



19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

11 Número de publicación: **2 316 112**

51 Int. Cl.:
A61B 17/72 (2006.01)
A61F 2/28 (2006.01)
A61N 1/32 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **07006869 .7**
96 Fecha de presentación : **02.04.2007**
97 Número de publicación de la solicitud: **1847227**
97 Fecha de publicación de la solicitud: **24.10.2007**

54 Título: **Sistema de clavo medular eléctrico.**

30 Prioridad: **19.04.2006 DE 10 2006 018 191**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
01.04.2009

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
01.04.2009

73 Titular/es: **Neue Magnetodyn GmbH**
Augustenstrasse 41
80333 München, DE

72 Inventor/es: **Kraus, Werner;**
Kraus, Stephanie y
Wiegmann, Markus

74 Agente: **Isern Jara, Jorge**

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

Sistema de clavo medular eléctrico.

5 La presente invención se refiere a un sistema de clavo medular con un cuerpo medular que es conductor eléctricamente por lo menos según secciones, con estructura alargada y que presenta un recinto hueco, un dispositivo de bobina, un primer electrodo conectado con el primer polo de un dispositivo de bobina y un segundo electrodo conectado con un segundo polo de un dispositivo de bobina.

10 Estos tipos de sistemas de clavos son conocidos en el sector de la osteosíntesis. La osteosíntesis efectúa la fijación estable frente a las cargas de los fragmentos de un hueso roto o enfermo, recuperando su forma natural intacta por medio de la implantación de tornillos, placas de apoyo, alambres, clavos medulares para huesos y similares que en general están fabricados en acero inoxidable o en aleaciones de titanio. Estos elementos para osteosíntesis posibilitan con rapidez la capacidad de movimiento del paciente al inmovilizar simultáneamente el hueso sometido a carga, lo
15 cual es una exigencia imprescindible para su curación.

No obstante, en la fijación rígida mediante las implantaciones de soporte que ejercen empuje sobre los tejidos, que son relativamente poco elásticas, constituye un problema la dificultad que se presenta para la curación biológica, sobre todo por la pérdida de vasos sanguíneos y nervios. Además, con periodos prolongados de implantación se
20 perjudica la calidad biomecánica de la estructura de soporte por la supresión parcial de su función. Además, con la pérdida de control biológico aumenta el peligro de infección por bacterias resistentes (MRSA = *Estrafilococcus Aureus* Multirresistente). Se ha indicado que estas bacterias pueden residir en la superficie de las implantaciones metálicas en forma de biopelículas adhesivas que pueden resistir el ataque de los antibióticos mediante una envoltura de polisacáridos.

25 Estos problemas pueden ser atacados en el ámbito de la cirugía ortopédica por medio de electro-osteoterapia inducida magnéticamente, por ejemplo mediante la utilización de los sistemas de clavos medulares del tipo indicado al principio, tal como por ejemplo se describe en el documento DE 2636 818 C2 (Base de la parte introductoria de la reivindicación 1). En la electro-osteoterapia se inducen en los medios de osteosíntesis potenciales eléctricos alternos de
30 baja frecuencia, que aplican a la parte del cuerpo correspondiente un campo magnético alterno. Desde hace tiempo se ha demostrado en numerosas utilizaciones clínicas de la técnica de acuerdo con este procedimiento en afecciones óseas principalmente infectadas, crónicamente resistentes a terapia, alteraciones sistémicas y metástasis tumorales, así como en estudios clínicos experimentales, que con la utilización de implantes de osteosíntesis como fuente de potenciales eléctricos alternos senoidales de baja frecuencia se consigue en la zona del hueso adyacente al metal de soporte un
35 efecto de curación óptimo.

La técnica de la transferencia funciona según el principio del transformador: la zona corporal herida o enferma es tratada con un campo magnético senoidal de frecuencia extraordinariamente baja, con una frecuencia aproximada de 1 a 100 Hz, preferente de 4 a 20 Hz y una densidad del flujo magnético de 0,5 a 5 mT (5 a 50 Gauß) cuyo
40 campo magnético es producido en un generador de corriente funcional en una o varias bobinas primarias externas sobre las que se coloca la parte del cuerpo dotada de medios de osteosíntesis. Estos campos electromagnéticos de frecuencia extremadamente reducida atraviesan los tejidos principalmente sin pérdidas, incluyendo eventuales prendas de ropa y revestimiento de yeso así como metales de soporte no magnéticos (austeníticos) de las osteosíntesis. En contacto eléctrico con estos se implantará una bobina secundaria del llamado transmisor o transductor. Los potenciales eléctricos inducidos en el transmisor son aplicados en la zona de la lesión ósea así como, de manera general, en los
45 tejidos que limitan con el medio de osteosíntesis, produciendo su efecto.

Con esta técnica de transmisión inductiva de potenciales eléctricos efectivos terapéuticamente a los soportes de osteosíntesis se evita el peligro de infección mediante conducción de corriente percutánea y se pueden determinar los
50 parámetros de tratamiento de tensión eléctrica, frecuencia, intensidad, forma de la señal y tiempo de tratamiento con una programación específica de un generador de corriente funcional del campo magnético inducido.

La presente invención se propone el objetivo de dar a conocer un sistema de clavo medular del tipo antes mencionado teniendo en cuenta especialmente su capacidad de manipulación y capacidad de utilización flexible durante la
55 operación, así como su estabilidad, efectos biológicos, efectividad terapéutica y economía.

Este objetivo se consigue mediante las características de la reivindicación independiente.

