparación con tornillos o incluso tornillos especiales.

5 En comparación con otras soluciones posibles, la determinación de la fuerza de precarga que actúa en una unión atornillada con una tuerca provista con el módulo sensor aquí descrito permite una producción en masa, almacenamiento y comercialización eficaces de esta tuerca diseñada como tuerca sensora, en particular en lo que respecta a tuercas estandarizadas.

10 Además, el cambio de la tuerca, por ejemplo en caso de fallo y/o la realización de una recalibración del al menos uno o del respectivo sensor de detección de deformación, es posible de forma mucho más sencilla que el cambio de otros componentes de la unión atornillada, por ejemplo el tornillo o el perno roscado, a partir de los cuales también sería imaginable la disposición de tales sensores.

15 En una posible forma de realización está previsto que el módulo sensor presente, además de al menos un sensor de detección de deformación o de los múltiples sensores de detección de deformación, uno o varios sensores adicionales, en particular configurado como sensor DMS. Este sensor adicional o varios sensores adicionales se manejan y leen entonces también como parte del módulo sensor mediante tecnología RFID, de manera análoga al por lo menos uno o al respectivo sensor de detección de deformación.

20 Por ejemplo, uno o varios sensores de temperatura están dispuestos en la placa de circuito impreso del módulo sensor y/o en la zona, especialmente en las inmediaciones, del al menos uno o del respectivo sensor de detección de deformación. Una temperatura determinada con este sensor de temperatura o con el sensor de temperatura respectivo puede utilizarse entonces, por ejemplo, para la compensación de temperatura de las señales medidas con el al menos uno o el respectivo sensor de detección de deformación.

25 Alternativa o adicionalmente, el módulo sensor puede presentar, por ejemplo, uno o varios sensores de aceleración tridimensionales, en particular basados en MEMS. Ventajosamente, el al menos uno o respectivo el sensor de aceleración está dispuesto en la placa de circuito impreso, en particular en la placa de circuito FR4, y puede detectar en particular incluso cambios pequeños de posición del módulo sensor y, con ello, del objeto de medición, en particular la tuerca. Esta información puede ser particularmente relevante para objetos de medición móviles, como tuercas. Alternativa o adicionalmente, tales sensores, en particular sensores MEMS, permiten determinar, por ejemplo, también aceleraciones y/o vibraciones. Alternativa o adicionalmente, un sensor de este tipo, en particular un sensor MEMS, también puede estar provisto de al menos un sensor adicional para determinar una velocidad angular y/o una intensidad de campo magnético, en particular el campo magnético terrestre.

35 Dado que las superficies metálicas más grandes en las proximidades de una bobina influyen generalmente en ésta en cuanto a su inductancia y calidad, esto también se aplica a la antena, que ventajosamente está configurada como bobina, en particular como bobina impresa, en la placa de circuito impreso del módulo sensor. Dado que esta antena está prevista y se utiliza para acoplarse con el dispositivo de lectura RFID, forma un circuito resonante paralelo junto con una capacitancia. Si el tornillo o el perno roscado utilizado y, por ejemplo, una arandela, son de metal, este metal, en particular debido a las pérdidas por corrientes parásitas que se producen en el mismo y, en su caso, a los materiales utilizados, permeables, por ejemplo acero, desintoniza la frecuencia de resonancia del circuito oscilante y reduce significativamente la calidad del circuito oscilante. Esto conduce a una influencia negativa en la transmisión de energía y de datos a través del acoplamiento RFID del módulo sensor, en particular de la unidad de transpondedor RFID, con el dispositivo de lectura RFID. La desafinación resultante de la frecuencia de resonancia se puede corregir mediante un ajuste adecuado. Para evitar una reducción excesiva de la calidad del circuito resonante por parte del metal y, por tanto, de la máxima distancia de lectura posible para el dispositivo de lectura RFID, ventajosamente está prevista una distancia mínima predeterminada entre la bobina que forma la antena en la placa de circuito impreso hacia el cuerpo base de la tuerca y su rosca interior. Esta distancia mínima es por ejemplo de 1 mm. Es decir, la antena del módulo sensor, en particular de la unidad de transpondedor RFID, presenta ventajosamente una distancia mínima de 1 mm al cuerpo base y/o a su abertura de tornillo, en particular hacia la rosca en la abertura de tornillo. Por lo tanto, la antena está diseñada y dispuesta correspondientemente. En particular, para garantizar esto, la antena está diseñada y dispuesta correspondientemente en la placa de circuito impreso y la placa de circuito impreso está dispuesta correspondientemente en el cuerpo base.

55 Por lo tanto, la antena en la placa de circuito impreso del módulo sensor, en particular la antena configurada como bobina, en particular su diseño, está configurada ventajosamente de tal manera que las espiras de la bobina en la placa de circuito anular estén ventajosamente tan afuera como sea posible y ventajosamente, en la medida de lo posible están dispuestas sobre una capa de la placa de circuito impreso, también llamada capa, que se encuentra lo más alejada posible del cuerpo base, es decir, que tiene la mayor distancia del cuerpo base. Las espiras también pueden estar dispuestas en una capa situada, por ejemplo, inmediatamente debajo de la capa más alejada, por ejemplo cuando se utilizan bobinas con muchas espiras. Además es posible disponer espiras en varias capas de la placa de circuito impreso.

65 En una posible forma de realización puede estar previsto, por ejemplo, que la distancia entre la placa de circuito impreso y el cuerpo base de la tuerca, en particular de metal, se incremente mediante una capa no conductora de

electricidad situada entre ambos. Es decir, en esta forma de realización, entre la placa de circuito impreso y el cuerpo base está dispuesta una capa no conductora de electricidad, en particular aislante de electricidad. Alternativamente, esta capa entre la placa de circuito y el cuerpo base de la tuerca está hecha, por ejemplo, de un material permeable, que puede generar una reducción efectiva de las corrientes parásitas inducidas en el metal al distorsionar las líneas de campo. El material permeable utilizado para esta capa se selecciona ventajosamente de modo que no presente pérdidas excesivas incluso a una frecuencia de 13,56 MHz (la frecuencia preferida utilizada por la unidad de transpondedor RFID y el dispositivo de lectura RFID). Este material se puede producir, por ejemplo, añadiendo un polvo de ferrita adecuado a un plástico flexible.

Además de la realización de la función de detección descrita, en particular en lo que respecta a la fuerza de precarga, el uso de la tecnología RFID ofrece importantes ventajas adicionales. En particular, muy ventajosamente es posible el uso de una memoria de datos no volátil de la unidad de transpondedor RFID para almacenar información tal como número de identificación, datos de calibración de los sensores del módulo de sensor, información del fabricante y del tipo de la tuerca diseñada como tuerca de sensor y/o datos de uso. En principio, la tecnología RFID también ofrece la posibilidad de medir y leer en paralelo varias tuercas diseñadas como tuercas sensoras en la forma descrita anteriormente, que se encuentran en el mismo lado en el campo electromagnético del dispositivo de lectura RFID, mediante algoritmos anticolidión generalmente implementados. Si se utiliza la versión especial NFC (comunicación de campo cercano) como tecnología RFID, los datos medidos también se pueden leer, por ejemplo, con un teléfono móvil, en particular un teléfono inteligente con interfaz NFC, o con otros dispositivos con interfaz NFC, y cuando se transmite, por ejemplo, como mensaje NDEF, se puede visualizar y procesar de manera especialmente sencilla. En una posible forma de realización, la unidad de transpondedor RFID del módulo sensor está configurada como unidad de transpondedor NFC y el dispositivo de lectura RFID está configurado como un dispositivo de lectura NFC, por ejemplo como un teléfono móvil, en particular un teléfono inteligente, o como una computadora portátil, por ejemplo una tableta o un ordenador portátil, con interfaz NFC.

En una posible forma de realización puede estar previsto, por ejemplo, que el cuerpo base de la tuerca sea más largo en dirección axial, es decir, más grande que una tuerca normalizada comparable. Esto mejora la precisión de la medición con respecto a la fuerza de precarga. En el caso de tuercas convencionales estandarizadas, configuradas como tuercas hexagonales, su altura, es decir, su tamaño en dirección axial, suele ser aproximadamente la mitad del tamaño de la llave. El tamaño de la llave se refiere a la llave destinada a usarse con la tuerca. Por lo tanto, en la forma de realización aquí descrita, el cuerpo base es ventajosamente mayor en dirección axial, es decir, en altura, mayor que la mitad del tamaño de la llave, en particular significativamente mayor. Esta altura del cuerpo base corresponde por ejemplo a al menos dos tercios o tres cuartos o cuatro quintos del tamaño de la llave o al menos al tamaño de la llave.

