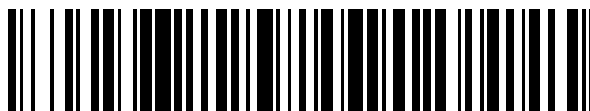


19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 786 191**

51 Int. Cl.:

**F16B 33/06** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **29.08.2016** E 16186168 (7)

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **25.03.2020** EP 3276189

54 Título: **Tornillo de alta resistencia con una capa de recocido**

30 Prioridad:

**29.07.2016 DE 102016114111**

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

**09.10.2020**

73 Titular/es:

**KAMAX HOLDING GMBH & CO. KG (100.0%)  
Dr.-Rudolf-Kellermann-Strasse 2  
35315 Homberg (Ohm), DE**

72 Inventor/es:

**HARTMANN, DR. GUNTHER y  
DIETERLE, HORST**

74 Agente/Representante:

**VALLEJO LÓPEZ, Juan Pedro**

ES 2 786 191 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 de alta resistencia con una capa de recocido

**5 Campo técnico de la invención**

La invención se refiere a un tornillo de alta resistencia con una sección de rosca con una rosca.

**Estado de la técnica**

10

Por la solicitud de patente europea EP 2 594 653 A1 se conoce un tornillo de resistencia ultra alta.

Por la patente estadounidense US 3.301.120 se conoce un tornillo de alta resistencia con una sección de rosca con una rosca. La sección de rosca presenta una capa de recocido, que está configurada como una capa marginal exterior, visto en sección transversal, con una dureza reducida en comparación con el núcleo del tornillo. El tornillo debería protegerse del hecho de que se producen grietas en la superficie del tornillo a causa de las muescas y ángulos agudos causados por la rosca y, por lo tanto, las mayores concentraciones de tensión.

15

Por la solicitud de patente alemana DE 10 2014 220 338 A1 se conoce un tornillo híbrido. El tornillo se compone de dos partes separadas. A este respecto, se trata en particular de un núcleo hecho de una aleación de aluminio de alta resistencia y un manguito, que va a colocarse en el núcleo, hecho de una aleación de aluminio más blanda.

20

Por la patente alemana DE 10 2007 000 485 B3 se conoce otro tornillo híbrido. El tornillo se compone de diferentes partes hechas de diferentes materiales.

25

**Objetivo de la invención**

La invención se basa en el objetivo de proporcionar un tornillo de alta resistencia que pueda fabricarse con menos desgaste de la herramienta durante la rodadura de roscas.

30

**Resolución**

De acuerdo con la invención, el objetivo de la invención se consigue con las características de las reivindicaciones independientes.

35

Configuraciones adicionales preferentes de acuerdo con la invención pueden deducirse de las reivindicaciones dependientes.

**Descripción de la invención**

40

La invención se refiere a un tornillo de alta resistencia con una sección de rosca con una rosca. La sección de rosca presenta una capa de recocido, que está configurada como una capa marginal exterior, visto en sección transversal, con una dureza reducida en comparación con el núcleo del tornillo.

La invención se refiere además a un procedimiento para fabricar un tornillo de alta resistencia con las siguientes etapas:

45

- fabricar una pieza en bruto con una cabeza y un vástago mediante conformación,
- 50 - tratamiento térmico de la pieza en bruto con el fin de lograr una mayor dureza,
- reducir la dureza de la pieza en bruto al menos en una parte de la longitud axial del vástago para generar una capa de recocido, que está configurada como una capa marginal exterior, visto en sección transversal, con una dureza reducida en comparación con el núcleo del tornillo, y
- 55 - fabricar una sección de rosca mediante conformación de una rosca en un área, distanciada de la cabeza, del vástago.

Estas etapas de procedimiento se llevan a cabo en el orden indicado. Sin embargo, es posible que se lleven a cabo etapas adicionales entre las etapas de procedimiento.

60

Por un tornillo de alta resistencia se entiende un tornillo con una resistencia a la tracción  $R_m$  de al menos 800 N/mm<sup>2</sup>. Por tornillos de alta resistencia se entienden fundamentalmente tornillos de las clases de resistencia 8.8, 10.9 y 12.9. Sin embargo, en el caso del tornillo de alta resistencia de acuerdo con la invención, también puede tratarse de un tornillo de resistencia ultra alta con una resistencia a la tracción  $R_m$  de al menos 1400 N/mm<sup>2</sup>. El tornillo de "alta resistencia" de acuerdo con la invención es así al menos un tornillo de alta resistencia, pero también puede ser un

65

tornillo de resistencia ultra alta.

En el caso del nuevo tornillo de alta resistencia, puede tratarse, por ejemplo, de un tornillo cuyo núcleo pueda asignarse a un tornillo de resistencia ultra alta, pero cuya área marginal exterior está "solo" pueda asignarse a un tornillo de alta resistencia. Por lo tanto, este nuevo tornillo también puede usarse en aquellos casos de aplicación en los cuales solo se emplean tornillos con una clase de resistencia de 10.9 o inferior.

En esta solicitud, por el término técnico no determinado de la capa de recocido se considera la capa marginal externa, visto en sección transversal, del tornillo que presenta una dureza reducida en comparación con el núcleo del tornillo. A este respecto, el término de recocido expresa que la dureza se ha reducido. En particular, no significa que un endurecimiento llevado a cabo previamente se haya revertido por completo.

Al ajustar un perfil de dureza y perfil de resistencia definidos a través de la sección transversal del tornillo, la invención posibilita la fabricación de conformación técnica de roscas en el vástago tratado térmicamente del tornillo manteniendo la alta capacidad de carga del tornillo. Simultáneamente, por ello se pueden lograr excelentes propiedades de resistencia a la fatiga del tornillo debido a los esfuerzos residuales de compresión inducidos durante la rodadura en el área de rosca. Se evita la sobrecarga de material durante la elaboración de roscas mediante conformación en el estado de alta resistencia o de resistencia ultra alta.