60 En las reivindicaciones dependientes se indican formas ventajosas de realización de la invención.

La invención se basa en el sistema de clavos medulares de tipo conocido de manera que el dispositivo de bobina queda dispuesto en una superficie externa de contacto de tipo conductor eléctrico, por lo menos parcialmente, con un dispositivo de caperuza extrema conectada de forma desmontable con el cuerpo del clavo en posición próxima y que la
65 superficie de contacto quede aislada eléctricamente con respecto al cuerpo del clavo y también que como mínimo una sección de la superficie de contacto constituya el primer electrodo y que como mínimo una sección del cuerpo del clavo constituya el segundo electrodo. Mientras que en los sistemas de clavo medular de tipo conocido el transmisor está dispuesto dentro del recinto hueco del cuerpo del clavo, la presente invención se basa en otra disposición, a saber, en un cuerpo envoltorio de una caperuza extrema que en la implantación es colocada en forma de cierre con el cuerpo del

clavo. De esta manera, el cuerpo del clavo puede ser implantado sin recibir influencia de los componentes eléctricos. En particular no se dificultará ni se imposibilitará la utilización de un vástago de guiado por las piezas constructivas dispuestas en el recinto hueco del cuerpo del clavo. En el vástago de guiado será introducido de igual manera que en la actualidad en el hueso roto, por ejemplo la tibia y el clavo medular puede ser introducido sin dificultad. A continuación

5 el vástago de introducción se ha retirado y se pueden aplicar tornillos de bloqueos distales y/o en disposición próxima que atraviesan el clavo por aberturas dispuestas en oposición, para conseguir una estabilidad de rotación adicional. Para la finalización de la implantación la caperuza extrema, cuyo cuerpo envolvente establece contacto con un polo de la bobina, queda unida con el cuerpo del clavo. De esta manera se consigue en especial contacto eléctrico entre el otro polo de la bobina y el cuerpo del clavo, de manera que la superficie de contacto del dispositivo de caperuza extrema

10 y el cuerpo del clavo constituyen un par de electrodos. Además de las ventajas que se consiguen con respecto a la capacidad de aplicación de un vástago de guiado se puede comprobar que el cuerpo del clavo no quede debilitado por los eventuales rebajes para recibir componentes eléctricos, por ejemplo fresados. Por esta razón el cuerpo del clavo mantiene la estabilidad que tenía también en los convencionales casos “no eléctricos”, lo que conduce a una sustancial reducción de las posibilidades de rotura del clavo. Esta reducción se incrementa todavía adicionalmente por el hecho de

15 que en base al efecto ventajoso de los potenciales eléctricos se reduce el tiempo del proceso de curación. Por lo tanto, según la invención, la caperuza extrema tiene una doble función. Por una parte impide el crecimiento de tejidos de unión y hueso en el cuerpo del clavo que podrían dificultar la extracción del cuerpo del clavo. Por otra parte la caperuza extrema alberga los componentes que confieren las características eléctricas al sistema de marcado. Además de las ventajas indicadas con respecto a la autorización de un cuerpo de clavo básicamente sin cambios se puede comprobar además que el cirujano puede decidir durante la operación si cierra el cuerpo del clavo con una caperuza extrema normal o con una caperuza extrema dotada de componentes eléctricos. Además la preparación y mantenimiento de caperuzas extremas con capacidad de inducción magnética son mucho menos complejos y por lo tanto más económicos que la preparación de cuerpos de clavos con capacidad de inducción magnética con la necesidad de medidas distintas. Otras ventajas biológicas son las siguientes: el peligro de infección se reduce por la fuerte reducción de sangrado y

20 por la inmunorreacción de los tejidos estimulados, la resistencia a los antibióticos de *estafilococcus aureus* (MRSA) multirresistentes es superada y la adherencia de películas de bacterias sobre la superficie del cuerpo del clavo se evita por la activación eléctrica de la superficie inducida magnéticamente.

La invención presenta además la ventaja de que el dispositivo de caperuza extrema presenta un cuerpo de la caperuza con capacidad de conducción eléctrica, cuya superficie constituye la superficie de contacto. Por ejemplo, el cuerpo de la caperuza extrema puede estar realizado en un mismo material que el cuerpo del clavo. Los componentes eléctricos dispuestos en el cuerpo de la caperuza extrema están embebidos preferentemente en un material sintético eléctricamente aislante, moldeable, por ejemplo una resina epoxídica.

Además, o bien de forma alternativa al moldeo en una resina epoxi, el extremo próximo del cuerpo de la caperuza extrema puede estar cerrado por una tapa aislante o conductora eléctrica. No es necesario realizar la totalidad de la superficie del cuerpo de la caperuza extrema conductora eléctrica en forma de electrodo. En una realización de caperuza extrema que preferentemente es como mínimo en ciertas secciones de forma cilíndrica, se puede prever por ejemplo un electrodo anular que rodee la envolvente cilíndrica, que está unido con intermedio de una capa aislante con la parte no destinada a electrodo del cuerpo de la caperuza extrema. Por ejemplo, el electrodo anular puede ser introducido en el cuerpo de la caperuza extrema de manera que se constituye una superficie externa lisa.

Por lo tanto, de manera específica, cuando el cuerpo envolvente de la caperuza extrema constituye un electrodo, se prevé de manera ventajosa que la caperuza extrema y el cuerpo del clavo estén unidos con la disposición de una capa aislante con intermedio de rosca. De esta manera, la caperuza extrema puede ser fabricada incluso en su zona de rosca mediante un material eléctricamente conductor único, lo que facilita la fabricación y mediante la utilización de roscas metálicas se garantiza una unión estable entre el cuerpo del clavo y la caperuza extrema. Es necesario el aislamiento entre la caperuza extrema y el cuerpo del clavo el cual se consigue mediante una capa de aislamiento que está unida o bien de manera firme con el cuerpo del clavo o con la caperuza extrema. De modo correspondiente es posible el aplicar la capa aislante como elemento separado antes de la colocación de la caperuza extrema. Renunciando a las ventajas de una caperuza extrema de un material único es también posible fabricar la sección de la caperuza extrema que soporta la rosca a base de un material aislante.