En una posible forma de realización puede estar previsto que una identificación adicional del tornillo/perno roscado correspondiente y/o de los componentes atornillados de la unión atornillada esté prevista con un transpondedor y/o con una matriz o con un código de barras para identificar el dispositivo de medición, para caracterizar el punto de medición en el que se encuentra la tuerca. De este modo se evita, por ejemplo, que al sustituir la tuerca no se pueda asignar el lugar donde se mide la fuerza de precarga. Los valores de medición determinados por la tuerca configurada como tuerca sensora se almacenan ventajosamente vinculados a un número ID de la tuerca, que ventajosamente está almacenado en su unidad de transpondedor RFID. Si está prevista la identificación del punto de medición descrita anteriormente, entonces es posible conectar adicionalmente estos valores medidos con esta identificación del punto de medición, es decir, con la correspondiente información de identificación del punto de medición, y almacenarlos juntos. Esto permite una asignación inequívoca de los valores de medición determinados, en particular en lo que respecta a la fuerza de precarga, con respecto a la tuerca y al punto de medición.

Como ya se mencionó anteriormente, en una posible forma de realización puede estar previsto que el al menos uno o el respectivo sensor de detección de deformación esté dispuesto en un orificio axial en la zona de un borde entre dos superficies laterales adyacentes en el cuerpo base. Esta es otra posibilidad para la disposición especialmente protegida del al menos uno o del respectivo sensor de detección de deformación. Además, esto permite un acoplamiento especialmente bueno con el cuerpo base para detectar su deformación correspondiente a la fuerza de precarga.

En una posible forma de realización puede estar previsto que todo el módulo sensor, es decir incluyendo la placa de circuito impreso con antena y unidad de transpondedor RFID y por supuesto incluyendo el al menos un sensor de detección de deformación, esté dispuesto en una superficie lateral del cuerpo base del tuerca. Esto significa que la medición y, en particular, la lectura con el dispositivo de lectura RFID solo es posible en un punto, por lo que la determinación de la fuerza de precarga es menos precisa y la altura lateral de la tuerca en la zona del módulo sensor es mayor, pero esta forma de realización es especialmente económica. En particular, debido a la mayor altura lateral, es decir, a la mayor expansión en dirección radial de la tuerca en la zona del módulo sensor, esta forma de realización es ventajosamente adecuada para cuerpos base más grandes, por ejemplo a partir de la medida M18.

Como alternativa a la tuerca descrita anteriormente también puede estar previsto, por ejemplo, que el módulo sensor descrito anteriormente y utilizado allí para la tuerca, esté dispuesto sobre la cabeza de un tornillo. De este modo se forma un tornillo sensor que comprende un cuerpo de base de tornillo y el módulo sensor. A continuación se dispone

el al menos uno o el respectivo sensor de detección de deformación en la cabeza del tornillo, en particular en un lugar adecuado y con una orientación adecuada, o en una superficie lateral respectiva de la cabeza del tornillo, del mismo modo que en la tuerca descrita arriba. Alternativamente, el sensor de detección de deformación puede estar dispuesto, por ejemplo, de forma rosimétrica en la cabeza del tornillo, estando integrado entonces ventajosamente este sensor de detección de deformación en su estructura mediante fuerzas aplicadas de forma asimétrica. Esto significa que solo se necesita un sensor de detección de deformación, en particular diseñado como sensor DMS.

A continuación se explican con más detalle ejemplos de realización de la invención mediante dibujos. Muestran:

la Figura 1 esquemáticamente una vista en perspectiva de una forma de realización de una tuerca,

la Figura 2 esquemáticamente una determinación de una fuerza de precarga de una unión atornillada,

la Figura 3 esquemáticamente un módulo sensor,

la Figura 4 esquemáticamente una vista desde arriba de una cara frontal de una forma de realización de una tuerca,

la Figura 5 esquemáticamente una vista lateral de una forma de realización de una tuerca con un módulo sensor de la tuerca representado en sección,

la Figura 6 esquemáticamente un recorte de una representación en sección longitudinal de una forma de realización de una tuerca,

la Figura 7 esquemáticamente un recorte de una representación en sección longitudinal de otra forma de realización de una tuerca,

la Figura 8 esquemáticamente un dispositivo de montaje,

la Figura 9 esquemáticamente un recorte de una vista lateral de una forma de realización de una tuerca, y

la Figura 10 esquemáticamente un recorte de una representación en sección longitudinal de la forma de realización de la tuerca de acuerdo con la Figura 9.

Las partes correspondientes están provistas con los mismos números de referencia en todas las figuras.

A continuación se describen una tuerca 1 y un dispositivo de montaje 2 con dicha tuerca 1 y una llave 3 con referencia a las Figuras 1 a 10. Con la tuerca 1 se puede crear una unión atornillada, enroscando esta tuerca 1, en particular con la llave 3, por ejemplo en un tornillo 4, en una varilla roscada o en un perno roscado.

En todas las formas de realización mostradas, la tuerca 1 incluye un módulo sensor 5 para determinar una fuerza de precarga de la unión atornillada. Por lo tanto, la tuerca 1 aquí descrita está configurada como tuerca sensora, que como tuerca propiamente dicha comprende un cuerpo base 6 y además el módulo sensor 5 dispuesto sobre este cuerpo base 6.

El módulo sensor 5 comprende al menos un sensor de detección de deformación 7 dispuesto en el cuerpo base 6 de la tuerca 1 para detectar una deformación del cuerpo base 6 de la tuerca 1 o varios sensores de detección de deformación 7 de este tipo, en los ejemplos de realización aquí mostrados de manera ventajosa dos de tales sensores de detección de deformación 7, y una unidad de transpondedor RFID 8. Una placa de circuito 9 del módulo sensor 5, en la que están configurados una antena 10 de la unidad de transpondedor RFID 8 y un circuito electrónico del módulo sensor 5 y en el que ventajosamente está dispuesta toda la unidad de transpondedor RFID 8, que está acoplada eléctricamente de manera conductora con el respectivo sensor de detección de deformación 7, está dispuesto no sobresaliendo en una cara frontal 11 del cuerpo base 6, en particular en la cara frontal 11, en particular en una superficie de esta cara frontal 11, no solo en la superficie de esta cara frontal 11, en particular esta superficie hacia el interior, en dirección a una abertura de tornillo 13 del cuerpo base 6. Puede apoyarse directamente sobre la cara frontal 11 o estar separado de ella, pero ventajosamente siempre está fijado a la cara frontal 11, es decir, en particular conectado con la cara frontal 11.

La tuerca 1 aquí descrita, configurada como tuerca sensora, es por lo tanto una tuerca 1 telemétrica, que permite una medición sin contacto de la fuerza de precarga en la unión atornillada a establecer o establecida mediante la tuerca 1.

De acuerdo con la invención, la placa de circuito impreso 9 es anular, en particular circular o elíptica, como puede verse en particular en la Figura 4. La placa de circuito impreso anular también puede presentar un contorno exterior hexagonal. De acuerdo con la invención, una anchura libre de una abertura de paso 12 de la placa de circuito impreso

9 y convenientemente también de todo el módulo sensor 5 es al menos tan grande como una anchura libre de la abertura de tornillo 13 del cuerpo base 6 de la tuerca 1, ventajosamente mayor que el ancho libre de la abertura de tornillo 13, como se muestra en la Figura 4. En este caso, la placa de circuito impreso 9 tiene forma anular, de modo que un diámetro de la abertura de paso 12 de la placa de circuito impreso 9 es mayor que un diámetro de la abertura de tornillo 13 del cuerpo base 6 de la tuerca 1. Ventajosamente, todo el módulo sensor 5 también está diseñado para corresponder a la placa de circuito impreso 9, es decir, en particular de forma anular y redonda.

En las formas de realización mostradas aquí, el respectivo

sensor de detección de deformación 7 está dispuesto en la zona de un lado periférico exterior del cuerpo base 6, por ejemplo en una superficie lateral 14, como se muestra en las Figuras 1 y 2 y 4 a 8, o en una cavidad 15, que está formado en una superficie lateral 14, como se muestra en las Figuras 9 y 10, o en un orificio axial en la zona de un borde entre dos superficies laterales 14 adyacentes. En los ejemplos mostrados aquí, el cuerpo base 6 está diseñado como un tornillo hexagonal y presenta por tanto seis superficies laterales 14 y seis bordes, estando formado el borde respectivo entre dos superficies laterales 14 adyacentes.

