

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 763 816**

51 Int. Cl.:

B23H 11/00 (2006.01)

A61B 34/00 (2006.01)

B23H 7/02 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **14.10.2016 PCT/EP2016/074811**

87 Fecha y número de publicación internacional: **20.04.2017 WO17064305**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **14.10.2016 E 16787761 (2)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **02.10.2019 EP 3362218**

54 Título: **Método de fabricación de un instrumento médico**

30 Prioridad:

16.10.2015 IT UB20155222

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

01.06.2020

73 Titular/es:

**MEDICAL MICROINSTRUMENTS S.P.A. (100.0%)
Via del Paduletto, 10 A
56011 Calci, Pisa, IT**

72 Inventor/es:

**SIMI, MASSIMILIANO y
PRISCO, GIUSEPPE MARIA**

74 Agente/Representante:

LINAGE GONZÁLEZ, Rafael

ES 2 763 816 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

Método de fabricación de un instrumento médico

5 Campo de la invención

La presente invención se refiere a un método de fabricación de un instrumento médico.

10 En particular, la presente invención se refiere a un método de fabricación de un instrumento médico que comprende un dispositivo con articulaciones.

Estado de la técnica

15 En el campo se conocen conjuntos robóticos para cirugía o microcirugía que comprenden brazos robóticos de múltiples articulaciones que terminan con instrumentos quirúrgicos. Por ejemplo, el documento US-71553116-B2 da a conocer un conjunto robótico para realizar microcirugía cerebral bajo IRM (imágenes por resonancia magnética).

20 La adopción de tecnologías robóticas puede producir grandes beneficios, permitiendo tanto un alto grado de miniaturización de los instrumentos como aumento a escala del tamaño de los movimientos en el campo operativo, eliminando así el efecto del temblor fisiológico y facilitando la tarea manual. Por ejemplo, se llevan a cabo procedimientos microquirúrgicos en varias fases de la reconstrucción de tejidos biológicos, tales como por ejemplo en la ejecución de anastomosis de vasos sanguíneos, que comprenden vasos de diámetro pequeño y nervios. Tales procedimientos se llevan a cabo para reconstruir la anatomía después de la aparición de lesiones traumáticas o de lesiones producidas por la extirpación quirúrgica de tejido, para volver a unir las extremidades y revascularizar los tejidos, todo realizado en una disposición de cirugía abierta, dada la preexistencia de una lesión superficial. Otros ejemplos de aplicación de técnicas microquirúrgicas se encuentran en cirugía de trasplantes, neurocirugía o en cirugía vascular, así como en cirugía alrededor y dentro del ojo, y en el oído interno, como en el caso de implantes cocleares. Además, el procedimiento quirúrgico prominente de la cirugía de derivación cardíaca comprende la etapa crítica de la anastomosis de las arterias coronarias. La necesidad de miniaturización de instrumentos también se nota en otras técnicas quirúrgicas, por ejemplo, en cirugía mínimamente invasiva, tal como laparoscopia y endoscopia, que tienen como objetivo limitar la invasividad de los instrumentos quirúrgicos en el tejido biológico. Con referencia a la laparoscopia, las soluciones técnicas conocidas en la técnica no permiten una miniaturización satisfactoria del diámetro de los instrumentos laparoscópicos empleados en la cirugía laparoscópica de una sola incisión o cirugía de un solo puerto. Además, vale la pena indicar que los endoscopios normalmente empleados en MIS tienen un canal de instrumento con un diámetro de entre 1 mm y 3,2 mm. Tales dimensiones limitan la funcionalidad de la instrumentación quirúrgica actual disponible a través del canal del instrumento endoscópico, que en la actualidad es normalmente tan solo capaz de realizar una acción de agarre.

40 En general, se conocen en la técnica instrumentos médicos que comprenden un dispositivo con articulaciones adecuado para trabajar en el paciente. Por ejemplo, el documento WO-2010-009221-A2 muestra un instrumento quirúrgico robótico que comprende un dispositivo con articulaciones distalmente, capaz de proporcionar tres grados de libertad de movimiento, respectivamente inclinación, guiñada y agarre, empleando tan solo cuatro cables de accionamiento. Tales cables se deslizan dentro de canales de guía, o manguitos, presentes dentro del cuerpo del dispositivo de articulación. Dicha solución técnica limita la miniaturización del dispositivo de articulación robótico, porque la fricción entre las superficies de los canales de guía y los cables que se deslizan dentro de los mismos limita la precisión de posicionamiento que puede lograrse mediante el dispositivo de articulación.

50 Tal como se conoce en la técnica, a medida que se reducen las dimensiones físicas de los instrumentos médicos, surgen dificultades que están relacionadas con el aumento de la relevancia de fuerzas superficiales, tales como fricción, que se vuelven dominantes sobre las fuerzas de volumen. Un fenómeno de este tipo requiere recurrir a soluciones que minimicen las fuerzas de fricción y, al mismo tiempo, reduzcan al mínimo los movimientos perdidos de la mecánica. La pérdida de precisión de posicionamiento de un dispositivo de articulación es un obstáculo tecnológico fundamental para una miniaturización adicional del instrumento de articulación, ya que, con la miniaturización, también la rigidez de los elementos impulsores (tendones) disminuye con la segunda potencia de su diámetro, lo que lo hace incluso más difícil superar la fricción para el posicionamiento preciso de la punta del instrumento. Además, una solución de este tipo requiere un sistema de guía de tendones que comprende canales y superficies de guía que rodean los cables que hacen que los enlaces de inclinación y guiñada, así como el árbol del instrumento, sean muy difíciles de miniaturizar usando métodos de fabricación conocidos, tales como por ejemplo moldeo por inyección y mecanizado, y serían propensos a tener varias ubicaciones de debilidad mecánica.

65 Ejemplos adicionales de cables de accionamiento para instrumentos quirúrgicos adecuados para deslizarse, cuando se tira de los mismos o se empujan, dentro de manguitos o canales de guía, por ejemplo obtenidos en

las superficies laterales de poleas, se dan a conocer en los documentos US-6371952-B1, US6394998-B1 y WO-2010-005657-A2. Específicamente, este último documento da a conocer una solución en la que los cables de accionamiento siguen trayectorias que se cruzan a medida que discurren alrededor de poleas que comprenden canales de guía para evitar que tales cables interfieran entre sí, una condición que limita su eficacia en la transmisión del movimiento al dispositivo de articulación, tal como por ejemplo, en caso de agrupar o deslizar un tendón sobre otro.

Un obstáculo adicional para la miniaturización de dispositivos con articulaciones o articulados es el desafío de fabricar y ensamblar partes micromecánicas tridimensionales con suficiente precisión a un coste razonable del proceso. La necesidad de desarrollar fuerzas relativamente altas en la punta en dispositivos con un tamaño submilimétrico sugiere el uso de metales extremadamente rígidos para tales componentes, como por ejemplo acero para herramientas.