De acuerdo con una forma de realización alternativa de la presente invención, se prevé que la caperuza extrema presente un cuerpo envolvente de la caperuza extrema eléctricamente aislante así como una tapa eléctricamente conductora de cierre para el cuerpo de la caperuza extrema, cuya superficie constituye la superficie de contacto. Como material para el cuerpo de la caperuza extrema se puede tener en cuenta por ejemplo el polietileno de la misma manera que se utiliza para cazoletas de articulación en el sector de la endoprotésis.

La invención se desarrolla de manera especialmente ventajosa cuando el segundo polo de la bobina está unido mediante un contacto eléctrico elástico con un elemento añadido o insertado, conductor eléctrico en el espacio hueco del cuerpo del clavo, que está unido con capacidad de conducción eléctrica con el cuerpo del clavo. Mediante el contacto eléctrico elástico, mediante, por ejemplo, un resorte espiral, un resorte laminar o similares, se consigue una capacidad de conducción eléctrica satisfactoria en la zona de contacto. Antes del roscado de la caperuza extrema se introduce un elemento adicional conductor eléctrico en el cuerpo del clavo. Como terminación se efectúa el roscado de la caperuza extrema y mediante un contacto eléctrico elástico, que está dispuesto preferentemente de forma central en el extremo distal de la caperuza extrema, se constituye el contacto del segundo polo de la bobina con el cuerpo del clavo. El cuerpo adicional o inserto está fijado de manera tal en el cuerpo del clavo que se impide, como mínimo, un

desplazamiento axial en dirección distal. De esta manera, el cuerpo adicional o inserto ofrece la fuerza antagonista necesaria para la deformación del contacto elástico que favorece el contacto eléctrico.

Por ejemplo, se puede prever que el elemento añadido o inserto esté constituido por un tornillo de compresión con el cual se puede actuar con una fuerza dirigida axialmente en un vástago roscado que atraviesa el cuerpo del clavo según dos orificios colisos dispuestos en oposición. El tornillo de compresión ejerce empuje contra el vástago roscado situado en los orificios colisos de manera que los fragmentos de hueso en la zona del intersticio de la fractura son comprimidos uno contra otro. En fracturas estables axialmente se genera, por lo tanto una compresión de los fragmentos de la fractura en sentido circunferencial, de tipo activo, que es biomecánicamente favorable. En especial se transmitirá la carga axial al hueso de manera que se descargará el cuerpo del clavo. En relación con la presente invención el tornillo de compresión ejerce una doble función. Además de la funcionalidad de compresión, el tornillo de compresión es una parte componente del sistema eléctrico puesto que constituye igualmente el contacto entre ambos polos del dispositivo de bobina y el cuerpo del clavo que actúa como electrodo.

La presente invención se desarrolla de manera especialmente favorable por el hecho de que el dispositivo de bobina está unido con la superficie de contacto mediante un rectificador eléctrico, de manera tal que el primer electrodo constituido por la superficie del contacto tiene por lo menos de manera predominante polaridad positiva. De esta manera, la osteogénesis generada magnéticamente se concentra en la zona de estabilización del sistema de clavo medular, es decir el cuerpo del clavo, puesto que la osteogénesis depende de la polaridad de cada uno de los electrodos, es decir es favorecida en el cátodo y dificultada en el ánodo. Además se dificulta, se impide y/o se genera osteólisis en las inmediaciones de la caperuza extrema, mientras que en la zona de la fractura se refuerza la generación del hueso de manera deseada. En especial, se facilitará de este modo la extracción del sistema de clavo medular puesto que la caperuza extrema puede ser retirada de manera más fácil con el objetivo de producir la extracción sin que está sea impedida por tejidos óseos. Mediante la osteogénesis inducida magnéticamente en las inmediaciones del cuerpo del clavo se acelerará la nueva generación de la capacidad mecánica del hueso. De esta manera, el método quirúrgico de transformación de un bloqueo estático del hueso en curación en un bloqueo dinámico por la extracción de los tornillos de fijación en posición próxima de forma adelantada en el tiempo. Esto es válido también para el momento de retirada del conjunto del sistema de clavo medular.

Se puede prever que en una conexión paralela con respecto al circuito rectificador se disponga una resistencia óhmica. De manera correspondiente, se puede prever que en conexión en paralelo con el dispositivo rectificador se disponga una resistencia capacitiva. Mediante estas medidas se conseguirá una rectificación de corriente incompleta de manera que se dispone de parámetros para el ajuste de las circunstancias apropiadas con respecto a la osteogénesis y osteólisis.

Se prevé de manera ventajosa que el dispositivo de bobina presente un núcleo de la bobina. Mediante este núcleo, por ejemplo un núcleo ferrítico poco magnético, puede aumentar la potencia eléctrica para una intensidad de campo magnético externo determinada. Con el mantenimiento de la potencia eléctrica se puede trabajar con intensidades de campo magnético más reducidas y/o componentes más pequeños en la caperuza extrema.

Además se puede prever que en un cuerpo de un clavo este introducido como mínimo un elemento poco magnético de tipo alargado. Mediante la disposición de material poco magnético en el cuerpo del clavo se intensifica el campo magnético aplicado desde el exterior. Esta amplificación actúa en la zona de la caperuza extrema de manera que para una magnitud determinada de transferencia se dispone de potencias eléctricas más elevadas. Para un campo magnético alterno determinado se puede ajustar también la potencia eléctrica deseada con utilización de un transmisor más pequeño, de manera que se requiere un menor espacio para el transmisor. El sistema de clavo medular según la invención puede ser realizado por lo tanto con caperuzas extremas más pequeñas.