Por medio del correspondiente sensor de detección de deformación 7 se determina ventajosamente una expansión y/o una compresión que se produce en dirección axial del cuerpo base 6 de la tuerca 1, es decir, una expansión negativa del cuerpo base 6 de la tuerca 1. Tales expansiones y/o compresiones se corresponden con la fuerza de precarga durante el establecimiento de la unión atornillada al atornillar la tuerca 1 sobre el tornillo 4, la varilla roscada o el perno roscado y después de realizar la unión atornillada, de modo que la expansión y/o la compresión determinada mediante el correspondiente sensor de detección de deformación 7, se puede determinar la fuerza de precarga. La dirección axial es la dirección paralela a un eje de rotación del cuerpo base 6 de la tuerca 1, en particular paralela a un eje de rotación de la abertura de tornillo 13 en el cuerpo base 6, alrededor de la cual se gira la tuerca 1 para establecer la unión atornillada y con ello se atornilla al tornillo 4, a la varilla roscada o al perno roscado. Por lo tanto, el correspondiente sensor 7 de detección de deformación está diseñado ventajosamente de manera correspondiente y dispuesto en el cuerpo base 6 para que esto sea posible.

Los sensores de detección de deformación 7 están dispuestos ventajosamente distribuidos uniformemente alrededor de una circunferencia exterior del cuerpo base 6 en el cuerpo base 6 de la tuerca 1. En el caso de los dos sensores de detección de deformación 7 mostrados aquí, estos están ventajosamente dispuestos uno frente al otro en el cuerpo base 6, como se muestra en las Figuras 2, 4, 5 y 8.

El correspondiente sensor de detección de deformación 7 está configurado convenientemente como sensor para detectar expansiones, compresiones, es decir deformaciones negativas y/o fuerzas de cizallamiento, en particular como sensor de deformación, en particular como sensor de galgas extensométricas.

En particular en las formas de realización aquí representadas puede estar previsto que la unidad de transpondedor RFID 8 presente un acumulador de energía, en particular un condensador. Esto permite en particular almacenar la energía eléctrica transmitida desde un dispositivo de lectura RFID 16 a la unidad de transpondedor RFID 8, en particular almacenarla temporalmente al menos durante un corto tiempo, para luego poder determinar la fuerza de precarga sin conexión con el dispositivo de lectura RFID 16, en donde el módulo sensor 5 funciona con esta energía eléctrica almacenada en el acumulador de energía.

La antena 10 del módulo sensor 5, en particular de la unidad de transpondedor RFID 8, está configurada ventajosamente como una bobina, en particular como una bobina impresa, en la placa de circuito impreso 9, como se muestra en la Figura 4.

La tuerca 1 comprende ventajosamente una cubierta protectora 17 para el módulo sensor 5, como se muestra por ejemplo en la Figura 5.

Como ya se mencionó anteriormente, el dispositivo de montaje 2 comprende la tuerca 1 y una llave 3. Puede estar previsto, por ejemplo, que el dispositivo de lectura RFID 16 esté conectado fijamente a la llave 3 o pueda estar conectado o esté conectado de forma desmontable a la llave 3. Alternativa o adicionalmente puede estar previsto, por ejemplo, que un alojamiento de tuerca 18 de la llave 3 presente al menos una escotadura 19 para recibir el al menos un sensor de detección de deformación 7 de la tuerca 1 o el correspondiente sensor de detección de deformación 7 de la tuerca 1 frente al alojamiento de tuerca 18, como se muestra en la Figura 8. Ventajosamente, esta al menos una escotadura 19 o la respectiva escotadura 19 está diseñada para corresponder a una zona de este sensor de detección de deformación 7 que sobresale más allá de una superficie del cuerpo base 6 de la tuerca 1, como se muestra en la Figura 8.

Las posibles características y ventajas de esta tuerca 1 se describen en detalle a continuación, particularmente con referencia a las formas de realización mostradas en las Figuras 1 a 10.

La tuerca 1 forma un dispositivo o es, en particular junto con el dispositivo de lectura RFID 16 y por ejemplo con la llave 3, un componente de un dispositivo, realizando este dispositivo, en particular la tuerca 1, un método para, en

particular determinar de forma rápida, sencilla, fiable y económica la fuerza de precarga en una unión atornillada. Ventajosamente, en los componentes utilizados para la unión atornillada, por ejemplo en el tornillo 4 o en el perno roscado o en la varilla roscada, en una arandela eventualmente usada y ventajosamente también en el cuerpo base 6 de la tuerca del tornillo 1 se deben realizar tan pocos o ningún cambio mecánico como sea posible. Esto significa que se pueden seguir cumpliendo ventajosamente las normas y homologaciones existentes para estos componentes.

En particular, para lograr este objetivo, la medición se realiza, por ejemplo, usando sensores de expansión y/o fuerza y sin contacto eléctrico externo en la tuerca 1. El correspondiente sensor de detección de deformación 7 está configurado ventajosamente como un sensor de expansión y/o fuerza de este tipo.

La fijación del módulo sensor 5 al cuerpo base 6 de la tuerca 1 simplifica considerablemente la realización de la determinación de la fuerza de precarga en comparación con la fijación a otros componentes de la unión atornillada, ya que el cuerpo base 6 de la tuerca 1 es ventajosamente un componente estandarizado y fácilmente reemplazable, teniendo las tuercas una variedad mucho menor que, por ejemplo, los tornillos.

Para evitar posibles influencias sobre la resistencia de la unión atornillada, ventajosamente se miniaturiza el tamaño del módulo sensor 5, al menos en gran medida. Como sensores de detección de deformación 7 se pueden utilizar de forma muy ventajosa sensores de galgas extensométricas, denominados en lo sucesivo también sensores DMS, que determinan la expansión en una superficie lateral 14 o, en el caso de que se utilicen varios sensores de detección de deformación 7, preferiblemente en varias superficies laterales 14 del cuerpo base 6 de la tuerca 1, por lo que esta expansión está correlacionada con la fuerza de precarga presente en la unión atornillada.

Para poder determinar sin contacto esta expansión y, por tanto, la fuerza de precarga, se utiliza de forma especialmente ventajosa la tecnología RFID para la transmisión de energía y datos. Como resultado, no se requiere batería adicional para suministrar energía eléctrica al módulo sensor 5, de modo que todo el módulo sensor 5 se puede unir en un diseño miniaturizado y robusto al cuerpo base 6 de la tuerca 1 y se puede utilizar muy de forma flexible junto con él como componente en la aplicación respectiva. Por ejemplo, con un dispositivo de lectura RFID 16 móvil estándar se puede leer la fuerza de precarga presente en la unión atornillada.

Mediante la realización aquí descrita y representada del módulo sensor 5, en particular mediante la placa de circuito impreso 9 anular y la antena 10 formada en ella, se consigue un ángulo de giro independiente de dirección, en particular independiente del ángulo de giro de la tuerca 1 y, por tanto, es posible una lectura rápida, ergonómica y segura de los valores de medición digitalizados. La tuerca 1 aquí descrita con el módulo sensor 5 aquí descrito permite una medición fiable y ergonómica de la fuerza de precarga tanto durante el montaje de la unión atornillada como durante las comprobaciones cíclicas posteriores a lo largo de todo el ciclo de vida de la unión atornillada, ya que el módulo sensor 5 funciona pasivamente y no requiere batería.

En la solución que se describe detalladamente a continuación, la fuerza de precarga aplicada en la unión atornillada se determina en las superficies laterales 14 del cuerpo base 6 de la tuerca 1 mediante uno o más sensores de detección de deformación 7, en particular configurados como sensores de expansión. En lo sucesivo, en particular en los casos descritos aquí y en las Figuras 1 a 10, se parte del supuesto de que el cuerpo base 6 de la tuerca 1 está fabricado de metal, ya que la determinación de la fuerza de precarga es especialmente importante en uniones atornilladas con tales tuercas, en donde no deben excluirse que el cuerpo base 6 esté hecho de otros materiales, por ejemplo plástico o cerámica. Al apretar la unión atornillada en la tuerca 1, en particular en su cuerpo base 6, se generan tensiones mecánicas que están directamente relacionadas con la fuerza de precarga aplicada y que pueden registrarse como expansión en la superficie lateral 14 respectiva.

La Figura 1 muestra la propuesta de montaje de un sensor DMS como versión más común de un sensor de expansión y, por tanto, de un sensor de detección de deformación 7. Por razones de simetría está previsto preferiblemente un posicionamiento centrado o al menos lo más centrado posible del sensor de detección de deformación 7 en la superficie lateral 14 del cuerpo base 6 de la tuerca 1.