Se sabe que los dispositivos biomédicos se fabrican generalmente usando técnicas de fabricación derivadas de la industria microelectrónica. Por ejemplo, el corte por láser o chorro de agua no es apropiado para el mecanizado rápido en tres dimensiones. El moldeo por inyección actualmente no produce partes de tolerancia suficientemente alta. Por el contrario, el mecanizado por descarga eléctrica (EDM) es capaz de producir un rendimiento satisfactorio tanto en cuanto al acabado superficial como con respecto a la tolerancia geométrica requerida por los diseños mecánicos. EDM implica generalmente un proceso lento y costoso. Por ejemplo, el documento US-6768076-B2 da a conocer un accesorio para EDM capaz de soportar piezas que van a cortarse en un solo plano.

No obstante, el accesorio no es adecuado para la colocación repetida de la pieza, por ejemplo, no es posible rotar el accesorio mientras se mecaniza de manera que el EDM pueda trabajar en múltiples planos de corte, dando como resultado un laborioso proceso de fabricación que necesita operaciones complejas de recalibración cada vez que se lleva a cabo un corte en un plano diferente. Esto da como resultado una pérdida de precisión y, por tanto, tolerancias dimensionales y geométricas menos precisas.

Por tanto, existe la necesidad notada de proporcionar un instrumento médico con articulaciones o articulado, o un conjunto que comprenda un dispositivo con articulaciones o articulado, que sea estructural y funcionalmente adecuado para una miniaturización extrema sin comprometer su fiabilidad y seguridad. También existe la necesidad notada de proporcionar un instrumento médico con articulaciones o articulado, o un conjunto que comprenda un dispositivo con articulaciones, adecuado para llevar a cabo una amplia variedad de terapias médico-quirúrgicas. Finalmente, existe la necesidad notada de proporcionar un instrumento médico con articulaciones o articulado, o un conjunto que comprenda un dispositivo con articulaciones o articulado, que sea duradero y capaz de someterse a mantenimiento periódico sin comprometer su esterilidad o fiabilidad.

Existe la necesidad notada de proporcionar un instrumento médico con articulaciones o articulado, o un conjunto que comprenda un dispositivo con articulaciones, que requiera una fabricación simplificada en comparación con las soluciones conocidas.

Existe la necesidad notada de proporcionar un método de fabricación de dicho instrumento médico que sea más eficiente con respecto a las soluciones conocidas y que garantice el nivel de precisión requerido para el conjunto.

Existe la necesidad notada de proporcionar un método de fabricación para un instrumento médico que garantice un proceso de mecanizado más rápido, sin comprometer la precisión en la producción.

Además, existe la necesidad notada de proporcionar un método de fabricación adecuado para producir partes sujetas a miniaturización extrema sin reducir ni la precisión de la fabricación detallada ni la facilidad de ensamblaje de las partes producidas.

Se conocen soluciones para cortar una pluralidad de piezas mediante un mecanizado por electrodescarga de hilo. Por ejemplo, el documento FR-2867995-A1 muestra una solución de corte simultáneo de varias piezas idénticas de un marco de vidrio, en el que cada una de dichas piezas puede rotar alrededor de su eje longitudinal, durante el mecanizado. Las piezas producidas por medio de esta solución son idénticas para cada corte, por tanto, esta solución no es adecuada para cortar piezas que van a unirse entre sí y tienen un acabado superficial elevado, por tanto, esta solución no es adecuada para proporcionar piezas que van a unirse entre sí de tamaño micrométrica con un grado aceptable de tolerancia. Por ejemplo, el documento DE-3939078-C1 también muestra una solución similar.

Por ejemplo, el documento GB-814202-A muestra una máquina de electrodescarga de hilo que tiene una pluralidad de hilos de corte que realizan orificios en una pluralidad de piezas de trabajo montadas en un accesorio de mecanizado anular.

Por ejemplo, el documento US-5004883-A muestra un proceso de mecanizado por electrodescarga de hilo para cortar la misma pieza de trabajo a lo largo de dos planos de corte ortogonales. En particular, muestra las

siguientes características de la reivindicación 1: proporcionar un accesorio de mecanizado, proporcionar una pieza de trabajo alojada en un orificio del miembro, cortar dicha pieza de trabajo, rotar el accesorio de mecanizado y cortar dicha pieza de trabajo. Aunque satisfactoria bajo algunos puntos de vista, esta solución fuerza un tiempo de fabricación largo para una sola pieza de trabajo.

5 Por ejemplo, el documento US-4463241-A muestra una máquina de electrodescarga de hilo que tiene un accesorio de mecanizado adecuado para alojar una pluralidad de piezas de trabajo para realizar un corte en un solo plano de corte para producir piezas de trabajo de diferentes formas.

10 Se nota la necesidad de producir piezas de trabajo adecuadas para unirse entre sí con un mayor grado de precisión, evitando aumentar el tiempo de mecanizado.

Se nota la necesidad de proporcionar un método de mecanizado por electrodescarga de hilo para fabricar una pluralidad de piezas de trabajo con un mayor grado de precisión, adecuado para aplicaciones a microescala.

15 Se nota la necesidad de proporcionar un accesorio de mecanizado para una máquina de electrodescarga de hilo adecuado para alojar una pluralidad de piezas de trabajo durante el mecanizado, y al mismo tiempo adecuado para permitir cortes sucesivos en diferentes planos de corte.

20 Solución

Uno de los objetivos de la invención descrita en el presente documento es superar las limitaciones de las soluciones conocidas descritas anteriormente y proporcionar una solución a las necesidades mencionadas con referencia al estado de la técnica.

25 Este y otros objetivos se lograrán mediante un método según la reivindicación 1.

Algunas formas de realizaciones preferidas son el objeto de las reivindicaciones dependientes.

30 Figuras

Surgirán características y ventajas adicionales de la invención a partir de la descripción notificada a continuación de realizaciones preferidas, que se facilitan como ejemplos y no pretenden ser limitativas, lo que hace referencia a las figuras adjuntas, en las que:

35 . -la figura 1A es una vista en perspectiva, que muestra el conjunto robótico quirúrgico;

. -la figura 1B es una vista en perspectiva, que muestra el conjunto robótico quirúrgico;

40 . -la figura 1C es una vista en perspectiva, que muestra un conjunto robótico quirúrgico;

. -la figura 2A es una vista en perspectiva, que muestra un conjunto robótico quirúrgico asociado con otros elementos del quirófano;

45 . -la figura 2B es una vista frontal, que muestra un conjunto robótico quirúrgico asociado con otros elementos del quirófano;

. -la figura 3A es una vista en perspectiva, que muestra una porción de un par de dispositivos con articulaciones o articulados.

50 . -La figura 4A es una vista desde arriba, que muestra una porción de un conjunto robótico quirúrgico asociado con otros elementos del quirófano y un paciente.

55 . -La figura 4B es una vista desde arriba, que muestra una porción de un conjunto robótico quirúrgico asociado con otros elementos del quirófano y un paciente.