De acuerdo con otra realización preferente de la invención, se puede prever que en el cuerpo del clavo se introduzca como mínimo un elemento de material magnético permanente no saturado de forma alargada. Los campos eléctricos generados sobre los electrodos superficiales en el cuerpo del clavo y en la caperuza extrema tienen solamente una muy reducida capacidad de introducción en el tejido circundante, ascendiendo solamente en la mayor parte de casos al equivalente de unos pocos diámetros de células. Por la preparación de un elemento de tipo magnético permanente se genera un campo magnético igualmente en zonas de los tejidos alejadas del implante de manera que dicho campo magnético disminuye con el aumento de la separación radial del elemento magnético permanente. En base a la existencia de dicho campo de gradiente magnético se pueden inducir a causa del movimiento de los tejidos, campos eléctricos en dichos tejidos y ciertamente con una mayor separación del implante que lo que es posible por la disposición básica de electrodos de superficie. Como consecuencia se puede fomentar también el proceso de curación con una mayor separación del implante. El elemento magnético permanente está magnéticamente insaturado de manera que su magnetización puede ser consecuencia parcial del campo alterno aplicado desde el exterior. De esta manera se garantiza que no tiene lugar ninguna concentración completa no deseada del campo magnético aplicado desde el exterior sobre la zona del elemento magnético permanente. Por el contrario se puede ajustar un campo magnético suficiente en la zona del transmisor en la caperuza extrema. El elemento magnético permanente insaturado puede, por lo tanto, ser desplazado de manera ventajosa en combinación con un elemento poco magnético.

Se prevé de manera ventajosa que el elemento o elementos alargados estén rodeados de una envolvente aislante. Esta puede estar constituida, por ejemplo, por un manguito retráctil que envuelve de manera estanca a líquidos y gases a dicho elemento.

ES 2 316 112 T3

De manera correspondiente se puede prever que varios de dichos elementos alargados estén envueltos en el mismo manguito aislante. En caso de que, por ejemplo, estén introducidos varios elementos poco magnéticos o varios elementos magnéticos permanentes no saturados o incluso combinaciones de los mismos, estos también pueden estar reunidos dentro de un único manguito o envoltiente aislante. Por lo tanto, la introducción es llevada a cabo durante la operación mediante una única acción manual.

La invención está constituida además de manera específica de forma que la superficie externa del cuerpo del clavo está dotada por lo menos parcialmente de un recubrimiento conductor eléctrico que amplifica la superficie del cuerpo del clavo y que evita el depósito de bacterias. Los recubrimientos bactericidas son conocidos. Si se escoge un recubrimiento bactericida conductor eléctrico que amplifica la superficie del cuerpo del clavo, se produce un incremento del efecto bactericida, es decir a causa de la mayor superficie para la transferencia del campo eléctrico al tejido circundante.

En relación con este punto es preferible que el recubrimiento esté constituido por plata. Un recubrimiento de plata puede ser aplicado, por ejemplo, de forma directa sobre el implante de acero o de una aleación de titanio mediante una técnica de bombardeo iónico.

De manera preferente también se puede prever que entre la superficie del cuerpo del clavo y el recubrimiento quede dispuesta una capa intermedia porosa. La unión eléctricamente conductora del recubrimiento con la superficie del cuerpo del clavo que se encuentra por debajo de la capa intermedia se conseguirá por la fluidez del cuerpo envoltiente y/o por contacto directo de las partículas de plata con la superficie. La capa intermedia porosa está realizada preferentemente en un material cerámico o plástico.

Se describe además un cuerpo de un clavo que es apropiado para su utilización conjunta con un sistema de clavo medular según la invención.

Además se muestra una disposición de caperuza extrema que es apropiada para su utilización conjuntamente con el sistema de clavo medular según la invención.

La invención será descrita con referencia a los dibujos que se adjuntan en cuanto a una realización preferente que se explicará a modo de ejemplo.

Los dibujos:

La figura 1 es una vista lateral de un sistema de clavo medular según la invención;

La figura 2 es una sección en dirección axial de una zona extrema próxima de una primera forma de realización de un sistema de clavo medular según la invención;

La figura 3 es una sección en dirección axial de una zona extrema próxima de una segunda forma de realización de un sistema de clavo medular según la invención;

La figura 4 es una primera forma de realización de una conexión de rectificado de corriente que se puede utilizar con la invención;

La figura 5 es una segunda forma de realización de un circuito rectificador que se puede utilizar dentro del ámbito del sistema de clavo medular según la invención;

La figura 6 es una sección radial del cuerpo de un clavo de un sistema de clavo medular según la invención con varillas magnéticas dispuestos en su interior; y

La figura 7 es una sección por la superficie de un cuerpo de clavo de un sistema de clavo de marcado según la invención con un recubrimiento amplificador de la superficie.

En la descripción siguiente de las formas de realizaciones preferentes de la presente invención se designarán con iguales referencias los componentes iguales o equivalentes.

La figura 1 muestra una vista lateral de un sistema de clavo medular según la invención; la figura 2 muestra una sección en dirección axial del extremo próximo de una primera forma de realización de marcado según la invención. Se ha mostrado un sistema de clavo medular para la estabilización y fijación de fragmentos de un hueso roto, por ejemplo, la tibia de una pierna (tibia), del fémur de una pierna (fémur) o del húmero del brazo (húmero). El sistema de clavo medular comprende un cuerpo del clavo (12) de forma sencillamente cilíndrica y un dispositivo de caperuza extrema (20) que esencialmente es axialmente simétrica que cierra una abertura del cuerpo del clavo (12) de su extremo próximo (54). El cuerpo del clavo (12) tiene en su extremo distal (56) de manera correspondiente una abertura que no se ha mostrado. Las aberturas de los extremos próximos (54) y distal (56) están unidas por un recinto hueco (10) del cuerpo (12) del clavo. Existen aberturas de bloqueo (58, 60, 62, 64) en las paredes del cuerpo del clavo de manera que las aberturas de bloqueo que se han mostrado (58, 60, 62, 64) de manera correspondiente corresponden a otra abertura de bloqueo no mostrada dispuesta en oposición diametral. Un grupo de las aberturas (58, 60) están dispuestas

en el extremo distal (56) mientras que el otro grupo de aberturas de bloqueo (62, 64) están dispuestas en el extremo próximo (54). Igualmente en el extremo próximo (54) del cuerpo del clavo (12) se encuentra un par de orificios colisos en oposición entre si (32, 34).