Dado que en condiciones reales de funcionamiento, debido a irregularidades de los componentes implicados, debido a un montaje inclinado y/o debido a suciedad, la unión atornillada normalmente no se aprieta exactamente de la misma manera y, por lo tanto, no conduce a una distribución rotosimétrica de las fuerzas, para aumentar la precisión de la medición es ventajoso que en el cuerpo base 6 estén previstos al menos dos sensores de detección de deformación 7 de este tipo, que están montados, por ejemplo, en dos superficies laterales opuestas 14 del cuerpo base 6 de la tuerca 1, como se muestra en las Figuras 2, 4, 5 y 8. A continuación, los respectivos valores medidos de los sensores de detección de deformación 7 se calculan y evalúan ventajosamente mediante un algoritmo de evaluación adecuado, por ejemplo mediante una simple suma o formación de un valor medio.

Como sensor de detección de deformación 7, en particular sensor DMS, se pueden usar todos los tipos de sensores comúnmente utilizados para montaje en metal para medir expansiones, compresiones y fuerzas de cizallamiento, particularmente cuando el cuerpo base 6 está hecho de metal, por ejemplo resistencias DMS en lámina, resistencias DMS semiconductoras y DMS piezoresistivas. El montaje de los sensores de detección de deformación 7, en particular de los sensores DMS, en la respectiva superficie lateral 14 del cuerpo base 6 de la tuerca 1 se realiza ventajosamente

usando una tecnología de montaje usualmente utilizada para el tipo de sensor respectivo, por ejemplo pegado con acrilato, pegado con resina epoxi, soldadura por puntos o revestimiento de vidrio.

5 En la forma de realización más sencilla se utilizan como sensores de detección de deformación 7, por ejemplo, sensores DMS con elementos sensores individuales, que están montados de tal manera que miden la fuerza en el eje longitudinal del cuerpo base 6 de la tuerca 1, es decir, en la dirección del eje de rotación del cuerpo base 6 de la tuerca 1. El eje de rotación, como ya se explicó anteriormente, es el eje alrededor del cual gira la tuerca 1 para producir la unión atornillada.

10 Sin embargo, los sensores DMS suelen tener una resistencia muy baja ($\leq 1 \text{ k}\Omega$) y solo emiten una señal de medición muy pequeña ($< 1 \text{ mV}$), que a menudo también depende de la temperatura. Por este motivo, los elementos sensores individuales funcionan ventajosamente junto con resistencias fijas de referencia como medio puente o puente completo. Alternativamente, al montar en el cuerpo base 6 de la tuerca 1 varios sensores de detección de deformación 7 configurados como sensores DMS, los elementos sensores individuales también se pueden conectar formando un puente de medición, lo que puede simplificar la evaluación. Alternativamente, especialmente en el caso de tuercas, en particular de cuerpos base 6 de gran tamaño, también se pueden utilizar como sensores de detección de deformación 7 sensores DMS con varios elementos sensores, que están conectados en forma de medio puente o puente completo y/o tienen compensación de temperatura. Alternativamente, también es posible el uso de sensores DMS más complejos como sensor de detección de deformación 7, por ejemplo los llamados DMS de roseta, que, sin embargo, requieren una electrónica de medición multicanal.

20 La lectura de los valores de medición determinados del al menos un sensor de detección de deformación 7, en particular diseñado como sensor DMS, o de los varios sensores de detección de deformación 7, en particular configurados como sensores DMS, se realiza ventajosamente usando tecnología RFID, por ejemplo en el rango HF o UHF, sin contacto y sin utilizar una batería en el módulo sensor 5. Sin embargo, por ejemplo, puede estar previsto un acumulador de energía recargable, en particular un condensador, como ya se mencionó anteriormente. El módulo sensor 5 recibe energía mediante un campo electromagnético 20 emitido por el dispositivo de lectura RFID 16, como se muestra en la Figura 2. Como es habitual en la tecnología RFID, la transmisión de datos bidireccional también se realiza a través del mismo campo electromagnético 20.

30 La Figura 3 muestra un diagrama de bloques de una posible forma de realización del módulo sensor 5, que determina la fuerza de precarga en el ejemplo mostrado con dos sensores de detección de deformación 7, en particular configurados como sensor DMS. El módulo sensor 5 incluye un frontal de radio 21, una gestión de energía, es decir, una unidad de gestión de energía 22, un microcontrolador 23, en particular configurado como máquina de estados, al menos un convertidor analógico-digital 24, también denominado convertidor analógico-digital, y el al menos un sensor de detección de deformación 7, ventajosamente varios, en este caso dos, sensores de detección de deformación 7. Parte de la unidad de transpondedor RFID 8 es en particular el frontal de radio 21, por ejemplo también la gestión de energía, por ejemplo también el microcontrolador 23.

40 Una memoria no volátil comúnmente utilizada en las unidades de transpondedor RFID 8, por ejemplo EEPROM o FRAM, está incluida en el frontal de radio 21 y no se muestra por separado. El frontal de radio 21 es en particular un módulo de comunicación de la unidad de transpondedor RFID 8, que comprende ventajosamente también la antena 10, a través de la cual se realiza en particular la comunicación con el dispositivo de lectura RFID 16 y la recepción de la energía eléctrica transmitida por el dispositivo de lectura RFID 16.

45 La gestión de energía, es decir la unidad de gestión de energía 22, incluye, por ejemplo, estabilización de tensión, filtrado, monitorización de tensión y opcionalmente el acumulador de energía ya mencionado, en particular en forma de un condensador, que cuando el campo electromagnético 20 del dispositivo de lectura RFID 16 se desconecta, por ejemplo apagándolo para mejorar la relación señal/ruido, garantiza el suministro de energía eléctrica durante un tiempo mínimo predeterminado, de modo que en este caso también se puede realizar la determinación de la fuerza de precarga.

50 Para medir las tensiones eléctricas de los sensores de detección de deformación 7, en particular diseñados como sensores DMS, el convertidor analógico-digital 24 está dotado en este caso de varias entradas de señales para los múltiples sensores de detección de deformación 7. Alternativamente, también puede estar previsto un convertidor analógico-digital 24 separado para cada sensor de detección de deformación 7, en cuyo caso los convertidores analógico-digitales 24 están posicionados espacialmente lo más cerca posible, es decir, lo más cerca posible, del respectivo sensor de detección de deformación 7 para mejorar la inmunidad a interferencias.

60 Ventajosamente, todos los componentes electrónicos 25 del módulo sensor 5, es decir, en particular el frontal de radio 21, la unidad de gestión de energía 22, el microcontrolador 23 y/o el al menos un convertidor analógico-digital 24, están dispuestos en la placa de circuito impreso 9 anular. La placa de circuito impreso 9 está fabricada, por ejemplo, de FR4 o un material similar o de una lámina de polímero, presenta ventajosamente varias capas, por ejemplo de dos a seis capas, y tiene, por ejemplo, un espesor de aproximadamente 1,0 mm. La placa de circuito impreso 9 presenta ventajosamente un contorno al menos aproximadamente circular o elíptico o un contorno que comprende un contorno exterior hexagonal. Convenientemente está dispuesta en la cara frontal 11 del cuerpo base 6 de la tuerca 1 opuesta a

la acción de fuerza. Ventajosamente está unida fijamente con el cuerpo base 6. Ventajosamente, la placa de circuito impreso 9 está alineada coaxialmente con el cuerpo base 6 de la tuerca 1, como se muestra en la Figura 4. La disposición de la placa de circuito impreso 9 en la cara frontal 11 opuesta a la acción de fuerza significa que la tuerca 1 debe montarse en la unión atornillada de tal manera que la cara frontal 11 del cuerpo base 6, en el que está dispuesta la placa de circuito impreso 9, está a alejada de la acción de fuerza generada por esta unión atornillada.

El tamaño de la abertura pasante 12 en la placa de circuito impreso 9 anular está dimensionado convenientemente de modo que el tornillo 4 o la varilla roscada o el perno roscado utilizados para la unión atornillada se puedan insertar de forma segura a través de la placa de circuito impreso 9 cuando está montada sobre la tuerca 1. Dado que esta placa de circuito impreso 9 requiere un cierto espacio de instalación, el cuerpo base 6 de la tuerca 1 presenta ventajosamente un tamaño determinado para el uso del módulo sensor 5 descrito, de modo que la aplicación parece tener sentido para tuercas > M10, por ejemplo. Esto también se aplica a la instalación de los sensores de detección de deformación 7 en las superficies laterales 14 del cuerpo base 6 de la tuerca 1, que también requieren una superficie determinada.

Para miniaturizar el tamaño y aumentar la robustez, todos los componentes 25 en la placa de circuito impreso 9 están montados ventajosamente en un lado y usando ventajosamente SMD y/o montaje flip-chip y/o montaje COB, en donde la posición de los componentes electrónicos 25 en la placa de circuito impreso 9 anularse puede seleccionar con relativa libertad y, por lo tanto, se optimiza ventajosamente en términos de inmunidad a interferencias y costes de fabricación.

