

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 991 163**

51 Int. Cl.:

B25B 29/02 (2006.01)

B23P 19/06 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **27.01.2020** **E 20153841 (0)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **04.09.2024** **EP 3698924**

54 Título: **Procedimiento para el apriete o reapriete documentado de una unión roscada**

30 Prioridad:

29.01.2019 DE 102019102133

15.02.2019 DE 102019103850

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

02.12.2024

73 Titular/es:

HOHMANN, FRANK (50.0%)

Josef-Menke-Strasse 25

59581 Warstein, DE y

HOHMANN, JÖRG (50.0%)

72 Inventor/es:

Renuncia a mención

74 Agente/Representante:

VALLEJO LÓPEZ, Juan Pedro

ES 2 991 163 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

Procedimiento para el apriete o reapriete documentado de una unión roscada

5 La invención se refiere a un procedimiento para el apriete o reapriete documentado de una unión roscada formada por un perno roscado y una tuerca enroscada en el mismo y apoyada contra una base, utilizando un dispositivo de tensado que opera axialmente y que comprende una carcasa de cilindro, un casquillo intercambiable dispuesto en la misma, provisto de una rosca interior en su extremo orientado hacia el perno roscado y que puede enroscarse en el perno roscado, y al menos un émbolo que se desplaza axialmente en la carcasa de cilindro y puede solicitarse con presión
10 hidráulica y mediante el cual puede arrastrarse axialmente el casquillo intercambiable, y utilizando, además, un accionamiento giratorio para la tuerca, que puede colocarse como módulo en el exterior de la carcasa de cilindro, y una unidad de control de proceso provista de un módulo de documentación.

15 Cilindros tensores de pernos accionados hidráulicamente y que operan axialmente se conocen por los documentos DE 101 45 847 A1 o WO 03/024670 A1, WO 2008/092768 A2, WO 2010/054959 A1 o DE 10 2015 104 133 A1. Para apretar o reapretar una unión roscada formada por un perno roscado y una tuerca enroscada en él y apoyada contra una base, se enrosca primero un casquillo intercambiable del cilindro tensor en el extremo libre del perno roscado que sobresale de la tuerca. Para ello, el casquillo intercambiable está provisto de la correspondiente rosca interior. El casquillo intercambiable está dispuesto dentro de la carcasa de cilindro hidráulico y está rodeado por al menos un
20 émbolo. Como parte de una unidad hidráulica de émbolo-cilindro, el émbolo puede arrastrar axialmente el casquillo intercambiable, lo que expande temporalmente el perno roscado en sentido axial. Mientras se expande, la tuerca es apretada, es decir, gira, mediante un accionamiento giratorio dispuesto exteriormente en la carcasa de cilindro.

25 En el cilindro tensor de pernos de acuerdo con el documento DE 101 45 847 A1 o el documento WO 03/024670 A1, este accionamiento giratorio está diseñado como motorreductor eléctrico y presenta un codificador de ángulo de rotación que detecta el ángulo de rotación del accionamiento giratorio. Además, hay un equipo de cálculo que calcula la expansión del perno roscado y la fuerza de pretensado resultante del perno roscado a partir del ángulo de rotación detectado en combinación con el paso de rosca conocido del perno roscado, y lo muestra al usuario. Además, se divulga como etapa de procedimiento el apriete primero de la tuerca con un par de torsión suficiente antes de iniciar
30 el proceso de tensado para compensar procesos de asentamiento. Solo cuando se ha hecho esto, el codificador de ángulo de rotación se pone a cero.

35 Por regla general, los parámetros de funcionamiento utilizados en un proceso de tensado de pernos y los datos generales relativos al proceso de atornillado no se registran ni documentan sistemáticamente. Tales datos pueden ser, por ejemplo, la marca, el tipo o la clase de pernos roscados o tuercas, así como los valores de apriete y par de torsión de los pernos y/o tuercas. Los dispositivos de tensado de pernos carecen a menudo de equipos adecuados para detectar y documentar esos datos. Sin embargo, la documentación es especialmente importante para uniones roscadas que requieren un control permanente y en las que, por motivos de seguridad, debe demostrarse una unión roscada suficientemente resistente. Es el caso, por ejemplo, de contenedores de reacción o almacenamiento con
40 productos químicos o nucleares peligrosos.

Puede resultar problemático si el operario del dispositivo de tensado desconoce el intervalo de presión hidráulica necesario o ideal y la correspondiente presión de apriete o fuerza de apriete para el perno que se ha de apretar. Los valores pueden variar en función del tipo, el fabricante o el tamaño del perno. Esto puede dar lugar a fuerzas
45 longitudinales insuficientes o excesivas después de apretar el perno. Junto a estos factores que influyen en la seguridad de funcionamiento, la calidad y la precisión del proceso de apriete o reapriete también pueden verse reducidas si los pernos no se aprietan con la fuerza de apriete ideal y, por tanto, la fuerza longitudinal en el perno roscado no se corresponde con la óptima. Otra desventaja es el uso de un par de torsión inadecuado al girar la tuerca.

50 Es conocido, por ejemplo, por el documento DE 10 2012 105 654 A1, identificar unívocamente las uniones roscadas escaneando un identificador individual, preferentemente un identificador de código de barras, presente en la unión roscada. El identificador así determinado se almacena en forma de datos en un módulo de documentación. El dispositivo de tensado se utiliza para expandir la unión roscada longitudinalmente mediante tracción axial en el extremo roscado del perno roscado, y la fuerza de apriete y/o la presión hidráulica de apriete aplicadas a este respecto también
55 se almacenan en el módulo de documentación. Durante la expansión longitudinal, la tuerca se gira, por ejemplo, con una llave dinamométrica manual.

60 La invención se basa en el **objetivo** de posibilitar la documentación específica de la unión roscada individual al apretar o reapretar uniones roscadas de alta resistencia mediante dispositivos de tensado que operan axialmente y mejorar así la calidad y reproducibilidad del proceso de atornillado.

Para la **solución** de este objetivo se propone un procedimiento con las características de la reivindicación de patente 1. El procedimiento comprende las siguientes etapas:

65 a) apriete de la tuerca mediante el accionamiento giratorio con un par de apriete mínimo necesario para que la tuerca se apoye sin holgura en la base;

b) activando el dispositivo tensor, expansión longitudinal de la unión roscada ejerciendo tracción axial sobre el extremo roscado del perno roscado que sobresale de la tuerca;

5 c) manteniendo la expansión longitudinal, nuevo apriete de la tuerca mediante el accionamiento giratorio, detectando en este sentido un ángulo de rotación recorrido durante este nuevo apriete mediante un sensor de ángulo de rotación;

10 d) cálculo del alargamiento del perno roscado asociado a la expansión longitudinal a partir de

- el ángulo de rotación recorrido y
- la geometría de rosca de la unión roscada;

15 e) cálculo de una fuerza longitudinal F en el perno roscado a partir de

- el alargamiento,
- el diámetro del perno y
- la longitud del perno;

20 y se caracteriza por que la fuerza longitudinal calculada se almacena en el módulo de documentación junto con un identificador que identifica la unión roscada, por que el apriete y reapriete de la tuerca se realiza con el mismo par de apriete mientras se ejerce fuerza mediante una herramienta manual que puede colocarse en el accionamiento giratorio, por que el par de torsión utilizado al apretar y volver a apretar la tuerca se registra mediante un sensor de par de torsión y un correspondiente valor de par de torsión se almacena en el módulo de documentación, y por que el registro

25 del par de torsión tiene lugar en el módulo al apretar y volver a apretar la tuerca.

