

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 945 786**

51 Int. Cl.:

A61B 17/80 (2006.01)

A61B 17/86 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **18.01.2020** **PCT/EP2020/051202**

87 Fecha y número de publicación internacional: **10.09.2020** **WO20177940**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **18.01.2020** **E 20705619 (3)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **08.03.2023** **EP 3934554**

54 Título: **Tornillo con ángulo de bloqueo variable y sistema de bloqueo correspondiente**

30 Prioridad:

06.03.2019 HR 20190451

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

07.07.2023

73 Titular/es:

ORTHOLOCK D.O.O. (100.0%)

Ivana Lucica 5

10000 Zagreb, HR

72 Inventor/es:

KODVANJ, JANOS y

SABALIC, SRECKO

74 Agente/Representante:

ELZABURU, S.L.P

ES 2 945 786 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 con ángulo de bloqueo variable y sistema de bloqueo correspondiente

Campo de la invención

La invención se refiere a un tornillo con un ángulo de bloqueo variable en la placa y un sistema de bloqueo correspondiente. En un sentido más amplio, esta invención pertenece al campo de los instrumentos, ayudas e intervenciones quirúrgicos especialmente diseñados para su aplicación en huesos y articulaciones, por ejemplo para osteosíntesis, donde las placas y tornillos utilizados están específicamente diseñados para tales fines. Más concretamente, el campo de la invención se puede describir como un sistema de bloqueo en el que la cabeza de tornillo se bloquea en un orificio de la placa ósea de tal manera que el elemento que realiza el propio bloqueo es la rosca mecanizada en la placa ósea.

Problema técnico

El problema técnico básico que resuelve cada sistema de bloqueo utilizado en la práctica es que dicho sistema proporciona un bloqueo simple y efectivo de la cabeza de tornillo dentro de la placa mientras ancla simultáneamente el cuerpo de tornillo dentro del hueso. Este también es el caso de la presente invención que permite lograr un ángulo de bloqueo variable, en el intervalo de -20° a 20° , medido en relación con la base, es decir, el eje del orificio de la placa ósea en todas las direcciones permitidas.

Las placas óseas están hechas de titanio, aleación de titanio con aluminio y/o vanadio y/o niobio, o con cualquier otro material biocompatible adecuado y cada placa está equipada con al menos dos orificios en los que se insertan los tornillos. Los tornillos, que se utilizarán para el bloqueo variable de la cabeza de tornillo en las placas, también están hechos del mismo material o de materiales muy similares. Sin embargo, las placas óseas vienen con varias geometrías para adaptarse a cualquier situación a la que se enfrente el cirujano y para aplicaciones muy específicas. Además, según el sitio y el tipo de fractura, múltiples dimensiones de la misma geometría se adaptan a una población diversa de pacientes. En el caso de las placas de osteosíntesis, cada placa de este tipo está equipada con múltiples orificios. Por lo tanto, una placa promedio contiene de 4 a 20 orificios en los que se insertarán un promedio de 4 a 10 tornillos durante una operación. Por lo general, algunos orificios en la placa quedan sin usar.

Además de la formación de la geometría que se corresponde con la aplicación de la placa a un hueso particular, el proceso de mecanizado de la placa incluye también el proceso de corte de roscas en múltiples orificios. Como veremos en la elaboración del estado de la técnica, estas roscas son a veces muy específicas. Por lo tanto, cada orificio que se procesa de forma no estándar; en la presente memoria por una forma no estándar entendemos un método que es diferente del roscado cónico o roscado paralelo habitual, representa un coste adicional de producción. Si un orificio de tornillo permanece sin utilizar en la aplicación, dado que en la intervención quirúrgica solo se utiliza un cierto número de orificios específicamente mecanizados en la placa, esto aumenta significativamente el precio del sistema de bloqueo. Tales sistemas de bloqueo son bien conocidos en la técnica. Consisten en una placa ósea más blanda que el material utilizado para formar el tornillo con rosca en su cabeza. Durante la aplicación, dicha cabeza de tornillo se talla en los orificios específicamente mecanizados formados en las placas óseas y luego dicho tornillo se "bloquea" en la placa y se forma una unión firme entre la cabeza de tornillo y dicha placa.

El primer problema técnico abordado por la presente invención es el excedente observado de orificios de fabricación compleja, pero no utilizados en la placa ósea, ya que no todos los orificios son necesarios. Es decir, el nuevo sistema de bloqueo propuesto traslada la complejidad del proceso de mecanizado exclusivamente al tornillo de nuevo diseño, mientras que la placa y sus orificios están sujetos a la formación de orificios estándar simple y convencional equipados con roscado cónico normal o roscado paralelo. En la invención descrita, la cabeza de un tornillo está hecha de un material más blando que el material de la placa ósea utilizada. Durante el proceso de bloqueo, la placa provoca daños en la cabeza de tornillo específicamente diseñada y la bloquea dentro de dicha placa. Ya se ha mencionado que no todos los orificios de la placa estándar se utilizan en la práctica, por lo que la producción de este sistema es significativamente más económica y, en consecuencia, el procedimiento quirúrgico es más rentable. Como se verá, este primer problema técnico se ha solucionado implementando una geometría de cabeza de tornillo novedosa y específica que proporciona los mismos resultados de bloqueo, o incluso mejores, que los sistemas inversos con una placa de un material más blando y la cabeza de tornillo de un material más duro.

Además de su uso con una placa ósea con roscas estándar, el tornillo de nuevo diseño se puede utilizar en sistemas con roscas no estándar sin ninguna modificación. El único requisito es que la dureza de la placa roscada no estándar sea mayor que la dureza del tornillo usado, es decir, la cabeza de tornillo. Este último hecho contribuye a la posibilidad de combinar partes de diferentes kits de bloqueo en casos o condiciones tales como desastres naturales o condiciones de guerra, cuando puede ser limitada la disponibilidad de juegos de placas y tornillos compatibles.

El tornillo de nuevo diseño es fácil de fabricar debido a que no contiene rosca en su cabeza, solo superficies mecanizadas simples. Tal geometría es considerablemente más simple en comparación con tornillos similares en la técnica, sin comprometer la calidad de sus capacidades de bloqueo. Por supuesto, la aplicación del sistema de nuevo diseño no se limita únicamente a su uso en medicina, sino que este sistema también se puede aplicar en una variedad de industrias, donde es necesario bloquear el tornillo en un elemento estructural, y donde este tornillo ajusta la

superficie de un elemento a cualquier geometría regular o irregular de otro elemento estructural y cuando se necesita crear una conexión firme entre ellos.

Técnica anterior

5 En la técnica anterior se han descrito numerosas soluciones técnicas de cabezas de tornillo específicamente diseñadas que se bloquean en placa óseas.

La solicitud de patente estadounidense publicada como US2017/0319248A1 para la invención: "Variable-angle locking screws, and bone plate systems that include variable-angle locking screws", presentada a nombre de Cardinal Health 247 Inc., describe un tornillo diseñado específicamente que se bloquea en la placa. La similitud con la presente invención radica en el hecho de que el tornillo antes mencionado está diseñado con segmentos de forma específica 10 en la cabeza de tornillo que no es circular, sino segmentada. Sin embargo, esta cabeza de tornillo tiene roscas adicionales que están talladas en la placa, lo que no es el caso de la presente invención. Un tornillo diseñado en la forma presentada en esta solicitud de patente puede usarse en placas con orificios que tienen o no rosca. Sin embargo, queda claro a partir de este documento que el material utilizado para fabricar dicho tornillo es más duro que el material de la propia placa y que el proceso de fabricación de dicho tornillo es significativamente más complejo que el proceso 15 de fabricación del tornillo presentado en la presente invención.

La solicitud de patente estadounidense publicada como US2010/0312285A1 para la invención: "Bone Plate Assembly", presentada a nombre de Greatbatch Ltd., revela, entre otros, un tornillo que se bloquea en una placa con un cierto ángulo. La cabeza de tornillo se produce en segmentos que tienen una rosca que se talla en los orificios de la placa ósea. Dichos orificios son de forma irregular y están equipados con roscas que aceptan la rosca de la cabeza 20 de tornillo. La complejidad de fabricar la placa con tales orificios es la característica técnica esencial que se evita mediante la solución técnica según la presente invención, sin comprometer las capacidades de bloqueo.

La solicitud de patente estadounidense publicada como US2017/0042595A1 para la invención: "Polyaxial Locking Mechanism", presentada a nombre de Rightholder Zimmer Inc., da a conocer un tornillo que se bloquea con su cabeza en la placa ósea. Como en la solución técnica anterior, la cabeza de tornillo está equipada con una rosca que se enclava 25 con la rosca de la placa. Al igual que en la invención anterior, la cabeza de tornillo está segmentada, pero también equipada adicionalmente con una rosca; este no es el caso en la presente invención descrita en esta solicitud y esto complica aún más la producción de tal cabeza de tornillo así como considerablemente la placa ósea correspondiente.

Una solución muy similar a la anterior se encuentra en la solicitud de patente estadounidense US2007/0083207A1 para la invención: "Variable angle bone fixation assembly", presentada a nombre de Ziolo Tara y otros. La necesidad 30 de un mecanizado complicado de la cabeza de tornillo y de cada orificio en la placa correspondiente hace que esta invención sea inferior a la solución descrita en la solicitud de esta invención.