Además, esta placa de circuito impreso 9 anular sirve ventajosamente como soporte para la antena 10, que realiza el acoplamiento electromagnético con el dispositivo de lectura RFID 16 y que está configurada de manera muy ventajosa en la placa de circuito impreso 9 como bobina impresa ("antena impresa"). El número de vueltas de esta bobina depende esencialmente de la frecuencia portadora RFID seleccionada y del tamaño del cuerpo base 6 de la tuerca 1. Por ejemplo, es de aproximadamente 10 vueltas.

Además, la placa de circuito impreso 9 sirve convenientemente para contactar eléctricamente los sensores de detección de deformación 7, en particular sensores DMS, montados en las superficies laterales 14 del cuerpo base 6 de la tuerca 1, por ejemplo mediante soldadura, pegado o unión por alambre. Pistas conductoras eléctricas 26, en particular en la placa de circuito impreso 9, entre los sensores de detección de deformación 7, en particular sensores DMS, y el al menos un convertidor analógico-digital 24, como se muestra aquí, o los varios convertidores analógico-digitales 24, para mejorar la inmunidad al ruido se utilizan ventajosamente lo más cortos posible, es decir, tan cortos como sea posible, y se llevan a cabo en paralelo. Además, están apantallados ventajosamente mediante superficies de cobre dispuestas arriba y abajo en la placa de circuito impreso 9. La función múltiple descrita de la placa de circuito impreso 9 conduce a una reducción significativa del tamaño y de los costes del módulo sensor 5 y, con ello, de la tuerca 1 configurada como tuerca sensora.

De este modo, la tuerca 1 configurada como tuerca sensora se compone ventajosamente del cuerpo base 6 como tuerca propiamente dicha y del módulo sensor 5, que a su vez se compone ventajosamente de al menos uno o varios sensores de detección de deformación 7, en particular sensores DMS, en particular, la tuerca 1 está montada en una superficie lateral 14 respectiva del cuerpo base 6 de la tuerca 1, de la placa de circuito impreso 9 y ventajosamente de la cubierta protectora 17 alrededor de los sensores de detección de deformación 7, en particular sensores DMS, y la placa de circuito impreso 9, como se muestra en la Figura 5. La cubierta protectora 17 es, por ejemplo, una envoltura, una carcasa y/o un encapsulado.

Ventajosamente, toda la estructura de la tuerca 1 está diseñada en una construcción monolítica para obtener un dispositivo de medición robusto, flexible y sin contacto para la aplicación de la determinación de la precarga en uniones atornilladas. Esta tuerca 1 configurada como tuerca sensora es ventajosamente adecuada como objeto para apretar uniones atornilladas como una tuerca estándar sin pérdida fundamental de estabilidad, ya que como cuerpo base 6 se utiliza ventajosamente una tuerca original sin modificar su estructura. Una excepción a esto es, por ejemplo, la forma de realización de acuerdo con las Figuras 9 y 10, es decir, la disposición del respectivo sensor de detección de deformación 7 en una cavidad 15 en el cuerpo base 6, ya que aquí la respectiva cavidad 15 está formada en el cuerpo base 6, por ejemplo en una tuerca convencional, y representa así una desviación del cuerpo base 6 con respecto a esta tuerca convencional.

La realización descrita de la placa de circuito impreso 9 como placa de circuito impreso 9 anular con una antena impresa 10 anular, que encierra la abertura de tornillo 13 del cuerpo base 6 y, cuando se realiza la unión atornillada o ya durante su establecimiento, generalmente también una parte del tornillo 4, de la varilla roscada o del perno roscado que atraviesa la tuerca 1, conduce ventajosamente a una estructura, al menos aproximadamente, rotosimétrica con respecto a la antena 10, de modo que el módulo sensor 5 y con ello la tuerca 1, diseñado como tuerca sensora, se puede leer sin contacto e independiente dirección, como se muestra en la Figura 2. Esta es una ventaja significativa de la solución descrita aquí. Esta propiedad es de particular importancia para el uso de la tuerca 1 para determinar la fuerza de precarga, ya que al apretar la unión atornillada no es posible predecir en qué ángulo de rotación se alcanzará la fuerza de precarga requerida y en qué ángulo se activará el sensor, por tanto, se pueden leer los valores de medición de sensor. Mediante la solución descrita, esto es posible en cualquier ángulo de rotación de la tuerca 1. Esta

independencia de dirección hace que sea considerablemente más fácil utilizar la tuerca 1 para determinar la fuerza de precarga.

5 Para apretar la unión atornillada se utilizan, por ejemplo, llaves de boca o llaves de estrella o herramientas similares como llaves 3, que deben ponerse en contacto con la tuerca 1, en particular con su cuerpo base 6, y para apretar se debe provocar una acción de fuerza considerable sobre la tuerca 1, en particular sobre su cuerpo básico 6. Para garantizar un uso práctico y seguro de estas herramientas, en particular de las llaves 3, los sensores de detección de deformación 7, en particular sensores DMS, están montados ventajosamente en el cuerpo base 6 en una posición adecuada y a la altura más baja posible. Alternativa o adicionalmente, los sensores de detección de deformación 7, en particular los sensores DMS, están protegidos ventajosamente de posibles cargas o daños por estas herramientas, en particular las llaves 3, mediante la cubierta protectora 17 ya mencionada, por ejemplo una capa de encapsulado o una carcasa, como se muestra en la Figura 5.

15 En una posible forma de realización del dispositivo de montaje 2 está previsto que la forma de la herramienta a utilizar, en particular de la llave 3, se modifique de manera adecuada, es decir que se adapte a la forma, en particular a la forma periférica, en particular el contorno periférico, de la tuerca 1 con el fin de garantizar un fácil manejo para asegurar y evitar posibles daños. Esta modificación consiste, por ejemplo, en la configuración ya mencionada del soporte de tuerca 18 con al menos una escotadura 19 correspondiente a la zona del al menos un sensor de detección de deformación 7 que sobresale por encima de la superficie del cuerpo base 6 de la tuerca 1 o con la pluralidad de escotaduras 19 para recibir al menos un sensor de detección de deformación 7, como se muestra en la Figura 8, es decir, por ejemplo, en protuberancias en las mordazas traseras de la llave 3. Esto también hace posible utilizar de forma segura una llave 3 configurada como llave de boca, incluso con dos sensores de detección de deformación 7 dispuestos uno frente al otro en el cuerpo base 6.

25 Ventajosamente, la placa de circuito impreso 9, incluida la cubierta protectora 17, que está configurada por ejemplo como carcasa o encapsulado, no sobresale más allá del contorno del cuerpo base 6 o en la zona de los sensores de detección de deformación 7, que están diseñados en particular como sensores DMS, para evitar posibles daños causados por la llave 3 o cualquier otra herramienta utilizada.

30 Ventajosamente, la altura total de la placa de circuito impreso 9, en particular envuelta con la cubierta protectora 17, es lo más baja posible, es decir, tan baja como sea posible. Por ejemplo, está en el rango de unos pocos milímetros. Por ejemplo, es de aproximadamente 1 mm a 10 mm.

35 La configuración descrita proporciona una buena protección general para el módulo sensor 5, incluidos los sensores de detección de deformación 7, que están diseñados en particular como sensores DMS, contra daños durante el manejo con la llave 3. Ventajosamente, el montaje aquí descrito de la tuerca 1 no se diferencia en principio, o al menos no de manera significativa, del montaje de una tuerca convencional comparable sin módulo sensor 5 en cuanto a las herramientas y al esfuerzo a utilizar. El montaje tiene lugar por tanto de forma muy sencilla, fiable y económica, por ejemplo con una llave 3.

40 Opcionalmente, el al menos un sensor de detección de deformación 7 o los varios sensores de detección de deformación 7, en particular cada uno de ellos configurado como sensor DMS, pueden montarse en una cavidad 15, como ya se describió anteriormente y se muestra en las Figuras 9 y 10, es decir, en una hendidura de la respectiva superficie lateral 14 del cuerpo base 6, de modo que el respectivo sensor de detección de deformación 7 esté aún mejor protegido. Esta cavidad 15 está ventajosamente formada en el cuerpo base 6 hasta la placa de circuito impreso 9 para proteger también las líneas de conexión eléctrica 27 del respectivo sensor de detección de deformación 7 a la placa de circuito impreso 9, como se muestra en las Figuras 9 y 10. Ventajosamente, el respectivo sensor de detección de deformación 7, incluyendo sus líneas de conexión 27, está instalado a ras en la respectiva superficie lateral 14 del cuerpo base 6 de la tuerca 1, de modo que se puede descartar, al menos casi, daños del respectivo sensor de detección de deformación 7 por la llave 3 u otra herramienta.