Por la nueva capa de recocido en el área de la rosca, no se realiza ninguna formación de grietas debido a una sobrecarga de material a causa del proceso de conformación. Se reducen las fuerzas de rodadura necesarias para producir la rosca. Por ello, se produce un menor desgaste de la herramienta. Debido a la dureza reducida en el área marginal exterior, el nuevo tornillo también posee una mayor resistencia a la corrosión interna por fisuras frente a tensión inducida por hidrógeno.

El límite radialmente interior de la capa de recocido discurre suavemente. Sin embargo, puede definirse de manera que ahí esté presente un valor de dureza que corresponde a entre el 96 % y el 99 %, en particular al 98 %, del valor de dureza del núcleo.

El tornillo presenta un eje central longitudinal. Este es el eje alrededor del cual se gira el tornillo al apretar y aflojar una unión atornillada. La rosca de la sección de rosca del tornillo presenta una altura H, que corresponde a la altura de la sección de perfil imaginario cortada bruscamente. La rosca presenta una punta de rosca, que se enrolla alrededor del eje central longitudinal, con un diámetro d y un fondo de rosca, que se enrolla alrededor del eje central longitudinal, con un diámetro d3. La capa de recocido presenta una profundidad T1, que está presente a lo largo de la punta de rosca que se enrolla alrededor del eje central longitudinal y se mide en una dirección radial en perpendicular respecto al eje central longitudinal hasta la línea de unión axial imaginaria entre dos puntos adyacentes y dispuestos de manera desplazada 360° del fondo de rosca. Esta definición de T1 es más fácil de entender cuando se observa la fig. 2. La capa de recocido presenta una profundidad T que cambia a lo largo del eje central longitudinal del tornillo. Esta respectiva profundidad T depende de si en la respectiva área está presente una punta de rosca, un fondo de rosca o un área sin rosca. Esta profundidad T cambiante de la capa de recocido resulta del proceso de conformación cuando se produce la rosca. Por consiguiente, la definición de la profundidad T1 sirve para establecer la profundidad T de la capa de recocido en un área muy específica para poder indicar esto en términos de tamaño.

Una definición adicional consiste en que el núcleo debe entenderse como el área interior, visto en sección transversal, del tornillo hasta un diámetro del núcleo  $d_k = d/4$ . A este respecto, la dureza del núcleo debe entenderse como el valor medio de la dureza dentro del diámetro del núcleo  $d_k$ .

La dureza de la capa de recocido puede entenderse como el valor medio de la dureza dentro de la capa de recocido. Esta definición es apropiada, puesto que están presentes diferentes valores de dureza en diferentes puntos de la capa de recocido en la dirección radial. La capa de recocido es más dura en su área radialmente interior que en su área radialmente exterior. Así, la dureza aumenta desde el exterior hacia el interior.

La profundidad T1 definida anteriormente puede ascender a entre 0,1 mm y 3,0 mm, en particular a entre 0,2 mm y 2,8 mm.

La rosca de la sección de rosca del tornillo puede presentar uno de los siguientes pares de valores:

- altura H: de 0,4 mm a 0,7 mm; profundidad T1: de 0,25 mm a 1,8 mm, o
- altura H: de 0,71 mm a 1,0 mm; profundidad T1: de 0,25 mm a 2,7 mm, o
- altura H: de 1,01 mm a 1,5 mm; profundidad T1: de 0,2 mm a 2,7 mm, o
- altura H: de 1,51 mm a 2,0 mm; profundidad T1: de 0,2 mm a 2,7 mm, o
- altura H: de 2,01 mm a 2,5 mm; profundidad T1: de 0,15 mm a 3,0 mm, o
- altura H: de 2,51 mm a 4,0 mm; profundidad T1: de 0,15 mm a 4,0 mm.

La capa de recocido puede poseer una dureza en el exterior de 300 HV a 450 HV, en particular de 320 HV a 380 HV.

## ES 2 786 191 T3

5 El núcleo puede poseer una dureza de 400 HV a 650 HV, en particular de 450 HV a 570 HV. A este respecto, los valores de dureza de la capa de recocido y del núcleo están coordinados entre sí de manera que la capa de recocido presente una dureza más baja que el núcleo. En este sentido, el núcleo puede poseer en particular una dureza de 400 HV a 650 HV, en particular de 450 HV a 570 HV, y la capa de recocido puede poseer en el exterior una dureza de 300 HV a 380 HV. A este respecto por el exterior debe entenderse el área radialmente exterior de la capa de recocido.

10 La dureza de la capa de recocido puede estar reducida en el exterior en al menos un 7 %, en particular entre el 10 % y el 50 %, en particular entre el 20 % y el 40 %, en comparación con la dureza del núcleo.

El valor medio de la dureza de la capa de recocido puede estar reducido en al menos un 5 %, en particular entre el 7 % y el 45 %, en particular entre el 10 % y el 35 %, en comparación con la dureza del núcleo.

15 La capa de recocido posee una resistencia a la tracción en el exterior de entre 1000 N/mm<sup>2</sup> y 1200 N/mm<sup>2</sup>. El núcleo posee una resistencia a la tracción de entre 1300 N/mm<sup>2</sup> y 2500 N/mm<sup>2</sup>, en particular entre 1400 N/mm<sup>2</sup> y 1850 N/mm<sup>2</sup>. Estos valores de resistencia de la capa de recocido y del núcleo están coordinados entre sí de manera que la capa de recocido presenta una resistencia más baja que el núcleo. Así, el núcleo puede poseer una resistencia a la tracción de entre 1300 N/mm<sup>2</sup> y 2000 N/mm<sup>2</sup>, en particular entre 1400 N/mm<sup>2</sup> y 1850 N/mm<sup>2</sup>, y la capa de recocido puede poseer en el exterior una resistencia a la tracción de entre 1000 N/mm<sup>2</sup> y 1200 N/mm<sup>2</sup>.