Siguiendo el mismo concepto de tornillos con geometrías de cabeza especiales, también existe otra solución técnica descrita en la solicitud de patente de EE. UU. US2015/0190185A1 para la invención "Variable Angle Bone Fixation Device", presentada a nombre de Depuy Synthes Products Inc. Este documento da a conocer un tornillo diseñado 35 específicamente que permite bloquear su cabeza en una placa que está equipada con orificios muy complejos cuya fabricación es ciertamente muy compleja. Así, esta invención adolece de debilidades que son eliminadas por las soluciones logradas por la presente invención.

La solicitud de patente estadounidense publicada como US2015/0142063A1 para la invención: "Systems and Methods for Using Polyaxial Plates", presentada a nombre de Smith & Nephew Inc., describe una cabeza de tornillo diseñada 40 específicamente con alas que interactúan con la rosca creada en el orificio de la placa. La cabeza de tornillo tiene un diseño bastante complicado; por lo tanto, esta invención adolece también de debilidad en comparación con el diseño de cabeza simple de la presente invención.

La solicitud de patente FR publicada como FR3010892A1 para la invención: "Ensemble comprenant une piece implantable destinee a etre fixee a un ou plusieurs os ou a des parties d'os a reunir, et au moins une vis de fixation de 45 cette piece implantable a cet ou ces os" que traducido significa "Conjunto que incluye una parte implantable destinada a ser fijada a uno o más huesos, o a partes de huesos, que se han de unir y al menos un tornillo de fijación de esta parte implantable a este o estos huesos", presentada a nombre de Groupe Lepine.

El documento FR3010892A1 da a conocer un tornillo con cabeza redondeada y con ranuras longitudinales anchas formadas en él, pero sin rosca en dicha cabeza. La construcción de tornillo citada tiene bordes al final de dichas 50 ranuras que bloquean la cabeza de tornillo dentro del orificio de la placa ósea diseñado específicamente para recibir dicha cabeza de tornillo dedicada. De las figuras dadas a conocer, es evidente que el atornillado y bloqueo de esta cabeza de tornillo se realiza girando 1/3 del círculo, es decir, cerca de 120°, que es suficiente para un atornillado normal pero quizás con una fuerza de bloqueo limitada en caso de atornillado poliaxial de dicho tornillo. Además, este estado de la técnica requiere orificios de placa muy específicos que limitan el uso versátil de dicho estado de la técnica.

La solicitud de patente FR publicada como FR2890848A1 para la invención: "Dispositif d'osteosynthese" que traducido significa "Dispositivo de osteosíntesis", presentada a nombre de DLP Société responsabilité limitée enseña sobre el 55 tornillo formado como una cabeza redondeada sin rosca. La placa ósea correspondiente se forma así con una

pluralidad de orificios de placa ósea segmentados con medios de tallado que cortan dicha cabeza redondeada y bloquean la cabeza de tornillo mencionada. Los complejos y costosos orificios para placas óseas con medios tallados limitan dicho uso de la técnica anterior.

Todas las soluciones técnicas mencionadas anteriormente definen el estado de la técnica general de la invención descrita en la presente memoria. Sin embargo, parece que una solución técnica publicada en forma de solicitud de patente internacional PCT WO2015/020789A1 para la invención: "Orthopedic Screw Fastener System including Screws", presentada a nombre de Flower Orthopedics Corpor ejemplo Inc., representa el estado de la técnica más cercano. Este documento da a conocer el sistema de bloqueo de tornillo y placa al que nos referimos en la presente memoria. Dicho estado de la técnica se muestra en las figuras 1, 2, 2A, 3, 4A y 4B con el título "Estado de la técnica". Las figuras 1 y 3 representan una placa ósea (90) con múltiples orificios (91) para recibir una cabeza de tornillo (101) con rosca (105). Cada orificio (91) tiene forma de cono, con una pendiente de cono δ' como se indica en la figura 4A y se extiende desde el borde superior (92) hasta el borde inferior (93) de la placa (90), donde dicho orificio (91) se mecaniza de manera que forma secciones curvas (94). Las secciones se mecanizan de manera que están inclinadas en un ángulo δ' con respecto al eje del orificio. Dos secciones curvas vecinas están interconectadas por la línea de intersección (95) que se convierte en una superficie de contacto (96) cerca del borde inferior (93) del orificio (91). La placa está hecha de un material más blando que el material del tornillo (100) que se muestra en la figura 2. El tornillo (100), que bloquea su cabeza en el orificio (91) de la placa ósea (90), consta de una cabeza de tornillo (101) con una rosca (105), una punta de tornillo (102) realizada en el cuerpo de tornillo (103) sobre el que hay una rosca autocortante (104). La cabeza de tornillo (101) y el cuerpo de tornillo (103) se encuentran en la unión (106); consúltese la figura 2 y la figura 2A, donde la figura 2A representa el detalle S de la figura 2.

La forma en la que funciona el sistema de bloqueo se muestra con detalle en las figuras 4A y 4B. La figura 4A ilustra el caso cuando el tornillo se inserta en un ángulo de 0° con respecto al eje del orificio (91). Se muestra una parte de la placa (90) a través de la sección transversal del orificio (91), que se encuentra detrás de la cabeza de tornillo (101), ilustrada como referencia debajo de dicha sección transversal. La rosca (105), tallada en la cabeza de tornillo (101) daña las líneas de intersección (95) de las secciones curvas (94) en el proceso de bloqueo de la forma que se muestra en la figura 4A. El daño (99) resultante del corte de la rosca (105) sigue la longitud del tornillo como muestra la línea de daño (98). La figura 4B muestra otro caso donde el tornillo se enrosca en un ángulo de 10° con respecto al eje del orificio (91). La rosca (105), tallada en la cabeza de tornillo (101) daña las líneas de intersección (95) de las secciones curvas (94) en el proceso de bloqueo como se muestra en la figura 4B. El daño (99) resultante del corte de la rosca (105) sigue la longitud del tornillo como lo muestra la línea de daño (98). Al comparar las figuras 4A y 4B, se evidencian los daños (99) de bloquear la cabeza de tornillo (101) con la rosca (105) en una posición inclinada con respecto al eje del orificio (91). Esta invención representa una solución técnica inversa con respecto a la solución descrita en la presente memoria. El tornillo, según esta invención, contiene una serie de superficies curvas, mientras que una rosca estándar o no estándar está tallada en la placa ósea. La nueva solución técnica según la presente invención se comparará cualitativa y cuantitativamente con la solución de la invención WO2015/020789A1 de la técnica anterior.

La prueba mecánica de las soluciones técnicas inversas muestra que la nueva solución técnica es al menos tan buena como la solución presentada en el documento WO2015/020789A1 de la técnica anterior, mientras que es más simple de producir.

Compendio de la invención

La presente invención da a conocer un nuevo diseño de tornillo con un ángulo de bloqueo variable en la placa ósea. Dicho tornillo consta de:

- una cabeza de tornillo con superficies curvas y superficies de contacto, así como un casquillo central en forma de estrella para recibir una herramienta de sujeción, ubicado en la parte superior de dicha cabeza; y
- un cuerpo de tornillo que termina en una punta que entra primero en el hueso; donde dicho cuerpo de tornillo está equipado con una rosca autocortante que se extiende desde la unión entre la cabeza de tornillo y el cuerpo de tornillo hasta la punta de tornillo.

Dicho tornillo se caracteriza por las siguientes características:

- dicha cabeza de tornillo está formada por un tronco de cono rotacionalmente simétrico de altura h , con una base de radio R_{out} sobre la que se sitúa centralmente dicho casquillo en forma de estrella y donde el lado del cono está inclinado en un ángulo Y con respecto al eje de dicho cono que coincide con el eje del tornillo;
- donde n superficies igualmente curvas, $n \geq 4$, están talladas en dicho cono y se extienden desde el borde superior de la cabeza de tornillo hasta el borde inferior de dicha cabeza y donde cada una de dichas superficies forma una parte de la superficie cilíndrica con la curvatura R_c , donde el eje longitudinal de dicha superficie cilíndrica se encuentra en la línea recta Π que es paralela a la superficie del cono e inclinada un ángulo Y con respecto al eje del tornillo, y donde las intersecciones de todas las líneas rectas Π de dichas n superficies cilíndricas con el plano perpendicular a los ejes de los tornillos forman los vértices de un polígono regular de n lados;

- donde dichas superficies curvas están interconectadas con las superficies de contacto idénticas del tronco de cono, extendiéndose ambas desde el borde superior hasta el borde inferior de la cabeza de tornillo;
- donde el borde superior está formado en parte por los puntos de las superficies de contacto que se encuentran en el radio R_{out} con el centro en el eje del tornillo, y por los bordes superiores de las superficies curvas de manera que el punto más alto de cada dicha superficie se encuentra sobre el radio R_{in} en un plano paralelo al plano que contiene la base del radio R_{out} , siempre que $R_{in} < R_{out}$; y
- donde el borde inferior está formado por los extremos de las superficies de contacto y las superficies curvas para que entre en la unión entre la cabeza y el cuerpo de tornillo.