55 Al utilizar la tuerca 1 resulta especialmente ventajoso que durante el apriete se pueda determinar y visualizar constantemente la fuerza de precarga. Para ello, como ya se ha mencionado anteriormente, está previsto, por ejemplo, que en particular en el dispositivo de montaje 2 el dispositivo de lectura RFID 16 esté unido fijamente con la llave 3 o pueda estar conectado o esté conectado de forma desmontable con la llave 3, es decir la llave 3 a utilizar puede estar provista opcionalmente del dispositivo de lectura RFID 16, que está conectado de forma fija o desmontable a la misma. Este dispositivo de lectura RFID 16 puede presentar, por ejemplo, una unidad de visualización 28, en particular una pantalla, para la visualización del valor de medición y/o de los valores de medición, por ejemplo a través de una línea y/o de forma inalámbrica, por ejemplo a través de Bluetooth u otra tecnología inalámbrica, a otro dispositivo, por ejemplo un teléfono móvil, en particular un teléfono inteligente, o una computadora portátil, por ejemplo una tableta o un ordenador portátil, para poder visualizarlos y/o guardarlos allí.

65 Una ventaja significativa de la determinación de la fuerza de precarga de la unión atornillada en el cuerpo base 6 de la tuerca 1, que está configurada ventajosamente como tuerca convencional, es que las tuercas son un componente económico que se ofrece en tamaños y diseños estandarizados y la variabilidad de su producto es significativamente menor que la de los tornillos. Esto significa que las tuercas que se utilizan como cuerpo base 6 para la tuerca 1 descrita

aquí y que están provistas de sensores de detección de deformación 7, en particular diseñadas como sensores DMS, de acuerdo con la estructura descrita aquí, se pueden producir de forma más económica y eficaz y en series más grandes que, por ejemplo, tornillos 4 o incluso tornillos especiales. En comparación con otras soluciones ofrecidas o concebibles hasta ahora, la determinación de la fuerza de precarga que actúa en la unión atornillada con la tuerca 1 proporcionada con el módulo sensor 5 aquí descrito permite una producción en masa, almacenamiento y comercialización eficaces de esta tuerca 1 diseñada como tuerca sensora para aplicaciones de tuercas estandarizadas. Además, sustituir la tuerca 1, por ejemplo en caso de fallo y/o realizar una recalibración del respectivo sensor de detección de deformación 7, es mucho más fácil que sustituir un tornillo 4 o un perno roscado.

Además del uso de al menos uno o del respectivo sensor de detección de deformación 7, en particular sensor DMS, para la medición de deformación, en particular la medición de expansión, el módulo sensor 5 presenta, por ejemplo, al menos uno o más sensores adicionales. Este al menos un sensor adicional o estos varios sensores adicionales se manejan y leen entonces ventajosamente también mediante tecnología RFID, es decir, en particular, de forma análoga al correspondiente sensor de detección de deformación 7, también reciben energía eléctrica del dispositivo de lectura RFID 16 a través del campo electromagnético 20 y los resultados del sensor también se leen mediante el dispositivo de lectura RFID 16.

Por ejemplo, como sensores adicionales están dispuestos al menos un sensor de temperatura o varios sensores de temperatura en la placa de circuito impreso 9 del módulo de sensores 5 o en la zona, especialmente en las inmediaciones, de los sensores de detección de deformación 7 o de los respectivos sensores de detección de deformación 7. Una temperatura medida con el al menos un sensor de temperatura puede utilizarse entonces, por ejemplo, para compensar la temperatura de las señales medidas con el respectivo sensor de detección de deformación 7, que está diseñado en particular como sensor DMS.

Alternativa o adicionalmente son posibles como sensores adicionales al menos un sensor de aceleración tridimensional o varios sensores de aceleración tridimensionales basados en MEMS. Esto es relativamente fácil de implementar. Este otro sensor respectivo está dispuesto entonces, por ejemplo, en la placa de circuito impreso 9, que está configurada especialmente como placa de circuito impreso FR4, y puede detectar, por ejemplo, cambios incluso menores en la posición del módulo de sensor 5 y, por tanto, en del objeto de medición, es decir, la tuerca 1. Esta información puede ser particularmente relevante para objetos de medición móviles, como las tuercas 1. Alternativamente, estos sensores MEMS también permiten medir aceleraciones y vibraciones. Alternativa o adicionalmente, por ejemplo, en el módulo sensor 5 puede estar previsto un sensor MEMS de este tipo con un sensor adicional para medir la velocidad angular o la intensidad del campo magnético, incluido el campo magnético terrestre.

Puesto que las superficies metálicas más grandes en las inmediaciones de una bobina conducen generalmente a una influencia sobre esta bobina en cuanto a su inductancia y su calidad, esto también se aplica a la antena 10, que está configurada ventajosamente como bobina, en particular como bobina impresa sobre la placa de circuito impreso 9 del módulo sensor 5, que sirve para el acoplamiento con el dispositivo de lectura RFID 16 y, por lo tanto, forma habitualmente junto con una capacitancia un circuito resonante paralelo. El metal, por ejemplo de una arandela utilizada en la unión atornillada y el metal en particular de la parte del tornillo 4 o del perno roscado o de la varilla roscada que pasa a través de la abertura de paso 12 en el módulo sensor 5, se deben especialmente a corrientes parásitas que se producen en estos metales y, dado el caso, en los materiales permeables utilizados, como por ejemplo el acero, la frecuencia de resonancia del circuito resonante se desintoniza y la calidad del circuito resonante se reduce considerablemente, lo que influye negativamente en la transmisión de energía y datos a través del acoplamiento RFID. La desafinación resultante de la frecuencia de resonancia se puede corregir mediante un ajuste adecuado.

Para evitar una reducción excesiva de la calidad del circuito resonante y, por tanto, de la máxima distancia de lectura posible con el dispositivo de lectura RFID 16 a través del metal, existe ventajosamente una distancia mínima entre la antena 10 configurada como bobina en la placa de circuito impreso 9 y el cuerpo base 6 y la abertura de tornillo 13, en particular la rosca en la abertura de tornillo 13, que se encuentra, por ejemplo, en el intervalo de aproximadamente 1 mm. Por lo tanto, el diseño de la antena 10 configurada como bobina en la placa de circuito impreso 9 del módulo sensor 5 está configurada de tal manera que las espiras de la bobina en la placa de circuito impreso 9 anular se encuentren lo más lejos posible, por ejemplo lo más lejos como sea posible, en el exterior y también, si es posible, en al menos una capa de la placa de circuito impreso 9, que está situada más lejos, por ejemplo más alejada, del cuerpo base 6, como se muestra en las Figuras 4, 6, 7, 9 y 10.

En posibles formas de realización, entre la placa de circuito impreso 9 y el cuerpo base 6, en particular su cara frontal 11, en la que está dispuesto el módulo sensor 5, está dispuesta una capa 29 no conductora de electricidad, en particular aislante eléctricamente, al menos de alta resistencia, como se muestra en las Figuras 7, 9 y 10. Esta capa 29 aumenta la distancia entre la placa de circuito impreso 9 y el metal del cuerpo base 6 de la tuerca 1. Alternativamente, esta capa 29 puede formarse, por ejemplo, a partir de un material permeable, que puede generar una reducción eficaz de las corrientes parásitas inducidas en el metal distorsionando las líneas de campo. Para ello se utiliza un material permeable adecuado, que tampoco presente pérdidas excesivas a una frecuencia de, por ejemplo, 13,56 MHz, es decir, que presente solo pérdidas predeterminadas bajas. Este material se puede producir, por ejemplo, añadiendo un polvo de ferrita adecuado a un plástico flexible. Por lo tanto, esta capa 29 está hecha, por ejemplo, de plástico, al que se añade, por ejemplo, un polvo de ferrita.

Además de implementar la función de medición descrita, el uso de la tecnología RFID ofrece otras ventajas importantes. En particular, el uso de la memoria de datos no volátil, que está presente en la unidad de transpondedor RFID 8, para almacenar información tal como número de identificación, datos de calibración de los sensores, información del fabricante y tipo de la tuerca 1 y datos de uso, puede utilizarse de manera muy ventajosa. En principio, la tecnología RFID también ofrece la posibilidad de medición y lectura en paralelo de varias tuercas 1 diseñadas como tuercas sensores, que se encuentran en el mismo lado en el campo electromagnético 20 del dispositivo de lectura RFID 16, mediante algoritmos anticolidión generalmente implementados.