. -La figura 5 es una vista en perspectiva, que muestra una porción de un conjunto robótico quirúrgico asociado con otros elementos del quirófano y un paciente.

60 . -La figura 6 es una vista en perspectiva, que muestra una porción de un conjunto robótico quirúrgico asociado con otros elementos del quirófano, el cirujano y un paciente.

. -La figura 7 es una vista en perspectiva, que muestra un dispositivo de control.

65 . -La figura 8 es una vista en perspectiva, que muestra un brazo de macroposicionamiento.

ES 2 763 816 T3

- . -La figura 9A es una vista en perspectiva, que muestra una porción de un conjunto robótico.
- . -La figura 9B es una vista en perspectiva, que muestra una porción de un conjunto robótico.
- 5 . -La figura 9C es una vista en perspectiva, que muestra una porción de un conjunto robótico, asociado con un microscopio.
- . -La figura 9D es una vista en perspectiva, que muestra una porción de un conjunto robótico, asociado con un endoscopio.
- 10 . -La figura 9E es una vista ampliada del detalle indicado con la flecha E-E de la figura 9C.
- . -La figura 10 es una vista en perspectiva, que muestra una porción de un conjunto robótico.
- 15 . -La figura 11 es una vista en perspectiva, que muestra un instrumento médico.
- . -La figura 12 es una vista en perspectiva, y una representación de partes diferenciadas, que muestra un instrumento médico.
- 20 . -Las figura 13A y 13B muestra, en una vista en perspectiva, porciones de un sistema de impulsión.
- . -La figura 14A es una vista en sección esquemática de una porción de un sistema de impulsión.
- . -La figura 14B es una vista en sección esquemática de una porción de un sistema de impulsión.
- 25 . -La figura 15A es una vista en perspectiva que muestra un instrumento médico.
- . -La figura 15B es una vista en perspectiva que muestra un instrumento médico.
- 30 . La figura 15C es un boceto en vista en perspectiva que muestra un instrumento médico.
- . La figura 15D es un boceto en vista en perspectiva que muestra un instrumento médico.
- 35 . -La figura 16 es un dibujo esquemático, visto desde arriba y con partes parcialmente transparentes, que muestra una trayectoria de tendón de dos tendones.
- . -La figura 17 es una vista en perspectiva de un dispositivo articulado.
- 40 . -Las figuras 18 a 20 son vistas en perspectiva con partes aisladas de algunas realizaciones de un dispositivo articulado.
- . -La figura 21 muestra un perfil de un dispositivo articulado.
- 45 . -Las figuras 22 a 24 muestran varias posiciones de algunas realizaciones de un dispositivo articulado.
- . -Las figuras 25 a 27 muestra varias realizaciones de una herramienta terminal.
- . -La figura 28 muestra a vista en perspectiva de un detalle de un tendón.
- 50 . -La figura 29 muestra una vista en perspectiva de un detalle de un tendón.
- . -La figura 30 muestra una vista en perspectiva de un detalle de un tendón.
- 55 . -Las figuras 31 a 36 son esquemas, que muestran una trayectoria del tendón.
- . -La figura 37 es un esquema en vista en perspectiva, que muestra un accesorio de mecanizado.
- . -La figura 38 es un esquema, que muestra el perfil de un corte de mecanizado.
- 60 . -La figura 39 es un esquema en perspectiva, que muestra una fase de un método de fabricación según un aspecto de la invención.
- . -La figura 40A es una vista plana, que muestra un detalle de un accesorio de mecanizado.
- 65 . -la figura 40B es una vista en perspectiva, que muestra un detalle de un accesorio de mecanizado.

. -La figura 41 es un esquema en vista en perspectiva, que muestra una fase de un método de fabricación según un aspecto de la invención.

. - La figura 42 es una vista frontal de una herramienta;

5

. - la figura 43 es una vista en perspectiva de un accesorio de mecanizado montado sobre una mesa de soporte rotatoria.

Descripción de realizaciones preferidas

10

Según una realización, el término “tendón”, o “cable de accionamiento”, se refiere a un elemento que presenta una extensión prevalentemente longitudinal y es adecuado para funcionar bajo cargas de tracción aplicadas en sus puntos de extremo. Según una realización, el término “tendón opuesto” o “cable de accionamiento opuesto” se refiere a un tendón adicional adecuado para funcionar de un modo antagonista con respecto a dicho tendón.

15

Según una realización, en las figuras adjuntas, dicho tendón generalmente se indicará mediante la referencia numérica “90” y dicho tendón opuesto se indicará mediante la referencia numérica aumentada en cien, es decir “190”. No obstante, en las figuras en las que la distinción entre dicho tendón y dicho tendón opuesto es irrelevante, dicho tendón y dicho tendón opuesto se indicarán ambos mediante la referencia numérica 90. Según una realización, el concepto de “opuesto” se extiende por sí mismo a múltiples elementos y/o partes de elementos, tales como a los que hizo referencia dicho “tendón” anteriormente. Según una realización, los tendones comprendidos en un primer par de tendones se indicarán con las referencias “90, 190”, y los tendones que pertenecen a un segundo par de tendones se indicarán con las referencias “191, 192”.

20

25

Según una realización, los términos “maestro-esclavo”, “maestro” y “esclavo” se refieren al sistema conocido de teleoperación.

30

Según una realización, el término “herramienta terminal” se refiere a una porción adecuada para realizar una tarea asignada, tal como por ejemplo a partir de la superficie de contacto con al menos una porción del paciente. Por ejemplo, en un sistema de teleoperación del tipo maestro-esclavo, dicha herramienta terminal, o porción terminal, o miembro terminal, es al menos una porción de un “efector final”.

35

Según una realización, el término “dispositivo con articulaciones o articulado” se refiere a una articulación de la muñeca, una articulación del codo o una articulación del hombro de una estructura robótica o mecatrónica, en otras palabras, un conjunto interconectado de miembros y articulaciones adecuadas para soportar y/u orientar y/o posicionar y/o influir en la posición de dicha herramienta terminal.

40

Según una realización, los miembros de un dispositivo con articulaciones o articulado se indicarán mediante la anotación progresiva “primer miembro”, “segundo miembro”, y así sucesivamente, para indicar su posición dentro de la cadena cinemática, en la que el “primer miembro” indica el miembro más proximal; en otras palabras, “primer miembro” indica el miembro más alejado del órgano terminal. Según una realización, los miembros del dispositivo con articulaciones se indicarán con los términos “miembro de muñeca”, “miembro de codo” o “miembro terminal” para indicar la función ejercida por dichos miembros. Por ejemplo, el mismo miembro podría ser simultáneamente un “segundo miembro” y un “miembro de muñeca”.

