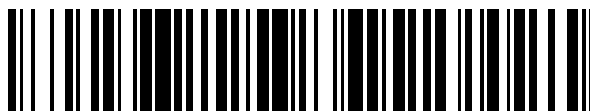


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 760 610**

51 Int. Cl.:

F16B 31/02 (2006.01)

G01L 5/24 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **08.07.2016 PCT/FR2016/051749**

87 Fecha y número de publicación internacional: **12.01.2017 WO17006068**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **08.07.2016 E 16757275 (9)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **11.09.2019 EP 3320219**

54 Título: **Tornillo provisto de galgas extensiométricas para medir la tensión de tracción y/o de cizallamiento experimentada(s) por el tornillo**

30 Prioridad:

09.07.2015 FR 1556518

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

14.05.2020

73 Titular/es:

**TEXYS.FR (50.0%)
16 Rue Edouard Branly
58640 Varennes-vauzelles, FR y
DEMEOCQ, ETIENNE (50.0%)**

72 Inventor/es:

DEMEOCQ, ETIENNE

74 Agente/Representante:

TOMAS GIL, Tesifonte Enrique

ES 2 760 610 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

Tornillo provisto de galgas extensiométricas para medir la tensión de tracción y/o de cizallamiento experimentada(s) por el tornillo

5

[0001] La presente invención se refiere al campo del apriete de los tornillos y trata, en particular, sobre un tornillo que tiene medios que permiten conocer las tensiones presentes en él durante y/o después del apriete.

10

[0002] Durante la operación de apriete de un tornillo puede ser necesario saber con precisión los esfuerzos presentes en el tornillo. Esto es útil igualmente para el mantenimiento de los ensamblajes llevados a cabo con ayuda de tornillos, puesto que se desea asegurarse de que el apriete permanece adecuado en el transcurso del tiempo.

15

[0003] En efecto, un apriete demasiado intenso puede deteriorar el tornillo o la pieza a la que está atornillado, y un apriete demasiado flojo puede conducir a la separación del tornillo de dicha pieza. El apriete se traduce en la aplicación de una fuerza de tracción sobre el tornillo, en la dirección longitudinal de este último, que se traduce así en tensiones de tracción internas del tornillo y en un alargamiento de este.

20

[0004] Además, el tornillo puede estar sometido a un cizallamiento por las piezas a las que está atornillado, por ejemplo, por una mala alineación de los agujeros en los cuales el tornillo está atornillado o simplemente por las sollicitaciones que experimentan dichas piezas en funcionamiento. Este cizallamiento creará tensiones de cizallamiento internas en el tornillo, que pueden conducir a un aflojamiento o, en el peor de los casos, a una rotura del tornillo.

25

[0005] Los dispositivos tradicionales de medida del par de apriete, a saber, las herramientas de apriete que comprenden un dinamómetro, permiten apretar un tornillo con un par aplicado al tornillo conocido de manera precisa. Sin embargo, el par aplicado al tornillo no se corresponde obligatoriamente con el apriete llevado a cabo, particularmente por el hecho de que este último depende de la fricción, los materiales, etc. Por lo tanto, estos dispositivos no permiten garantizar el apriete.

30

[0006] De este modo, para garantizar el apriete, se buscará medir las tensiones internas de tracción en el tornillo, en lugar del par de apriete. En efecto, el apriete de dos piezas la una contra la otra se corresponde directamente con el esfuerzo de tracción aplicado al tornillo y, por lo tanto, con el alargamiento de este último.

35

[0007] Se conoce el uso de dispositivos de medida de las tensiones integradas en el tornillo. Estos permiten, en particular, obtener un valor del alargamiento del tornillo con ayuda de técnicas particulares, tales como las técnicas por ultrasonidos o por barra testigo.

[0008] Sin embargo, estas técnicas presentan uno o varios de entre los inconvenientes siguientes:

40

- los equipos utilizados son complejos,
- el tornillo está tallado hasta la parte roscada en el caso de la barra testigo, lo que provoca una fragilización,
- la medida es función de la longitud del tornillo y los esfuerzos se tienen que calcular en función de cada tipo de tornillo, y
- la técnica solo se puede adaptar a tornillos de tamaño relativamente grande y no permite medir más que un esfuerzo de tracción.

45

[0009] Con el objetivo de resolver estos problemas, la patente taiwanesa TW 1310810 propone un tornillo 100, representado en la figura 1, formado por un cuerpo cilíndrico 101 roscado y por una cabeza 102, que tiene una galga extensiométrica 103 sobre la pared lateral 104 de dicha cabeza, donde la galga 103 está conectada por un cable 105 a medios de tratamiento y de visualización 106 dispuestos sobre la cara superior 107 de la cabeza de tornillo 102.

50

[0010] De esta forma, el usuario final puede controlar periódicamente que el esfuerzo de apriete se mantenga adecuado en el transcurso del tiempo.

55

[0011] Con este tipo de tornillo 100, la galga 103 puede ser dañada por el medio de apriete durante el apriete, tal como una llave. Además, es necesario tallar un agujero en el tornillo para hacer pasar el cable 105, y las deformaciones detectadas son de baja intensidad y, por lo tanto, difíciles de evaluar con precisión.

60

[0012] Con el objetivo de resolver estos problemas, la solicitud de la patente americana US 2014251027 divulga un tornillo 200, representado en la figura 2, formado por un cuerpo cilíndrico 201 roscado y una cabeza 202, que incluye al menos una galga extensiométrica 203 dispuesta en una ranura anular 204 formada sobre la cara inferior 205 de la cabeza de tornillo 202 y de manera adyacente al cuerpo cilíndrico 201.

[0013] La o las galgas 203 pueden transmitir sus valores medidos a un dispositivo de visualización externo al tornillo, ya sea de manera alámbrica mediante un cable que pasa por un agujero taladrado en la cabeza de tornillo 202, ya sea de manera inalámbrica, en cuyo caso cada galga 203 integra una electrónica con transmisión inalámbrica.

5

[0014] Sin embargo, este tornillo presenta varios inconvenientes:

- una comunicación inalámbrica entre las galgas y el dispositivo de visualización externo es difícil dado que las galgas están aprisionadas entre el tornillo y las piezas a las que está atornillado, que generalmente son metálicas y por tanto impiden las transmisiones;
- 10 – las galgas se deforman poco durante el apriete y, por lo tanto, es necesaria una fuerte deformación de la cabeza para obtener una señal medible;
- las galgas se colocan bajo la cabeza, en la zona de esta en la que se ejerce la presión de apriete y pueden, por lo tanto, deteriorarse fácilmente;
- las galgas se vuelven inaccesibles una vez que se ha efectuado el apriete; y
- 15 – tensiones parásitas para la determinación del esfuerzo de apriete, tales como el cizallamiento, pueden participar en la deformación de las galgas, de manera que no se mida correctamente el esfuerzo de apriete aplicado realmente, que corresponde a una deformación de las galgas debida únicamente a la tensión de tracción en el tornillo a lo largo de su dirección longitudinal.

[0015] La presente invención tiene como objetivo resolver los problemas hallados con los tornillos de galgas de medida descritos previamente y, de este modo, proponer un tornillo cuya medida de las tensiones internas sea más fácil y más fiable para un mejor control en el tiempo del apriete asegurado por el tornillo y cuyas galgas sean menos susceptibles de deteriorarse.

[0016] La presente invención se refiere a un tornillo que tiene una cabeza de tornillo y un cuerpo cilíndrico roscado, donde la cabeza de tornillo dispone de galgas extensiométricas dispuestas de manera que se deformen con la deformación de la cabeza de tornillo, con el objetivo de medir una tensión interna del tornillo, donde dichas galgas están, con este objetivo, conectadas o son aptas para estar conectadas a una alimentación eléctrica y a medios de determinación para determinar el valor de por lo menos una tensión interna del tornillo a partir de las deformaciones de dichas galgas, caracterizado por el hecho de que la cabeza de tornillo presenta, sobre su cara superior, un agujero cónico cuyo eje de revolución está alineado con el eje de revolución del cuerpo cilíndrico del tornillo, y de que dichas galgas están dispuestas sobre la pared del agujero cónico de manera que se deformen con la deformación del agujero cónico, donde dichas galgas están orientadas de manera que midan al menos un tipo de tensión interna del tornillo elegido entre la tracción y el cizallamiento con el objetivo de conocer los esfuerzos presentes en el cuerpo cilíndrico.