Mediante este procedimiento, se documentan datos característicos importantes para cada caso de atornillado, de forma que la calidad de la unión roscada conseguida también pueda comprobarse posteriormente. Además, los datos adicionales pueden ser de carácter general e incluir, por ejemplo, el nombre del fabricante, la marca, el número de artículo, el tipo, la clase u otras características físicas y técnicas de la unión roscada.

30

Un parámetro de particular importancia es la fuerza longitudinal imperante en el perno roscado deformado longitudinalmente después de apretar o reapretar la unión roscada, que representa la tensión de tracción en el perno. La fuerza longitudinal depende del alargamiento y, por tanto, de la expansión que experimenta el perno roscado durante el proceso de tensado, que se realiza preferentemente de forma hidráulica.

35

Por lo tanto, en una primera etapa de cálculo, se calcula el alargamiento del perno roscado asociado a la expansión longitudinal

40 - a partir del ángulo de rotación recorrido durante el giro de la tuerca

- y la geometría de la rosca de la unión roscada.

45 El ángulo de rotación recorrido no es necesariamente a este respecto el ángulo de rotación de la tuerca en sí, sino que también puede ser un ángulo de rotación diferente asociado al ángulo de rotación de la tuerca. Por ejemplo, un elemento de mecanismo del accionamiento giratorio puede detectarse mediante un sensor de ángulo de rotación, o el sensor de ángulo de rotación forma parte de la herramienta manual utilizada para apretar la tuerca, o el sensor de ángulo de rotación está integrado estructuralmente en la carcasa de cilindro del dispositivo de tensado.

50 La geometría de la rosca de la unión roscada utilizada como parámetro de cálculo en la primera etapa de cálculo es el paso de rosca de la rosca en el perno roscado y la tuerca. Esto se debe a que una dimensión longitudinal puede calcularse directamente a partir de las dos variables geométricas ángulo de rotación y paso de rosca, en este caso la magnitud de la expansión longitudinal alcanzada del perno roscado con el tensado axial, es decir, su alargamiento.

55 En una segunda etapa de cálculo, la fuerza longitudinal que actúa en la dirección de tracción en el perno roscado se calcula a partir de

- el alargamiento del perno roscado determinado en la primera etapa de cálculo,
- 60 - el diámetro del perno roscado
- y la longitud del perno.

65 En este sentido, la longitud de perno utilizada para el cálculo no es la longitud absoluta del perno roscado, incluida su cabeza expandida. Por el contrario, el factor decisivo es la longitud en la que el perno roscado se deforma significativamente. La longitud relevante a este respecto está formada por partes de la sección roscada del perno

roscado y, si está presente, una sección de vástago sin roscar del perno roscado. La longitud relevante del perno utilizada en la segunda etapa de cálculo es a este respecto solo la longitud en la sección roscada y, dado el caso, en la sección del vástago, que se extiende entre la cabeza del perno y la tuerca, que también se comporta esencialmente de forma rígida. El alargamiento tiene lugar en esta sección longitudinal del perno durante el proceso de tensado.

5 Para poder calcular un valor exacto de la fuerza longitudinal en el perno roscado, a la hora de reapretar la tuerca, son importantes la precisión y la reproducibilidad. Esto se debe a que pueden producirse procesos de asentamiento al volver a apretar la tuerca, principalmente debido a irregularidades en las superficies de contacto.

10 Por este motivo, se adopta un planteamiento de varias fases. En la etapa de procedimiento a) anteriormente expuesta, la tuerca se aprieta, preferentemente mientras el dispositivo de tensado funciona en una fase preliminar con solo una presión baja, por ejemplo, de 5 MPa (50 bar) de presión hidráulica, mediante el accionamiento giratorio con un par de apriete tal que se eliminen en gran medida los procesos de asentamiento y la tuerca entre en contacto con la base con la menor holgura posible.

15 En la etapa b), solo una vez que se ha asegurado el contacto prácticamente sin holgura de la tuerca con la base, el dispositivo de tensado se activa con la verdadera presión del sistema hidráulico, por ejemplo, de 150 MPa (1500 bar) y, por tanto, se efectúa la expansión longitudinal de la unión roscada ejerciendo una elevada tracción axial sobre el extremo roscado del perno roscado. Mientras se mantiene la alta tracción axial, la tuerca se vuelve a apretar o girar por medio del accionamiento giratorio en la etapa c), y el ángulo de rotación recorrido durante este reapriete se detecta por medio del sensor de ángulo de rotación.

20 Para minimizar el riesgo de que el usuario realice una operación incorrecta, se utiliza el mismo par de apriete para volver a apretar la tuerca después de la etapa c) que para el apriete inicial de la tuerca después de la etapa a). De esta manera, no es necesario reajustar la llave dinamométrica.

25 Las etapas de cálculo d) y e) se realizan sobre la base de las medidas de acuerdo con las etapas de procedimiento a) a c). A este respecto, en una primera etapa de cálculo, se calcula el alargamiento del perno roscado asociado a la expansión longitudinal

- 30
- a partir del ángulo de rotación recorrido durante el reapriete de la tuerca
 - y la geometría de la rosca de la unión roscada.

35 En una segunda etapa de cálculo basada en ello, la fuerza longitudinal en el perno roscado se calcula a partir de

- el alargamiento,
- el diámetro del perno
- y la correspondiente longitud del perno.

40 En otra etapa de procedimiento, la fuerza longitudinal calculada en el perno roscado se almacena como un conjunto de datos en el modelo de documentación junto con un identificador que identifica la unión roscada.

45 La unión roscada individual se identifica mediante escaneado y el resultado de la identificación se guarda en el módulo de documentación. En el módulo de documentación, a la unión roscada identificada se le puede asignar adicionalmente una fecha, una hora, un número de proyecto u otros datos. Estos datos también se guardan en el conjunto de datos común y, por tanto, pueden comprobarse en cualquier momento.

50 Los datos se guardan preferentemente en un archivo compartido que se almacena en un servidor, en una unidad informática externa o en una nube de datos. Lo mismo se cumple para la fuerza de apriete aplicada y/o para la presión de apriete hidráulica utilizada, así como para el par de torsión realmente aplicado al reapretar la tuerca. Los datos se guardan en el módulo de documentación como un conjunto de datos común. Esta documentación permite comprobar en cualquier momento la calidad y el estado de cada una de las uniones roscadas, por ejemplo, a efectos de una certificación.

55 Se mide el par de torsión realmente aplicado al reapretar la tuerca mediante el accionamiento giratorio y el valor medido se documenta en el módulo de documentación. Para detectar el par de torsión se utiliza un sensor de par de torsión dispuesto en el accionamiento giratorio.

60 De acuerdo con un diseño del procedimiento, una vez identificada la unión roscada, la unidad de control de proceso propone al operario una fuerza de apriete y/o una presión de apriete almacenada en una base de datos antes de que el operario active el dispositivo de tensado. Para ello, la unidad de control de proceso puede acceder a una base de datos electrónica. En ella se almacenan valores óptimos o recomendados y/o intervalos de valores de fuerzas de apriete y/o presiones hidráulicas de apriete para el tipo de unión roscada identificada en cada caso.

65

5 Sin embargo, si el operario prefiere una fuerza de apriete diferente y/o una presión de apriete diferente sobre la base de su propia experiencia, no confirmará la propuesta de parámetros de la unidad de control de proceso. Por el contrario, a continuación, introducirá manualmente un valor y activará el dispositivo de tensado. Esto también puede recogerse en el módulo de documentación.