45

Según una realización, el término “volumen de trabajo”, o “espacio de trabajo”, o “campo de trabajo”, o “volumen de espacio de trabajo” se refiere al conjunto de posiciones cartesianas accesibles a la porción terminal de un dispositivo con articulaciones o articulado. Según una realización, dicho volumen tiene una forma sustancialmente paralelepípeda. Según una realización, dicho volumen de trabajo es de una forma sustancialmente cilíndrica.

50

Según una realización, el término “macroposicionamiento” se refiere a una operación inicial de posicionamiento de al menos una porción del instrumento médico desde cualquier posición a una posición de trabajo dentro de o adyacente al campo operativo; en otras palabras, “macroposicionamiento” se refiere a la operación de hacer que el volumen de trabajo coincida con el campo operativo.

55

Según una realización, el término “microposicionamiento” se refiere a una operación de posicionamiento de al menos una porción de un instrumento médico de una manera más fina que el “macroposicionamiento”. Según una realización, el microposicionamiento tiene lugar en un espacio más limitado, en tiempo real y bajo el control directo del dispositivo de control (maestro).

60

Según una realización, el prefijo “micro” antes de un determinado objeto indica que dicho objeto está destinado principalmente, pero no exclusivamente, a funcionar en una escala submilimétrica.

65

Según una realización, el término “articulación giratoria” se refiere a una unión entre dos elementos adecuada para permitir un momento relativo de rotación entre dichos dos elementos alrededor de un eje de movimiento de la articulación.

Según una realización, el término "instrumento médico" se refiere a un instrumento adecuado para usarse durante al menos una fase de una terapia médica quirúrgica y/o cosmética. Según una realización, el término "instrumento quirúrgico" se refiere a un instrumento médico específicamente adecuado para usarse generalmente en al menos una fase de una terapia quirúrgica. Según una realización, el término "instrumento microquirúrgico" o "microinstrumento quirúrgico" se refiere a un instrumento médico específicamente adecuado para usarse en al menos una fase de una terapia microquirúrgica.

Según una realización, el término "bastidor" se refiere a una porción de un instrumento médico principalmente adecuada para tener una función de sujeción estructural. Según una realización, el "bastidor" puede comprender al menos un árbol, que es un elemento largo rígido o flexible que presenta una extensión principalmente longitudinal. Según una realización, dicho árbol, por ejemplo, puede ser de forma hueca y/o tubular.

Según una realización, el término "superficie reglada" se refiere a una superficie lograda por la unión de múltiples líneas rectas. Según una realización, si no se establece explícitamente lo contrario, el término "superficie reglada" se refiere a una superficie lograda mediante la unión de múltiples líneas rectas sustancialmente paralelas entre sí, o en otras palabras, una superficie reglada de generatrices sustancialmente paralelas.

A continuación, cuando se hace referencia a un dispositivo, o un conjunto, o un método, para microcirugía, quiere decirse un dispositivo, conjunto o método, adecuado para aplicarse en microcirugía, es decir, con el uso simultáneo de medios de aumento óptico tales como lupas o microscopios, pero también adecuados para aplicaciones en otras terapias quirúrgicas, tales como cirugía general, cirugía laparoscópica o cirugía endoscópica.

Según una realización, para no cargar el texto o las figuras, cuando se hace referencia a un "primer" o "segundo elemento" (por ejemplo, un "primer dispositivo de microposicionamiento" y un "segundo dispositivo de microposicionamiento"), se indicarán con la misma referencia numérica, siempre que sean funcionalmente indistinguibles (por ejemplo, "41" anteriormente); a veces, debido a la necesidad de claridad, la referencia numérica se especificará incrementada en cien (por ejemplo, "141" anteriormente y "241"); por tanto, por ejemplo, la referencia numérica "41" indicará tanto dicho "primer dispositivo de microposicionamiento" como dicho "segundo dispositivo de microposicionamiento", así como un "tercer" dispositivo de microposicionamiento. Mientras que cuando se usa la referencia específica, por ejemplo "141", se referirá al elemento específico, en este caso el "primer dispositivo de microposicionamiento". Análogamente, para no cargar excesivamente el texto, se omitirá la referencia numérica relativa a un elemento "opuesto", si un elemento es funcionalmente indistinguible de su opuesto.

Según la invención, un método de fabricación de un dispositivo 70, 170, 270 con articulaciones de un instrumento 60, 160, 260, 360 médico que comprende las siguientes etapas:

(a) proporcionar un accesorio 112 de mecanizado en una máquina de descarga eléctrica de hilo que tiene un hilo 115 de descarga eléctrica, comprendiendo dicho accesorio 112 de mecanizado una pluralidad de orificios 116 de miembros cada uno adaptado para alojar al menos una pieza 117 de trabajo, estando dicha pieza 117 de trabajo adaptada para formar al menos una porción de dicho dispositivo 70, 170, 270 con articulaciones de dicho instrumento 60, 160, 260, 360 médico;

(b) proporcionar al menos dos piezas 117 de trabajo, que comprenden una primera pieza de trabajo y una segunda pieza de trabajo, alojadas dentro de al menos dos orificios 116 de miembros de dicha pluralidad de orificios 116 de miembros;

(c) asociar dicho accesorio 112 de mecanizado a la máquina de descarga eléctrica de hilo de modo que dicho hilo 115 de descarga eléctrica pueda cortar como máximo una de dichas al menos dos piezas 117 de trabajo a la vez;

(d) cortar dichas al menos dos piezas 117 de trabajo mediante dicho hilo 115 de descarga eléctrica;

(e) rotar el accesorio 112 de mecanizado alrededor de un eje de rotación del accesorio R-R de un ángulo de rotación del accesorio predeterminado, eligiéndose dicho ángulo de rotación del accesorio predeterminado para proporcionar que dicho hilo 115 de descarga eléctrica pueda cortar como máximo una de dichas al menos dos piezas 117 de trabajo a la vez;

(f) cortar dichas piezas 117 de trabajo mediante dicho hilo de descarga eléctrica.

Gracias a tal accesorio 112 de mecanizado y el método descrito anteriormente, la porción que ya se ha mecanizado de cada pieza 117 de trabajo permanece dentro de dicho emplazamiento 116 de miembro hasta que se ha realizado el corte sobre el último plano. Los cortes hacen que el segundo plano de corte cruce los realizados en el primer plano de corte. Eso mejora la precisión de los resultados particularmente cuando las

piezas de trabajo tienen que unirse entre sí.

Según una realización de la invención dicho ángulo de rotación del accesorio predeterminado es sustancialmente igual a 90°.

5 Según una realización de la invención la etapa (d) se realiza sobre un primer plano de corte X-Y a lo largo de un primer perfil 110 de corte.

10 Según una realización de la invención la etapa (f) se realiza sobre un segundo plano de corte Y-Z a lo largo de un segundo perfil 210 de corte.

15 Según una realización, dicho perfil 110 de corte es la trayectoria seguida por el hilo 115 de corte durante el mecanizado por electrodescarga y es ortogonal a su velocidad de alimentación. Dicho perfil 110 de corte comprende las formas de una pluralidad de piezas de trabajo.