20 Además de la sección de rosca, el tornillo también presenta una cabeza. Adicionalmente, puede presentar una sección de vástago sin rosca.

25 La sección de rosca sin rosca puede presentar asimismo una capa de recocido, que está configurada como una capa marginal exterior, visto en sección transversal, con una dureza reducida en comparación con el núcleo del tornillo. Así, las ventajas descritas anteriormente de la capa de recocido no solo pueden aplicarse a la sección de rosca, sino también a una sección de vástago sin rosca. A este respecto, la capa de recocido puede extenderse o bien por toda la longitud de la sección de vástago o bien solo por una parte de la longitud. A este respecto, también puede extenderse por la superficie de transición de apoyo de la cabeza (es decir, la superficie de transición entre la superficie de apoyo de cabeza de la cabeza del tornillo y la sección de vástago sin rosca).

30 En el procedimiento descrito anteriormente para fabricar un tornillo de alta resistencia, la reducción de la dureza puede realizarse mediante calentamiento por inducción de la pieza en bruto. Esto se realiza en particular por medio de una bobina portadora de corriente, que está expuesta a un campo electromagnético alterno y genera corrientes de Foucault en el material de la pieza en bruto del tornillo. Puesto que estas fluyen en la dirección opuesta a la corriente original, se produce calor.

40 Al calentamiento por inducción de la pieza en bruto puede seguir un enfriamiento de la pieza en bruto. Esto resulta ventajoso en particular cuando el calentamiento del acero o de la capa marginal se limita a una temperatura por debajo del inicio de la transformación de austenita Ac1 de entre 500 °C y 750 °C, en particular entre 600 °C y 723 °C. Mediante la coordinación de las etapas de calentamiento y de enfriamiento se logra la reducción deseada de dureza y resistencia. El enfriamiento se realiza en particular por agua a una temperatura de aproximadamente 10 °C a aproximadamente 50 °C. Puede realizarse durante un período de entre aproximadamente 0,05 s y 30 s, en particular entre aproximadamente 0,1 s y 10 s.

45 El calentamiento por inducción puede realizarse a una frecuencia de entre 20 kHz y 500 kHz, en particular entre aproximadamente 100 kHz y 400 kHz.

50 El calentamiento por inducción puede realizarse durante un período de entre aproximadamente 0,05 s y 30 s, en particular entre aproximadamente 0,1 s y 10 s.

55 Sin embargo, la reducción de la dureza también puede realizarse mediante el calentamiento de la pieza en bruto, por ejemplo, con un láser. A este calentamiento también puede seguir en particular por enfriamiento regulado para lograr la reducción deseada de la dureza de la capa de recocido.

En todas las etapas de procedimiento descritas anteriormente, el tornillo puede presentar además una o varias de las características descritas anteriormente.

60 En el caso del tratamiento térmico, se trata de temple bainítico. En el caso de la conformación para producir la sección de rosca, puede tratarse en particular de rodadura o laminado. En particular, puede tratarse de una conformación en frío.

65 El nuevo tornillo de alta resistencia presenta una estructura de bainita, que se ha generado al menos parcialmente por temple bainítico. La estructura de bainita da como resultado una resistencia a la tracción muy alta con una ductilidad asimismo muy alta. Esta alta ductilidad o tenacidad distingue fundamentalmente la estructura de bainita de una estructura de martensita, que se genera en el estado de la técnica de una manera conocida mediante el

endurecimiento con revenido posterior. En el caso del temple austenítico, el endurecimiento se realiza en su lugar por un enfriamiento rápido de la fase de austenita por medio de una transformación estructural isotérmica en el paso de bainita. A este respecto, la parte, en particular el tornillo, permanece a una temperatura isotérmica en el baño de sal hasta que la transformación estructural de austenita a bainita se haya completado en toda la sección transversal.

5 El proceso de revenido requerido en el caso del endurecimiento martensítico puede suprimirse preferentemente. Con ello, también reduce la tendencia a la deformación debida al temple.

El material de partida usado para fabricar el tornillo de alta resistencia se denomina habitualmente "alambre". El alambre usado para el nuevo tornillo de alta resistencia puede constar de acero no templado y revenido conformable en frío y posee un contenido de carbono aproximadamente del 0,2 % al 0,6 % o aproximadamente del 0,2 % al 0,5 %. El acero puede presentar porcentajes de aleación, en particular Cr, Mo, Mn, Ni, V, Nb o Ti, en particular en conjunto de más de aproximadamente el 1,1 %. Perfeccionamientos ventajosos de la invención se deducen de las reivindicaciones, de la descripción y de los dibujos. Las ventajas mencionadas en la descripción de características y de combinaciones de varias características son únicamente a modo de ejemplo y pueden actuar como alternativa o de manera acumulativa, sin que las ventajas tengan que conseguirse forzosamente por formas de realización de acuerdo con la invención. Sin que con ello se modifique el objeto de las reivindicaciones adjuntas, con respecto al contenido de divulgación de los documentos de solicitud originales y de la patente, se cumple lo siguiente: características adicionales se desprenden de los dibujos (en particular de las geometrías representadas y de las dimensiones relativas de varios componentes entre sí, así como de su disposición relativa y conexión operativa). La combinación de características de diferentes formas de realización de la invención o de características de diferentes reivindicaciones es posible asimismo apartándose de las referencias seleccionadas de las reivindicaciones, y se plantea con ello. Esto se refiere también a aquellas características que están representadas en dibujos separados o se mencionan en su descripción. Estas características también pueden combinarse con características de diferentes reivindicaciones. Del mismo modo, en las reivindicaciones pueden suprimirse características mencionadas para formas de realización adicionales de la invención.

Las características mencionadas en las reivindicaciones y la descripción han de entenderse con respecto a su número de manera que está presente exactamente este número o un número mayor que el número mencionado, sin que se requiera un uso explícito de la locución adverbial "al menos". Así, cuando se habla, por ejemplo, de una sección de rosca, esto debe entenderse de manera que está presente exactamente una sección de rosca, dos secciones de rosca o más secciones de rosca. Estas características pueden completarse por medio de otras características o ser las únicas características de las que se compone el respectivo producto.