La cabeza de tornillo, con superficies curvas y superficies de contacto, está formada sin rosca sobre dichas superficies. De acuerdo con la invención, los valores preferidos se seleccionan para ser:

a) $n = 6, 8, 10$ o 12 ;

b) $z = R_{in}/R_{out}/R_c$ se selecciona para que sea $0,3 \text{ mm}^{-1} < z < 3,0 \text{ mm}^{-1}$; y

c) $5^\circ < Y < 30^\circ$.

De acuerdo con la invención, el ángulo Y preferido es de 9° , cuya selección permite el proceso de bloqueo en el que el ángulo de bloqueo máximo aplicable es de 20° medido con respecto al eje del tornillo en todas las direcciones. Un sistema de bloqueo de tornillos en la placa, según la invención, consta de:

- uno o más tornillos cuya cabeza tiene una dureza inferior a la dureza del material utilizado para formar la placa ósea; y
- una placa ósea con una geometría adaptada para la fijación ósea, con al menos dos orificios ubicados dentro de dicha geometría, donde cada orificio tiene una rosca de forma cónica con la pendiente δ en relación con el eje del orificio y que es capaz de recibir la cabeza de tornillo cónicamente conformada.

La altura seleccionada h es mayor que el grosor de la placa ósea. La pendiente de la rosca de orificio δ es mayor o igual que la pendiente Y de la cabeza de tornillo y las superficies curvas y de contacto correspondientes. La inserción del tornillo en un ángulo seleccionado en el intervalo de -20° a 20° con respecto al eje del orificio hace que la rosca de orificio se corte en las superficies de contacto y curvas de la cabeza de tornillo. Dicho corte provoca daños en las superficies de la cabeza de tornillo que mantienen bloqueado dicho tornillo en la placa correspondiente.

De acuerdo con la realización preferida, la altura h se selecciona para que sea de $0,5$ a $1,6$ del grosor de la placa y δ se selecciona para que sea de 5° a 30° .

Dicha solución técnica es aplicable para las placas óseas donde los orificios tienen una rosca continua, así como donde cada orificio tiene una rosca que no es continua, pero tiene segmentos roscados, y segmentos donde la rosca está ausente. Tal sistema de bloqueo es muy útil en medicina veterinaria y humana.

Una breve descripción de las figuras

Las figuras 1 y 3 ilustran una placa ósea construida de acuerdo con la solución de la técnica anterior más próxima, descrita en el documento WO2015/020789A1. En la figura 2 se representa un tornillo que encaja en dicha placa, mientras que en la figura 2A se ilustra el detalle S de la cabeza de tornillo que se muestra en la figura 2. Las figuras 4A y 4B muestran los daños que se producen en los orificios de la placa, mostrados en las figuras 1 y 3, cuando la cabeza de tornillo se atornilla en ángulos de 0° y 10° en relación con el eje del orificio realizado en la placa ósea según la solución de la técnica anterior WO2015/020789A1.

La figura 5A representa el detalle P de la figura 5C y muestra la cabeza de tornillo de nuevo diseño que se bloquea en el orificio realizado en la placa ósea que se muestra en la figura 5B. La figura 5B es una sección transversal del detalle de la placa ósea, marcada con Q, en la figura 5C.

La figura 6A ilustra la posición del tornillo bloqueado en el caso de que la cabeza de tornillo esté fijada en un ángulo de 0° con respecto al eje del orificio. El daño resultante a la cabeza de tornillo se muestra en la figura 6B.

La figura 6C ilustra la posición del tornillo bloqueado en el caso de que la cabeza de tornillo esté fijada en un ángulo de 10° con respecto al eje del orificio. El daño resultante a la cabeza de tornillo se muestra en la figura 6D.

El conjunto de figuras 7A, 7B, 7C, 7D, 7E y 7F representan el diseño de la cabeza de tornillo en el caso en que n se selecciona para que sea igual a 8, 10 y 12 superficies curvas en la cabeza de tornillo, para un tornillo del mismo radio de cabeza R_{out} con variaciones en el tamaño de las superficies curvas.

Una descripción detallada de la invención

La presente invención se refiere a un tornillo (10) con ángulo variable de bloqueo en una placa ósea (30), donde la cabeza (20) de dicho tornillo se bloquea en un orificio (31) de la placa (30). La presente invención también da a conocer un sistema de bloqueo correspondiente de tornillo (10) - placa (30) como se ilustra en la figura 5C. La placa (30) puede estar formada por una geometría arbitraria, pero por razones de simplicidad, la placa (30) se ilustra en la figura 5C con una serie de orificios espaciados uniformemente (31). La separación de cada orificio (31) debe ser tal que permita una fijación óptima de la placa (30) al hueso deseado. En la presente invención, cada uno de los orificios (31) está realizado con una rosca (32) mecanizada en continuo, con una pendiente que está diseñada de manera convencional, bien documentada en el estado de la técnica, como se muestra en la figura 5B. La figura 5B muestra una rosca continua (32), tallada cónicamente con un ángulo δ con respecto al eje del orificio (31) donde el lado del cono que acompaña a la rosca (32) está marcado con una línea recta Δ . Es deseable que el ángulo δ sea mayor o igual que el ángulo Y , que define el cono de la cabeza de tornillo (20) que mejor se bloquea por la rosca correspondiente (32) cuando el valor es del orden de $2Y$. En la práctica, el valor δ se elige en el intervalo de 5° a 30° como se muestra en las figuras 5A y 5B.

La presente invención no se limita a las roscas cónicas (32) ilustradas en la figura 5B, sino también a las roscas cilíndricas estándar de sección transversal constante ($\delta = 0$). Sin embargo, es necesario un debido cuidado al elegir las dimensiones de un tornillo correspondiente (10) cuya cabeza (20) está bloqueada por dicha rosca (32). Además de la geometría continua cónica y cilíndrica ya comentada, la rosca (32) puede mecanizarse de forma no continua, sino con tramos roscados y tramos sin rosca, es decir, con la rosca realizada sólo sobre tramos del orificio (31). Tales roscas discontinuas (32) se citan en los documentos de la técnica anterior, divulgados en la presente memoria. Si existe la necesidad de una solución técnica de este tipo, también es posible imaginar una placa (30) que combine orificios (31) con varios tipos diferentes de roscas (32) antes mencionadas. Tal placa (30), independientemente de la geometría elegida y del tipo de rosca, es decir continua o discontinua, representa el estándar en la técnica anterior. Para simplificar el mecanizado y obtener rendimientos de bloqueo óptimos, se recomienda el procesamiento de todos los orificios (31) de la placa ósea (30) de tal manera que todas las roscas (32) se seleccionen para que sean de tipo cónico donde $\delta \approx 2Y$, lo que reduce significativamente los costes de producción de tales placas (30). De acuerdo con la presente invención, la placa (30) debe estar hecha de un material que presente una dureza superior a la dureza de la cabeza de tornillo (20), preferiblemente de titanio, utilizado con fines medicinales, por ejemplo grado 5, y para el correspondiente tornillo (10) o cabeza de tornillo (20) de titanio grado 2. La figura 5C ilustra dicho tornillo (10) antes de su inserción en la placa (30).

En la presente invención, el tornillo (10) consiste en una cabeza de tornillo (20) con superficies curvas mecanizadas (24) y superficies de contacto (25), así como un casquillo central en forma de estrella (26) para recibir en él la herramienta de fijación situada en la parte superior de dicha cabeza, como se muestra en la figura 7A. El casquillo en forma de estrella (26) puede tener una geometría arbitraria adecuada para recibir una punta de herramienta de fijación y estar hecho de manera que impida que las herramientas salten fuera de este casquillo, por ejemplo una herramienta tipo Phillips o Allen que permite un manejo preciso por parte del operador. El cuerpo de tornillo (13) termina con una punta (12) del tornillo (10) que entra primero en el hueso. El cuerpo de tornillo (13) está provisto de una rosca autocortante (14) que se extiende desde la unión (16) entre la cabeza de tornillo (20) y el cuerpo de tornillo (13) hasta dicha punta de tornillo (12). Este tipo de tornillo (10) es, por tanto, diferente de otros tornillos ya conocidos en el estado de la técnica.

Sin embargo, la cabeza (20) del tornillo (10), ilustrada en la figura 5A como detalle de la figura 5C, representa la principal diferencia de la presente invención con respecto al estado de la técnica. Como se mencionó anteriormente, a menudo se usan menos tornillos (10) en las intervenciones quirúrgicas que orificios (31) con roscas (32) realizados en las placas óseas (30). Teniendo esto en cuenta, un sistema de bloqueo que tiene más orificios (31) creados de una manera más simple y económica en las placas (30), mientras que el mecanizado más exigente se requiere solo para los tornillos (10), tiene ventajas obvias en la técnica, abaratando el sistema de bloqueo.