10 De acuerdo con otro diseño, una vez identificada la unión roscada, la unidad de control de proceso selecciona una fuerza de apriete y/o presión de apriete almacenada como óptima en la base de datos para precisamente este tipo de unión roscada y la bomba hidráulica del cilindro tensor de pernos se ajusta automáticamente, es decir, de forma autónoma, a esta presión. La bomba hidráulica, que está conectada a la cámara del émbolo del cilindro tensor de perno a través de los correspondientes conductos de entrada y salida, recibe por tanto la señal de la unidad de control de proceso de una determinada presión de bombeo.

15 Para la realización del procedimiento se utiliza un dispositivo de tensado accionado hidráulicamente. Este comprende una carcasa de cilindro configurada como cilindro hidráulico, un casquillo intercambiable dispuesto en la carcasa de cilindro que está provisto de una rosca interior en su extremo orientado hacia el perno roscado y que puede enroscarse en el perno roscado, y al menos un émbolo que puede moverse axialmente en la carcasa de cilindro, puede conectarse a un suministro hidráulico, a través del cual el casquillo intercambiable pasa centralmente y mediante el cual el casquillo intercambiable puede ser arrastrado axialmente.

20 La carcasa de cilindro o un componente unido rígidamente a ella se apoya en la base, por ejemplo, un elemento de la máquina, contra la que también se apoya la tuerca. El procedimiento descrito es ventajoso sobre todo cuando se utiliza un dispositivo de tensado hidráulico. Esto se debe a que la expansión longitudinal hidráulica del perno roscado provoca una enorme fuerza longitudinal en el perno roscado. Determinar y documentar esta fuerza longitudinal es, por tanto, de especial importancia para la posterior evaluación de la calidad del proceso de tensado. Con fuerzas de apriete y/o presiones de apriete muy elevadas, siempre existe el riesgo de que el perno roscado, sometido a una elevada carga de tracción, salte o salta despedido. Por lo tanto, la correcta selección de las fuerzas de apriete y/o presiones de apriete adecuadas y/u óptimas para la unión roscada identificada es ventajosa, ya sea con o sin liberación por parte del usuario.

30 Al preparar el proceso de tensado, el casquillo intercambiable puede enroscarse en el perno roscado con la herramienta manual ya utilizada para girar la tuerca. En este caso, se utiliza una misma y única herramienta manual, por ejemplo, una llave dinamométrica con mecanismo de carraca, para enroscar el casquillo intercambiable en el perno, por un lado, y para apretar la tuerca, por otro.

35 La identificación de la unión roscada se escanea con un sensor, en particular un lector de códigos de barras. A este respecto, puede tratar de un sensor óptico. El sensor puede ser parte integrante del cilindro tensor de pernos, parte de la herramienta manual utilizada o un aparato independiente.

40 En particular, el sensor o escáner de códigos de barras puede disponerse en el exterior o en el interior del cilindro tensor de perno.

45 Por otra parte, la disposición del sensor en la herramienta manual puede tener ventajas en términos de flexibilidad y posibilidades de manejo del escáner. Esto se debe a que la herramienta manual es compacta y más ligera que el pesado dispositivo de tensado.

50 Un ordenador móvil, una tableta convenientemente programada o un teléfono inteligente sirven como unidad de control de proceso. Es importante que la unidad de control disponga de una unidad de visualización y una unidad de entrada. La unidad de visualización y la unidad de entrada pueden realizar, por ejemplo, conjuntamente en una pantalla táctil. El sensor para identificar el identificador está conectado por señales a la unidad de control de proceso.

55 El dispositivo de tensado y/o la herramienta manual pueden estar provistos de una unidad emisora y receptora, conectada por señales a la unidad de control de proceso, mediante la cual se intercambian datos con la unidad de control de proceso. En este caso, la unidad de control de proceso también presenta una unidad emisora y receptora.

Las unidades emisora y receptora pueden estar conectadas por señales de manera inalámbrica o por cable. Son apropiadas, por ejemplos, conexiones WLAN, de radio o UMTS. Se puede utilizar casi cualquier procedimiento moderno de transmisión de señales inalámbricas.

60 Ventajosamente, se dispone de un programa de aplicación común para la unidad de control de proceso y para el sensor que registra el identificador, programa que se instala, por ejemplo, en una unidad informática.

65 La tuerca gira mediante el accionamiento giratorio situado exteriormente en el dispositivo de tensado. El sensor de ángulo de rotación puede formar parte del accionamiento giratorio. El sensor de ángulo de rotación detecta un ángulo de rotación recorrido durante el apriete o el giro.

Alternativamente, el sensor del ángulo de rotación puede estar dispuesto en la herramienta manual, es decir, en la llave dinamométrica. Esta disposición es adecuada sobre todo si la herramienta manual está configurada como una carraca con el correspondiente mecanismo giratorio.

5 El valor angular registrado puede guardarse, por ejemplo, en el módulo de documentación. Para ello, el sensor del ángulo de rotación está conectado a la unidad de control de proceso mediante señales, por ejemplo, a través del programa de aplicación, por medio de lo cual se pone a disposición el valor del ángulo de rotación detectado para su evaluación computacional por parte de la unidad de control de proceso. En esta evaluación, la expansión y, por tanto, al alargamiento del perno roscado se calcula a partir del ángulo de rotación recorrido mientras se gira la tuerca en
10 conjunción con la geometría de rosca conocida de la unión roscada, es decir, en particular, el paso de rosca en el perno roscado y en la tuerca. Este valor de alargamiento calculado puede guardarse en el módulo de documentación y, de este modo, recogerse documentalmente de manera permanente.

15 Si el ángulo de rotación se corresponde con el alargamiento del perno roscado y la tuerca se aprieta con un par de torsión predefinido hasta que se apoye sin holgura, se garantiza que el perno roscado se expanda longitudinalmente con la fuerza correcta y que la fuerza de tracción o la fuerza longitudinal que impera en el perno roscado expandido presente un determinado valor óptimo para el respectivo tipo de perno, o al menos se encuentre dentro de un correspondiente intervalo de valores.

20 La fuerza de tracción o longitudinal en el perno roscado se calcula a partir del alargamiento previamente calculado del perno roscado, la sección transversal del perno y, en este caso en particular, su diámetro, y la longitud de perno determinada por la expansión.

25 El módulo de documentación comprende una memoria y/o una base de datos. Los datos de la identificación y la operación de apriete y giro pueden almacenarse en estas y consultarse posteriormente, en particular, la fuerza de apriete y/o la presión de apriete aplicadas, el par de torsión manual realmente aplicado y la fuerza de tracción, es decir, la fuerza longitudinal, imperante en el perno roscado debido al proceso de tensado.

30 Otros detalles y ventajas del procedimiento se desprenden de la siguiente descripción de un ejemplo de realización representado en el dibujo. Muestran:

- la figura 1 una representación de un perno roscado con tuerca que sujeta dos piezas de una máquina;
- 35 la figura 2 en una vista en perspectiva, una primera forma de realización de un dispositivo de tensado de pernos roscados que operan hidráulicamente, colocado en alineación con el perno roscado y apoyado en la parte superior de la máquina. También se representa una herramienta manual que atornilla un casquillo intercambiable en el extremo libre del perno roscado;
- 40 la figura 3 el mismo dispositivo de tensado que en la figura 2, durante el proceso de tensado axial;
- la figura 4 el mismo dispositivo de tensado que en las figuras 2 y 3, mientras se aprieta la tuerca con la herramienta manual;
- 45 la figura 5 en una vista en perspectiva, una segunda forma de realización de un dispositivo de tensado de pernos roscados que operan hidráulicamente, incluida la herramienta manual dispuesta;
- la figura 6 el mismo dispositivo de tensado de pernos roscados sin la herramienta manual y
- 50 la figura 7 los objetos según la figura 5 en otra vista despiezada en perspectiva.