Las referencias contenidas en las reivindicaciones no representan ninguna limitación del alcance de los objetos protegidos por las reivindicaciones. Sirven únicamente para el fin de hacer fácilmente comprensibles las reivindicaciones.

### Breve descripción de las figuras

40 En lo sucesivo, se explica y describe adicionalmente la invención mediante ejemplos de realización preferentes representados en las figuras.

- Fig. 1** muestra una sección longitudinal (parcial) a través de una unión atornillada con un nuevo tornillo de alta resistencia.
- Fig. 2** muestra una sección longitudinal a través de una parte del tornillo.
- Fig. 3** muestra el curso de la dureza por la sección transversal del tornillo en la sección de rosca.
- Fig. 4** muestra el curso de la dureza por la sección transversal del tornillo en la sección de vástago.
- Fig. 5** muestra, en una tabla, valores a modo de ejemplo de la capa de recocido para diferentes tamaños de tornillo.

### Descripción de las figuras

45 La **fig. 1** muestra un ejemplo de realización de una unión atornillada 1 con un nuevo tornillo de alta resistencia 2 así como un primer componente 3 y un segundo componente 4. El tornillo 2 presenta una cabeza 5, una sección de vástago 6 sin rosca y una sección de rosca 7 con una rosca 8 configurada como rosca exterior. El primer componente 3 presenta una perforación 9 y el segundo componente 4 presenta una perforación 10. La perforación 10 presenta una rosca interior 11 que corresponde a la rosca exterior del tornillo 2. La fuerza de apriete requerida para la unión atornillada 1 segura se logra a través de las roscas 8, 11 que engranan una en otra y la superficie de apoyo de la cabeza 12 de la cabeza 5 del tornillo 2.

55 En el caso del tornillo 2, se trata de un tornillo de alta resistencia con una resistencia a la tracción de al menos 800 N/mm<sup>2</sup>, en particular un tornillo de resistencia ultra alta con una resistencia a la tracción de al menos 1400 N/mm<sup>2</sup>. El tornillo 2 presenta una estructura de bainita, generada en particular mediante temple austenítico, que se extiende fundamentalmente por toda la sección transversal del tornillo 2.

La **fig. 2** muestra una sección transversal a través del tornillo de alta resistencia 2 con un eje central longitudinal 13. Además, la rosca 8 presenta, de manera habitual, una punta de rosca 14 que se enrolla alrededor del eje central longitudinal 13 y un fondo de rosca 15 que se enrolla asimismo alrededor del eje central longitudinal 13. Puede tratarse de una rosca 8 métrica o de otra rosca 8.

5 El tornillo 2 presenta un núcleo 16, que se extiende en el área del eje central longitudinal 13 y el área radial que lo rodea entre las líneas 19 y 20.

10 Una capa marginal 17 se encuentra en el área, radialmente alejada del núcleo 16, del tornillo 2. De acuerdo con la invención, la capa marginal 17 está configurada como capa de recocido 18 que, en comparación con el núcleo 8 del tornillo 1, presenta una dureza reducida que se ha generado posteriormente. El límite radialmente exterior de la capa de recocido 18 se forma por la superficie exterior del tornillo 2. El límite radialmente interior de la capa de recocido 18 discurre suavemente. Sin embargo, en este caso está simbolizado por una línea 21.

15 En el presente ejemplo, la capa de recocido 18 se extiende no solo por la sección de rosca 7, sino también por la sección de vástago 6. En la sección de vástago 6, la profundidad T2 de la capa de recocido 18 está presente entre la línea 21 y la superficie exterior del tornillo 2.

20 En la sección de rosca 7, la capa de recocido 18 se extiende asimismo hasta la superficie exterior del tornillo 2. Sin embargo, la profundidad T1 marcada designa solo una parte de la profundidad de la capa de recocido 18. La profundidad T1 está presente a lo largo de la punta de rosca 14 que se enrolla alrededor del eje central longitudinal 13 y se mide en la dirección radial en perpendicular respecto al eje central longitudinal 13 hasta la línea de unión 22 axial imaginaria entre dos puntos adyacentes y dispuestos de manera desplazada 360° del fondo de rosca 15.

25 La **fig. 3** muestra el curso de la dureza por la sección transversal del tornillo 2 en la sección de rosca 7. Las variables indicadas en la fig. 3 tienen los siguientes significados:

30 d = diámetro exterior de la rosca  
 dk = diámetro del núcleo del tornillo  
 HK = dureza del núcleo del tornillo  
 HR = dureza de la capa marginal (capa de recocido)  
 Δ HK = diferencia de dureza en el núcleo del tornillo  
 T1 = (parte de la) profundidad de la capa marginal en la sección de rosca

35 La **fig. 4** muestra el curso de la dureza por la sección transversal del tornillo 2 en la sección de vástago 6. Las variables existentes adicionalmente a las de la fig. 3 tienen los siguientes significados:

40 ds = diámetro del vástago del tornillo  
 T2 = profundidad de la capa marginal en la sección de vástago

La **fig. 5** muestra, en una tabla, valores a modo de ejemplo de la capa de recocido 18 para diferentes tamaños de tornillo 2. Las variables indicadas adicionalmente en la fig. 5 tienen los siguientes significados:

45 P = paso de la rosca  
 H = altura del triángulo de perfil imaginario cortado bruscamente

#### Lista de referencias

- 1 Unión atornillada
- 2 Tornillo
- 3 Componente
- 4 Componente
- 5 Cabeza
- 6 Sección de vástago
- 7 Sección de rosca
- 8 Rosca
- 9 Perforación
- 10 Perforación
- 11 Rosca interior
- 12 Superficie de apoyo de la cabeza
- 13 Eje central longitudinal
- 14 Punta de rosca
- 15 Fondo de rosca
- 16 Núcleo