La cabeza de tornillo (20), según la invención, está formada por un cono truncado rotacionalmente simétrico de altura h , véanse las figuras 5C y 5A así como las figuras 7A-7F. Este tronco de cono se dirige con su punta faltante hacia la punta (12) del tornillo (10). La base de este cono giratorio está diseñada con radio R_{out} , véanse las figuras 7A-7F, y sobresale ligeramente hacia el exterior de manera que el casquillo en forma de estrella (26) queda situado dentro de dicho cono. El lado del cono está inclinado en el ángulo Y con respecto al eje longitudinal de dicho cono, como se indica en las figuras 7C y 5A. La línea recta Γ_c es una línea que se encuentra en el lado del cono en al menos dos puntos diferentes y corta el eje de rotación del cono en un solo punto. En consecuencia, cada una de dichas rectas Γ_c está inclinada en un ángulo Y con respecto al eje longitudinal de dicho cono, véase, por ejemplo, la figura 5A.

Para obtener una forma de cabeza de tornillo según la presente invención, es importante considerar el proceso de fabricación. Los tornillos (10) se fabrican con mayor frecuencia usando tecnología CNC (control numérico por computadora) y, por lo tanto, es útil usar trayectorias de herramienta que sean compatibles con la tecnología de producción. La cabeza de tornillo (20) según la invención, vista desde la perspectiva superior, véanse las figuras 7A-7F, es una pieza con ranuras laterales, es decir, superficies curvas que han sido mecanizadas. De acuerdo con la presente invención, la cabeza (20) se forma fresando unas superficies curvas (24) del tronco de cono como se muestra en la figura 5A. Cada una de las superficies curvas (24) se forma como una parte de la superficie de forma cilíndrica, donde el propio cilindro tiene un radio R_c y donde el eje de ese cilindro se encuentra en la línea recta Γ . La línea recta Γ está inclinada en un ángulo Y con respecto al eje longitudinal del cono en el que se tallan las superficies curvas (24)

como se muestra en la figura 5A. De acuerdo con la invención, se tallan n superficies igualmente curvas (24) en dicho cono, como se ilustra en las figuras 7A-7F. El haz de rectas Π que están inclinadas un ángulo Y' forma vértices de un polígono regular de n lados, cuando estas rectas cortan el plano perpendicular al eje longitudinal del cono. Es deseable que n sea igual o mayor que 4, y en la práctica los mejores resultados se logran cuando $n = 8, 10$ o 12 . Cuando se tallan superficies curvas (24), entonces las superficies de cono truncado que quedan entre ellas son porciones del lado del cono truncado que los une y representan las superficies de contacto (25). De esta forma, las superficies curvas (24) y las superficies de contacto (25) de forma alterna se prolongan desde el borde superior (22) hasta el borde inferior (23) de la cabeza (20), donde dicha cabeza (20) pasa a la unión (16) entre la cabeza (20) y el cuerpo de tornillo (13).

Las figuras 7A-7F muestran proyecciones de los radios característicos R_{out} , R_{in} y R_c en el plano perpendicular al eje longitudinal del cono y el correspondiente diseño de la cabeza de tornillo (20) con tal geometría descrita en la Tabla 1. El tamaño de R_{out} representa el radio de la base del cono, R_{in} es la distancia más pequeña desde el borde superior (22), es decir, el punto más alto de la superficie curva (24) en la cabeza de tornillo (20) al eje del tornillo (10). El valor R_c representa una curvatura cilíndrica de proyección R_c de las superficies (24) en el plano perpendicular al eje del cono. L representa la distancia más grande entre dos superficies de contacto (25) ubicadas más cerca del borde inferior (23) donde el cilindro con radio R_c se sumerge más profundamente en el cono, y I representa la distancia más pequeña entre las superficies de contacto (25) ubicadas más cerca del borde superior (22) de la cabeza (20). D representa la distancia máxima entre dos superficies curvas adyacentes (24), y d es la distancia más pequeña, cerca del borde inferior (23). El valor A representa el área de la superficie de contacto (25) del tornillo así diseñado. Se realizó una comparación lado a lado de los rendimientos de la cabeza de tornillo (20) para los valores constantes de R_{out} y R_{in} ; sólo el parámetro R_c se varió en aprox. un 15% y el número de superficies curvas (24) se selecciona para que sea 8, 10 y 12. Los parámetros de tales variaciones para el tornillo de 2,4 mm se muestran en la Tabla 1 a continuación:

Tabla 1								
n (figura)	R_{out} [mm]	R_{in} [mm]	R_c [mm]	I [mm]	L [mm]	D [mm]	d [mm]	A [mm²]
8 (7A)	1,524	1,285	0,750	0,952	0,970	0,229	0,068	0,184
8 (7B)	1,524	1,285	0,875	1,010	1,028	0,167	0,006	0,107
10 (7C)	1,524	1,285	0,425	0,724	0,740	0,226	0,098	0,202
10 (7D)	1,524	1,285	0,525	0,811	0,829	0,137	0,006	0,089
12 (7E)	1,524	1,285	0,325	0,612	0,622	0,182	0,079	0,162
12 (7F)	1,524	1,285	0,375	0,672	0,686	0,120	0,013	0,083

A la hora de diseñar el tornillo hay que cuidar especialmente la disposición de la superficie A, en concreto de la zona de la superficie de contacto (25) una vez finalizado el mecanizado de la cabeza cónica (20), donde dichas superficies de contacto (25) tienen una función clave en el proceso de bloqueo. El proceso de bloqueo se muestra en una serie de figuras 6A-6D. La figura 6A es una vista lateral de la placa (30) en la que se bloquea el tornillo (10) en un ángulo de 0° . La figura 6B muestra el daño (29) que se produce en las superficies de contacto (25) y las superficies curvas (24) de dicha cabeza de tornillo (20). La línea de ascenso del daño (28) coincide con la rosca (32) creada en el orificio (31). Del mismo modo la figura 6C representa una vista lateral de la placa (30) en la que se encuentra bloqueado el tornillo (10) en un ángulo de 10° . La figura 6D ilustra el daño (29) que se produce en las superficies de contacto (25) y las superficies curvas (24) de dicha cabeza de tornillo (20) durante el bloqueo un ángulo de 10° . El daño se produce en la cabeza de tornillo (20) realizada en un material más blando que el material de la placa (30).

En la práctica, se evitan dos extremos, es decir, una superficie de contacto demasiado grande (25) que evita que se produzcan fácilmente daños (29), pero bloquea perfectamente la cabeza (20) en la placa, y una superficie de contacto muy pequeña (25) que bloquea mal la cabeza (20) en la placa (30), pero el manejo de un tornillo de este tipo es relativamente simple.

Al modelar los diseños del tornillo (10) y las fuerzas de corte que causan daños (29), se encontró que los siguientes valores son óptimos para el diseño de la cabeza de tornillo dada en la presente invención.

En la tabla 2 se muestran los valores para tornillos de 2,4 mm, 3,5 mm y 5,0 mm que se utilizan en la práctica, con 8, 10 o 12 superficies curvas (24) y parámetros aceptables D y d , definiendo el mayor y el menor espaciado entre las curvas superficies (24) y, por lo tanto, la cantidad de la superficie de contacto (25) que participa en el proceso de bloqueo. Cabe destacar que los tamaños D y d están directamente relacionados con el intervalo elegido del radio de curvatura R_c y los valores R_{in} y R_{out} .

Tabla 2						
Tornillo	n	Rout	Rin	RC	D	d
[mm]		[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]
2.4	8	1,524	1,285	0,750-0,875	0,229-0,167	0,068-0,006
2.4	10	1,524	1,285	0,425-0,525	0,226-0,137	0,098-0,006
2.4	12	1,524	1,285	0,325-0,375	0,182-0,120	0,079-0,013
3.5	8	2,477	2,100	1,400-1,550	0,304-0,241	0,074-0,010
3.5	10	2,477	2,100	0,800-0,910	0,281-0,196	0,095-0,007
3.5	12	2,477	2,100	0,550-0,650	0,276-0,162	0,127-0,007
5.0	8	3,200	2,800	2,125-2,300	0,463-0,408	0,062-0,007
5.0	10	3,200	2,800	1,150-1,275	0,409-0,332	0,081-0,001
5.0	12	3,200	2,800	0,800-0,850	0,347-0,302	0,077-0,028

5 Se da a continuación una comparación entre la presente invención y el sistema de bloqueo divulgado por el documento WO2015/020789A1 como la solución técnica más cercana y similar. El análisis se llevó a cabo realizando la prueba cíclica de las características de bloqueo doblando el tornillo de 2,4 mm de diámetro bloqueado en una placa de 1 mm de grosor con 4 orificios examinando paralelamente la solución presentada en el documento WO2015/020789A1 y la presente invención en una prueba de fatiga (LFV 50-HH, Walter + Bai AG, Suiza, año de producción 2006). Los ángulos seleccionados para bloquear los tornillos en las placas fueron 0°, 10°, 15° y 20° en relación con el eje del orificio (31) o del orificio (91), como se muestra en la Tabla 3, que contiene los parámetros de prueba:

Tabla 3						
Ángulo de tornillo [°]	Fsr [N]	Admirador]	f [Hz]	n [-]	[kN]	F [N]
0	38	32	1,4	5000	6,3	6-70
10	33	27	1,4	5000	6,3	6-60
15	27	23	1,4	5000	6,3	4-50
20	22	18	1,4	5000	6,3	4-40

10 donde se utilizan las siguientes abreviaturas:

Fsr - fuerza media,

Fa - amplitud de la fuerza

F - intervalo de fuerza Fsr +/- Fa,

f - frecuencia de carga cíclica,

15 N - número de ciclos de carga, y

Fd - fuerza nominal del transductor de fuerza.