La unión roscada 1 mostrada en la figura 1 comprende un perno roscado 2 que consta de una cabeza de perno 2A expandida y una sección de vástago y una sección roscada, y una tuerca 3 enroscada en la sección roscada. La unión roscada 1 sujeta en este caso entre sí dos partes de máquina 5, 6. Además del perno roscado 2 y la tuerca 3, también pueden formar parte de la unión roscada 1 otros componentes, por ejemplo, otra tuerca en el lado de la pieza de
55 máquina 6 que se va a sujetar orientado opuestamente a la tuerca 3. También pueden formar parte de la unión roscada 1 arandelas adicionales.

En el perno roscado 2 se ha dispuesto una identificación permanente 7. La figura 1 muestra un ejemplo de ello mediante un código de barras 7 dispuesto en la cara frontal 8 del perno roscado 2 o en el extremo del perno roscado.
60 El código de barras 7 se escanea primero con un sensor. El código de barras 7 se registra a este respecto del verdadero apriete o reapriete. Esto se debe a que la información obtenida mediante el escaneado es la base para identificar el tipo exacto de la unión roscada 1 y, por tanto, un requisito previo para determinar los datos de atornillado que son importantes para el proceso de tensado.

65 El sensor o escáner puede estar dispuesto, por ejemplo, en una herramienta manual 10 (figura 2) configurada como llave dinamométrica con un valor ajustable de activación de par de torsión. La herramienta manual 10 es necesaria de

5 todos modos como parte del procedimiento, como se describe a continuación. Alternativamente, el sensor o escáner puede formar parte de una unidad informática móvil, por ejemplo, una tableta, un teléfono inteligente o una unidad informática móvil afin. Por ejemplo, el sensor puede ser una cámara. También puede utilizarse un módulo de escaneado independiente que se utilice exclusivamente para escanear el identificador 7. También es posible disponer el sensor o escáner directamente en o sobre el dispositivo de tensado 11 que se describe con más detalle a continuación. En este caso, cuando el dispositivo de tensado 11 se coloca sobre el perno 2 que se va a sujetar, el código de barras 7 se escanea a este respecto al mismo tiempo.

10 Mediante el dispositivo de tensado 11, la unión roscada 1 se expande longitudinalmente mediante una tracción exclusivamente axial del extremo roscado libre 15 del perno roscado 2. Para el proceso de expansión, una unidad de control de proceso 23 puede proponer al operario parámetros de procedimiento concretos para el tipo de unión roscada 1 identificado en cada caso, por ejemplo, accediendo a hojas de datos con los valores correspondientes almacenadas en una base de datos. A continuación, el operario puede confirmar o rechazar los parámetros propuestos de este modo.

15 Sin embargo, es preferente un procedimiento automatizado con ajuste automático de la presión mediante la unidad de control de proceso 23 en una bomba hidráulica 22 del dispositivo de tensado 11 y la subsiguiente activación automática del dispositivo de tensado.

20 La unión roscada se aprieta o reaprieta mediante el dispositivo de tensado que opera de manera puramente axial, accionado hidráulicamente. Esto se representa en las figuras 2 a 4.

25 Cuando se activa el dispositivo de tensado 11, la tracción axial en el extremo roscado del perno roscado 2 que sobresale de la tuerca 3 hace que el perno roscado 2 de la unión roscada 1 se expanda longitudinalmente en su vástago y en su sección roscada. La fuerza de apriete aplicada a este respecto y/o la presión de apriete aplicada mediante el sistema hidráulico se almacenan preferentemente de forma automática en un módulo de documentación 24, en concreto, independientemente de si se trata de una fuerza de apriete ajustada manualmente por el operario o de una fuerza de apriete y/o presión de apriete ajustadas automáticamente por la unidad de control de proceso 23 y extraídas de los valores de una base de datos.

30 Mientras se ejerce la fuerza de pretensado predeterminada sobre el perno roscado 2 en la dirección longitudinal del perno durante un cierto tiempo cuando se activa el dispositivo de tensado 11, la tuerca 3 de la unión roscada 1 puede apretarse o reapretarse. Para ello, se utiliza la herramienta manual 10, que está configurada como llave dinamométrica con función de activación y mecanismo de carraca. El par de apriete realmente aplicado al girar la tuerca 3 se almacena en el módulo de documentación 24, que preferentemente forma parte de la unidad de control de proceso 23.

35 Un casquillo intercambiable 12 dispuesto centralmente en el dispositivo de tensado 11 para que pueda moverse longitudinalmente está provisto de una rosca interior 13 en su extremo inferior. Con esta rosca interior 13 se enrosca el casquillo intercambiable 12 antes del comienzo del proceso de tensado en la sección final de rosca 15 del perno roscado 2 que sobresale sobre la tuerca 3. Este atornillado se realiza preferentemente con la herramienta manual 10. Durante el proceso de tensado propiamente dicho, el casquillo intercambiable 12 enroscado de este modo en el perno roscado 2 es sometido hidráulicamente a una tracción axial que provoca la expansión del perno roscado 2 en la dirección longitudinal. A este respecto, en el perno roscado impera una fuerza de tracción o longitudinal de magnitud F.

45 Debido a la expansión longitudinal temporal del perno 2, la parte inferior de la tuerca 3 se libera de la base 5A, de modo que la tuerca 3 puede girarse con relativamente poca resistencia a la rotación y volver a apretarse o girarse hasta que se apoye de nuevo en la base 5A sin holgura. Esto se efectúa con un par de torsión o de apriete predeterminado mediante un correspondiente ajuste en la llave dinamométrica 10.

50 Un manguito giratorio 16 dispuesto alrededor de la tuerca 3 y que la arrastra por arrastre de forma es accionado por un accionamiento giratorio 17. El accionamiento giratorio 17 es un componente del propio dispositivo de tensado 11 o, como se representa, se encuentra en un módulo 30 fijado exteriormente a una carcasa de cilindro 18 del dispositivo de tensado 11.

55 El mecanismo de apriete hidráulico está encerrado en la carcasa de cilindro 18 resistente a la presión. La prolongación rígida hacia abajo de la carcasa de cilindro 18 está formada por un tubo de soporte 19 que rodea la tuerca 3. El tubo de soporte 19 puede estar hecho de una sola pieza con la carcasa de cilindro 18 o, alternativamente, ser un componente independiente de la carcasa de cilindro 18, por ejemplo, se pueda colocar en ella. El tubo de soporte 19 está abierto en su parte inferior y se apoya sobre una base firme 5A, por ejemplo, la parte superior de la pieza de máquina 5, base 5A que forma el contrasoporte durante el proceso de tensado. En el procedimiento descrito en este caso, el contrasoporte 5A es la pieza de máquina 5 contra la que se apoya la parte inferior de la tuerca 3.

65 Parte del módulo que forma el accionamiento giratorio 17 es una transmisión que actúa sobre el manguito giratorio 16 a través de una abertura practicada en el tubo de soporte 19. El accionamiento giratorio 17 o su transmisión junto con el manguito giratorio 16 forman, por tanto, el equipo para girar la tuerca 3.

El par de torsión necesario para el giro se aplica moviendo la herramienta manual 10, que puede estar acoplada al accionamiento giratorio 17 y está configurada como una llave de carraca, hacia delante y hacia atrás hasta que se alcanza un par de torsión establecido y se activa un limitador de par de torsión o se emite una señal de par de torsión.
 5 Por supuesto, la tuerca 3 sólo puede girar de manera útil mientras el dispositivo de tensado 11 esté activo.