35

[0017] La solución según la presente invención permite una amplificación de la deformación de las galgas extensiométricas cuando el tornillo se encuentra bajo tensión, para hacer más fiables las medidas de las tensiones de tracción y/o de cizallamiento, sin medidas parásitas, donde las galgas están, además, protegidas del deterioro.

[0018] Según una primera forma de realización particular, la cabeza de tornillo tiene cuatro galgas extensiométricas, llamadas para tracción, dos galgas están dispuestas cada una con su dirección principal de medida alineada con una generatriz de dicho agujero cónico, donde las dos generatrices son opuesta diametralmente, y las otras dos galgas están dispuestas cada una con su dirección principal de medida sobre un círculo formado en la intersección de la pared de dicho agujero cónico y de un plano imaginario paralelo a la cara superior de la cabeza de tornillo, y están repartidas de manera equidistante las unas de las otras sobre la circunferencia de dicho círculo, estando preferiblemente cada una centrada sobre una respectiva de dichas dos generatrices, donde las cuatro galgas están conectadas por un puente de Wheatstone conectado o capaz de ser conectado a la alimentación eléctrica y a los medios de determinación, donde dichas galgas permiten medir la tensión interna de tracción cuando un cizallamiento no se aplica en la cabeza de tornillo.

50

[0019] Según una segunda forma de realización, la cabeza de tornillo dispone de cuatro primeras galgas extensiométricas, llamadas para tracción, y de cuatro segundas galgas extensiométricas, llamadas igualmente para tracción, donde dichas primeras galgas están dispuestas cada una con su dirección principal de medida alineada con una generatriz de dicho agujero cónico y están repartidas según un ángulo uniforme entre ellas, y dichas segundas galgas están dispuestas cada una con su dirección principal de medida sobre un círculo formado en la intersección de la pared de dicho agujero cónico y de un plano imaginario paralelo a la cara superior de la cabeza de tornillo, y están repartidas de manera equidistante las unas de las otras sobre la circunferencia de dicho círculo, donde dichas primeras galgas forman dos grupos de galgas que comprenden cada uno dos primeras galgas adyacentes conectadas eléctricamente en serie y dichas segundas galgas forman otros dos grupos de galgas que comprenden cada uno dos segundas galgas adyacentes conectadas eléctricamente en serie, donde los cuatro grupos de galgas están conectados por un puente de Wheatstone conectado o capaz de ser conectado a la alimentación eléctrica y a los medios de determinación, donde dichas primeras y segundas galgas permiten

60

medir la tensión interna de tracción en la cabeza de tornillo con el objetivo de conocer los esfuerzos presentes en el cuerpo cilíndrico.

5 [0020] Preferiblemente, la cabeza de tornillo es una cabeza hexagonal y la dirección principal de medida de cada una de dichas primeras galgas forma un ángulo comprendido entre 30 y 10 grados, preferiblemente de 15 grados, con respecto a una generatriz que conecta la cima del agujero cónico a un punto de intersección del círculo generador del agujero cónico con un segmento de recta que conecta dos cimas opuestas del hexágono que define el contorno de la cara superior de la cabeza de tornillo.

10 [0021] Cada segunda galga puede estar situada entre las direcciones principales de medida de dos primeras galgas adyacentes.

15 [0022] Preferiblemente, cada segunda galga está centrada sobre la dirección principal de medida de una, correspondiente, de dichas primeras galgas. Se entiende por "centrada" que la dirección principal de medida de la primera galga pasa por el centro del segunda galga, tomado en la dirección principal de medida de esta última.

[0023] De manera aún más preferida, cada segunda galga forma una sola pieza con la primera galga correspondiente, en forma de una roseta de galga doble.

20 [0024] Según una tercera forma de realización particular, la cabeza de tornillo tiene cuatro galgas extensiométricas, llamadas para cizallamiento, donde la primera y tercera galga están dispuestas cada una paralelamente a dos generatrices situadas a 45° a ambos lados de una generatriz principal del agujero cónico, donde las otras dos galgas están dispuestas cada una paralelamente a dos generatrices situadas a 45° a ambos lados de otra generatriz principal del agujero cónico opuesta diametralmente a dicha generatriz principal del agujero cónico, donde las cuatro galgas están conectadas por un puente de Wheatstone conectado o capaz de ser conectado a la alimentación eléctrica y a los medios de determinación, donde dichas galgas permiten medir la tensión interna de cizallamiento en la cabeza de tornillo con el objetivo de conocer los esfuerzos presentes en el cuerpo cilíndrico.

30 [0025] Preferiblemente, el agujero cónico tiene una altura inferior o igual a la de la cabeza de tornillo.

[0026] Preferiblemente, el ángulo de la cima del cono se encuentra comprendido entre 70 y 150 grados, preferiblemente entre 75 y 120 grados y, de la manera más preferida, es de 90 grados.

35 [0027] Las cuatro galgas para cizallamiento pueden estar dispuestas conjuntamente con las galgas para tracción, o estar dispuestas sin las galgas para tracción.

[0028] Preferiblemente, está formada una ranura sobre la superficie inferior de la cabeza del tornillo y de manera concéntrica y adyacente con el cuerpo cilíndrico roscado.

40 [0029] Las galgas extensiométricas pueden estar conectadas o ser aptas para estar conectadas a la alimentación eléctrica y a los medios de determinación por enlace alámbrico.

45 [0030] Las galgas extensiométricas pueden estar conectadas o ser aptas para estar conectadas a la alimentación eléctrica y a los medios de determinación de manera inalámbrica, donde las galgas están conectadas a un primer emisor/receptor inalámbrico de tipo de comunicación de campo cercano (NFC), y la alimentación eléctrica y los medios de determinación están conectados a un segundo emisor/receptor inalámbrico de tipo NFC, donde los primeros y segundos emisores/receptores son aptos para transferir entre ellos energía e información de manera inalámbrica.

50 [0031] Para ilustrar mejor el objeto de la presente invención, se describirán continuación, a título indicativo y no limitativo, varios modos de realización particulares con referencia al dibujo anexo.

[0032] En este dibujo:

- 55
- las figuras 1 y 2 son vistas, en perspectiva y en sección vertical respectivamente, de tornillos de galgas de medida de tensiones según el estado anterior de la técnica;
 - la figura 3a es una vista esquemática de un tornillo según la presente invención, que conecta dos piezas, y está conectado por cable a una alimentación eléctrica y a los medios de determinación;
 - la figura 3b es una vista esquemática de un tornillo según la presente invención, conectado de manera inalámbrica a una alimentación eléctrica y a los medios de determinación;

60

 - la figura 4 es un diagrama esquemático, en sección vertical, de un tornillo según la presente invención;
 - la figura 5 es un diagrama esquemático de disposición de las galgas, en una vista desde arriba, del tornillo según la primera forma de realización;
 - la figura 6 es un esquema eléctrico del puente de Wheatstone que conecta las galgas del tornillo según la invención;

- la figura 7 es un diagrama esquemático, en sección vertical, de un tornillo según la primera forma de realización de la presente invención, que está sometido a una tensión de tracción debido a la aplicación de un par de apriete;
- la figura 8 representa una curva de calibración de un tornillo según la primera forma de realización;
- 5 – la figura 9 es un diagrama esquemático de disposición de las galgas, en una vista desde arriba, de un tornillo según una segunda forma de realización de la presente invención;
- la figura 10 es una vista esquemática desde arriba de un tornillo según la segunda forma de realización, con el cableado de las galgas, donde las galgas están representadas en horizontal por razones de comodidad de representación;
- 10 – la figura 11 es un diagrama esquemático, visto de lado y en sección parcial, de un tornillo según una tercera forma de realización de la presente invención, provisto de galgas extensiométricas para medir el cizallamiento;
- la figura 12 es un diagrama esquemático, en una vista desde arriba, del tornillo según la tercera forma de realización; y
- 15 – la figura 13 es un diagrama esquemático, visto de lado y en sección parcial, del tornillo según la tercera forma de realización, que está sometido a una tensión de cizallamiento.