Los resultados de la prueba de flexión, usando 3 muestras diferentes en cada experimento, con el tornillo bloqueado en la placa bajo carga cíclica se muestran en las tablas a continuación, donde se usa la siguiente notación:

Smax - desplazamiento máximo del tornillo,

20 Smin - desplazamiento mínimo del tornillo,

$\Delta s = S_{max} - S_{min}$,

Fmax - fuerza máxima en Smax,

Rigidez - Relación Fmax/Smax.

La comparación de la solución técnica presentada en las figuras 1-4B y el nuevo sistema de bloqueo de acuerdo con la presente invención se elabora en paralelo en las siguientes tablas:

Tabla 4A - Estado de la técnica					
Angulo de tornillo 0°	Smax [mm]	Smin [mm]	ΔS [mm]	Fmax [N]	Rigidez [N/mm]
Muestra 1	0,249	0,067	0,183	69,30	277,87
Muestra 2	0,364	0,155	0,209	70,80	194,43
Muestra 3	0,279	0,106	0,173	68,70	246,41
Valor medio	0,297	0,109	0,188	69,60	239,57
Desviación Estándar	0,060	0,044	0,018	1,082	42,140
Tabla 4B - Presente invención					
Angulo de tornillo 0°	Smax [mm]	Smin [mm]	ΔS [mm]	Fmax [N]	Rigidez [N/mm]
Muestra 1	0,267	0,072	0,195	67,80	253,89
Muestra 2	0,262	0,071	0,191	71,30	271,83
Muestra 3	0,343	0,137	0,206	71,30	207,96
Valor medio	0,291	0,093	0,198	70,13	244,56
Desviación Estándar	0,045	0,038	0,008	2,021	32,938

- 5 Los resultados muestran que el valor medio del desplazamiento máximo del tornillo y la rigidez en ambas soluciones técnicas son muy similares para el ángulo de bloqueo de 0°, sin embargo, el sistema según la presente invención es significativamente más simple de producir.

Tabla 5A - Estado de la técnica					
Ángulo de tornillo 10°	Smax	Smin	ΔS	Fmax	Rigidez
	[mm]	[mm]	[mm]	[N]	[N/mm]
Muestra 1	0,213	0,064	0,149	60,70	285,04
Muestra 2	0,292	0,115	0,177	60,80	208,47
Muestra 3	0,419	0,217	0,202	59,70	142,38
Valor medio	0,308	0,132	0,176	60,40	211,96
Desviación Estándar	0,104	0,078	0,027	0,608	71,396
Tabla 5B - presente invento					
Ángulo de tornillo 10°	Smax	Smin	ΔS	Fmax	Rigidez
	[mm]	[mm]	[mm]	[N]	[N/mm]
Muestra 1	0,270	0,092	0,178	58,80	217,82
Muestra 2	0,302	0,101	0,200	60,90	201,92
Muestra 3	0,254	0,078	0,175	59,00	232,47
Valor medio	0,275	0,090	0,185	59,57	217,40
Desviación Estándar	0,024	0,011	0,014	1,159	15,276

- 10 Los resultados muestran que el valor medio del desplazamiento máximo del tornillo es menor en la presente invención, y que la rigidez, cuando se tiene en cuenta la fuerza máxima para ambas soluciones técnicas, presenta valores similares para un ángulo de bloqueo de 10°.

Tabla 6A - Estado de la técnica					
Ángulo de tornillo 15°	Smax	Smin	ΔS	Fmax	Rigidez
	[mm]	[mm]	[mm]	[N]	[N/mm]
Muestra 1	0,257	0,114	0,143	45,70	177,51
Muestra 2	0,209	0,046	0,163	49,60	236,98
Muestra 3	0,250	0,081	0,168	49,10	196,60
Valor medio	0,239	0,081	0,158	48,13	203,696
Desviación Estándar	0,026	0,034	0,013	2,122	30,364
Tabla 6B - Presente invención					
Ángulo de tornillo 15°	Smax	Smin	ΔS	Fmax	Rigidez
	[mm]	[mm]	[mm]	[N]	[N/mm]
Muestra 1	0,220	0,047	0,172	49,60	225,81
Muestra 2	0,258	0,080	0,178	51,40	199,03
Muestra 3	0,238	0,068	0,170	49,80	209,60
Valor medio	0,239	0,065	0,173	50,27	211,48
Desviación Estándar	0,019	0,017	0,004	0,99	13,49

Los resultados muestran una vez más que el valor medio del desplazamiento máximo del tornillo es el mismo, y que la rigidez es similar en ambas soluciones técnicas, teniendo en cuenta la fuerza máxima de magnitud similar para un ángulo de bloqueo de 15°.

Tabla 7A - Estado de la técnica					
Ángulo de tornillo 20°	Smax [mm]	Smin [mm]	ΔS [mm]	Fmax [N]	Rigidez [N/mm]
Muestra 1	0,259	0,135	0,124	39,30	151,77
Muestra 2	0,188	0,057	0,131	39,00	207,50
Muestra 3	0,168	0,042	0,125	39,60	236,07
Valor medio	0,205	0,078	0,127	39,30	198,445
Desviación Estándar	0,048	0,050	0,004	0,300	42,873
Tabla 7B - Presente invención					
Ángulo de tornillo 20°	Smax [mm]	Smin [mm]	ΔS [mm]	Fmax [N]	Rigidez [N/mm]
Muestra 1	0,164	0,024	0,141	39,40	239,59
Muestra 2	0,156	0,026	0,130	39,00	249,52
Muestra 3	0,171	0,018	0,153	39,40	230,34
Valor medio	0,164	0,023	0,141	39,27	239,82
Desviación Estándar	0,007	0,004	0,011	0,23	9,59

5

Los resultados obtenidos muestran una comparación entre el estado de la técnica y la presente invención. La rigidez de la presente invención es mayor para un ángulo de bloqueo de 20° que en el caso de la técnica anterior.

De los resultados mostrados en las Tablas 4, 5, 6 y 7 es posible concluir que, dentro del error experimental, el sistema de bloqueo de la presente invención es al menos tan bueno como el sistema del estado de la técnica, e incluso mejor (más rígido) a medida que aumenta la inclinación de la cabeza de tornillo (20) con respecto al eje del orificio (31), lo que ciertamente es un resultado inesperado para un experto medio en la materia. Este resultado inesperado indica un paso inventivo en la nueva solución técnica presentada. Es necesario recalcar una vez más que el nuevo sistema de bloqueo propuesto traslada toda la complejidad del mecanizado o procesamiento desde la placa (30) al tornillo (10), más concretamente, a la cabeza de tornillo (20).

10

Aplicabilidad Industrial

La aplicabilidad industrial de la presente invención es obvia ya que la invención describe un sistema completamente nuevo de tornillos de bloqueo en la placa ósea. El sistema presentado también se puede utilizar para aplicaciones similares de conexión de otros elementos estructurales mediante tornillos y orificios para tornillos roscados.

5 Referencias**Referencias de la nueva solución técnica**

- | | |
|----------|---|
| 10 | tornillo para la placa 30 |
| 12 | punta de tornillo 10 |
| 13 | cuerpo de tornillo con rosca autocortante 14 |
| 10 | 14 rosca autocortante |
| 16 | unión entre la cabeza de tornillo 20 y un cuerpo de tornillo 13 |
| 20 | cabeza de tornillo |
| 22 | borde superior de la cabeza de tornillo 20 |
| 23 | borde inferior de la cabeza de tornillo 20 |
| 15 | 24 superficie curva formada en la cabeza de tornillo 20 |
| 25 | superficie de contacto entre las superficies curvas 24 |
| 26 | casquillo en forma de estrella para recibir una herramienta de fijación |
| 28 | línea de ascenso del daño 29 |
| 29 | daños causados por tallar la rosca 32 en las superficies de contacto 25 y superficies curvas 24 |
| 20 | 30 placa |
| 31 | orificio para bloquear la cabeza de tornillo 20 |
| 32 | rosca en el orificio 31 |
| Rin | el radio más pequeño del borde superior 22 de la cabeza de tornillo 20 |
| Rout | el radio más grande del borde superior 22 de la cabeza de tornillo 20 |
| 25 | RC radio de curvatura de la superficie mecanizada 24 medido perpendicularmente a la dirección del movimiento de la herramienta a lo largo de la línea recta Π |
| RC' | proyección de Rc en el plano perpendicular al eje del tornillo 10 |
| L | distancia entre dos superficies de contacto adyacentes 25 a lo largo del borde 23 |
| I | distancia entre dos superficies de contacto adyacentes 25 a lo largo del borde 22 |
| 30 | D ancho de la superficie de contacto 25 a lo largo del borde 22 |
| D | ancho de la superficie de contacto 25 a lo largo del borde 23 |
| H | altura de la cabeza de tornillo |
| Π | línea recta paralela a los lados del cono de la cabeza de tornillo 20 |
| Π_c | recta situada en la superficie de contacto 25 |
| 35 | Y ángulo de inclinación de la recta Π con respecto al eje del tornillo 10 |
| Δ | la línea de pendiente de la rosca 32 en el orificio 31 |
| D | ángulo de la línea de pendiente Δ en relación con el eje del orificio 31 |
| N | número de superficies curvas 24 en la cabeza 20 del tornillo 10 |