En el lateral de la carcasa de cilindro 18, se encuentra una conexión hidráulica 20 a través de la cual la cámara de trabajo hidráulica 21 del dispositivo de tensado 11 se conecta de forma controlada por válvula al suministro hidráulico externo en forma de bomba hidráulica 22. El suministro hidráulico externo, incluida la bomba hidráulica 22, puede disponerse en un carro rodante.
 10

En el cilindro hidráulico está dispuesto un émbolo 25, estanco con respecto a la pared interior del cilindro y móvil en dirección longitudinal. El émbolo 25 se eleva alimentando presión hidráulica a la cámara de trabajo hidráulica 21 del cilindro. Esto puede tener lugar, por ejemplo, contra la fuerza de un potente resorte que solicita el émbolo 25 desde arriba, que sirve como resorte de retorno del émbolo y solicita directamente el émbolo 25 con una fuerza que se esfuerza por mantener el émbolo 25 en su posición inicial, en la que la cámara de trabajo hidráulica 21 tiene su mínimo.
 15

El émbolo 25 rodea con forma anular el casquillo intercambiable 12. Está provisto de un escalón perimetral 27 en su borde interior, que forma una superficie de arrastre orientada opuestamente a la base, en la que se apoya el casquillo intercambiable 12 con una sección ampliada radialmente 28. De este modo, el casquillo intercambiable 12 puede ser arrastrado axialmente por el émbolo 25.
 20

El casquillo intercambiable 12 está provisto en su extremo del lado del perno de la rosca interior 13 para el enroscado sobre el perno roscado 2. En su extremo superior, el casquillo intercambiable 12 está provisto de una nuez 30 a la que se puede acoplar un polígono de la herramienta manual 10 para girar el casquillo intercambiable 12 durante la preparación del proceso de tensado y, a este respecto, atornillar el casquillo intercambiable 12 en el perno roscado 2.
 25

Si, de acuerdo con la figura 3, la bomba hidráulica 22 introduce fluido a la presión P en la cámara de trabajo 21, el émbolo 25 se eleva y arrastra axialmente con él el casquillo intercambiable 12 apoyado en la superficie de arrastre 27. El resultado es la expansión longitudinal del perno roscado 2 y la formación de una distancia o intersticio ΔL entre la parte inferior de la tuerca 3 y la base 5A.
 30

La presión P proporcionada por la bomba hidráulica 22 es ajustada automáticamente por la unidad de control de proceso 23, concretamente, en función del tipo de unión roscada 1 identificada por el escaneado y de los valores de presión o fuerza predeterminados para este tipo. Alternativamente, los valores pueden ser fijados manualmente por el operario.
 35

El reapriete, es decir, el giro de la tuerca 3, se realiza en el accionamiento giratorio 17 dispuesto exteriormente en el dispositivo de tensado 11 en forma de módulo 30 utilizando la llave dinamométrica 10 ajustada a un valor de activación predeterminado. Esta se fija a un polígono de accionamiento 29 en el módulo 30 o en el accionamiento giratorio 17.
 40

Al menos uno de los elementos de mecanismo del accionamiento giratorio 17 o, alternativamente, la llave dinamométrica 10 está equipada con un sensor de ángulo de rotación. Este detecta un ángulo de rotación que se recorre en su conjunto durante el apriete de la tuerca 3 hasta la activación de la llave dinamométrica 10. El ángulo de rotación detectado puede ser el ángulo de rotación de la propia tuerca 3 u otro ángulo de rotación característico que realice uno de los elementos de mecanismo giratorios del accionamiento giratorio o de la llave dinamométrica 10.
 45

El valor angular así detectado se almacena en primer lugar para su posterior evaluación, para lo cual el sensor de ángulo de rotación está conectado a la unidad de control de proceso 23 mediante señales, de modo que el valor angular de rotación detectado está disponible en la unidad de control de proceso 23 para su posterior procesamiento y evaluación.
 50

En esta evaluación, la expansión permanente y, por tanto, el alargamiento del perno roscado 2 se calcula a partir del valor del ángulo de rotación recorrido durante el giro de la tuerca 3 en combinación con el paso de rosca conocido del perno roscado 2 y de la tuerca 3. Este valor de alargamiento puede guardarse en el módulo de documentación 24 y, de este modo, recogerse documentalmente de manera permanente.
 55

Una vez recorrido el ángulo de rotación predeterminado, correspondiente al alargamiento del perno roscado 2, y una vez apretada a continuación la tuerca 3 con un par de torsión predeterminado hasta que haga contacto con la base 5A sin holgura, se garantiza que el perno roscado 2 se haya apretado con la fuerza correcta y que el valor F de la fuerza longitudinal que impera en el perno roscado 2 presente una magnitud específica y óptima o se encuentre dentro de un correspondiente intervalo de magnitudes. Esto se debe a que la fuerza longitudinal F que impera en el perno roscado 2 deformado longitudinalmente después del apriete o reapriete de la unión roscada representa la tensión de tracción en el perno 2. Esta depende del alargamiento que experimenta el perno roscado 2 durante el proceso de tensado.
 60
 65

En una primera etapa de cálculo, el alargamiento del perno roscado 2 asociado a la expansión longitudinal se calcula a partir de

- 5 - el ángulo de rotación recorrido durante el giro de la tuerca 3
- y la geometría de la rosca de la unión roscada 1.

10 El ángulo de rotación recorrido no es necesariamente a este respecto el ángulo de rotación de la tuerca 3 en sí, sino que también puede ser un ángulo de rotación diferente asociado al ángulo de rotación de la tuerca 3. Por ejemplo, un elemento de mecanismo del accionamiento giratorio 17 puede detectarse mediante un sensor de ángulo de rotación, o bien el sensor de ángulo de rotación está integrado estructuralmente en la carcasa de cilindro del dispositivo de tensado 11, o bien está integrado estructuralmente en la llave dinamométrica 10.

15 La geometría de la rosca de la unión roscada utilizada como parámetro de cálculo en la primera etapa de cálculo es el paso de rosca de la rosca en el perno roscado 2 y la tuerca 3. Esto se debe a que una dimensión longitudinal puede calcularse directamente a partir de las dos variables geométricas ángulo de rotación y paso de rosca, en este caso la magnitud de la expansión longitudinal alcanzada del perno roscado 2 con el tensado axial, es decir, su alargamiento.

20 En una segunda etapa de cálculo, la fuerza longitudinal F que actúa en la dirección de tracción en el perno roscado 2 se calcula a partir de

- el alargamiento del perno roscado determinado en la primera etapa de cálculo 2,
- 25 - el diámetro del perno roscado 2
- y la longitud del perno.

30 La fuerza longitudinal F puede calcularse, por ejemplo, de la siguiente manera. En ella, E es el módulo de elasticidad del material del perno, A es el tamaño de la sección transversal del perno, L es la longitud característica del perno y dl es la prolongación del perno.

$$F = \frac{dL}{L} \times (E \times A)$$

35 La longitud del perno utilizada para calcular la fuerza longitudinal F en el perno roscado 2 no es la longitud absoluta del perno roscado 2, incluida la cabeza de perno 2A expandida radialmente. El factor decisivo es la longitud en la que el perno roscado se deforma significativamente. La longitud de perno característica y relevante a este respecto está formada por partes de la sección roscada del perno roscado 2 y, si está presente, una sección de vástago sin roscar del perno roscado. La longitud de perno característica en la segunda etapa de cálculo es a este respecto la longitud de la sección roscada y, dado el caso, de la sección del vástago, que se extiende entre la cabeza de perno 2A y la tuerca 3, que también se comporta esencialmente de forma rígida. Un alargamiento significativo solo tiene lugar en esta sección longitudinal durante el proceso de tensado.