[0033] Si se hace referencia en primer lugar a la figura 3a, se puede ver que se ha representado una vista esquemática de un tornillo 1 según la presente invención, que tiene una cabeza 2 y un cuerpo cilíndrico roscado 3 y que conecta una primera pieza 4 que tiene un agujero pasante 5 y una segunda pieza 6 que tiene un agujero ciego roscado interior 7 cuya rosca interior corresponde a la rosca del cuerpo roscado 3.

[0034] El tornillo 1 puede someterse a una tensión de tracción según la flecha T, a una tensión de cizallamiento según la flecha de doble sentido C, o a las dos tensiones conjuntas.

[0035] El tornillo 1 comprende un conjunto a galgas extensiométricas 8 conectado a una alimentación eléctrica y a los medios de determinación de tensión/tensiones interna(s) (no representados).

[0036] Los medios de determinación de tensión/tensiones interna(s) son aquí un voltímetro que permite medir el voltaje en los terminales de un puente de Wheatstone, puente que será descrito más detalladamente a continuación en la descripción.

[0037] El conjunto de galgas 8 se puede conectar a dicha alimentación eléctrica y a dichos medios de determinación, ya sea mediante un enlace alámbrico 9, tal y como se representa en la figura 3a, ya sea mediante un enlace inalámbrico tal y como se representa en la figura 3b. En este último caso, el conjunto de galgas 8 está conectado a un primer emisor/receptor inalámbrico 8a de tipo NFC (comunicación de campo cercano), y la alimentación eléctrica 8b y los medios de determinación 8c están conectados a un segundo emisor/receptor inalámbrico 8d de tipo NFC, donde los primeros y segundos emisores/receptores 8a, 8d son aptos para transferir entre ellos energía e información de manera inalámbrica.

[0038] Más precisamente, el primer emisor/receptor inalámbrico 8a está formado por un amplificador 8e, por un chip NFC 8f y por una antena circular 8g que rodea el amplificador 8e, donde estos elementos están integrados en el conjunto de galgas 8, y forman la parte superior de este último. El segundo emisor/receptor inalámbrico 8b comprende elementos similares (no representados).

[0039] La ventaja de tal comunicación inalámbrica es permitir, durante la vida útil del tornillo 1, colocar en cualquier momento el segundo emisor/receptor 8b cerca del tornillo 1 para leer el valor de tensión del tornillo 1, con el objetivo de verificar así que este último está bien apretado, y proceder a un reapriete en el caso contrario.

[0040] Si se hace referencia a la figura 4, se puede ver que el conjunto de galgas 8 comprende galgas extensiométricas que están instaladas en un agujero cónico 10 realizado sobre la cara superior 2a de la cabeza 2 y cuyo eje de revolución está alineado con el del cuerpo cilíndrico 3, de tal manera que el agujero 10 se lleva a cabo en el centro de la cabeza 2.

[0041] Las galgas se fijan en el agujero cónico 10 mediante un encolado. El encolado debe llevarse a cabo de manera precisa, para que la deformación de la galga refleje la deformación de la pieza de la forma más aproximada posible.

[0042] La altura del agujero cónico 10 es aquí sustancialmente igual a la de la cabeza de tornillo 2, pero puede ser inferior. El ángulo en la cima del agujero cónico 10 es aquí de 90 grados. Se destaca aquí que esta dimensión del agujero cónico 10 no es limitativa y se proporciona únicamente a título de ejemplo, así como que las figuras anexas son vistas esquemáticas no limitativas.

[0043] El agujero cónico 10 permite amplificar las deformaciones experimentadas por las galgas cuando la cabeza de tornillo 2 se somete a una tensión.

[0044] En efecto, en el estado anterior de la técnica, las galgas se disponen sobre una cara lateral de la cabeza de tornillo, o en una ranura formada en su cara inferior.

5 [0045] En el caso de una tracción, una galga dispuesta en una cara lateral de la cabeza de tornillo experimenta únicamente un acortamiento muy limitado, puesto que la parte inferior de dicha cara toma apoyo sobre el soporte sobre el que está apretado el tornillo, la cabeza se comprime muy poco en este lugar, y una galga dispuesta en la ranura experimenta una baja deformación incluso en presencia de una tensión de alta intensidad, con esta parte del tornillo experimentando pocas deformaciones en este lugar.

10 [0046] Unas galgas colocadas en el agujero cónico 10 se deformarán más que las galgas de los tornillos del estado anterior de la técnica, porque el fondo del agujero cónico 10 será atraído hacia abajo en el caso de una tracción orientada hacia abajo y, en consecuencia, la generatriz del agujero cónico 10 se alargará más que una cara lateral de la cabeza de tornillo o que la ranura.

15 [0047] Además, la disposición de las galgas en el agujero cónico 10 permite, si necesario, controlar estas últimas de manera fácil y rápida, lo que no es posible con el tornillo del estado anterior de la técnica.

20 [0048] Además, la colocación de las galgas en el agujero cónico 10 permite protegerlas. En efecto, al contrario que en el estado anterior de la técnica, las galgas no pueden ser dañadas ni por una herramienta, ni por un apriete demasiado fuerte.

25 [0049] El primer emisor/receptor, cuando está presente, podrá estar fijado a la pared del agujero cónico 10, por ejemplo mediante encolado de los bordes del chip NFC contra dicha pared o, de otro modo, podrá estar encolado a la cara superior 2a de la cabeza 2, cubriendo el agujero cónico 10, en el caso de un tornillo de tamaño más pequeño.

30 [0050] Se lleva a cabo una ranura 11 sobre la cara inferior 2b de la cabeza 2 y es adyacente al cuerpo cilíndrico roscado 3.

35 [0051] La ranura 11 permite asegurar que el apoyo de la cabeza de tornillo 2 no se lleve a cabo demasiado cerca del cuerpo cilíndrico roscado 3 y que la deformación de la cabeza de tornillo 2 no dependa de su instalación. En efecto, el agujero 5 del soporte 4 en el que pasa el tornillo es por lo general ligeramente más ancho que el tornillo, con el fin de facilitar su paso. Por lo tanto, existe un juego entre el tornillo y dicho agujero, y el tornillo se puede posicionar de manera desplazada en dicho agujero, de tal manera que el juego no sea el mismo en toda la circunferencia del agujero. La superficie de apoyo de la cabeza de tornillo depende de dicho juego, y si la superficie de apoyo disminuye, las tensiones serán superiores, y la deformación mayor.

40 [0052] Se ve por lo tanto que la deformación depende de la superficie de la cabeza de tornillo 2 en apoyo sobre el soporte 4.

[0053] La ranura 11 permite asegurar que una misma superficie de apoyo 11a estará en apoyo sobre el soporte 4, sea cual sea la posición del tornillo 1 en el agujero 5.

45 [0054] En la figura 4, el tornillo 1 está centrado, y se entiende que si se desplaza a la izquierda o a la derecha, se tendrá siempre la misma superficie de apoyo 11a. En consecuencia, las deformaciones de las galgas no dependen de la posición del tornillo 1 con respecto al agujero 5.

Primera forma de realización

50 [0055] Si se hace referencia a las figuras 5 y 6, se puede ver que de las galgas extensiométricas, en particular cuatro galgas extensiométricas 12a-12d, están fijadas en el agujero cónico 10.

55 [0056] Cada unas de las galgas 12a-12d tiene una dirección principal de medida, representada por la orientación del segmento esquematizado que forma cada una de las galgas 12a-12d sobre las figuras 4 y 5. La dirección principal de medida de una galga es aquí la dirección longitudinal de la galga, siguiendo la cual la galga se alarga o se acorta.

60 [0057] Dos primeras galgas 12a, 12c se disponen cada una con su dirección principal de medida alineada con una generatriz de dicho agujero cónico 10, donde dichas generatrices están opuestas diametralmente.