Además, la versión especial de la tecnología RFID utilizada, por ejemplo, como interfaz NFC, ofrece la posibilidad de leer los datos de medición con un teléfono móvil, en particular un teléfono inteligente, o dispositivos similares con interfaz NFC, por ejemplo con una computadora portátil, en particular una tableta o un ordenador portátil y en caso de transmisión como mensaje NDEF es particularmente fácil de visualizar y procesar.

15 LISTA DE SÍMBOLOS DE REFERENCIA

- 1 tuerca
- 2 dispositivo de montaje
- 3 llave
- 4 tornillo
- 5 módulo sensor
- 6 cuerpo base
- 7 sensor de detección de deformación
- 8 unidad de transpondedor RFID
- 9 placa de circuito impreso
- 10 antena
- 11 cara frontal
- 12 abertura de paso
- 13 abertura de tornillo
- 14 superficie lateral
- 15 cavidad
- 16 dispositivo de lectura RFID
- 17 cubierta protectora
- 18 alojamiento de tuerca
- 19 escotadura
- 20 campo electromagnético
- 21 frontal de radio
- 22 unidad de gestión de energía
- 23 microcontrolador
- 24 convertidor analógico-digital
- 25 componente electrónico

26 pista conductora

27 línea de conexión

5 28 unidad de visualización

29 capa

REIVINDICACIONES

- 5 1. Tuerca (1) con un módulo sensor (5) para determinar una fuerza de precarga de una unión atornillada, presentando el módulo sensor (5) al menos un sensor de detección de deformación (7) dispuesto en un cuerpo base (6) de la tuerca (1) para detectar una deformación del cuerpo base (6) de la tuerca (1), y una unidad de transpondedor RFID (8), y en donde una placa de circuito impreso (9) del módulo sensor (5), en la que se encuentra una antena (10) de la unidad de transpondedor RFID (8) y en una cara frontal (11) está configurado un circuito electrónico del módulo sensor (5), que está acoplado de manera eléctricamente conductora con al menos un sensor de detección de deformación (7) del cuerpo base (6),
- 10 caracterizada por que la placa de circuito impreso (9) es anular, siendo un ancho libre de una abertura de paso (12) en la placa de circuito impreso (9) al menos tan grande como un ancho libre de una abertura de tornillo (13) en el cuerpo base (6).
- 15 2. Tuerca (1) según la reivindicación 1, en donde la placa de circuito impreso (9) es circular o elíptica o tiene un contorno exterior hexagonal.
- 20 3. Tuerca (1) según una de las reivindicaciones anteriores, estando dispuesto el al menos un sensor de detección de deformación (7) en la zona de un lado periférico exterior del cuerpo base (6).
- 25 4. Tuerca (1) según la reivindicación 3, en donde el al menos un sensor de detección de deformación (7) está dispuesto en una superficie lateral (14), o está dispuesto en una cavidad (15) que está formada en una superficie lateral (14), o está dispuesto en un orificio axial en la zona de un borde entre dos superficies laterales (14) adyacentes.
- 30 5. Tuerca (1) según una de las reivindicaciones anteriores, estando diseñado el al menos un sensor de detección de deformación (7) como sensor para detectar expansiones, compresiones y/o fuerzas de cizallamiento, en particular como sensor de expansión, en particular como sensor de galgas extensométricas.
- 35 6. Tuerca (1) según una de las reivindicaciones anteriores, en donde la unidad de transpondedor RFID (8) presenta un acumulador de energía, en particular un condensador.
7. Tuerca (1) según una de las reivindicaciones anteriores, en donde la antena (10) está dispuesta o diseñada como bobina en la placa de circuito impreso (9).
- 40 8. Tuerca (1) según la reivindicación 7, en donde la antena (10) está configurada como una bobina impresa en la placa de circuito impreso (9).
- 45 9. Tuerca (1) según una de las reivindicaciones anteriores, en donde el módulo sensor (5) comprende varios sensores de detección de deformación (7), que están dispuestos en el cuerpo base (6), en particular distribuidos uniformemente alrededor de un perímetro exterior.
- 50 10. Tuerca (1) según una de las reivindicaciones anteriores, que comprende una cubierta protectora (17) para el módulo sensor (5).
11. Dispositivo de montaje (2) con una tuerca (1) según una de las reivindicaciones anteriores y una llave (3), en donde un dispositivo de lectura RFID (16) está unido fijamente a la llave (3) o se puede unir de forma desmontable a la llave (3) y/o en donde un alojamiento de tuerca (18) de la llave (3) tiene al menos una escotadura (19) para recibir al menos un sensor de detección de deformación (7) de la tuerca (1), en donde esta al menos una escotadura (19) está configurada correspondiente a una zona del al menos un sensor de detección de deformación (7) que sobresale de la superficie del cuerpo base (6) de la tuerca (1).

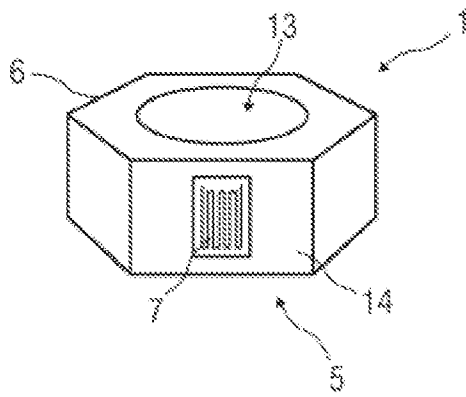


FIG 1

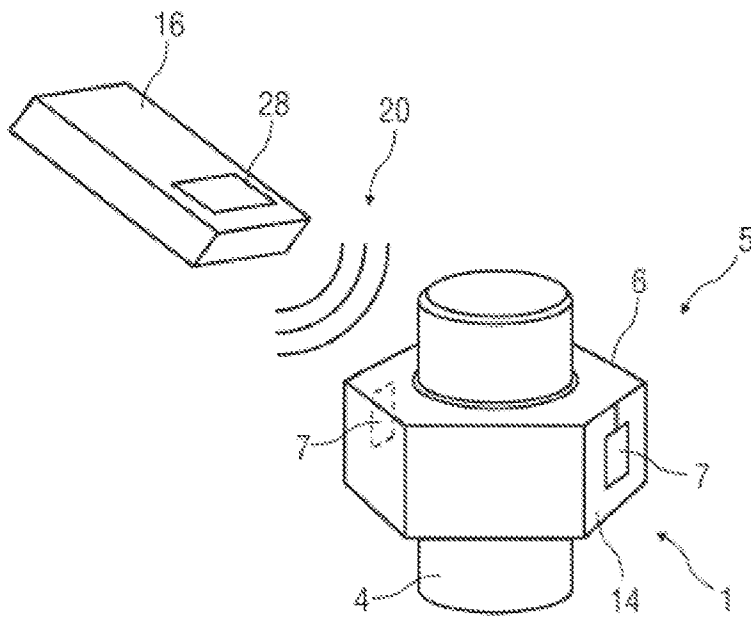


FIG 2

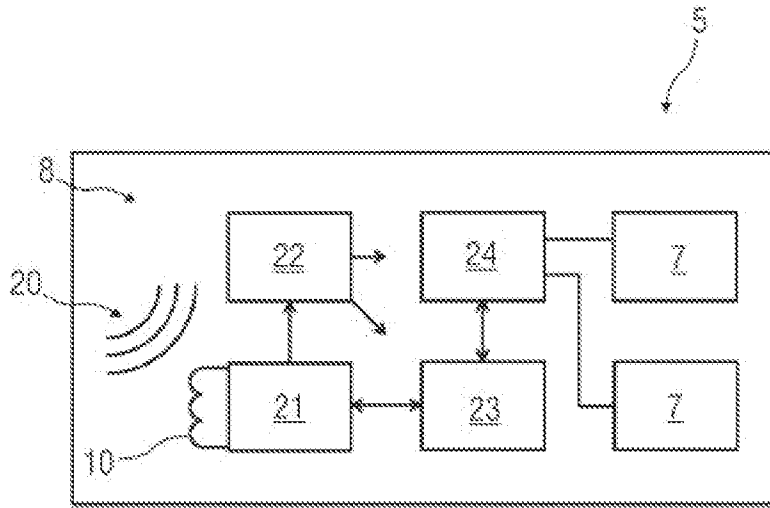
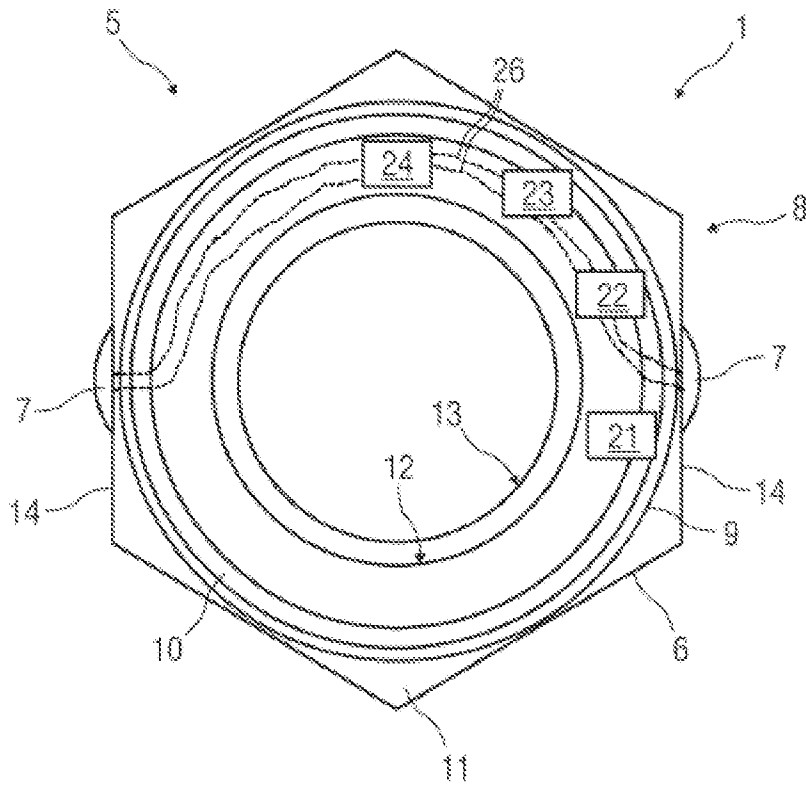