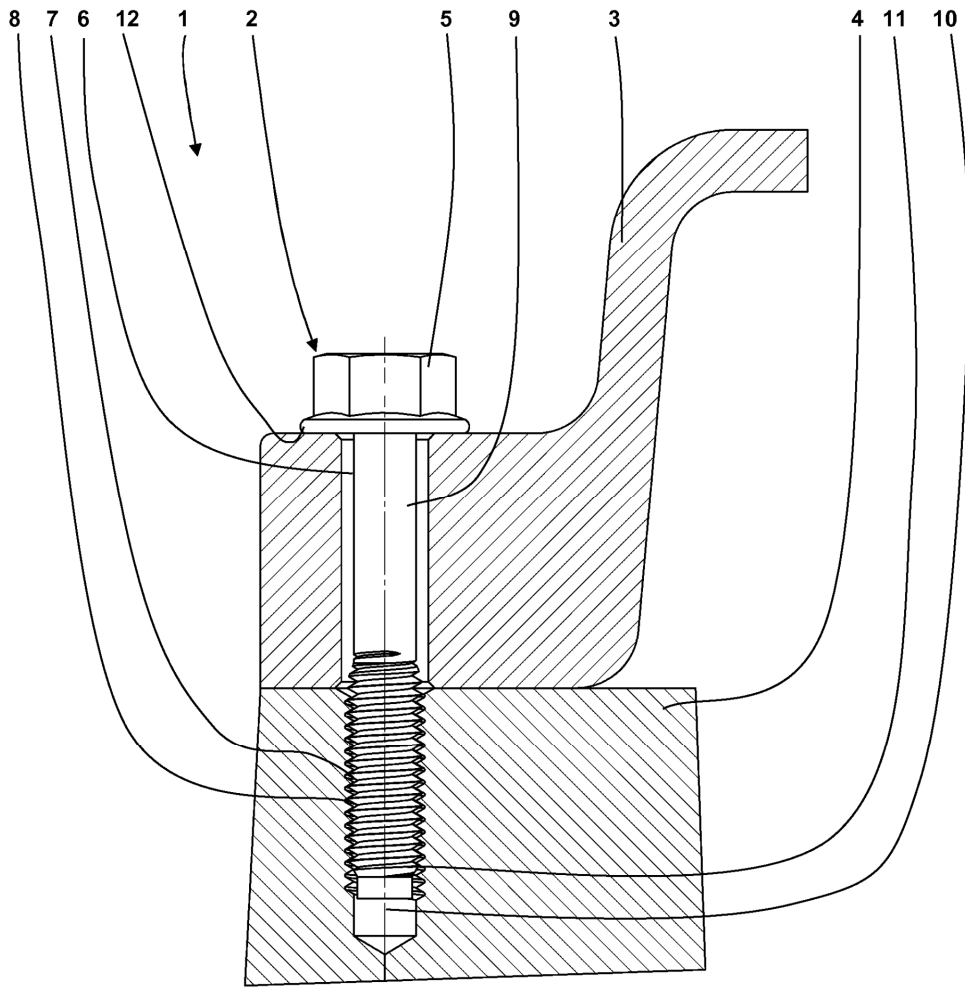
17	Capa marginal
18	Capa de recocido
19	Línea
20	Línea
21	Línea
22	Línea de unión
23	Línea