Según una realización, dicho perfil 110 de corte se encuentra sobre dicho plano de corte X-Y o Y-Z o X-Z. Dicho plano de corte X-Y o Y-Z o X-Z es ortogonal a la dirección de alimentación del hilo.

20 Según una realización, dicho perfil 110 de corte se encuentra sobre dicho plano de corte X-Y, Y-Z, X-Z. Dicho plano de corte X-Y, Y-Z, X-Z es ortogonal a la dirección de alimentación del hilo.

25 Según una realización de la invención la etapa (d) comprende la subetapa de conformar dicha segunda pieza de trabajo de manera diferente de dicha primera pieza de trabajo. Según una realización, el primer perfil 110 de corte describe sobre dicha primera pieza de trabajo y sobre dicha segunda pieza de trabajo diferentes trayectorias.

Según una realización de la invención la etapa (d) comprende la subetapa de conformar una porción de dicha segunda pieza de trabajo complementaria a una porción de dicha primera pieza de trabajo. De este modo, es posible miniaturizar las dimensiones de partes que está previsto que se acoplen entre sí.

30 Según una realización de la invención la etapa (e) comprende la subetapa de conformar dicha segunda pieza de trabajo de manera diferente de dicha primera pieza de trabajo. Según una realización, el primer perfil 210 de corte describe sobre dicha primera pieza de trabajo y sobre dicha segunda pieza de trabajo diferentes trayectorias.

35 Según una realización de la invención la etapa (e) comprende la subetapa de conformar una porción de dicha segunda pieza de trabajo complementaria a una porción de dicha primera pieza de trabajo. De este modo, es posible miniaturizar las dimensiones de partes que está previsto que se acoplen entre sí.

40 Según una realización, dicho método comprende las etapas adicionales de:

- repetir la etapa (e),

- realizar la etapa (f) sobre un tercer plano de corte X-Z.

45 Según una realización de la invención dicho eje de rotación del accesorio R-R es ortogonal a tanto dicho primer plano de corte X-Y como dicho segundo plano de corte Y-Z.

50 Según una realización de la invención la orientación de dicha pluralidad de emplazamientos 116 de miembros son paralelas entre sí.

Según una realización de la invención dicho eje de rotación del accesorio R-R) es sustancialmente paralelo a la orientación de dichos emplazamientos 116 de miembros.

55 Según una realización de la invención el método comprende la etapa adicional de realizar una calibración.

Según una realización de la invención dicha etapa de realizar una calibración se realiza antes de definir un primer perfil 110 de corte en dicho primer plano de corte X-Y, y antes de definir un segundo perfil 210 de corte en dicho segundo plano de corte Y-Z.

60 Según una realización de la invención dicha etapa de realizar una calibración comprende la subetapa de medir una distancia entre dicha primera pieza de trabajo y dicha segunda pieza de trabajo a lo largo de dicho primer plano de corte X-Y o dicho segundo plano de corte Y-Z.

65 Según una realización, se proporciona un accesorio 112 de mecanizado de unos instrumentos 60, 160, 260, 360 médicos que comprenden un dispositivo 70, 170, 270 con articulaciones. Dicho accesorio 112, o accesorio 112

de mecanizado, está adaptado para montarse sobre una máquina de descarga eléctrica de hilo que tiene un hilo 115 de máquina de descarga eléctrica que se mueve transversalmente con respecto a la dirección de velocidad de alimentación de la máquina de descarga eléctrica de hilo.

5 Según una realización, dicho accesorio 112 comprende una pluralidad de orificios 116 de miembros, cada uno adaptado para alojar al menos una pieza 117 de trabajo, en el que dicha al menos una pieza 117 de trabajo está adaptada para formar al menos una porción de dicho dispositivo 70, 170, 270 con articulaciones de dicho instrumento 60, 160, 260, 360 médico.

10 Según una realización, dicho accesorio 112 es adecuado para su uso durante al menos dos cortes sobre al menos dos de dicha pluralidad de piezas 117 de trabajo alojadas en al menos dos de dicha pluralidad de orificios 116 de miembros, dichos al menos dos cortes se realizan en al menos dos planos de corte que comprenden un primer plano de corte X-Y y un segundo plano de corte Y-Z. Según una realización, dicho primer plano de corte X-Y y dicho segundo plano de corte Y-Z son mutuamente ortogonales.

15 Según una realización, dicha pluralidad de orificios 116 de miembros está dispuesta en sucesión sobre dicho accesorio 112, de modo que dicho hilo 115 de máquina de descarga eléctrica cruza como máximo solo una de dichas piezas 117 de trabajo a la vez, cuando dichas piezas 117 de trabajo están montadas en los respectivos orificios 116 de miembros y se cortan ambas sobre dicho primer plano de corte X-Y y dicho segundo plano de corte Y-Z.

20 Según una realización, dos ejes ortogonales que se encuentran en los planos de corte X-Y, Y-Z cruzan como máximo solo una pieza 117 de trabajo. Según una realización, el hilo 115 de corte, tanto cuando avanza sustancialmente ortogonal a dicho primer plano de corte X-Y como sustancialmente ortogonal a dicho segundo plano de corte Y-Z, cruza como máximo solo una de dichas piezas 117 de trabajo a la vez. Según una realización, dos líneas ortogonales entre sí y ortogonales al eje 116 de orificio de miembro, cruza como máximo solo una de dichas piezas 117 de trabajo a la vez.

25 Gracias a un accesorio 112 de este tipo es posible realizar sobre las mismas piezas de trabajo dos cortes sobre diferentes planos de corte, sin una colocación adicional de las piezas 117 de trabajo sobre el accesorio 112. Esto permite mejorar la precisión de fabricación de dos o más piezas de trabajo que está previsto que se acoplen entre sí.

30 Según una realización, dicho accesorio 112 está asociado con una mesa 137 de soporte rotatoria para rotar dicho accesorio 112 alrededor de dicho primer eje de rotación del accesorio, evitando el desmontaje de dicho accesorio 112 de la máquina de descarga eléctrica de hilo, y en el que dicho primer eje de rotación del accesorio es sustancialmente paralelo a la línea de intersección entre dicho primer plano de corte X-Y y dicho segundo plano de corte Y-Z. La provisión de tal mesa 137 de soporte rotatoria permite rotar el accesorio 112 en su totalidad. Dicha mesa 137 de soporte rotatoria pivota alrededor de un axis de rotación R-R de la mesa. El accesorio 112 asociado con dicha mesa 137 de soporte rotatoria pivota alrededor de un axis de rotación R-R de la mesa.

35 Según una realización, dicho eje de rotación del accesorio R-R es paralelo a la línea generada a partir de la intersección de dicho primer plano de corte X-Y y dicho segundo plano de corte Y-Z.