[0058] Dos segundas galgas 12b-12d se disponen cada una con su dirección principal de medida sobre un círculo formado en la intersección de la pared de dicho agujero cónico 10 y de un plano imaginario paralelos a la cara superior 2a de la cabeza de tornillo 2, y están opuestas diametralmente.

65

ES 2 760 610 T3

[0059] Las cuatro galgas 12a-12d y, más habitualmente, las galgas del conjunto de galgas 8, están conectadas eléctricamente según un puente de Wheatstone 13 alimentado eléctricamente por la alimentación eléctrica en dos puntos 13a y 13b, donde el puente de Wheatstone 13 está además conectado a los medios de determinación de tensión/tensiones interna(s), aquí un voltímetro, en dos puntos 13c y 13d.

5

[0060] Con el objetivo de simplificar la lectura, se utilizan los términos R1-R4 para definir el valor de la resistencia de las galgas 12a-12d. Se dispone así del grupo de ecuaciones (1) siguiente:

$$R1 = R(12a) ; \quad R2 = R(12b) ;$$

$$R3 = R(12c) ; \text{ y} \quad R4 = R(12d) .$$

10

[0061] La ecuación (2) conecta los valores de resistencia R1-R4 con los voltajes de entrada y de salida, respectivamente V_e (voltaje aplicado entre 13a y 13b) y V_s (voltaje medido entre 13c y 13d), del puente de Wheatstone puente 13:

15

$$(2) \quad V_s = [V_e \cdot (R1 \cdot R3 - R2 \cdot R4)] / [(R2 + R1) \cdot (R3 + R4)]$$

[0062] En el estado inicial, es decir, cuando no se aplica ninguna tensión sobre el tornillo 1, las galgas 12a-12d tienen el mismo valor de resistencia.

20

[0063] De este modo, de manera general y para la continuación de la descripción, se considerará que cada una de las galgas tiene un mismo valor de resistencia R en el estado inicial.

[0064] En el caso presente, $R1 = R2 = R3 = R4 = R$.

25

[0065] Reemplazando en la ecuación (2), se obtiene:

$$V_s = [V_e \cdot (R^2 - R^2)] / [(2R) \cdot (2R)] .$$

30

[0066] Se comprende por lo tanto que, dado que $R^2 - R^2 = 0$, $V_s = 0$ sea cual sea V_e . El puente se denomina entonces equilibrado en este estado inicial.

[0067] A la inversa, se entiende que el puente está equilibrado cuando se satisface la ecuación (3):

$$(3) \quad R1 \cdot R3 - R2 \cdot R4 = 0$$

35

[0068] A continuación, se estudiará el comportamiento de las galgas y las medidas asociadas para diferentes casos de tensión de tracción.

Caso de la tracción sola

40

[0069] Si se hace referencia a la figura 7, se puede ver que cuando se ejerce una fuerza de tracción T sobre el tornillo 1, en particular durante su apriete, la cabeza de tornillo 2 se deforma de tal manera que su superficie superior 2a se vuelve cóncava. En tal caso, las primeras galgas 12a, 12c se alargan mientras que las segundas galgas 12b, 12d se acortan.

45

[0070] El valor de resistencia de una galga extensiométrica es proporcional a su longitud, y aumenta cuando la galga se alarga y disminuye cuando la galga se encoge.

50

[0071] De este modo, el valor de resistencia de las primeras galgas 12a, 12c aumenta en un valor determinado, por ejemplo A, y el valor de resistencia de las segundas galgas 12b, 12d disminuye en un valor determinado, por ejemplo -B.

[0072] Reemplazando en el grupo de ecuaciones (1), se tiene por lo tanto que: $R1 = R3 = R + A$, y $R2 = R4 = R - B$.

55

[0073] A continuación, reemplazando en la ecuación (3), se tiene que:

$$\begin{aligned} R1 \cdot R3 - R2 \cdot R4 &= (R+A)^2 - (R-B)^2 \\ &= A^2 - B^2 + 2RA + 2RB \neq 0 . \end{aligned}$$

[0074] Incluso en el caso de que las primeras galgas se alarguen tanto como se acortan las segundas galgas, es decir con $A = B$, y reemplazando B por A en (3), se tiene todavía que $(3) = 4RA \neq 0$.

[0075] La ecuación (3) no se satisface, y se mide un voltaje V_s no nulo.

[0076] Se ha verificado experimentalmente que la tensión de tracción está unida al voltaje V_s mediante una relación matemática lineal. En otras palabras, la tensión de tracción es proporcional al voltaje eléctrico medido.

[0077] En la figura 8 se representa un ejemplo de recta de calibración voltaje/tensión. Para llevarla a cabo, se aplican diferentes fuerzas de tracción conocidas sobre el tornillo 1 y se mide para cada una el voltaje en el puente de Wheatstone 13. De este modo, se puede conocer la fuerza de tracción conociendo el voltaje medido en el puente 13.

[0078] Es necesario establecer tal recta de calibración para cada tipo de tornillo porque el coeficiente de proporcionalidad, a saber, la inclinación de la recta, es diferente para cada tornillo. En efecto, depende, entre otras cosas, de la forma precisa del tornillo 1, de su longitud, del tamaño de la cabeza de tornillo 2, y de la posición exacta de las galgas.

[0079] De este modo, en la práctica, se proporcionarán al usuario final el tornillo y la recta de calibración correspondiente, de manera que el usuario pueda conocer el valor de la tensión de tracción a partir del valor de voltaje proporcionado por los medios de determinación de tensión/tensiones interna(s).

Caso del cizallamiento solo

[0080] En el momento de la aplicación de una fuerza de cizallamiento sola sobre el tornillo 1, la cabeza de tornillo 2 se acorta en la dirección de cizallamiento y se alarga en la dirección ortogonal al cizallamiento. En tal caso, las primeras galgas 12a, 12c se deforman muy poco y las segundas galgas 12b, 12d se alargan o se acortan en función de la dirección del cizallamiento.

[0081] En particular, cuando se aplica un cizallamiento orientado según un eje que pasa por las galgas 12a y 12c, las galgas 12b y 12d se acortan.

[0082] De este modo, el valor de resistencia de las galgas 12a, 12c no se ve modificado, o lo será de manera insignificante, y el valor de resistencia de las segundas galgas 12b, 12d disminuye en un mismo valor $-C$.

[0083] Por lo tanto, se tiene que $R_2 = R_4 = R - C$; y $R_1 = R_3 = R$.

[0084] Reemplazando en la ecuación (3), se tiene que:

$$\begin{aligned} (3) &= R^2 - (R - C)^2 \\ &= R^2 - R^2 - C^2 + 2RC \\ &= -C^2 + 2RC \neq 0. \end{aligned}$$

[0085] La ecuación (3) no se satisface, y se mide un voltaje V_s no nulo, mediante el cual se mide el cizallamiento.

[0086] De la misma manera, un cizallamiento orientado en la misma dirección que las galgas 12b y 12c hará que se alarguen.

[0087] Se tendrá, por lo tanto, que $R_2 = R_4 = R + C$ y $(3) = C^2 - 2RC \neq 0$. Se obtiene por lo tanto un valor de voltaje que traduce la tensión de cizallamiento experimentada por el tornillo. Sin embargo, esta medida es una medida parásita, y no es el objetivo buscado por el tornillo según la primera forma de realización de la presente invención.

Caso de una tracción y de un cizallamiento simultáneos

[0088] En el caso de la aplicación de una tracción conjuntamente con un cizallamiento, por ejemplo de que se aplique un cizallamiento según un eje que pasa por las galgas 12a y 12c, se observa el comportamiento siguiente de las galgas:

- las galgas 12a y 12c se alargan bajo el efecto de la tracción, donde el cizallamiento solo produce una deformación muy baja, y por lo tanto insignificante, de éstas, y
- las galgas 12b y 12d se acortan bajo el efecto de la tracción y se acortan más bajo el efecto del cizallamiento.