**REIVINDICACIONES**

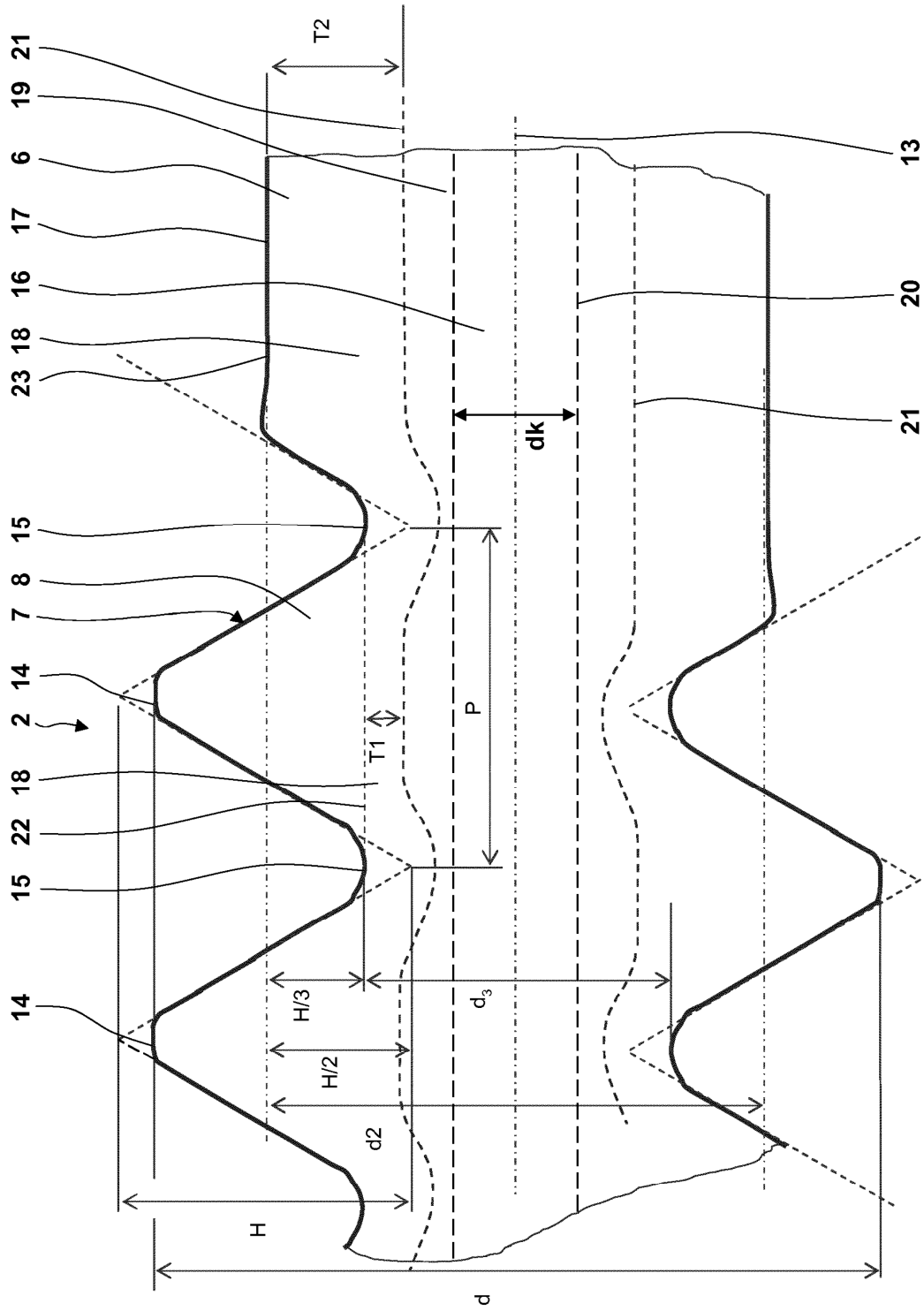
1. Tornillo de alta resistencia (1) con una sección de rosca (7) con una rosca (8), presentando la sección de rosca (7) una capa de recocido (18), que está configurada como una capa marginal (17) exterior, visto en sección transversal, con una dureza reducida en comparación con el núcleo (16) del tornillo (1), **caracterizado por que** el tornillo (1) presenta una estructura de bainita, el núcleo (16) posee una resistencia a la tracción de entre 1300 N/mm<sup>2</sup> y 2500 N/mm<sup>2</sup>, y la capa de recocido (18) posee una resistencia a la tracción en el exterior de entre 1000 N/mm<sup>2</sup> y 1200 N/mm<sup>2</sup>.
2. Tornillo (1) según la reivindicación 1, **caracterizado por que** el tornillo presenta un eje central longitudinal (13), la rosca (8) presenta una altura H que corresponde a la altura de la sección de perfil imaginario cortada bruscamente, la rosca (8) presenta una punta de rosca (14), que se enrolla alrededor del eje central longitudinal (13), con un diámetro d y un fondo de rosca (15), que se enrolla alrededor del eje central longitudinal (13), con un diámetro d3, y la capa de recocido (18) presenta una profundidad T1, que está presente a lo largo de la punta de rosca (14) que se enrolla alrededor del eje central longitudinal (13) y se mide en una dirección radial en perpendicular respecto al eje central longitudinal (13) hasta la línea de unión axial imaginaria entre dos puntos adyacentes y dispuestos de manera desplazada 360° del fondo de rosca (15).
3. Tornillo (1) según la reivindicación 2, **caracterizado por que** el núcleo (16) es el área interior, visto en sección transversal, del tornillo (1) hasta un diámetro del núcleo  $dk = d/4$ , y la dureza del núcleo (16) es el valor medio de la dureza dentro del diámetro del núcleo dk.
4. Tornillo (1) según al menos una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado por que** la dureza de la capa de recocido (18) es el valor medio de la dureza dentro de la capa de recocido (18).
5. Tornillo (1) según al menos una de las reivindicaciones 2 a 4, **caracterizado por que** la profundidad T1 asciende a entre 0,1 mm y 3,0 mm, en particular a entre 0,2 mm y 2,8 mm.
6. Tornillo (1) según al menos una de las reivindicaciones 2 a 4, **caracterizado por que** la rosca (8) presenta uno de los siguientes pares de valores:
- altura H: de 0,4 mm a 0,7 mm; profundidad T1: de 0,25 mm a 1,8 mm, o
  - altura H: de 0,71 mm a 1,0 mm; profundidad T1: de 0,25 mm a 2,7 mm, o
  - altura H: de 1,01 mm a 1,5 mm; profundidad T1: de 0,2 mm a 2,7 mm, o
  - altura H: de 1,51 mm a 2,0 mm; profundidad T1: de 0,2 mm a 2,7 mm, o
  - altura H: de 2,01 mm a 2,5 mm; profundidad T1: de 0,15 mm a 3,0 mm, o
  - altura H: de 2,51 mm a 4,0 mm; profundidad T1: de 0,15 mm a 4,0 mm.
7. Tornillo (1) según al menos una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado por que** el núcleo (16) posee una dureza de 400 HV a 650 HV, en particular de 450 HV a 570 HV, y la capa de recocido (18) posee una dureza de 300 HV a 380 HV en el exterior.
8. Tornillo (1) según al menos una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado por que** la dureza de la capa de recocido (18) en el exterior está reducida al menos en un 7 %, en particular entre el 10 % y el 50 %, en particular entre el 20 % y el 40 %, en comparación con la dureza del núcleo (16).
9. Tornillo (1) según al menos una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado por que** el núcleo (16) posee una resistencia a la tracción de entre 1400 N/mm<sup>2</sup> y 1850 N/mm<sup>2</sup>.
10. Tornillo (1) según al menos una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado por** una cabeza (5) y una sección de vástago (6) sin rosca, presentando la sección de vástago (6) una capa de recocido (18), que está configurada como una capa marginal (17) exterior, visto en sección transversal, con una dureza reducida en comparación con el núcleo (16) del tornillo (1).
11. Tornillo (1) según la reivindicación 10, **caracterizado por que** la capa de recocido no se extiende por toda la longitud de la sección de vástago (6), o se extiende por toda la longitud de la sección de vástago (6) y la superficie de transición de apoyo de la cabeza.
12. Procedimiento para la fabricación de un tornillo de alta resistencia (1) según al menos una de las reivindicaciones anteriores, con las etapas:
- fabricación de una pieza en bruto con una cabeza (5) y un vástago mediante conformación, **caracterizado por** tratamiento térmico de la pieza en bruto por temple bainítico para generar una estructura de bainita con el fin de lograr una mayor dureza, reducir la dureza de la pieza en bruto al menos en una parte de la longitud axial del vástago para generar una