45 Para poder calcular un valor exacto de la fuerza longitudinal F en el perno roscado 2, es importante que la tuerca 3 sea apretada con precisión. Esto se debe a que pueden producirse procesos de asentamiento al volver a apretar la tuerca, principalmente debido a irregularidades en las superficies de contacto. Por este motivo, se adopta un planteamiento de varias fases. En una fase preliminar, el dispositivo de tensado 11 solo se activa inicialmente con una presión hidráulica relativamente baja, por ejemplo, de 5 MPa (50 bar), con el fin de evitar en la medida de lo posible mediciones incorrectas debidas a los procesos de asentamiento. Una vez alcanzada esta presión inicial, la tuerca 3 se aprieta en la etapa de procedimiento a) mediante el accionamiento giratorio 17 con un par de apriete predeterminado, de forma que la tuerca 3 entre en contacto con la base 5A prácticamente sin holgura y se eliminen los procesos de asentamiento.

55 Solo después de que esta etapa preliminar haya garantizado un contacto prácticamente sin holgura de la tuerca con la base, se lleva a cabo el proceso de tensado propiamente dicho en la etapa b) activando el dispositivo de tensado 11 y expandiendo así longitudinalmente la unión roscada 1. A este respecto, en el dispositivo de tensado 11 se ajusta una presión de sistema considerablemente más alta, por ejemplo, de 150 MPa (1500 bar). Mientras se mantiene a este respecto la tracción axial ejercida, la tuerca 3 se vuelve a apretar o girar en la etapa c), y el ángulo de rotación recorrido durante este reapriete se detecta por medio del sensor de ángulo de rotación.

60 La tuerca 3 se vuelve a apretar después de la etapa c) con el mismo par de apriete que el apriete inicial de la tuerca después la etapa a) en la fase preliminar.

De acuerdo con la figura 4, el par de torsión realmente utilizado al volver a apretar la tuerca 3 se mide mediante el sensor de par de torsión. El sensor de par de torsión está integrado en este caso en la llave dinamométrica 10. El

correspondiente valor del par de torsión se transmite desde la llave dinamométrica 10 a la unidad de control de proceso 23 a través de la ruta de señales 31 y también se almacena en el módulo de documentación 24. El valor del ángulo de rotación se transmite a través de la ruta de señales 32.

- 5 Los datos y valores medidos registrados al apretar o girar la tuerca 3 se transmiten a la unidad de control de proceso 23 a través de las rutas de señales 31, 32 y, preferentemente, a través de unidades emisoras y receptoras inalámbricas. El módulo de documentación 24 de la unidad de control de proceso 23 almacena el ángulo de rotación recorrido, el par de torsión realmente aplicado y la fuerza longitudinal F calculada en el perno roscado 2 junto con el identificador individual de la unión roscada 1. Estas variables pueden guardarse en el módulo de documentación 24, por ejemplo, en tablas de datos o archivos de parámetros. Los datos documentados pueden consultarse y exportarse posteriormente, por ejemplo, para comprobaciones.

15 Las figuras 5 a 7 muestran una segunda forma de realización. A este respecto, las mismas referencias se refieren a componentes que se corresponden con los componentes igualmente designados en la primera forma de realización.

20 El módulo 30 colocado en el dispositivo de tensado 11 difiere de la primera forma de realización. En él está integrado no solo el accionamiento giratorio 17 del dispositivo giratorio, sino también el sensor de par de torsión, que detecta el par de torsión utilizado al apretar y volver a apretar la tuerca. El módulo 30 está provisto de una conexión de señales 33 a través de la cual se transmite el valor del par de torsión a la unidad de control de proceso 23, además del valor del ángulo de rotación.

25 En la segunda forma de realización, por lo tanto, solo se requiere una ruta de señales 34 en total, en la que tanto el ángulo de rotación detectado en el accionamiento giratorio 17 como el par de torsión detectado se transmiten a la unidad de control de proceso 23. Esto puede hacerse mediante un cable de señal o de forma inalámbrica mediante correspondientes unidades de emisión y recepción en el módulo 30, por un lado, y en la unidad de control de proceso 23, por otro.

30 También en la segunda forma de realización, el módulo de documentación 24 de la unidad de control de proceso 23 almacena el ángulo de rotación recorrido, el par de torsión realmente aplicado y la fuerza longitudinal F calculada en el perno roscado 2 junto con el identificador individual de la unión roscada 1.

Lista de referencias

- 1 Unión roscada
- 2 Perno roscado
- 2A Cabeza de perno
- 3 Tuerca
- 5 Parte de máquina
- 5A Base
- 6 Parte de máquina
- 7 Identificador, código de barras
- 8 Lado frontal
- 10 Herramienta manual, llave dinamométrica
- 11 Dispositivo de tensado
- 12 Casquillo intercambiable
- 13 Rosca interior
- 15 Extremo de rosca
- 16 Casquillo rotatorio
- 17 Accionamiento giratorio, dispositivo giratorio
- 18 Carcasa de cilindro
- 19 Tubo de soporte
- 20 Conexión hidráulica
- 21 Cámara de trabajo
- 22 Bomba hidráulica
- 23 Unidad de control de proceso
- 24 Módulo de documentación
- 25 Émbolo
- 27 Escalón
- 28 Sección ampliada radialmente
- 29 Polígono de accionamiento
- 30 Módulo
- 31 Ruta de señales
- 32 Ruta de señales
- 33 Conexión de señales
- 34 Ruta de señales
- F Fuerza longitudinal

ΔL Longitud, intersticio
P Presión

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento para el apriete o reapriete documentado de una unión roscada (1) formada por un perno roscado (2) y una tuerca (3) enroscada en el mismo y apoyada contra una base (5A), utilizando un dispositivo de tensado (11) que opera axialmente y que comprende una carcasa de cilindro (18), un casquillo intercambiable (12) dispuesto en la misma, provisto de una rosca interior (13) en su extremo orientado hacia el perno roscado (2) y que puede enroscarse en el perno roscado (2), y al menos un émbolo (25) que se desplaza axialmente en la carcasa de cilindro (18) y puede solicitarse con presión hidráulica (P) y mediante el cual puede arrastrarse axialmente el casquillo intercambiable (12), y utilizando, además, un accionamiento giratorio (17) para la tuerca (3), que puede colocarse como módulo en el exterior de la carcasa de cilindro (18), y una unidad de control de proceso (23) provista de un módulo de documentación (24), comprendiendo el procedimiento las siguientes etapas:

- a) apriete de la tuerca (3) mediante el accionamiento giratorio (17) con un par de apriete mínimo necesario para que la tuerca se apoye sin holgura en la base (5A);
- b) activando el dispositivo tensor (11), expansión longitudinal de la unión roscada (1) ejerciendo tracción axial sobre el extremo roscado (15) del perno roscado (2) que sobresale de la tuerca (3);
- c) manteniendo la expansión longitudinal, nuevo apriete de la tuerca (3) mediante el accionamiento giratorio (17), detectando en este sentido un ángulo de rotación recorrido durante este nuevo apriete mediante un sensor de ángulo de rotación;
- d) cálculo del alargamiento del perno roscado (2) asociado a la expansión longitudinal a partir de
 - el ángulo de rotación recorrido y
 - la geometría de rosca de la unión roscada (1);
- e) cálculo de una fuerza longitudinal (F) en el perno roscado (2) a partir de
 - el alargamiento,
 - el diámetro del perno y
 - la longitud del perno;

caracterizado por que la fuerza longitudinal (F) calculada se almacena en el módulo de documentación (24) junto con un identificador que identifica la unión roscada (1), por que el apriete y reapriete de la tuerca (3) se realiza con el mismo par de apriete mientras se ejerce fuerza mediante una herramienta manual (10) que puede colocarse en el accionamiento giratorio (17), por que el par de torsión utilizado al apretar y volver a apretar la tuerca (3) se registra mediante un sensor de par de torsión y un correspondiente valor de par de torsión se almacena en el módulo de documentación (24), y por que el registro del par de torsión tiene lugar en el módulo al apretar y volver a apretar la tuerca (3).