5 El sistema de clavo medular mostrado en la figura 1 se utiliza en el ámbito de la osteosíntesis tal como se explicará a continuación. En primer lugar se introduce un vástago de guiado (no mostrado) en el recinto hueco de un hueso tubular fracturado, pasando más allá del intersticio de la rotura. En unión con el mismo se guiará el cuerpo del clavo (12) sobre el vástago de guiado en el elemento tubular del hueso. A continuación se puede retirar el vástago de guiado. A través de las aberturas de bloqueo (58, 60, 62, 64) se pueden montar uno o varios tornillos de bloqueo que atraviesan
10 el vástago del hueso que proporcionan estabilidad en rotación adicional al hueso estabilizado mediante el cuerpo del clavo (12). Otro tornillo puede ser guiado por los orificios colisos (32). Este produce la compresión axial del intersticio de la fractura de manera que desde el extremo próximo se roscara un tornillo de compresión (30) en una rosca interna del cuerpo del clavo, de manera que aquel se apoya por su extremo distal en el tornillo (32) dispuesto en los orificios colisos (32, 34). Como final del implante se colocará un dispositivo de caperuza extremo (20) sobre el cuerpo del
15 clavo (12), preferentemente con intermedio de una zona roscada (26) que estará constituida por una rosca externa en el dispositivo de caperuza extrema (20) en una rosca interna del cuerpo del clavo.

Tal como se puede observar en especial en la figura 2, el dispositivo de caperuza extrema (20), contiene un dispositivo de bobina (14) el cual en el estado roscado de la caperuza extrema (20) esta actúa por si misma como electrodo
20 mientras que el cuerpo del clavo (12) constituye el electrodo contrario. El dispositivo de bobina (14) está dispuesto en un volumen libre del cuerpo (22) de la caperuza extrema. El dispositivo de bobina (14) rodea un núcleo de hierro dulce que está previsto para la amplificación del campo magnético alterno alimentado desde el exterior. Un polo del dispositivo de bobina (14) establece contacto con intermedio de un circuito paralelo desde el diodo (36), resistencia óhmica (42) y resistencia capacitiva (44), con un punto de contacto (76) del cuerpo (22) de la caperuza extrema. El
25 circuito rectificador de corriente que se puede realizar mediante los diodos (36) puede actuar de manera ventajosa en la localización del crecimiento óseo. De esta manera, la superficie del cuerpo (22) de la caperuza extrema actúa como ánodo sobre el que se evita el crecimiento óseo o bien incluso tiene lugar osteolisis, mientras que el cuerpo del clavo (12) actúa como cátodo de manera que en especial en la zona de la fractura se fomenta el crecimiento óseo. Los componentes conectados en paralelo con el diodo (36), es decir la resistencia óhmica (42) y la resistencia capacitiva (44)
30 son opcionales. A través de estas, el desarrollo de la tensión será desplazado en relación con la tensión no rectificada en la dirección de la polaridad positiva, de manera tal, que se producirá una rectificación incompleta de la corriente. Con renuncia de las ventajas indicadas de la rectificación de corriente el diodo pasa a ser superfluo, de manera que el primer polo del dispositivo de bobina (14) puede establecer contacto de manera directa con el cuerpo (22) de la caperuza extrema. El otro polo del dispositivo de bobina (14) se encuentra en contacto eléctrico con intermedio de un
35 punto de contacto (74) con el resorte helicoidal (28). Con este objetivo se dispone un conductor eléctrico (72) a través de una zona distal del cuerpo de la caperuza extrema de manera que el aislante (70) impide el cortocircuito eléctrico del dispositivo de bobina. La zona distal del dispositivo (20) de caperuza extrema, que se estrecha con respecto a la zona próxima de la misma, tiene una zona roscada. Mediante una zona roscada (26) se efectúa el roscado de la caperuza extrema (20) en el cuerpo (12) del clavo de manera que se prevé una capa aislante (24) que impide el cortocircuito
40 del dispositivo de bobina. Esta capa aislante (24) esta dispuesta ventajosamente en la dirección próxima, por ejemplo hasta el aislamiento (66) en la transición entre la zona próxima con respecto a la zona distal de la caperuza extrema (20). En el cuerpo (12) del clavo esta roscado además un tornillo de compresión (30) con intermedio de la zona roscada (68). Tal como se ha indicado este tornillo de compresión (30) actúa contactando un tornillo que atraviesa los orificios colisos (32, 34) en dirección axial con una cierta fuerza, de manera que puede tener lugar una compresión en la zona
45 del intersticio de la fractura. En relación con lo indicado, el tornillo de compresión (30) actúa además para el contacto eléctrico del resorte helicoidal (28) que se apoya por su extremo distal sobre el tornillo de compresión (30). Con intermedio de la zona roscada (68) y en caso deseado mediante vástagos roscados no mostrados que atraviesan los orificios colisos (32, 34) se consigue el contacto eléctrico entre el dispositivo de bobina (14), es decir en particular el punto de contacto (74) y el cuerpo (12) del clavo. Los componentes eléctricos del cuerpo interno (22) de la caperuza extrema
50 están envueltos por una masa de una resina epoxi tolerable biológicamente, eléctricamente aislante y mecánicamente estabilizante.