P, Q detalles

Referencias del estado de la técnica

- | | | |
|----|----------|--|
| | 90 | placa |
| | 91 | orificio para recibir la cabeza de tornillo 101 |
| 5 | 92 | borde superior del orificio 91 |
| | 93 | borde inferior del orificio 91 |
| | 94 | sección curva del orificio 91 |
| | 95 | línea de intersección de secciones 94 |
| | 96 | área de contacto en la intersección de las secciones 94 |
| 10 | 98 | línea de ascenso de daño 99 |
| | 99 | daño causados por el roscado de la cabeza de tornillo 105 |
| | 100 | tornillo para la placa 90 |
| | 101 | cabeza de tornillo con rosca 105 |
| | 102 | punta del tornillo 100 |
| 15 | 103 | cuerpo del tornillo 100 con rosca autocortante 104 |
| | 104 | rosca autocortante |
| | 105 | rosca de la cabeza de tornillo 101 |
| | 106 | unión entre la cabeza de tornillo 101 y el cuerpo de tornillo 103 |
| | δ | ángulo de inclinación de las secciones curvas 94 que tiene forma de cono, en relación con el eje del orificio 91 |
| 20 | S | detalle |

REIVINDICACIONES

1. Un tornillo (10) con un ángulo de bloqueo variable en una placa ósea (30), donde dicho tornillo (10) comprende:

- una cabeza de tornillo (20) con superficies curvas (24) y superficies de contacto (25), así como un casquillo (26) en forma de estrella situado en el centro para recibir una herramienta de fijación, ubicado en la parte superior de dicha cabeza (20); y

- un cuerpo de tornillo (13) que termina en una punta (12) que penetra primero en el hueso; donde dicho cuerpo de tornillo (13) está provisto de una rosca autocortante (14) que se extiende desde la unión (16) entre la cabeza de tornillo (20) y el cuerpo de tornillo (13) hasta la punta (12) del tornillo (10),

- donde dicha cabeza de tornillo (20) está formada por un tronco de cono rotacionalmente simétrico de altura h , con un radio de base R_{out} en el que dicho casquillo en forma de estrella (26) está posicionado centralmente y donde el lado del cono está inclinado en un ángulo Y con respecto al eje de dicho cono que coincide con el eje del tornillo (10);

- donde n superficies igualmente curvas (24), $n \geq 4$, están talladas en dicho cono y se extienden desde el borde superior (22) de la cabeza de tornillo (20) hasta el borde inferior (23) de dicha cabeza (20) y donde cada una de dichas superficies (24) forma una parte de la superficie cilíndrica con la curvatura R_c , donde el eje longitudinal de dicha superficie cilíndrica se encuentra sobre la línea recta Π que es paralela a la superficie del cono e inclinada en un ángulo Y con respecto al eje del tornillo (10), y donde las intersecciones de todas las rectas Π de dichas n superficies cilíndricas con el plano perpendicular a los ejes del tornillo (10) forman vértices de un polígono regular con n lados;

- donde dichas superficies curvas (24) están interconectadas con las superficies de contacto idénticas (25) del tronco de cono, extendiéndose ambas desde el borde superior (22) hasta el borde inferior (23) de la cabeza de tornillo (20);

- donde el borde superior (22) está formado en parte por los puntos de las superficies de contacto (25) que se encuentran en el radio R_{out} con el centro en el eje del tornillo (10), y por los bordes superiores de las superficies curvas (24) de forma que el punto más alto de cada superficie (24) se encuentre sobre el radio R_{in} en un plano paralelo al plano que contiene la base del radio R_{out} , siempre que $R_{in} < R_{out}$; y

- donde el borde inferior (23) se forma a partir de los extremos de las superficies de contacto (25) y las superficies curvas (24) para que entre en la unión (16) entre la cabeza (20) y el cuerpo de tornillo (13);

caracterizado por que la cabeza de tornillo (20), con superficies curvas (24) y superficies de contacto (25), está formada sin rosca sobre dichas superficies (24, 25).

2. Un tornillo (10) con un ángulo de bloqueo variable en la placa ósea (30), según la reivindicación 1, en el que los valores preferidos se seleccionan para que sean:

a) $n = 6, 8, 10$ o 12 ;

b) $z = R_{in}/R_{out}/R_c$ se selecciona para que sea $0,3 \text{ mm}^{-1} < z < 3,0 \text{ mm}^{-1}$; y

c) $5^\circ < Y < 30^\circ$.

3. Un tornillo (10) con un ángulo de bloqueo variable en la placa ósea (30), según la reivindicación 2, en el que el ángulo Y es de 9° .

4. Un tornillo (10) con un ángulo de bloqueo variable en la placa ósea (30), según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, en el que el ángulo de bloqueo máximo aplicable es de 20° medido con respecto al eje del tornillo (10) en todas las direcciones.

5. Un sistema de bloqueo que consta de:

- uno o más tornillos (10) según cualquiera de las reivindicaciones 1-4, cuya dureza de la cabeza (20) es inferior a la dureza del material utilizado para formar la placa ósea (30); y

- una placa ósea (30) con una geometría adaptada para la fijación ósea, con al menos dos orificios (31) situados dentro de dicha geometría, donde cada orificio (31) tiene una rosca (32) de forma cónica con pendiente δ en relación al eje del orificio (31) y que es capaz de recibir una cabeza de tornillo de forma cónica (20);

caracterizado por que,

- la altura seleccionada h es mayor que el grosor de la placa ósea (30);

- la pendiente δ de la rosca de orificio (32) es mayor o igual que la pendiente Y de la cabeza de tornillo (20) con

las correspondientes superficies de contacto (25) y superficies curvas (24), y

- donde la inserción del tornillo (10), en un ángulo seleccionado en el intervalo de -20° a 20° con respecto al eje del orificio (31), hace que la rosca de orificio (32) se corte en las superficies de contacto (25) y superficies curvas (24) de la cabeza de tornillo (20) provocando daños (29) en dichas superficies (24, 25) que mantienen el tornillo (10) bloqueado en la placa correspondiente (30).

- 5
6. Un sistema de bloqueo según la reivindicación 5, en el que la altura h se selecciona para que sea de 0,5 a 1,6 del grosor de la placa (30) y δ se selecciona para que sea de 5° a 30° .
7. Un sistema de bloqueo según cualquiera de las reivindicaciones 5 o 6, caracterizado por que, el orificio (31) tiene una rosca continua (32).
- 10
8. Un sistema de bloqueo de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 5 o 6, caracterizado por que, el orificio (31) tiene una rosca (32) que no es continua, pero tiene segmentos con rosca y segmentos donde la rosca está ausente.