2. Procedimiento según la reivindicación 1, **caracterizado por que** la unión roscada (1) se identifica escaneando un identificador (7), preferentemente un identificador de código de barras, presente en la unión roscada.

3. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 - 2, **caracterizado por que**, tras la identificación de la unión roscada (1), el operario es informado de una fuerza de apriete y/o de una presión de apriete almacenadas en una base de datos por la unidad de control de proceso (23) antes de que se active el dispositivo de tensado (11).

4. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 - 2, **caracterizado por que**, tras la identificación de la unión roscada (1), la unidad de control de proceso (23) selecciona automáticamente una fuerza de apriete y/o una presión de apriete almacenadas en la base de datos, y por que una bomba hidráulica conectada al dispositivo de tensado (11) se acciona automáticamente a esta presión.

5. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 - 2, **caracterizado por que**, tras la identificación de la unión roscada (1), una fuerza de apriete y/o una presión de apriete almacenadas en una base de datos es seleccionada automáticamente por la unidad de control de proceso (23), y el dispositivo de tensado (11) es activado automáticamente por la unidad de control de proceso (23) utilizando los valores seleccionados.

6. Procedimiento según la reivindicación 1, **caracterizado por que** el ángulo de rotación se detecta disponiendo el sensor de ángulo de rotación en el módulo.

7. Procedimiento según la reivindicación 1, **caracterizado por que** el ángulo de rotación se detecta disponiendo el sensor de ángulo de rotación en una llave dinamométrica (10) que puede acoplarse al accionamiento giratorio (17).

8. Procedimiento según la reivindicación 1, **caracterizado por que** el par de apriete se registra al apretar y volver a apretar la tuerca (3) en una llave dinamométrica (10) que puede acoplarse al accionamiento giratorio (17).

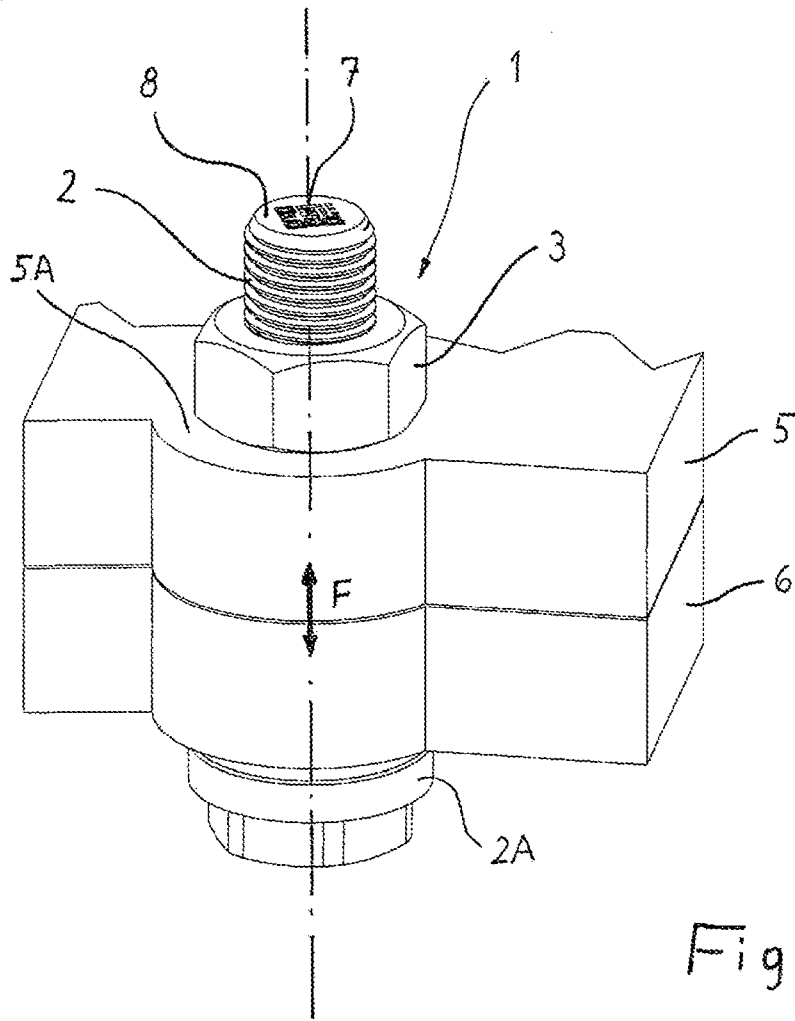
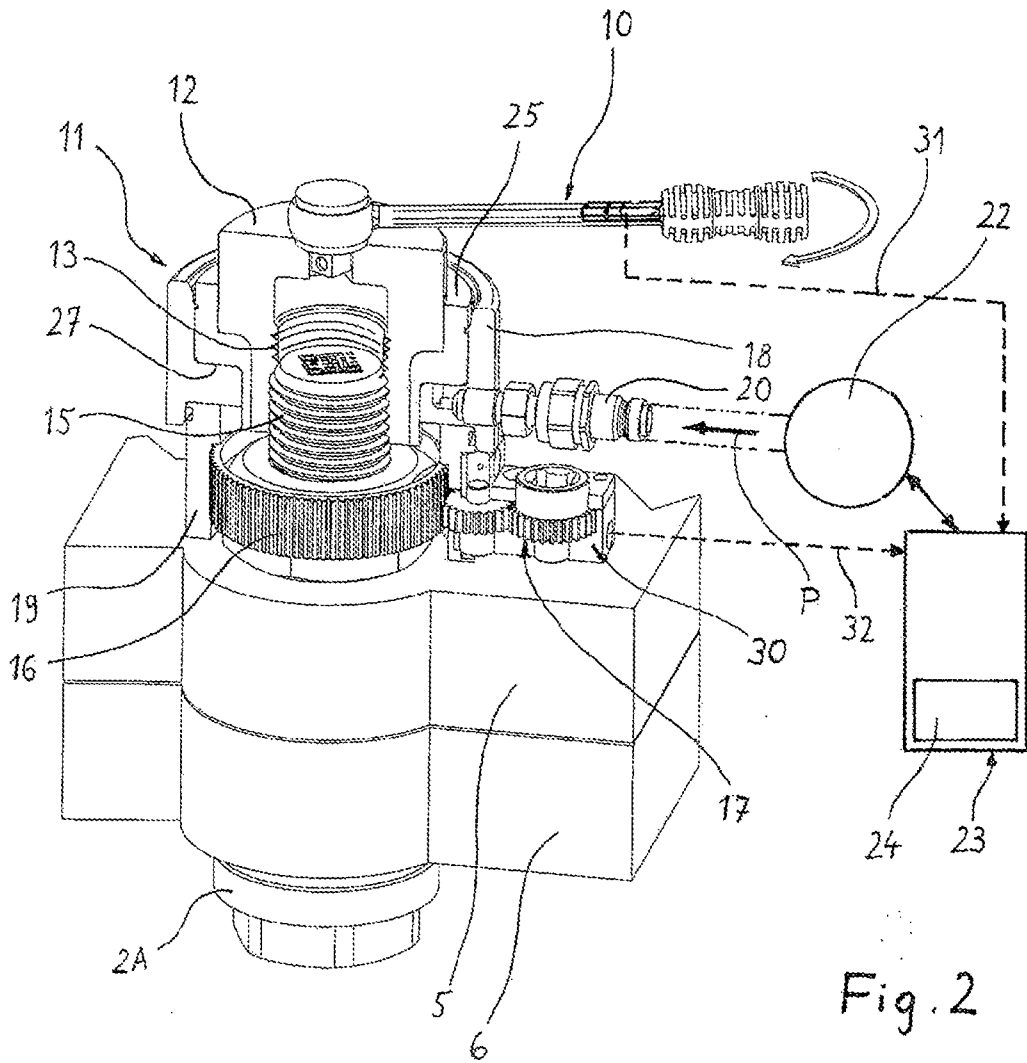
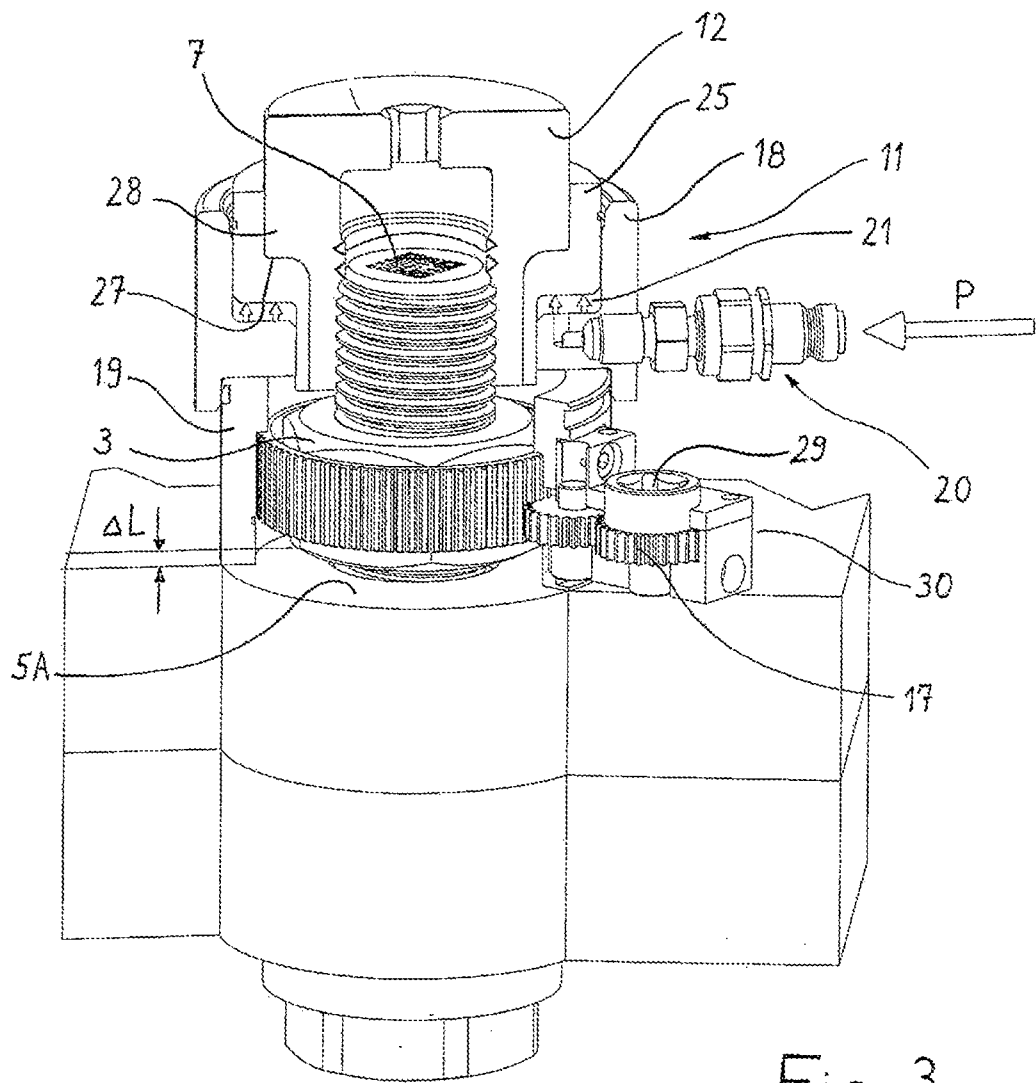