FIG 3



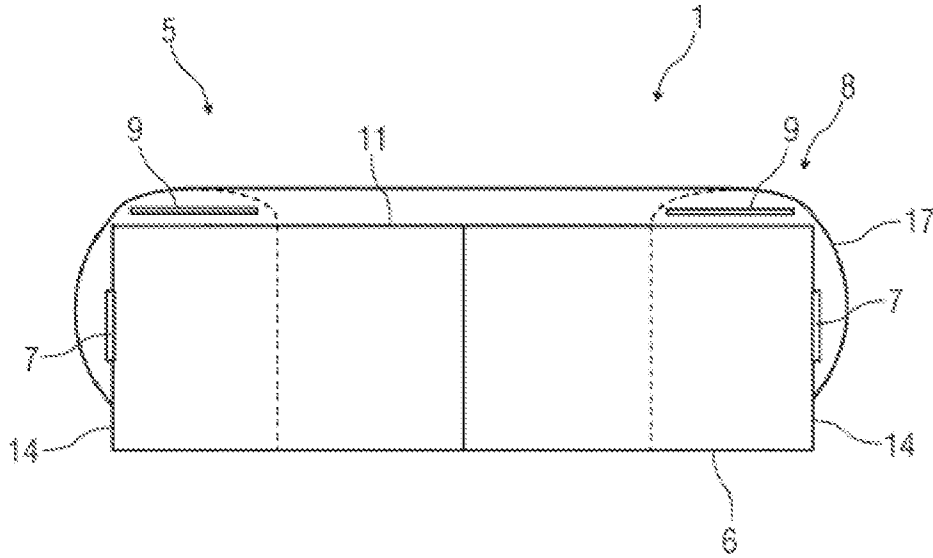


FIG 5

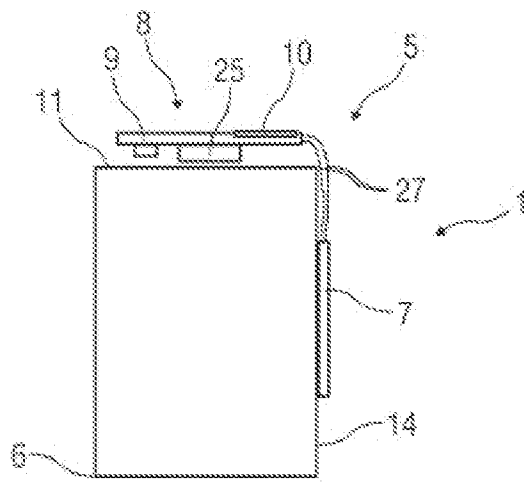


FIG 6

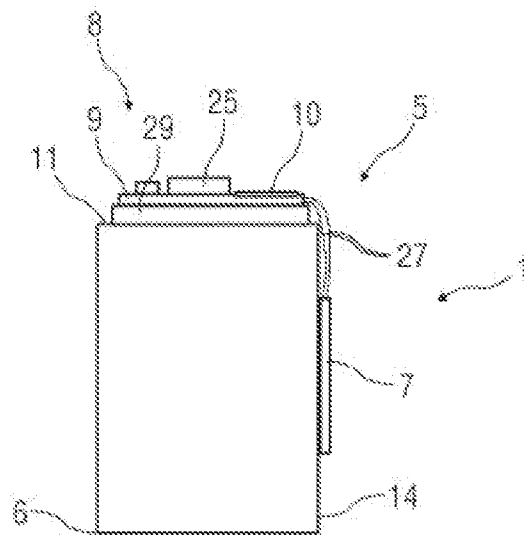


FIG 7

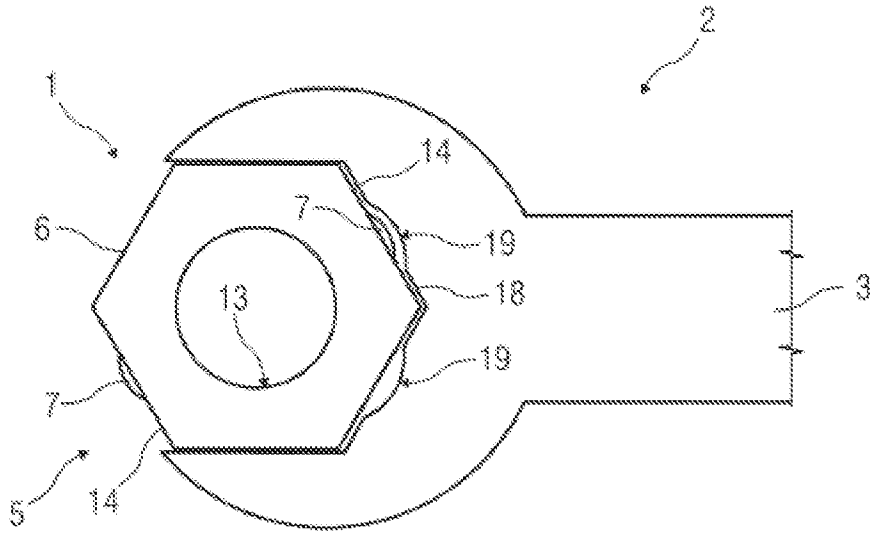


FIG 8

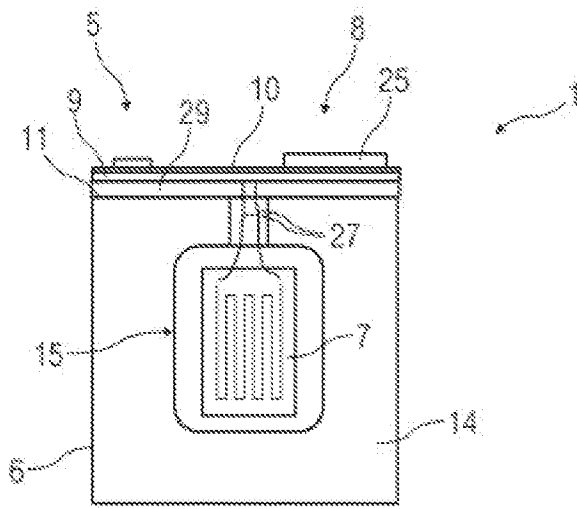


FIG 9

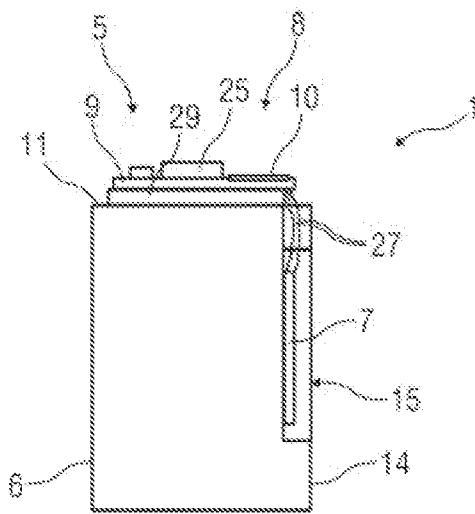


FIG 10