[0089] Por lo tanto, se tiene que:

$$R1 = R3 = R+A,$$

5
y

$$R2 = R4 = R-B-C.$$

10 [0090] Retomando la ecuación (3), se obtiene:

$$\begin{aligned} (3) &= (R+A)^2 - (R-B-C)^2 \\ &= R^2 + A^2 + 2RA - R^2 - B^2 - C^2 + 2RB + 2RC - 2BC \end{aligned}$$

15 [0091] Incluso en el caso de que las primeras galgas se alarguen tanto como se acortan las segundas galgas bajo el efecto de la tracción, es decir con $A = B$, y reemplazando B por A en (3), se tiene todavía que $(3) = 4RA + C^2 + 2RC - 2AC \neq 0$.

[0092] Se constata que se mide, por lo tanto, un valor de resistencia en el cual los componentes debidos a la tracción y al cizallamiento se mezclan.

20 [0093] De este modo, el tornillo según la primera forma de realización permite medir de manera precisa una tensión de tracción, bajo la condición de que no esté presente ningún cizallamiento.

25 [0094] En la práctica, se pueden ejercer las dos tensiones, y la segunda y tercera forma de realización permiten medir respectivamente una tensión de tracción y una tensión de cizallamiento, incluso en el caso de que estas dos tensiones se ejerzan simultáneamente.

Segunda forma de realización

30 [0095] Si se hace referencia ahora a las figuras 9 y 10, se puede ver que la cabeza de tornillo 2 según la segunda forma de realización de la presente invención tiene ocho galgas extensiométricas 14a-14h fijadas en el agujero cónico 10. Cada una de las galgas 14a-14h tiene una dirección principal de medida, representada por la orientación del segmento esquematizado que forma cada una de las galgas 14a-14h en la figura 9.

35 [0096] Cuatro primeras galgas 14a-14d se disponen cada una con su dirección principal de medida alineada con una generatriz de dicho agujero cónico 10 y se reparten según un ángulo uniforme entre ellas. En otras palabras, la dirección de medida de una de las galgas 14a-14d está en ángulo recto con la de las dos galgas 14a-14d adyacentes a ella cuando el tornillo 1 se ve desde arriba, como en la figura 9.

40 [0097] Se disponen cuatro segundas galgas 14e-14h cada una con su dirección principal de medida sobre un círculo formado en la intersección de la pared de dicho agujero cónico 10 y de un plano imaginario paralelo a la cara superior 2a de la cabeza de tornillo 2, y se reparten de manera equidistante las unas de las otras sobre la circunferencia de dicho círculo. En otras palabras, las galgas 14e-14h están opuestas en pares y una de las galgas 14e-14h está a un cuarto de círculo de las dos galgas 14e-14h adyacentes a ella.

45 [0098] Además, las segundas galgas están fijadas perpendicularmente a dichas generatrices y centradas en estas últimas. En otras palabras, cada una de las generatrices cruza una segunda galga, perpendicularmente y en su centro.

50 [0099] Igualmente, se puede ver en las figuras 9 y 10 que la cabeza de tornillo 2 es una cabeza hexagonal, y que la dirección principal de medida de cada una de dichas primeras galgas 14a-14d forma un ángulo de 15 grados con respecto a una generatriz que conecta la cima del agujero cónico 10 con un punto de intersección del círculo generador del agujero cónico 10 con un segmento de recta que conecta dos cimas opuestas del hexágono que definen el contorno de la cara superior 2a de la cabeza de tornillo 2. En otras palabras, la dirección principal de
55 medida de una de las primeras galgas 14a-14d se gira 15 grados con respecto a una recta que pasa por dos cimas opuestas del hexágono que forma la cabeza 2 del tornillo 1, tomando la cima del agujero cónico 10 como centro de rotación. Dado que cada una de las primeras galgas 14a-14d está a 90 grados de sus dos galgas adyacentes, cada una de las galgas 14a-14d está orientada a 15 grados de una recta que pasa por dos cimas opuestas del hexágono que forma la cabeza de tornillo 2.

60 [0100] Del mismo modo, las segundas galgas 14e-14h están colocadas cada una en una zona de misma inercia que las otras. Las segundas galgas 14e-14h pueden estar dispuestas cerca de las primeras galgas 14a-14d, tal y

como se representa en la figura 9, o formar una sola pieza con estas, tal y como se representa en la figura 10, donde se utilizan cuatro rosetas de galga doble.

5 [0101] La orientación a 15 grados permite tener una misma inercia en cada galga 14a-14h en el momento del apriete. En efecto, el hecho de que la cabeza de tornillo 2 tenga forma hexagonal induce, durante su apriete, tensiones de intensidades diferentes en función del emplazamiento de medida.

10 [0102] En particular, sobre un eje que conecta dos cimas opuestas del hexágono que forma la cabeza de tornillo 2, la cantidad de materia por desplazar es mayor y, en consecuencia, el momento de inercia por aplicar es mayor que en una mediatriz de dos lados opuestos de la cabeza 2.

[0103] De este modo, las tensiones medidas por una galga colocada sobre dicho eje serán menores que las medidas por una galga colocada sobre dicha mediatriz.

15 [0104] La orientación a 15 grados permite, por lo tanto, obtener un momento de inercia idéntico para cada una de las galgas 14a-14h.

20 [0105] Del mismo modo, el dispositivo 8 puede comprender un sensor de temperatura 14t, que permite medir las variaciones de temperatura de la cabeza de tornillo 2.

[0106] En efecto, una variación de temperatura comporta una dilatación o una contracción de la materia que forma la cabeza de tornillo 2, lo que alarga o encoge las galgas 12a-12h, y una variación de temperatura comporta una modificación de la elasticidad del material que forma el tornillo 1.

25 [0107] Además, la sensibilidad de la galga depende igualmente de la temperatura, así como el corrimiento del cero por cambios de temperatura según el cual la resistencia de una galga aumenta con la temperatura, en ausencia de tensión. Por lo tanto, es necesario considerar la temperatura en el momento de la medida.

30 [0108] La compensación del valor de resistencia en función de la temperatura puede hacerse en el amplificador 8e, en el caso de una medida inalámbrica, o en los medios de determinación, en el caso de una medida alámbrica. En ambos casos, la compensación de temperatura sigue una regla establecida empíricamente o por aprendizaje.

35 [0109] La compensación en sí es una técnica bien conocida para corregir el corrimiento del cero y de la sensibilidad de las galgas.

[0110] En la figura 10, se puede ver una disposición de las galgas 14a-14h, así como el cableado del puente de Wheatstone 13.

40 [0111] Se puede igualmente ver el cableado que conecta las galgas 14a-14h, donde dichas galgas 14a-14h están conectadas en serie por pares, de manera que los valores de resistencias de estas se suman, y forman grupos de galgas conectadas por un puente de Wheatstone 13.

45 [0112] Tal dispositivo 8 se puede implementar, por ejemplo, en tornillos de tamaño M4 según la norma ISO 4017, a saber, un tornillo cuya distancia entre dos lados opuestos del hexágono que forma la cabeza sea de 7 mm.

[0113] De este modo, retomando el grupo de ecuaciones (1), se tiene que:

$$R1 = R(14a) + R(14b) ; \quad R2 = R(14e) + R(14f) ;$$

$$R3 = R(14c) + R(14d) ; \quad R4 = R(14g) + R(14h) .$$

50 Caso de la tracción sola

[0114] De manera similar a las galgas 12a-12d de la primera forma de realización, cuando se ejerce una fuerza de tracción T sobre el tornillo 1, las primeras galgas 14a-14d se alargan cuando las segundas galgas 14e-14h se acortan.

55 [0115] Así, el valor de resistencia de las primeras galgas 14a-14d aumenta en un valor D, y el valor de resistencia de las segundas galgas 14e-14h disminuye en un valor -E.

[0116] Reemplazando en el grupo de ecuaciones (1), se tiene, por lo tanto: $R1 = R3 = 2R + 2D$, y $R2 = R4 = 2R - 2E$.