40 Según una realización, dicho accesorio 112 comprende un primer par de superficies 113, 114 de fijación, siendo dicho primer par de superficies 113, 114 de fijación con acabado de precisión, opuestas y sustancialmente paralelas entre sí y sustancialmente ortogonales a un primer plano de corte X-Y. Según una realización, dicho accesorio 112 comprende un segundo par de superficies 134, 135 de fijación, siendo dicho segundo par de superficies 134, 135 de fijación con acabado de precisión, opuestas y sustancialmente paralelas entre sí y sustancialmente ortogonales a un segundo plano de corte Y-Z.

45 Según una realización, dichas superficies de sujeción están dispuestas desviadas, formando un perfil en escalera.

50 Según una realización, dicho accesorio 112 es adecuado para su uso durante al menos tres cortes sobre al menos dos de dichas piezas 117 de trabajo en al menos tres planos de corte que comprenden un primer plano de corte X-Y, un segundo plano de corte Y-Z y un tercer plano de corte X-Z; en el que dicha pluralidad de orificios 116 de miembros están dispuestos en sucesión de modo que una línea recta de traslación, sustancialmente ortogonal a dicho primer plano de corte X-Y, sustancialmente ortogonal a dicho segundo plano de corte Y-Z y sustancialmente ortogonal a dicho tercer plano de corte X-Z cruza como máximo solo una de dichas piezas 117 de trabajo, cuando están montadas en los respectivos orificios 116 de miembros. Según una realización, dicho primer plano de corte X-Y, segundo plano de corte Y-Z y dicho tercer plano de corte X-Z son mutuamente ortogonales. Según una realización, dicho accesorio 112 comprende además un tercer par de superficies de fijación con acabado de precisión, opuestas y sustancialmente paralelas entre sí y sustancialmente ortogonales a un tercer plano de corte X-Z.

Según una realización un conjunto 100 robótico quirúrgico comprende:

- 5 - al menos un dispositivo 41, 141, 241, 341 de microposicionamiento que tiene múltiples grados de libertad al menos de translación.
- Al menos un instrumento 60 médico, que comprende un dispositivo 70 con articulaciones o articulado que tiene múltiples grados de libertad de rotación.
- 10 Según una realización, dicho instrumento 60 médico está conectado en serie a dicho dispositivo 41 de microposicionamiento de manera que dicho dispositivo 70 articulado alcanza una posición predefinida en un volumen 7 de trabajo con su porción 77 terminal. Según una realización, dicho instrumento 60 médico comprende al menos un árbol 65, adecuado para conectar dicho bastidor con dicho dispositivo 70 con articulaciones.
- 15 Según una realización, dicho conjunto robótico 100 comprende un soporte 104 y al menos un brazo 30 de macroposicionamiento, conectado a dicho soporte 104, con respecto al cual dicho brazo 30 de macroposicionamiento proporciona múltiples grados de libertad de macroposicionamiento.
- 20 Según una realización, dicho dispositivo 41, 141, 241 y 341 de microposicionamiento está conectado en cascada, es decir en serie, a dicho brazo 30 de macroposicionamiento.
- Según una realización, dicho dispositivo 41 de microposicionamiento comprende grados de libertad exclusivamente de traslación.
- 25 Según una realización, dicho dispositivo 41 de microposicionamiento comprende un mecanismo cinemático cartesiano X-Y-Z y un grado de libertad de rotación adicional, alrededor de un eje de rotación que coincide sustancialmente con la dirección longitudinal en la que se desarrolla el instrumento médico.
- 30 Según una realización, dicho al menos un instrumento 60, 160, 260, 360 médico que comprende un dispositivo 70, 170, 270 con articulaciones tiene múltiples grados de libertad que son exclusivamente de rotación.
- Según una realización, un conjunto 100 quirúrgico robótico comprende un dispositivo 41 de microposicionamiento adicional, de manera que comprende al menos un primer dispositivo 141 de microposicionamiento y un segundo dispositivo 241 de microposicionamiento.
- 35 Según una realización, dichos al menos dos dispositivos 141, 241 de microposicionamiento están colocados paralelos entre sí. Según una realización, dichos al menos dos dispositivos de microposicionamiento están colocados lado a lado para mover un instrumento médico a la derecha y un instrumento médico a la izquierda.
- 40 Según una realización, un conjunto 100 robótico quirúrgico comprende un instrumento 60 médico adicional tal como para comprender al menos un primer instrumento 160 médico, conectado en cascada, o en serie, a dicho primer dispositivo 141 de microposicionamiento y al menos un segundo instrumento 260 médico, conectado en cascada, o en serie, a dicho segundo dispositivo 241 de microposicionamiento.
- 45 Según una realización, dicho primer instrumento 160 médico comprende un dispositivo 170 con articulaciones y dicho segundo instrumento médico comprende un segundo dispositivo 270 con articulaciones.
- 50 Según una realización, dicho primer dispositivo 141 de microposicionamiento y dicho segundo dispositivo 241 de microposicionamiento están colocados de tal modo que las respectivas porciones 77 terminales de cada dispositivo 70 con articulaciones alcanzan los respectivos volúmenes 7 de trabajo que deben al menos solaparse parcialmente.
- 55 La provisión de los volúmenes 7 de trabajo que al menos se solapan parcialmente permite un funcionamiento en un contexto usando al menos dos instrumentos médicos en una única porción del paciente.
- Según una realización, dichos respectivos volúmenes 7 de trabajo coinciden sustancialmente.
- 60 Según una realización, dicho brazo 30 de macroposicionamiento comprende al menos un miembro 38 de soporte, que comprende al menos una característica 39 de unión, adecuada para sujetar al menos una porción de al menos un dispositivo 41 de microposicionamiento.
- 65 Según una realización, dicho miembro 38 de soporte es adecuado para portar/recibir simultáneamente al menos una porción de dicho primer dispositivo 141 de microposicionamiento y al menos una porción de dicho segundo dispositivo 241 de microposicionamiento.

Según una realización, dicho miembro 38 de soporte comprende al menos otra característica 39 de unión, de manera que comprende al menos tres características 39 de unión, siendo dicha característica 39 de unión adicional adecuada para sujetar al menos una porción de un dispositivo 41 de microposicionamiento adicional.

5 Según una realización, dicho conjunto robótico 100 comprende al menos tres dispositivos 41, 141, 241, 341 de microposicionamiento.

Según una realización, dicho conjunto robótico 100 comprende al menos tres instrumentos 60, 160, 260, 360 médicos.

10

Según una realización, dichos tres instrumentos 60, 160, 260, 360 médicos están colocados en cascada, o en serie, con un dispositivo 41, 141, 241, 341 de microposicionamiento correspondiente, de dichos al menos tres dispositivos 41, 141, 241, 341 de microposicionamiento.

15 Según una realización, dicho primer dispositivo 141 de microposicionamiento, dicho segundo dispositivo 241 de microposicionamiento y dicho tercer dispositivo 341 de microposicionamiento están ubicados de manera que las posiciones 77 terminales de cada dispositivo 70 con articulaciones alcanzan los respectivos volúmenes de trabajo que al menos se solapan parcialmente.