Fig. 1





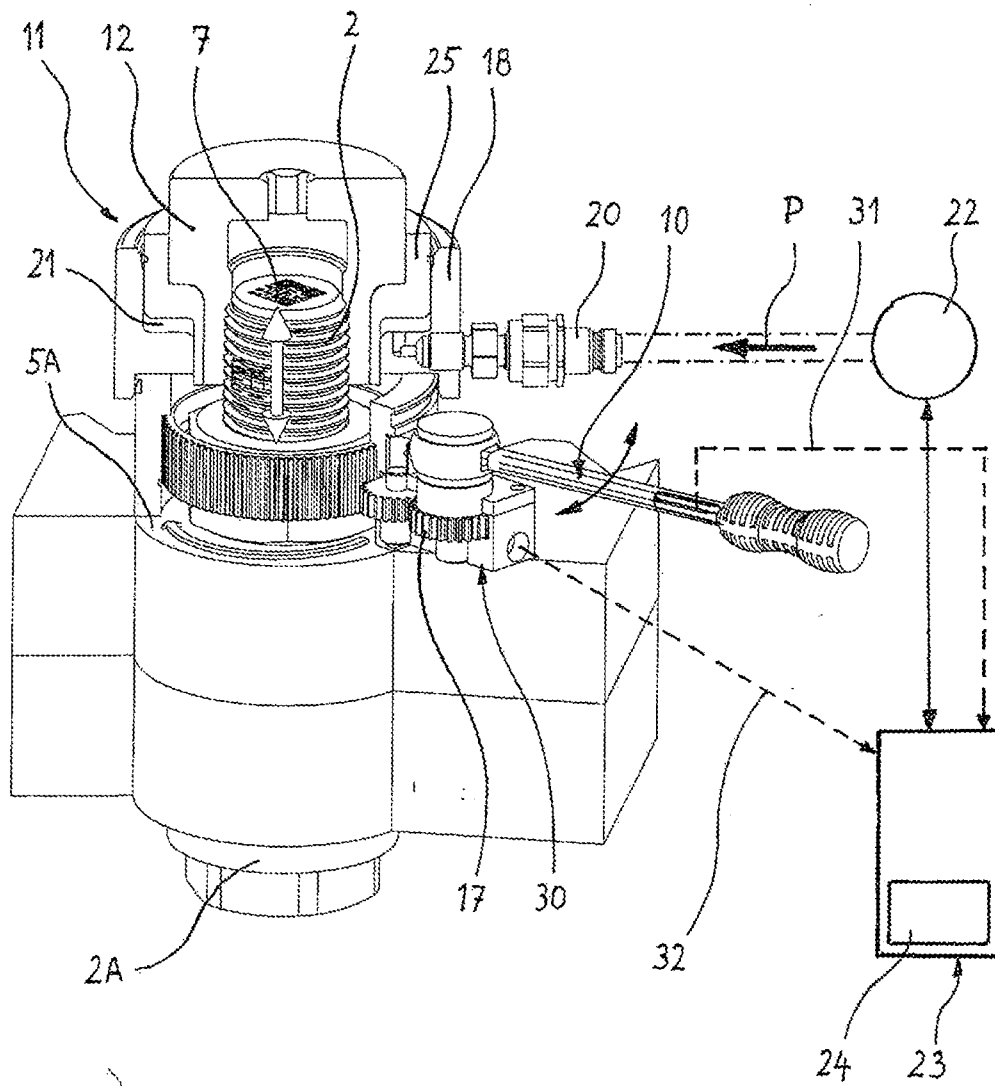


Fig. 4