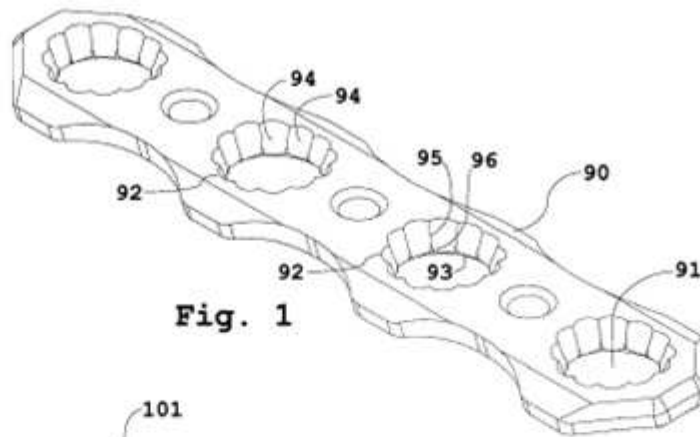


Fig. 1

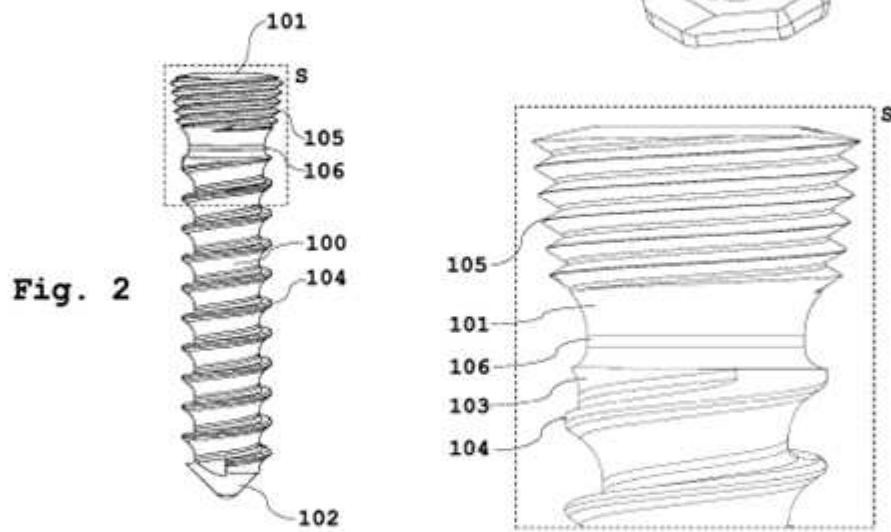


Fig. 2

Fig. 2A

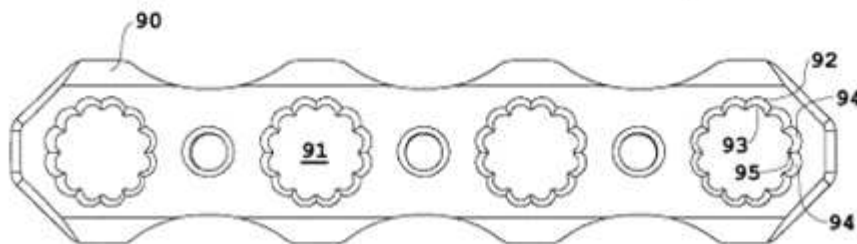


Fig. 3

TECNICA ANTERIOR

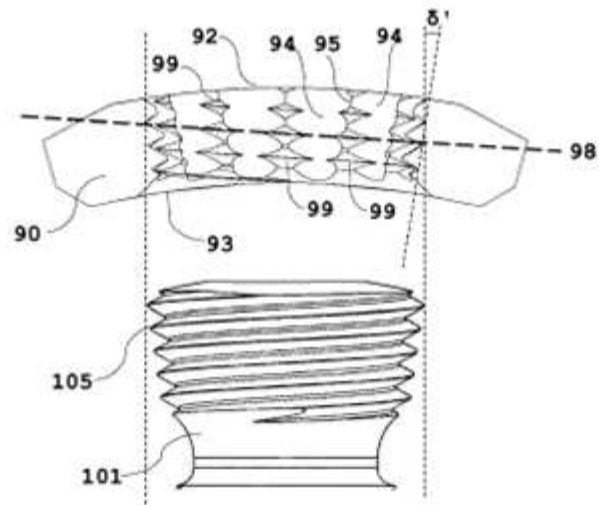


Fig. 4A

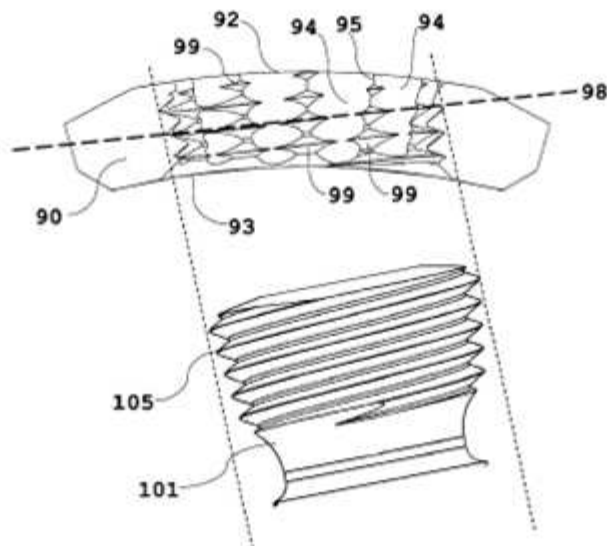


Fig. 4B

TECNICA ANTERIOR

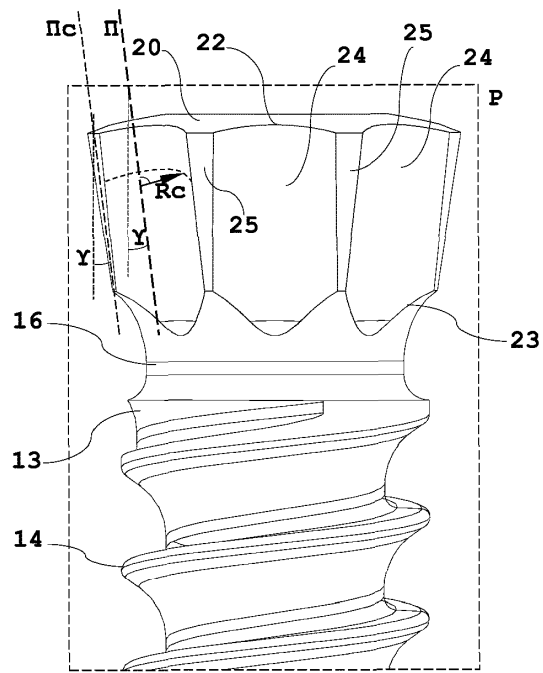


Fig. 5A

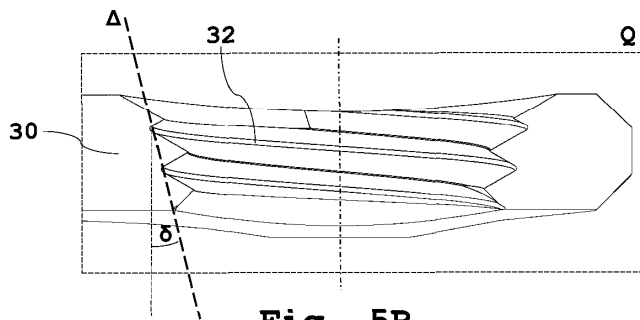


Fig. 5B

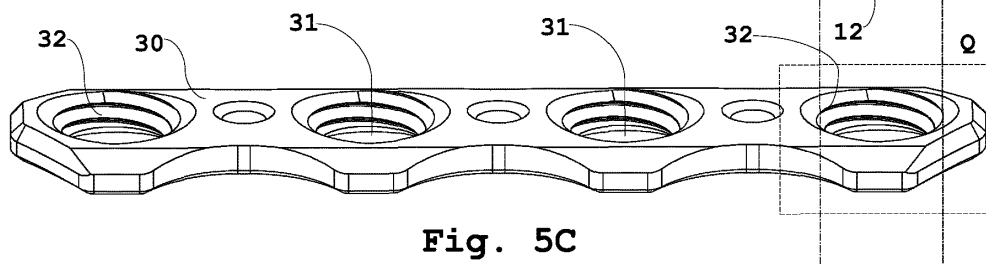
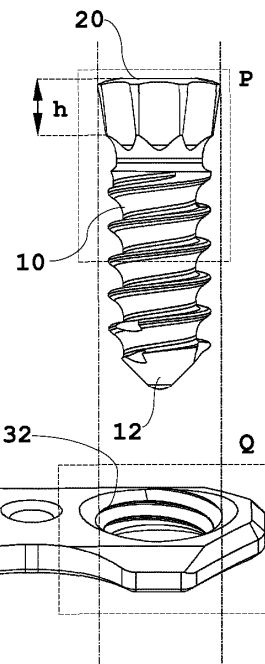