20 Según una realización, dicho miembro 38 de soporte comprende al menos tres características 39 de unión, cada una adecuada para sujetar al menos una porción de un dispositivo 41 de microposicionamiento.

Según una realización, dicho brazo 30 de macroposicionamiento comprende:

25 - un primer miembro 31 de brazo, conectado a dicho soporte 104 y móvil con respecto a dicho soporte 104 a lo largo de una guía 36 de deslizamiento lineal,

- un segundo miembro 32 de brazo, conectado a dicho primer miembro 31 de brazo alrededor de un primer eje de movimiento a-a.

30

La provisión de que dicho primer miembro del brazo 31 sea móvil con respecto a dicho soporte 104 a lo largo de una guía 36 de deslizamiento lineal permite un movimiento hacia arriba y hacia abajo para acercarse o alejarse del campo operativo.

35 Según una realización, dicho brazo 30 de macroposicionamiento comprende además un tercer miembro 33 de brazo conectado a un segundo miembro 32 de brazo y móvil con respecto a dicho segundo miembro 32 de brazo alrededor de un segundo eje de movimiento del brazo b-b.

40 Según una realización, dicho brazo 30 de macroposicionamiento comprende además un cuarto miembro 34 de brazo conectado a dicho tercer miembro 33 de brazo y móvil con respecto a dicho tercer miembro 33 de brazo alrededor de un tercer eje de movimiento del brazo c-c.

45 Según una realización, dicho brazo 30 de macroposicionamiento comprende además al menos una tuerca 43 de dial de rotación, que es móvil alrededor de un cuarto eje de movimiento del brazo d-d, y es adecuada para manipularse para mover dicho miembro 38 de soporte alrededor de dicho cuarto eje de movimiento del brazo d-d.

50 Según una realización, dichos cinco grados de libertad de dicho brazo 30 de macroposicionamiento son un movimiento de traslación que es sustancialmente vertical, tres movimientos de rotación sustancialmente alrededor de dicho primer, segundo y tercer eje de movimiento del brazo a-a, b-b, c-c y al menos un movimiento de rotación alrededor de dicho cuarto eje de movimiento del brazo d-d.

Según una realización, dicha tuerca 43 de dial de rotación comprende un movimiento de click o no continuo que define desplazamientos preestablecidos.

55

Según una realización, dicho primer eje de movimiento del brazo a-a, dicho segundo eje de movimiento del brazo b-b y dicho tercer eje de movimiento del brazo c-c son sustancialmente paralelos entre sí.

60 Según una realización, dicho cuarto eje de movimiento del brazo d-d es sustancialmente ortogonal a dicho tercer eje de movimiento del brazo c-c.

Según una realización, un mando 37 manual que mueve un mecanismo de cremallera y piñón controla el movimiento de dicho primer miembro del brazo 31 en dicha guía 36 de deslizamiento lineal mediante su movimiento de rotación.

65

Según una realización, dicho brazo 30 de macroposicionamiento comprende al menos un sistema de frenado,

adecuado para bloquear el movimiento relativo de al menos dos de dicho soporte 104, dicho primer miembro del brazo 31, dicho segundo miembro del brazo 32, dicho tercer miembro del brazo 33, dicho cuarto miembro del brazo 34.

- 5 Según una realización, dicho brazo 30 de macroposicionamiento comprende al menos un botón 35 de liberación, o botón de desbloqueo, que puede conmutarse entre una posición de freno (o bloqueo) y una de liberación (o desbloqueo).
- 10 Según una realización, cada dispositivo 41 de microposicionamiento comprende una articulación 173 esférica, dicha articulación 173 esférica está posicionada en cascada, o en serie, aguas arriba de cada dispositivo 41 de microposicionamiento.
- 15 Según una realización, por ejemplo mostrada en la figura 2B, cada dispositivo 41, 141, 241 de microposicionamiento comprende una articulación 173 esférica, adecuada para cambiar la orientación del instrumento 60, 160, 260 médico moviendo el dispositivo 41, 141, 241 de microposicionamiento, desde su base, es decir la porción más proximal. Según una realización, dicha articulación 173 esférica es una articulación universal que puede bloquearse.
- 20 Según una realización, dicho dispositivo 41 de microposicionamiento comprende una primera deslizadera 51 motorizada, móvil a lo largo de un primer carril 54 de deslizamiento a lo largo de una primera dirección de deslizamiento f-f.
- 25 Según una realización, dicho dispositivo 41 de microposicionamiento comprende una segunda deslizadera 52 motorizada, móvil a lo largo de un segundo carril 55 de deslizamiento a lo largo de una segunda dirección de deslizamiento g-g.
- 30 Según una realización, dicho dispositivo 41 de microposicionamiento comprende una tercera deslizadera 53 motorizada, móvil a lo largo de un tercer carril 56 de deslizamiento a lo largo de una tercera dirección de deslizamiento h-h.
- Según una realización, dicha primera dirección de deslizamiento f-f es sustancialmente rectilínea.
- Según una realización, dicha segunda dirección de deslizamiento g-g es sustancialmente rectilínea.
- 35 Según una realización, dicha segunda dirección de deslizamiento g-g es sustancialmente ortogonal con respecto a dicha primera dirección de deslizamiento f-f.
- Según una realización, dicha tercera dirección de deslizamiento h-h es sustancialmente rectilínea.
- 40 Según una realización, dicha tercera dirección de deslizamiento h-h es sustancialmente ortogonal con respecto a tanto dicha primera dirección de deslizamiento f-f como dicha segunda dirección de deslizamiento g-g. Según una realización, la tercera dirección de deslizamiento h-h está alineada con el árbol 65.
- 45 Según una realización, dicho dispositivo 41 de microposicionamiento es adecuado para trabajar con un motor paso a paso o un servomotor. Según una realización, dicho dispositivo 41 de microposicionamiento es adecuado para trabajar con un motor piezoeléctrico o un motor ultrasónico.
- 50 Según una realización, dicho instrumento 60 médico comprende una articulación 46 rotatoria motorizada, adecuada para mover dicho instrumento 60 médico alrededor de un eje de rotación longitudinal r-r.
- Según una realización, dicho dispositivo 41 de microposicionamiento también comprende una articulación 46 rotatoria motorizada, adecuada para mover dicho instrumento 60 médico alrededor de un eje de rotación longitudinal r-r.
- 55 Según una realización, dicho eje de rotación longitudinal r-r coincide sustancialmente con su eje longitudinal de desarrollo, o eje del instrumento X-X, o eje longitudinal del árbol X-X, de dicho instrumento 60 médico.
- 60 Según una realización, un ángulo de árbol θ se define como el ángulo entre la dirección del árbol X-X del árbol 65 de dicho primer instrumento 160 médico y la dirección del árbol X-X del árbol 65 de dicho segundo instrumento 260 médico.
- 65 Según una realización, dicho instrumento 60 médico comprende un dispositivo 70 articulado con dos grados de libertad de rotación. Según una realización, dicho instrumento 60 médico comprende un dispositivo 70 articulado con dos grados de libertad de rotación ortogonales entre sí para formar una muñeca con articulación.
- Según una realización, dicho instrumento 60 médico comprende un dispositivo 70 con articulaciones con al

menos tres grados de libertad. Según una realización, dicho dispositivo 70 con articulaciones tiene tres grados de libertad de rotación, de los cuales dos grados de libertad de rotación alrededor de ejes paralelos entre sí y un tercer grado de libertad de rotación alrededor de dicho eje de rotación longitudinal r-r.