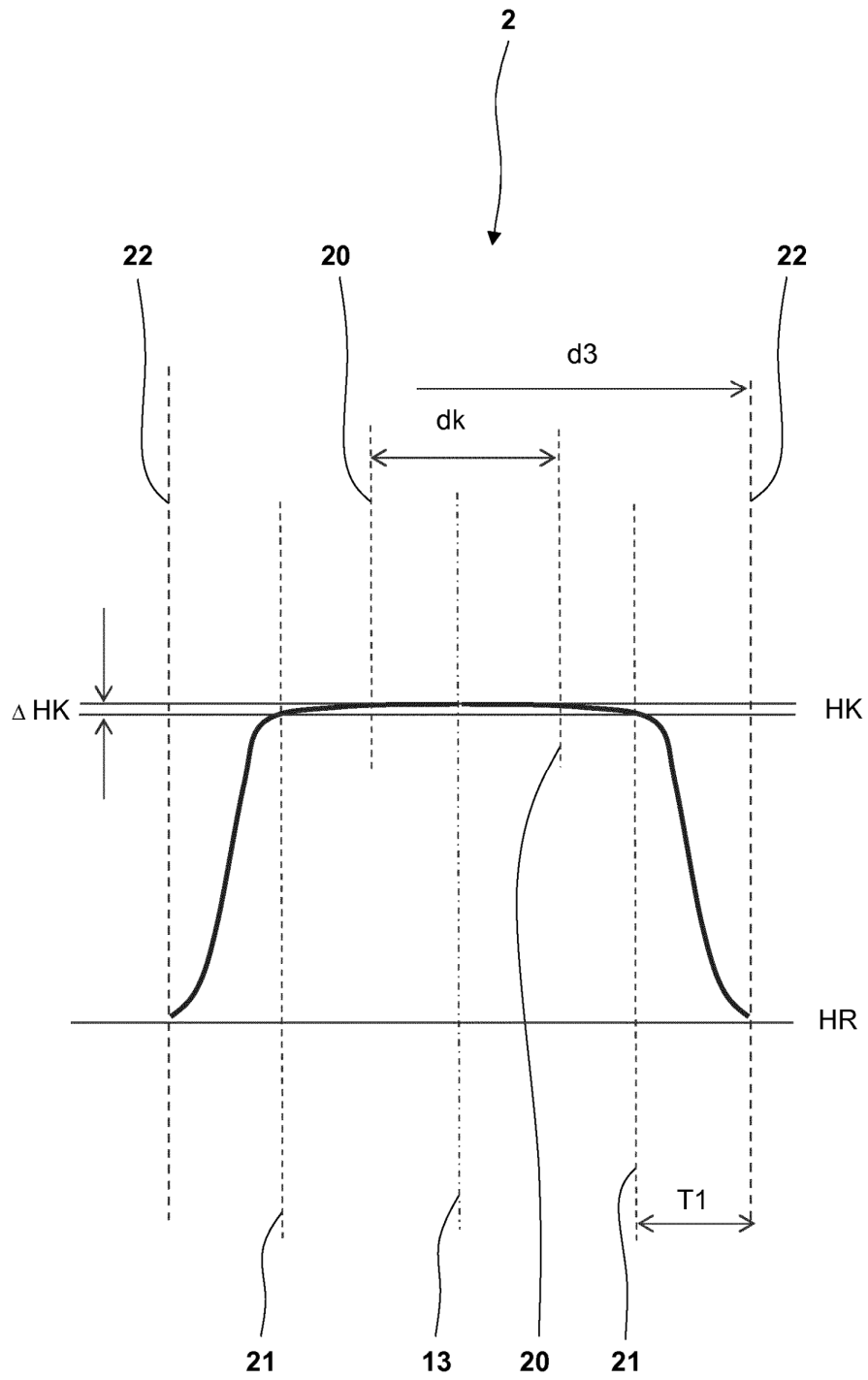
- 5      capa de recocido (18), que está configurada como una capa marginal (17) exterior, visto en sección transversal, con una dureza reducida en comparación con el núcleo (16) del tornillo (1), realizándose esto de tal manera que el núcleo (16) posee una resistencia a la tracción de entre 1300 N/mm<sup>2</sup> y 2500 N/mm<sup>2</sup> y la capa de recocido (18) posee una resistencia a la tracción en el exterior de entre 1000 N/mm<sup>2</sup> y 1200 N/mm<sup>2</sup>, y  
fabricar una sección de rosca (7) mediante conformación de una rosca (8) en un área, distanciada de la cabeza (5), del vástago.
- 10     13. Procedimiento según la reivindicación 12, **caracterizado por que** la reducción de la dureza se realiza mediante calentamiento por inducción de la pieza en bruto.
- 15     14. Procedimiento según las reivindicaciones 12 o 13, **caracterizado por que** el calentamiento por inducción se realiza a una frecuencia de entre aproximadamente 20 kHz y 500 kHz, en particular de entre aproximadamente 100 kHz y 400 kHz, y/o  
se realiza durante un período de entre aproximadamente 0,05 s y 30 s, en particular de entre aproximadamente 0,1 s y 10 s.
- 20     15. Procedimiento según al menos una de las reivindicaciones 12 a 14, **caracterizado por que** la reducción de la dureza se realiza mediante calentamiento de la pieza en bruto con un láser.