60 [0117] A continuación, reemplazando en la ecuación (3), se tiene que:

$$(3) = (2R+2D)^2 - (2R-2E)^2$$

$$= 4D^2 - 4E^2 + 8RD + 8RE \neq 0.$$

[0118] Incluso en caso de que las primeras galgas se alarguen tanto como se acortan las segundas galgas, es decir con $D = E$, se tiene todavía que $(3) = 16RD \neq 0$.

5

[0119] La ecuación (3) no se satisface, y se mide un voltaje V_s no nulo y, de este modo, se puede deducir la tensión de tracción.

[0120] También en este caso, se obtiene experimentalmente una recta de calibración que hace corresponder el voltaje medido con la tensión de tracción en el tornillo, que se proporciona al usuario final con el tornillo correspondiente.

10

Caso de un cizallamiento solo

[0121] En el momento de la aplicación de una fuerza de cizallamiento sola sobre el tornillo 1, la cabeza de tornillo 2 se acorta en la dirección de cizallamiento y se alarga en la dirección ortogonal al cizallamiento. En tal caso, las primeras galgas 14a-14d se deforman poco y las segundas galgas 14e-14h se alargan o se acortan en función de la dirección del cizallamiento.

15

[0122] En particular, cuando se aplica un cizallamiento orientado según un eje que pasa por las galgas 14e y 14g, estas últimas se alargan y las galgas 14f y 14h se acortan. De este modo, el valor de resistencia de las primeras galgas 14a-14d no se ve modificado, el de las galgas 14e y 14g aumenta y el de las galgas 14f y 14h disminuye.

20

[0123] Más precisamente, como las segundas galgas 14e-14h están opuestas en pares, el valor de resistencia de las galgas 14e y 14g aumenta en un mismo valor F y el valor de resistencia de las segundas galgas 14f y 14h disminuye en un mismo valor $-G$.

25

[0124] Se tiene, por lo tanto que $R_2 = R_4 = R + F + R - G = 2R + F - G$; y $R_1 = R_3 = 2R$.

30

[0125] Reemplazando en la ecuación (3), se tiene que:

$$(3) = (2R)^2 - (2R + F - G)^2$$

$$= -4RF + 4RG + 2FG - F^2 - G^2$$

[0126] Se puede considerar que el cizallamiento es perfecto o casi perfecto, es decir que las galgas 14e y 14g se alargan tanto como disminuyen las galgas 14f y 14h, es decir $F = G$.

35

[0127] En tal caso, la ecuación (3) se satisface y no se mide ningún voltaje.

[0128] Más generalmente, sean cuales sean la orientación y la fuerza del cizallamiento, la ecuación (3) se satisface, y el tornillo 1 según la primera forma de realización permite, por lo tanto, evitar la medida parásita de la tensión de cizallamiento en la cabeza de tornillo 2, tal y como se explica a continuación.

40

Caso de una tracción y de un cizallamiento simultáneos

45

[0129] En el caso de la aplicación de una tracción agregada a un cizallamiento, por ejemplo se aplica un cizallamiento según un eje que pasa por las galgas 14e y 14g, se observa el comportamiento siguiente de las galgas:

50

- las galgas 14a-14d se alargan en un valor D bajo el efecto de la tracción, donde el cizallamiento no produce ningún efecto sobre estas,
- las galgas 14e y 14g se acortan en un valor E bajo el efecto de la tracción y se alargan en un valor F bajo el efecto del cizallamiento en un valor F , y
- las galgas 14f y 14h se acortan en un valor E bajo el efecto de la tracción y se acortan más en un valor G bajo el efecto del cizallamiento.

[0130] Se tiene, por lo tanto, que:

55

$$R_1 = R_3 = 2R + 2D,$$

y

$$R_2 = R_4 = R - E + F + R - E - G = 2R - 2E + F - G.$$

5

[0131] Retomando la ecuación (3), se obtiene:

$$\begin{aligned} (3) &= (2R+2D)^2 - (2R-2E+F-G)^2 \\ &= 4R^2+8RD+4D^2 - 4R^2+8RE-4RF+4RG+4EF-4EG+2FG-4E^2 - \\ &\quad F^2-G^2 \end{aligned}$$

10

[0132] Al igual que previamente, si se considera el cizallamiento como perfecto o casi perfecto, es decir que las galgas 14e y 14g se alargan tanto como disminuyen las galgas 14f y 14h, de modo que $F = G$.

[0133] Por tanto, se tiene que $(3) = 8RD+4D^2+8RE-4E^2 \neq 0$. Se constata que las deformaciones de las galgas bajo el efecto del cizallamiento no intervienen.

15

[0134] Incluso en caso de que las primeras galgas se alarguen tanto como se acortan las segundas galgas, es decir con $D = E$, se tiene todavía que $(3) = 16RD \neq 0$.

20

[0135] De este modo, solo se mide bien la tracción con ayuda del tornillo 1 según la segunda forma de realización de la presente invención, donde el valor $16RD$ medido es idéntico al del caso de la tracción sola.

Tercera forma de realización

25

[0136] Si se hace referencia ahora a las figuras 11 y 12, se puede ver una tercera forma de realización de la presente invención en la que la cabeza de tornillo 2 comprende las galgas extensiométricas llamadas para cizallamiento, en particular cuatro galgas 15a-15d fijadas en el agujero cónico 10.

30

[0137] El tornillo 1 se aprieta con ayuda de una tuerca 16 entre una primera placa 4 con un agujero pasante 5 y una segunda placa 17 con un agujero pasante 18.

35

[0138] Cada una de las galgas 15a-15d tiene una dirección principal de medida, representada por la orientación del segmento esquematizado que forma cada una de las galgas 15a-15d sobre las figuras 11 a 13.

[0139] La primera y segunda galga 15a, 15b se disponen para que sus direcciones principales de medida estén a 45° a ambos lados de una primera generatriz del agujero cónico 10, y la tercera y cuarta galga 15c, 15d se disponen de la misma manera a 45° a ambos lados de otra generatriz opuesta diametralmente a dicha primera generatriz del agujero cónico 10.

40

[0140] Las cuatro galgas 15a-15d están conectadas eléctricamente según el puente de Wheatstone 13.

[0141] Retomando el grupo de ecuaciones (1), se tiene, por lo tanto, que:

$$\begin{aligned} (4) \quad R_1 &= R(15a) ; R_2 = R(15c) ; \\ R_3 &= R(15b) ; \text{ et } R_4 = R(15d) . \end{aligned}$$

45

Caso de la tracción sola

[0142] Cuando se ejerce una fuerza de tracción T sobre el tornillo 1, en particular durante su apriete, la cabeza de tornillo 2 se deforma de tal manera que su superficie superior 2a se vuelve cóncava. En tal caso, todas las galgas 15a-15d se alargan, y en el mismo valor.

50

[0143] Así, el valor de resistencia de las primeras galgas 15a-15d aumenta en un valor determinado H de tal manera que $R_1 = R_2 = R_3 = R_4 = R+H$.

55

[0144] Reemplazando en la ecuación (3), se tiene que:

$$(3) \quad (R+H)^2 - (R+H)^2 = 0.$$

[0145] La ecuación (3) se satisface, y se mide un voltaje V_s nulo. El tornillo según el tercera forma de realización de la presente invención no permite, por lo tanto, medir una tensión de tracción sola.

Caso de un cizallamiento solo

5

[0146] Si se hace referencia a la figura 13, se puede ver que, en el momento de la aplicación de una fuerza de cizallamiento sola sobre el tornillo 1, las galgas 15a-15d se alargan o se acortan en función de la dirección del cizallamiento.

10

[0147] En particular, en el momento de un cizallamiento provocado por el desplazamiento de la placa 17 según una dirección 19, las galgas 15a y 15b se alargan y las galgas 15c y 15d se acortan.

[0148] De este modo, el valor de resistencia de las galgas 15a y 15b aumenta en un mismo valor I y el valor de resistencia de las segundas galgas 15c y 15d disminuye en un mismo valor J .

15

[0149] Se tiene, por lo tanto, que $R_1 = R_3 = R+I$ y $R_2 = R_4 = R-J$.