Fig. 5C

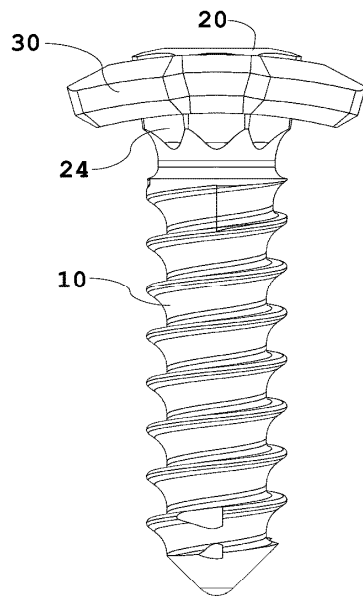


Fig. 6A

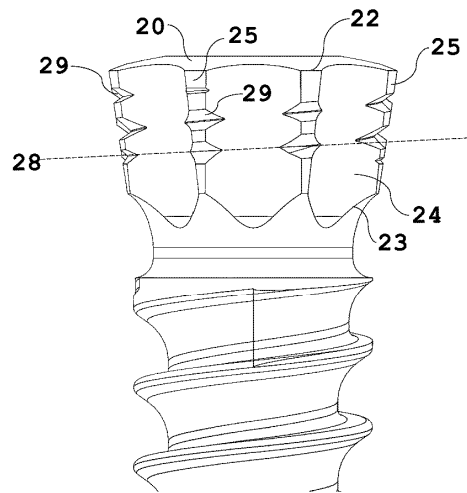


Fig. 6B

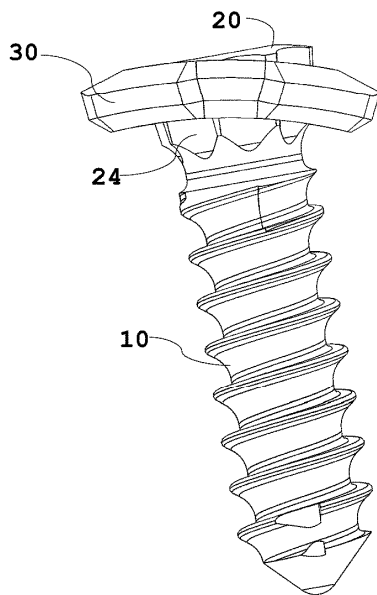


Fig. 6C

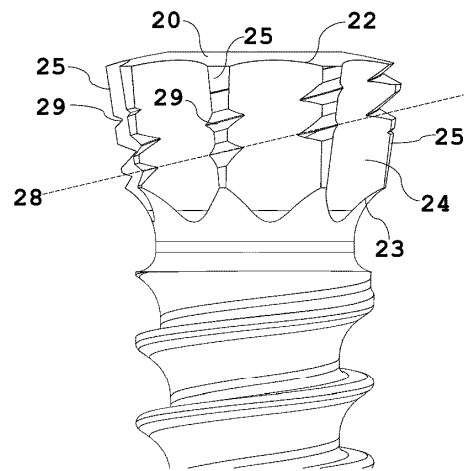


Fig. 6D

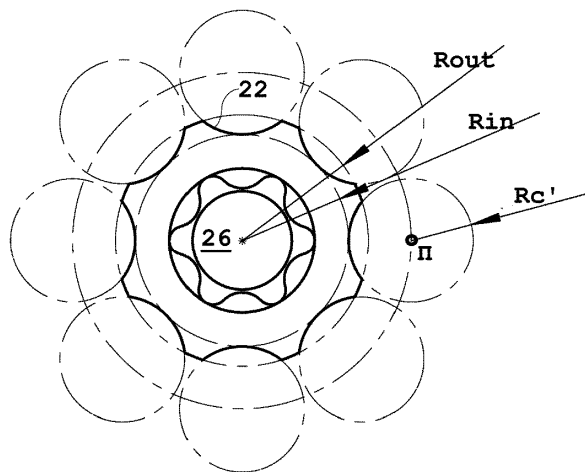


Fig. 7A

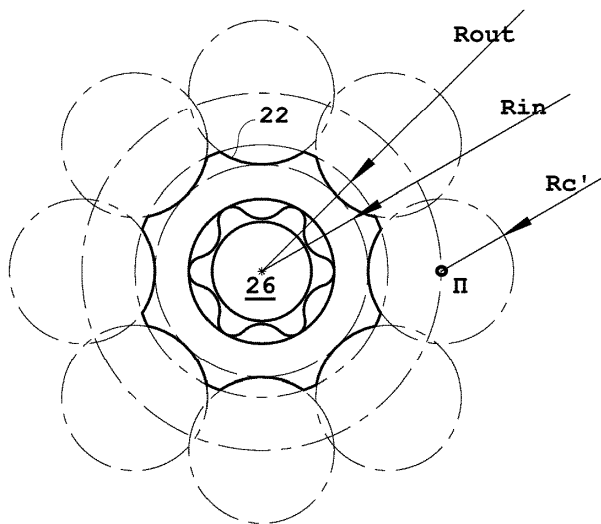
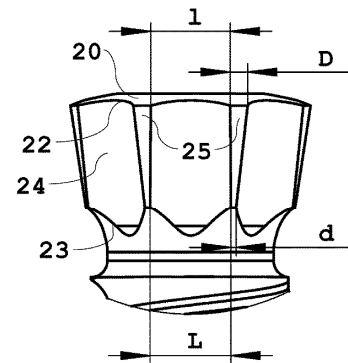
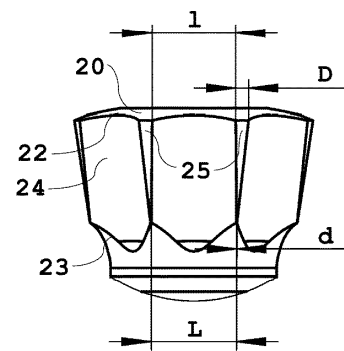


Fig. 7B



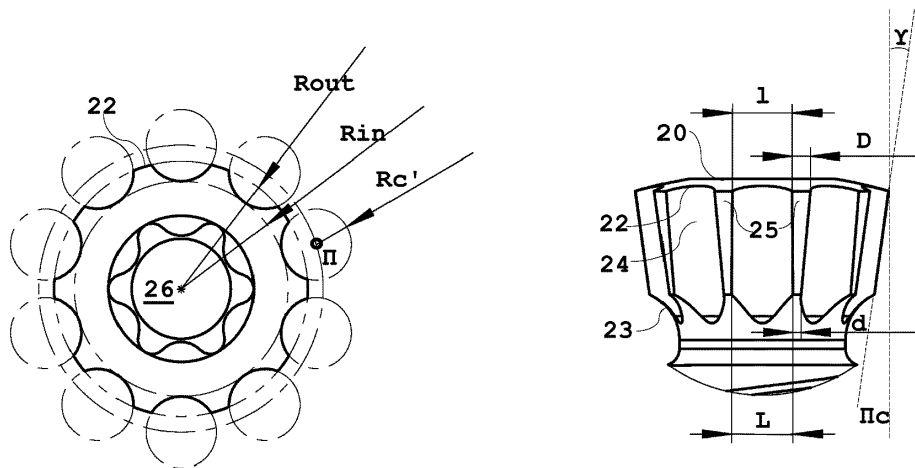


Fig. 7C

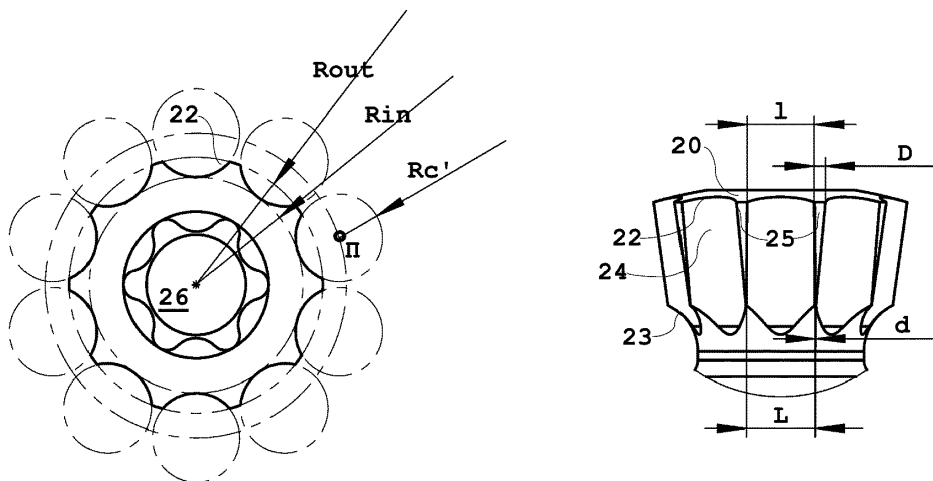


Fig. 7D

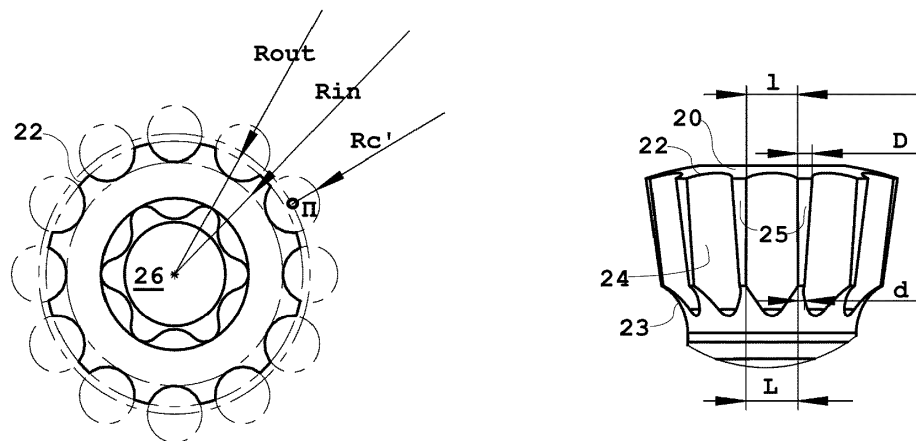


Fig. 7E

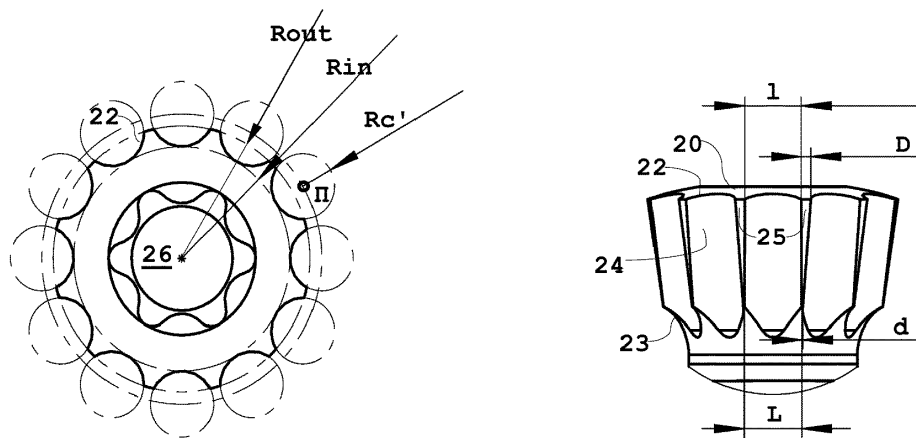


Fig. 7F