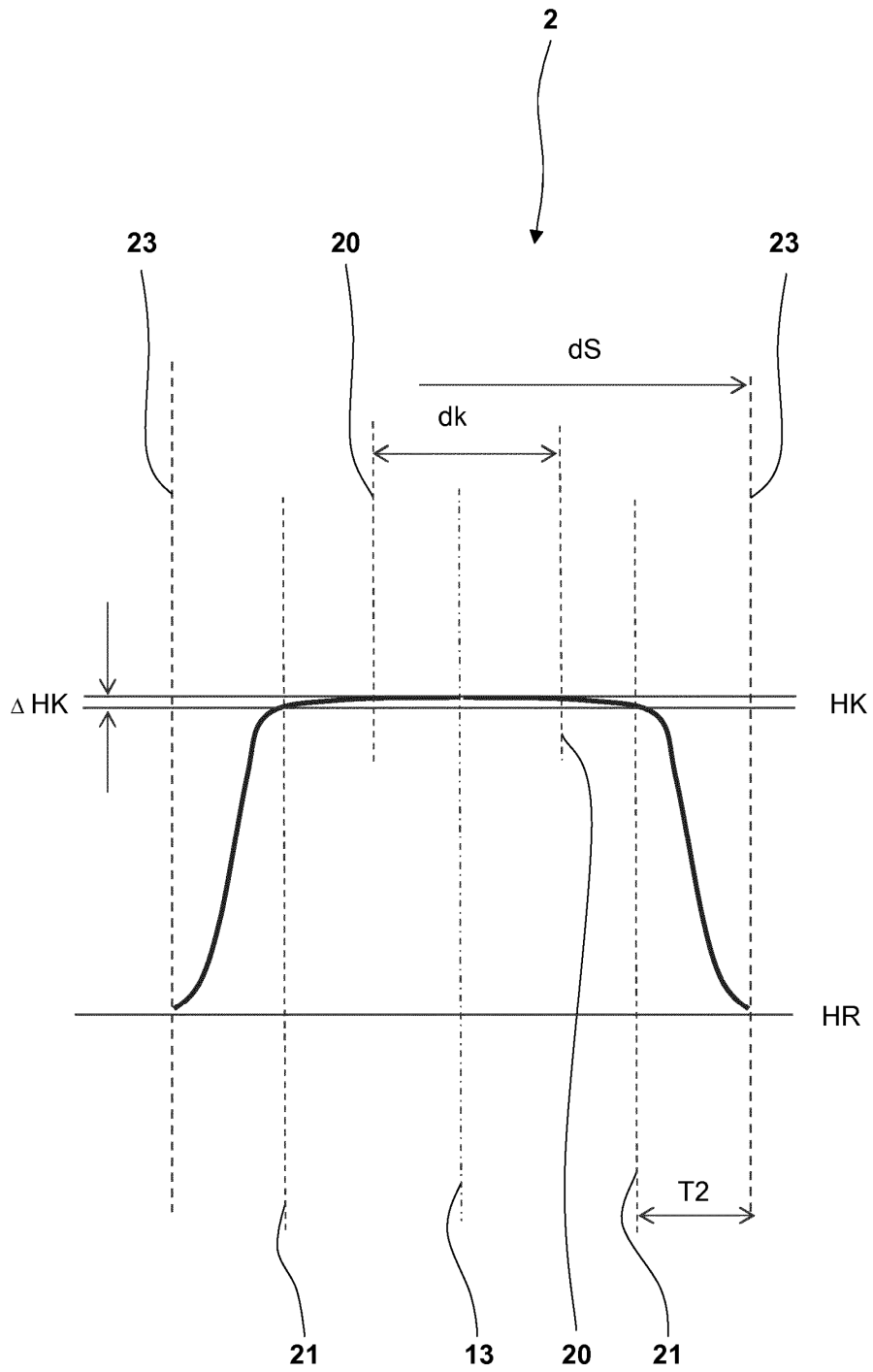
**Fig. 1**



**Fig. 2**



**Fig. 3**



**Fig. 4**

P	T2 [mm]		0,5	1	1,5	2	2,5	3
	H [mm]	H/3 [mm]						
	<b>0,400</b>	<b>0,133</b>	0,37	0,87	1,37	1,87	2,37	
0,50	0,433	0,144	0,36	0,86	1,36	1,86	2,36	
0,75	0,650	0,217	0,28	0,78	1,28	1,78	2,28	
	<b>0,700</b>	<b>0,233</b>	<b>0,27</b>	<b>0,77</b>	<b>1,27</b>	<b>1,77</b>	<b>2,27</b>	
1,00	0,866	0,289	0,21	0,71	1,21	1,71	2,21	2,71
	<b>1,000</b>	<b>0,333</b>		<b>0,67</b>	<b>1,17</b>	<b>1,67</b>	<b>2,17</b>	<b>2,67</b>
1,25	1,083	0,361		0,64	1,14	1,64	2,14	2,64
1,50	1,299	0,433		0,57	1,07	1,57	2,07	2,57
	<b>1,500</b>	<b>0,500</b>		<b>0,50</b>	<b>1,00</b>	<b>1,50</b>	<b>2,00</b>	<b>2,50</b>
1,75	1,516	0,505		0,49	0,99	1,49	1,99	2,49
2,00	1,732	0,577		0,42	0,92	1,42	1,92	2,42
	<b>2,000</b>	<b>0,667</b>		<b>0,33</b>	<b>0,83</b>	<b>1,33</b>	<b>1,83</b>	<b>2,33</b>
2,50	2,165	0,722		0,28	0,78	1,28	1,78	2,28
	<b>2,500</b>	<b>0,833</b>		<b>0,17</b>	<b>0,67</b>	<b>1,17</b>	<b>1,67</b>	<b>2,17</b>
3,00	2,598	0,866			0,63	1,13	1,63	2,13
	<b>3,000</b>	<b>1,000</b>			<b>0,50</b>	<b>1,00</b>	<b>1,50</b>	<b>2,00</b>
4,00	3,464	1,155			0,35	0,85	1,35	1,85
	<b>3,500</b>	<b>1,167</b>			<b>0,33</b>	<b>0,83</b>	<b>1,33</b>	<b>1,83</b>

**Fig. 5**