[0150] Reemplazando en la ecuación (3), se tiene que:

$$\begin{aligned} (3) &= (R+I)^2 - (R-J)^2 \\ &= I^2 - J^2 + 2RI + 2RJ \end{aligned}$$

20

[0151] Incluso en caso de que se considere el cizallamiento como perfecto, es decir, que las galgas 15a y 15b se alarguen tanto como se acortan las galgas 15c y 15d, es decir, con $I = J$, y reemplazando J por I en (3), se tiene todavía que $(3) = 4RI \neq 0$.

25

[0152] Si se considera ahora un cizallamiento provocado por el desplazamiento de la placa 17 según una dirección 20, las galgas 15a y 15c se alargan y las galgas 15b y 15d se acortan.

30

[0153] De este modo, el valor de resistencia de las galgas 15a y 15c aumenta en un mismo valor I y el valor de resistencia de las segundas galgas 15b y 15d disminuye en un mismo valor J .

[0154] Se tiene, por lo tanto, que $R_1 = R_2 = R+I$ y $R_3 = R_4 = R-J$.

[0155] Reemplazando en la ecuación (3), se tiene que:

35

$$\begin{aligned} (3) &= (R+I) \cdot (R-J) - (R+I) \cdot (R-J) \\ &= 0 \end{aligned}$$

[0156] En tal caso, la ecuación (3) se satisface, se mide un voltaje de salida V_s nulo, y el cizallamiento no se mide.

40

[0157] El tornillo 1 según el tercera forma de realización permite, por lo tanto, medir un cizallamiento conociendo de antemano su dirección con el objetivo de medir las tensiones que ejerce en la cabeza de tornillo 2.

[0158] En el caso de una tracción y de un cizallamiento simultáneos, aplicando el mismo razonamiento que para la segunda forma de realización, se entiende que solo se medirá el cizallamiento.

45

[0159] También en este caso, se podrá establecer una curva de calibración para cada tipo de tornillo.

[0160] Según una forma de realización particular, el tornillo 1 puede comprender a la vez las galgas para tracción 12a-12d o 14a-14h, y las galgas para cizallamiento 15a-15d, conectadas cada una por un puente de Wheatstone 13 tal y como se ha descrito previamente.

50

[0161] De este modo, tal tornillo 1 permite medir a la vez las tensiones de tracción y de un cizallamiento cuya dirección se conoce, en la cabeza de tornillo 2.

55

[0162] Se sobreentiende que las formas de realización anteriores de la presente invención se han proporcionado a título indicativo y no limitativo y que se podrán aportar modificaciones sin alejarse por ello del marco de la presente invención.

REIVINDICACIONES

- 5 1. Tornillo (1) que tiene una cabeza de tornillo (2) y un cuerpo cilíndrico roscado (3), donde la cabeza de tornillo (2) está provista de galgas extensiométricas (12a-12d, 14a-14h, 15a-15d) dispuestas de manera que se deformen con la deformación de la cabeza de tornillo (2), con el objetivo de medir una tensión interna del tornillo (1), donde dichas galgas (12a-12d, 14a-14h, 15a-15d) están, a este efecto, conectadas o son aptas para estar conectadas a una alimentación eléctrica y a medios de determinación para determinar el valor de al menos una tensión interna del tornillo a partir de las deformaciones de dichas galgas (12a-12d, 14a-14h, 15a-15d), **caracterizado por el**
- 10 **hecho de que** la cabeza de tornillo (2) presenta, sobre su cara superior (2a), un agujero cónico (10) cuyo eje de revolución está alineado con el eje de revolución del cuerpo cilíndrico (3) del tornillo (1), y que dichas galgas (12a-12d, 14a-14h, 15a-15d) están dispuestas sobre la pared del agujero cónico (10) de manera que se deformen con la deformación del agujero cónico (10), donde dichas galgas (12a-12d, 14a-14h, 15a-15d) están orientadas de manera que midan al menos un tipo de tensión interna del tornillo (1) elegido entre la tracción y el cizallamiento con el objetivo de conocer los esfuerzos presentes en el cuerpo cilíndrico (3).
2. Tornillo (1) según la reivindicación 1, **caracterizado por el hecho de que** la cabeza de tornillo dispone de cuatro primeras galgas extensiométricas (14a-14d), llamadas para tracción, y de cuatro segundas galgas extensiométricas (14e-14h), llamadas igualmente para tracción, donde dichas primeras galgas (14a-14d) están dispuestas cada una con su dirección principal de medida alineada con una generatriz de dicho agujero cónico (10) y están repartidas según un ángulo uniforme entre ellas, y dichas segundas galgas (14e-14h) están dispuestas cada una con su dirección principal de medida sobre un círculo formado en la intersección de la pared de dicho agujero cónico (10) y de un plano imaginario paralelo a la cara superior (2a) de la cabeza de tornillo (2), y están repartidas de manera equidistante las unas de las otras sobre la circunferencia de dicho círculo, donde dichas primeras galgas (14a-14d) forman dos grupos de galgas que comprenden cada uno dos primeras galgas (14a-14d) adyacentes conectadas eléctricamente en serie y donde dichas segundas galgas (14e-14h) forman otros dos grupos de galgas que comprenden cada uno dos segundas galgas (12e-12h) adyacentes conectadas eléctricamente en serie, donde los cuatro grupos de galgas están conectados por un puente de Wheatstone (13) conectado o capaz de ser conectado a la alimentación eléctrica y a los medios de determinación, donde dichas primeras y segundas galgas (14a-14h) permiten medir la tensión interna de tracción en la cabeza de tornillo (2) con el objetivo de conocer los esfuerzos presentes en el cuerpo cilíndrico (3).
- 20 3. Tornillo (1) según la reivindicación 2, **caracterizado por el hecho de que** la cabeza de tornillo (2) es una cabeza hexagonal y la dirección principal de medida de cada una de dichas primeras galgas (14a-14d) forma un ángulo comprendido entre 30 y 10 grados, preferiblemente de 15 grados, con respecto a una generatriz que conecta la cima del agujero cónico (10) con un punto de intersección del círculo generador del agujero cónico (10) con un segmento de recta que conecta dos cimas opuestas del hexágono que define el contorno de la cara superior (2a) de la cabeza de tornillo (2).
- 35 4. Tornillo (1) según una de las reivindicaciones 2 y 3, **caracterizado por el hecho de que** cada segunda galga (14e-14h) está centrada sobre la dirección principal de medida de una, correspondiente, de dichas primeras galgas (14a-14d).
- 40 5. Tornillo (1) según la reivindicación 4, **caracterizado por el hecho de que** cada segunda galga (14e-14h) forma una sola pieza con la primera galga correspondiente (14a-14d), en forma de una roseta de galga doble.
- 45 6. Tornillo (1) según una de las reivindicaciones 1 a 5, **caracterizado por el hecho de que** la cabeza de tornillo (2) dispone de cuatro galgas extensiométricas (15a-15d), llamadas para cizallamiento, donde la primera (15a) y tercera galga (15c) están dispuestas cada una de forma paralela a dos generatrices situadas a 45° a ambos lados de una generatriz principal del agujero cónico (10), donde las otras dos galgas (15b, 15d) están dispuestas cada una de forma paralela a dos generatrices situadas a 45° a ambos lados de otra generatriz principal del agujero cónico (10) opuesta diametralmente a dicha generatriz principal del agujero cónico (10), donde las cuatro galgas (15a-15d) están conectadas por un puente de Wheatstone (18) conectado o capaz de ser conectado a la alimentación eléctrica y a los medios de determinación, donde dichas galgas (15a-15d) permiten medir la tensión interna de cizallamiento en la cabeza de tornillo (2) con el objetivo de conocer los esfuerzos presentes en el cuerpo cilíndrico (3).
- 50 7. Tornillo (1) según la reivindicación 1, **caracterizado por el hecho de que** la cabeza de tornillo tiene cuatro galgas extensiométricas (12a-12d), llamadas para tracción, dos galgas (12a, 12c) están dispuestas cada una con su dirección principal de medida alineada con una generatriz de dicho agujero cónico (10), donde las dos generatrices están opuestas diametralmente, y las otras dos galgas (12b, 12d) están dispuestas cada una con su dirección principal de medida sobre un círculo formado en la intersección de la pared de dicho agujero cónico (10) y de un plano imaginario paralelo a la cara superior (2a) de la cabeza de tornillo (2), y están repartidas de manera equidistante las unas de las otras sobre la circunferencia de dicho círculo, donde preferiblemente están cada una centrada sobre una respectiva de dichas dos generatrices, donde las cuatro galgas (12a-12d) están conectadas por un puente de Wheatstone (13) conectado o capaz de ser conectado a la alimentación eléctrica y a los medios
- 60 65

de determinación, donde dichas galgas (12a-12d) permiten medir la tensión interna de tracción cuando no se aplica un cizallamiento en la cabeza de tornillo (2).