La figura 3 muestra una sección axial de la zona extrema próxima de un segundo ejemplo de realización de un sistema de clavo medular según la invención. A diferencia de la forma de realización según la figura 2, en este caso
55 el cuerpo envolvente (22) de la caperuza extrema está realizado en un material eléctricamente aislante, por ejemplo, un polietileno tolerable biológicamente. La superficie de contacto estará constituida mediante una tapa conductora eléctrica (90) que cierra el extremo próximo del cuerpo (22) de la caperuza extrema. La tapa (90) puede quedar unida con el cuerpo de la caperuza extrema mediante una cola, tornillos, grapas o similares. En el caso de una unión estanca a los gases y a los líquidos de la tapa (90) con el cuerpo (22) de la caperuza extrema no es necesario el moldeado del interior del cuerpo envolvente, en caso de que ello sea posible, por ejemplo para la estabilización mecánica de los componentes y conexiones eléctricas. Los aislamientos (24, 26, 70) del cuerpo envolvente (22) de la caperuza extrema que se han descrito en relación a la figura 2 con respecto al cuerpo del clavo, son prescindible en el caso de un cuerpo
60 envolvente (22) de la caperuza extrema aislante eléctrico según la figura 3.

65 Las figuras 4 y 5 muestran dos formas de realización de un circuito rectificador utilizable conjuntamente con la invención. El circuito de la figura 4 corresponde esencialmente al circuito ya descrito en base a la figura 2 en el que no obstante no existe resistencia capacitiva. De igual manera es la conexión en paralelo la que puede ser prescindible, según sea la aplicación, una resistencia óhmica (62). Mientras que la figura 4 muestra un circuito rectificador mono-

direccional, en la figura 5 se ha mostrado un circuito rectificador de dos vías. El dispositivo de bobina (14) tienen un punto intermedio (78) desde el cual está unido con intermedio de la resistencia óhmica (82) con un nudo de conexión (80) hacia el punto de contacto (74) del cuerpo del clavo (12) o bien del resorte helicoidal (28). El punto intermedio (78) está unido además de forma directa con el punto de contacto (76) en el cuerpo envolvente de la caperuza extrema. En los puntos de conexión (80) están conectados dos diodos (38, 40) que establecen contacto con ambos puntos extremos del dispositivo de bobina. De manera correspondiente tal como se ha explicado en relación con las figuras 2 y 3 también el circuito rectificador de corriente de energías mostrada en la figura 5 puede ser modificado a través del comportamiento de la corriente alterna de la resistencia que influye en el circuito.

La figura 6 muestra una sección radial de un cuerpo de un clavo de un sistema de clavo medular según la invención con varillas magnéticas dispuestas en el mismo. El cuerpo del clavo (12) tiene varios rebajes (84) a lo largo de su periferia que se extienden en dirección axial, que facilitan la estabilización en rotación del cuerpo del clavo (12) en los huesos. En el recinto hueco (10) del cuerpo del clavo (12) se encuentra un manguito aislante (52) con cuatro varillas (48, 50) dispuestas en su interior. En el presente ejemplo se trata de tres varillas (48) de un material poco magnético y de una radial (50) de un material magnético permanente no saturado. Son posibles otras variantes, a saber, una variación del número de varillas, la disposición en exclusiva de varillas poco magnéticas o una disposición exclusiva de material magnético permanente no saturado. Las varillas poco magnéticas (48) reúnen el campo alterno magnético alimentado desde el exterior por lo que se produce una amplificación local que actúa hasta la zona de la bobina (14) del dispositivo de caperuza extrema (20). Como consecuencia las varillas poco magnéticas (48) tienen un efecto amplificador sobre la potencia eléctrica puesta a disposición por medio de los electrodos de los tejidos. La varilla magnética permanente no saturada (50) puede seguir parcialmente al campo alterno magnético alimentado desde el exterior de manera que a diferencia de una varilla de material magnético permanente saturada se impedirá el "cortocircuito" del campo magnético. El efecto específico de los elementos magnéticos permanentes se debe tener en cuenta en caso de ausencia de campo magnético externo, es decir mediante la preparación de un gradiente magnético que atraviesa radialmente la zona de los tejidos que rodea el cuerpo del clavo (12), que disminuye hacia fuera. En base a este campo magnético permanente y de los movimientos de los tejidos perpendiculares al campo magnético permanente se inducen campos eléctricos en los tejidos que facilitan el proceso de curación. Al contrario que el campo eléctrico que entra en los tejidos solamente en una profundidad equivalente a unos pocos diámetros de células que es generado mediante los electrodos de superficie, el campo magnético permanente entra profundamente en el tejido, de manera que también en este caso se inducen campos eléctricos que fomentan el proceso de curación. Un campo magnético alterno procedente del exterior puede someter a los imanes permanentes adicionalmente a una vibración que actúa favorablemente al proceso de curación.

La figura 7 muestra una sección de la superficie del cuerpo de un clavo de un sistema de marcado de acuerdo con la invención con un recubrimiento que amplifica la superficie. La superficie externa del cuerpo del clavo (12) está dotada con un recubrimiento conductor eléctrico, que amplía la superficie y que evita el depósito de bacterias, preferentemente a base de partículas de plata (26) en estado coloidal. El recubrimiento de la superficie se consigue mediante una tapa intermedia porosa (68) que está realizada por ejemplo en un material plástico o cerámico. De manera correspondiente, es posible que las partículas de plata sean aplicadas de manera adicional o alternativamente en la capa intermedia. Esto puede ser realizado mediante la aplicación de una emulsión de cerámica-plata. El contacto eléctrico entre la superficie del cuerpo (12) del clavo y el recubrimiento conductor eléctrico (86) se realizará mediante la elasticidad del cuerpo o por contacto directo de la superficie del cuerpo del clavo (12) con el recubrimiento (86) en la zona de los poros de la superficie porosa (88). Mediante el recubrimiento bactericida (86) se impedirá el depósito de bacterias incluso sin potencial eléctrico aplicado a la superficie del clavo. Este efecto quedará reforzado en el ámbito de la presente invención por los campos eléctricos inducidos. Además se favorecerá el efecto del campo eléctrico inducido sobre los tejidos circundantes, puesto que el recubrimiento conductor eléctrico (86) aumenta la superficie de contacto entre los tejidos y el electrodo. Como resultado se pueden mejorar de esta manera los efectos biológicos positivos o se pueden utilizar aparatos más simples y más pequeños con mantenimiento de una calidad determinada lo que afecta en especial al dispositivo de bobina y a los aparatos que generan los campos magnético alternos exteriores.

Las características de la invención mostradas en la descripción, en los dibujos y también en las reivindicaciones pueden ser esenciales tanto de forma individual como también en la combinación deseada para la realización de la invención.

Lista de piezas

- 10 Hueco interno
- 12 Cuerpo del clavo
- 14 Dispositivo de bobina
- 16 Primer electrodo
- 18 Segundo electrodo
- 20 Dispositivo de caperuza extrema

ES 2 316 112 T3

	22	Cuerpo de la caperuza extrema
	24	Capa aislante
5	26	Zona roscada
	28	Contacto eléctrico elástico
	30	Tornillo de compresión
10	32	Orificio coliso
	34	Orificio coliso
15	36	Diodo
	38	Diodo
	40	Diodo
20	42	Resistencia óhmica
	44	Resistencia capacitiva
25	46	Núcleo de la bobina
	48	Varilla magnética blanda
	50	Elemento magnético permanente no saturado
30	52	Envolvente aislante
	54	Extremo próximo
	56	Extremo distal
35	58	Abertura de bloqueo
	60	Abertura de bloqueo
40	62	Abertura de bloqueo
	64	Abertura de bloqueo
	66	Aislamiento
45	68	Zona roscada
	70	Aislamiento
50	72	Conducción eléctrica
	74	Punto de contacto
	76	Punto de contacto
55	78	Zona intermedia
	80	Nudo de conmutación
60	82	Resistencia óhmica
	84	Rebaje
	86	Capa conductora eléctrica
65	88	Capa intermedia porosa
	90	Capa

REIVINDICACIONES

1. Sistema de clavo medular que comprende un elemento de clavo alargado (12) dotado de una cavidad (10) y
5 que es eléctricamente conductor por lo menos parcialmente, un conjunto de bobina (14), un primer electrodo (16) conectado a un primer polo del conjunto de la bobina y un segundo electrodo (18) conectado al segundo polo del conjunto de la bobina, **caracterizado** porque:
 - el conjunto de bobina (18) está dispuesto en un conjunto de caperuza extrema (20) conectado de forma des-
10 montable en la parte próxima al elemento de clavo (12) y que tiene la superficie de contacto externa por lo menos parcialmente conductora eléctricamente,
 - la superficie de contacto está aislada eléctricamente del elemento de clavo,
 - 15 - como mínimo una sección de la superficie de contacto forma el primer electrodo (16), y
 - como mínimo una sección del elemento de clavo forma el segundo electrodo (18).
2. Sistema de clavo medular según la reivindicación 1, **caracterizado** porque el conjunto de caperuza extrema (20)
20 presenta un cuerpo (22) de la caperuza extrema que es eléctricamente conductor, cuya superficie forma la superficie de contacto.
3. Sistema de clavo medular según una de las reivindicaciones 1 o 2, **caracterizado** porque el conjunto de caperuza
extrema (20) y el elemento de clavo (12) están conectados con intermedio de roscas (26) por medio de una capa aislante
25 (24).
4. Sistema de clavo medular según la reivindicación 1, **caracterizado** porque el conjunto de caperuza extrema (20)
comprende un cuerpo envolvente (22) de la caperuza extrema aislante eléctricamente así como una capa eléctricamente
conductora (90) que cierra el cuerpo envolvente de la caperuza extrema, formando la superficie de la tapa o la superficie
30 de contacto.
5. Sistema de clavo medular según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado** porque el segundo
polo de la bobina está conectado, con intermedio de un contacto eléctrico elástico (28), a un elemento postizo eléctri-
camente conductor (30) dispuesto en la cavidad (10) del elemento de clavo (12) y que está conectado al elemento de
35 clavo (12) a efectos de establecer un contacto eléctricamente conductor.
6. Sistema de clavo medular según la reivindicación 5, **caracterizado** porque el elemento postizo es un tornillo de
compresión (30) con intermedio del cual un vástago que penetra en dos orificios colisos opuestos (32, 34) del elemento
de clavo puede ser sometido a una fuerza dirigida axialmente.
- 40 7. Sistema de clavo medular según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado** porque el conjunto
de bobina (14) está conectado a la superficie de contacto con intermedio de un rectificador eléctrico (36, 38, 40)
de manera tal que el primer electrodo (16) formado por la superficie de contacto tiene una polaridad por lo menos
predominantemente positiva.
- 45 8. Sistema de clavo medular según la reivindicación 7, **caracterizado** porque se dispone una resistencia óhmica
(42) conectada en paralelo con el rectificador (36, 38, 40).
9. Sistema de clavo medular según la reivindicación 7 u 8, **caracterizado** porque la resistencia capacitiva (44) está
50 conectado en paralelo con el rectificador (36, 38, 40).
10. Sistema de clavo medular según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado** porque el conjunto
de la bobina (14) comprende un núcleo de bobina (46).
- 55 11. Sistema de clavo medular según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado** porque como
mínimo un elemento poco magnético alargado (48) es insertado dentro del elemento de clavo (12).
12. Sistema de clavo medular según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado** porque como
mínimo un elemento magnético permanente no saturado, de forma alargada (50), es insertado dentro del elemento de
60 clavo (12).
13. Sistema de clavo medular según la reivindicación 11 o 12, **caracterizado** porque como mínimo un elemento
alargado (48, 50) está rodeado por una funda aislante (52).
- 65 14. Sistema de clavo medular según la reivindicación 11 o 12, **caracterizado** porque varios elementos alargados
(48, 50) están rodeados por una única funda aislante (52).