5 8. Tornillo (1) según una de las reivindicaciones 1 a 7, **caracterizado por el hecho de que** el agujero cónico (10) tiene una altura inferior o igual a la de la cabeza de tornillo (2).

10 9. Tornillo (1) según una de las reivindicaciones 1 a 8, **caracterizado por el hecho de que** el ángulo de la cima del cono se encuentra comprendido entre 70 y 150 grados, preferiblemente entre 75 y 120 grados y, de la manera más preferida, es de 90 grados.

10 10. Tornillo (1) según una de las reivindicaciones 1 a 9, **caracterizado por el hecho de que** una ranura (11) está formada sobre la superficie inferior de la cabeza del tornillo (2) y de manera concéntrica y adyacente al cuerpo cilíndrico roscado (3).

15 11. Tornillo (1) según una de las reivindicaciones 1 a 10, **caracterizado por el hecho de que** las galgas extensiométricas (12a-12d, 14a-14h, 15a-15d) están conectadas o son aptas para estar conectadas a la alimentación eléctrica y a los medios de determinación de manera inalámbrica, donde las galgas (12a-12d, 14a-14h, 15a-15d) están conectadas a un primer emisor/receptor inalámbrico de tipo comunicación de campo cercano (NFC), y la alimentación eléctrica y los medios de determinación están conectados a un segundo emisor/receptor
20 inalámbrico de tipo NFC, donde los primeros y segundos emisores/receptores son aptos para transferir entre ellos energía e información de manera inalámbrica.

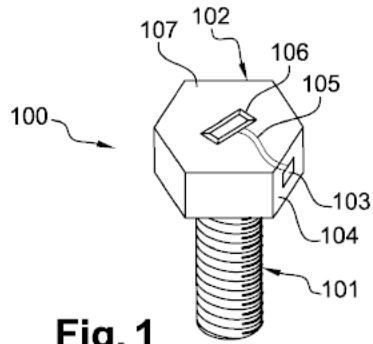


Fig. 1

(Estado anterior de la técnica)

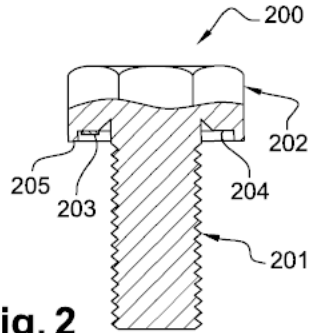


Fig. 2

(Estado anterior de la técnica)

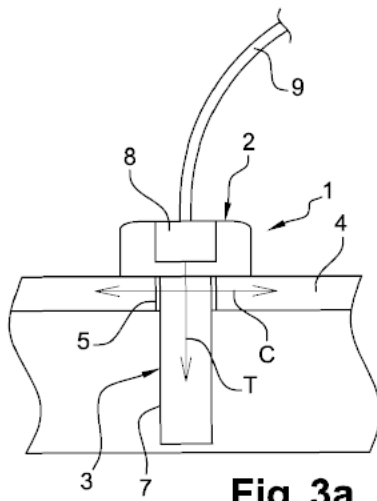


Fig. 3a

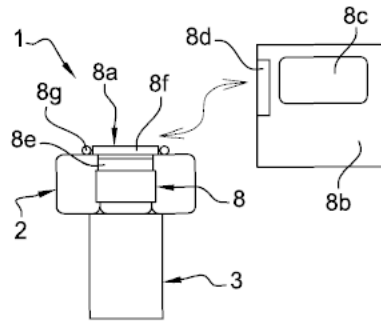


Fig. 3b

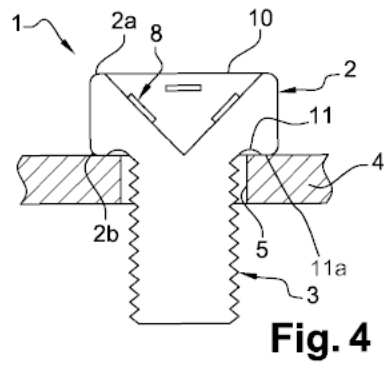


Fig. 4

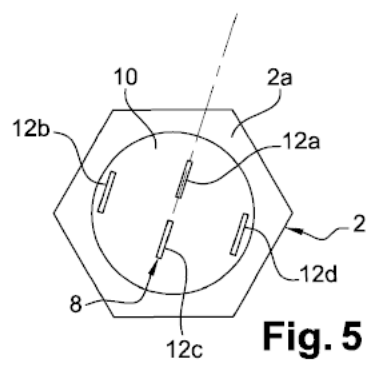


Fig. 5

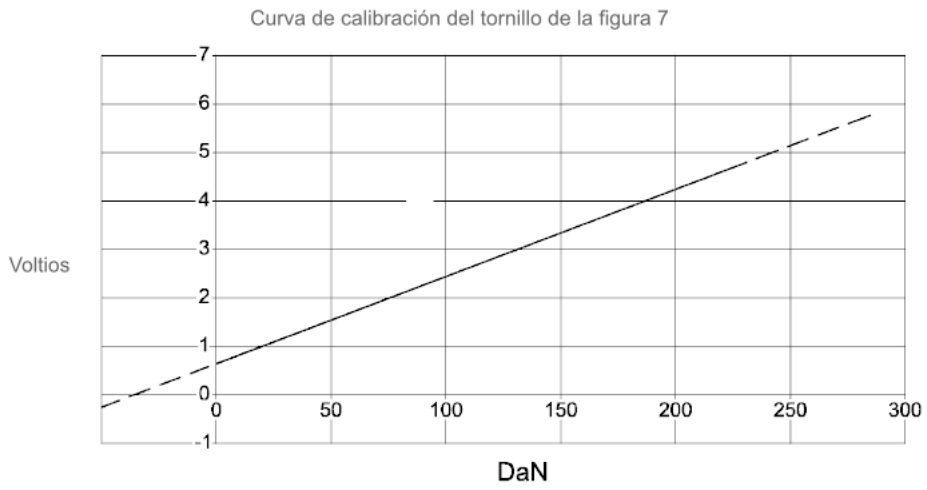
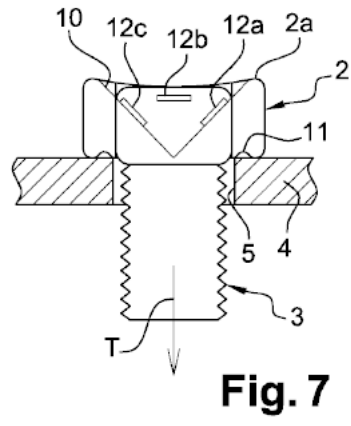
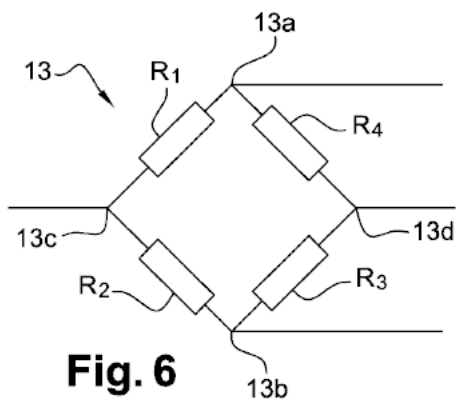


Fig. 8