ES 2 316 112 T3

15. Sistema de clavo medular según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado** porque la superficie externa del elemento de clavo (12) está dotada, como mínimo en parte, de un recubrimiento conductor eléctricamente que aumenta la superficie del elemento de clavo y evita colonización bacteriana.

5 16. Sistema de clavo medular según la reivindicación 15, **caracterizado** porque el recubrimiento comprende plata.

17. Sistema de clavo medular según la reivindicación 15 o 16, **caracterizado** porque una capa intermedia porosa queda dispuesta entre la superficie del elemento de clavo (12) y el recubrimiento.

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

Fig. 1

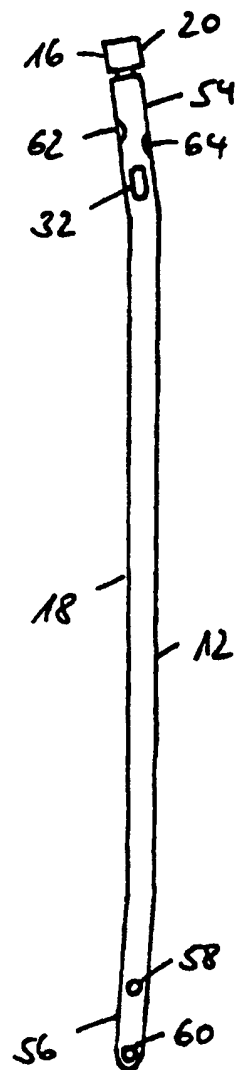


Fig. 2

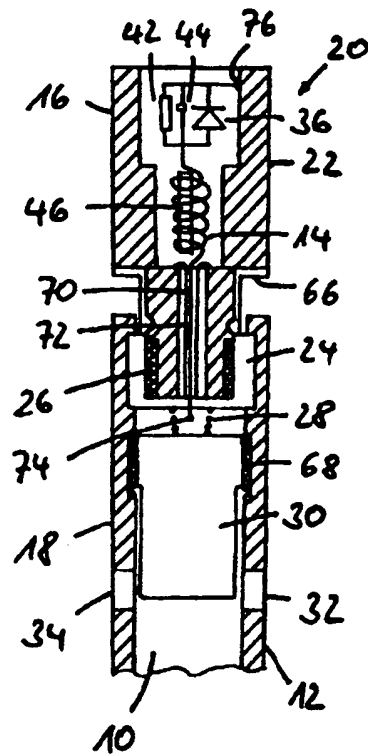


Fig. 3

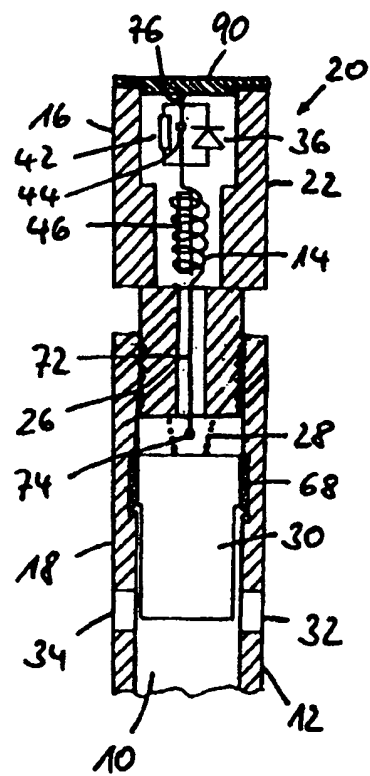


Fig. 4

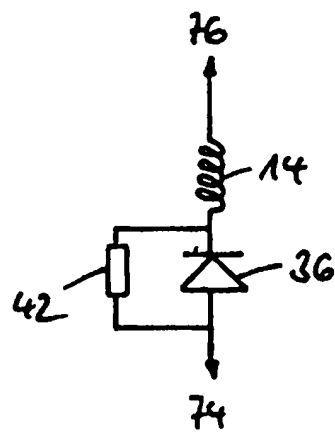


Fig. 5

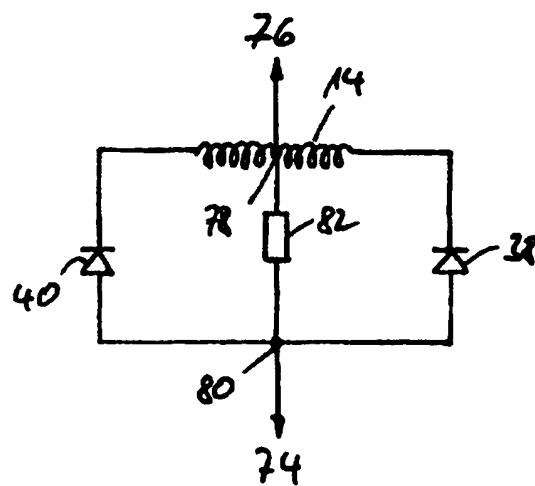


Fig. 6

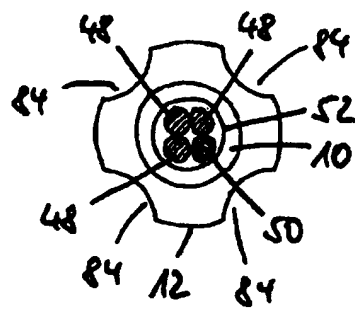


Fig. 7