5 Según una realización, dicho dispositivo 70 con articulaciones tiene tres grados de libertad de rotación, de los cuales un primer grado de libertad de rotación, alrededor de un primer eje de rotación ortogonal al eje del instrumento X-X, un segundo grado de libertad de rotación paralelo al primer eje de rotación y un tercer grado de libertad de rotación ortogonal al segundo eje de rotación, de manera que dichos grados de libertad de rotación segundo y tercero están próximos entre sí y forman una subarticulación de la muñeca.

10 Según una realización, dicho instrumento 60 médico comprende un dispositivo 70 con articulaciones, que tiene un grado de libertad adicional en su porción 77 terminal, dicho grado de libertad adicional permite un movimiento de apertura y/o cierre de dicha porción 77 terminal. Según una realización, dicho dispositivo 70 con articulaciones comprende un dispositivo 77 terminal en dicha porción distal, en la que dicho dispositivo 77 terminal comprende dicho grado de libertad adicional de apertura y/o cierre. Por ejemplo, dicho grado de libertad adicional determina la apertura y/o el cierre de pinzas o de un instrumento de corte, tal como unas tijeras.

15 Según una realización, dicho instrumento 60 médico comprende al menos un árbol 65 tal como para posicionar su dispositivo 70 con articulaciones a una distancia predefinida de dicho dispositivo 41 de microposicionamiento. Según una realización, dicho árbol 65 es adecuado para distanciar dicho dispositivo 70 con articulaciones de dicho dispositivo 41 de microposicionamiento una distancia predefinida.

20 Según una realización, dicha distancia predefinida es un múltiplo de la extensión longitudinal de dicho dispositivo 70 con articulaciones. Según una realización, dicha distancia predefinida es igual a al menos cinco veces la extensión longitudinal de dicho dispositivo 70 con articulaciones. Según una realización, dicha distancia predefinida es igual a sustancialmente veinte veces la extensión longitudinal de dicho dispositivo 70 con articulaciones. Según una realización dicha distancia predefinida se mide a lo largo de la dirección longitudinal del árbol X-X. Según una realización, dicha distancia predefinida es igual a sustancialmente cincuenta veces la extensión longitudinal de dicho dispositivo 70 con articulaciones.

25 Según una realización, dicho árbol 65 es adecuado para conectar dicho bastidor con dicho dispositivo 77 terminal a una distancia predefinida de dicho bastidor.

30 Según una realización, dicho árbol 65 tiene una extensión longitudinal de entre 30 mm y 250 mm, y preferiblemente entre 60 mm y 150 mm.

35 Según una realización, dicho árbol 65 tiene un orificio interno longitudinal. Según una realización, dicho árbol 65 tiene una forma tubular hueca.

40 Según una realización, dicho instrumento 60 médico comprende una caja 61 de motor adecuada para albergar al menos un sistema de impulsión de al menos dicho dispositivo 70 con articulaciones, de dicho instrumento 60 médico. De este modo, el accionamiento de dicho dispositivo 70 con articulaciones sucede internamente a dicho instrumento 60 médico.

45 Según una realización, un conjunto 100 robótico comprende al menos un dispositivo 20 de control, adecuado para determinar el movimiento de al menos una porción de dicho instrumento 60, 160, 260 médico, mediante un sistema de comunicación de tipo maestro-esclavo.

50 Según una realización, dicho conjunto comprende un dispositivo 20 de control, de manera que comprende al menos dos dispositivos 20 de entrada. Según una realización, dicho dispositivo 20 de control es adecuado para determinar el movimiento de dicho dispositivo 70 con articulaciones de dicho instrumento 60 médico. Según una realización, dicho dispositivo 20 de control es adecuado para determinar el movimiento de dicho dispositivo 41 de microposicionamiento. La provisión de dicha característica permite un movimiento de traslación de dicho instrumento 21 de control tal como se registra mediante dicho dispositivo 22 de detección que está asociado con un movimiento de traslación de dicho dispositivo 77 terminal dentro de su espacio 7, 17 de trabajo.

55 Según una realización, dicho dispositivo 20 de control es adecuado para determinar el movimiento de dicho dispositivo 41 de microposicionamiento y dicho instrumento 60 médico.

60 La provisión de esta característica permite mover al menos una porción de dicho dispositivo 41 de microposicionamiento y al menos una porción de dicho instrumento 60 médico por medio de dicho instrumento 21 de control, tal como para determinar los movimientos tanto de rotación como de traslación de dicho dispositivo 77 terminal en dicho volumen 7 de trabajo.

65 Según una realización, dicho conjunto 100 robótico es adecuado para actuar conjuntamente con un sistema 103 de visión que puede asociarse con dicho conjunto 100 robótico.

Según una realización, dicho sistema 103 de visión es un microscopio 103.

5 La provisión de un microscopio 103 asociable con dicho conjunto robótico permite readaptarse con microscopios preexistentes, haciendo que dicho conjunto 100 robótico sea más versátil. Por ejemplo, dicho conjunto 100 robótico puede usarse en cooperación con microscopios que tienen una distancia de enfoque de entre 100 mm y 500 mm, dependiendo de la longitud focal de la lente objetivo usada. Además, permite que se reduzca el volumen de barrido del conjunto 100 robótico, durante la operación quirúrgica, dado que carece de tantas partes como sea posible que requieran movimientos relativamente grandes durante el movimiento de la porción terminal del instrumento.

Según una realización, dicho microscopio 103 es un microscopio 103 óptico.

15 Según una realización, dicho microscopio 103 es adecuado para encuadrar en su campo de visión dicha porción 77 terminal de dicho primer instrumento 160 médico y/o dicha porción 77 terminal de dicho segundo instrumento 260 médico y/o dicha porción terminal de dicho tercer instrumento 360 médico.

Según una realización, dicho microscopio 103 es adecuado para encuadrar el volumen 7 de trabajo.

20 Según una realización, al menos una videocámara 45 está conectada a dicho miembro 38 de soporte.

Según una realización, dicha videocámara 45 es adecuada para encuadrar dicha porción 77 terminal de dicho primer instrumento 160 médico y dicha porción 77 terminal de dicho segundo instrumento 260 médico.

25 Según una realización, dicho soporte 104 comprende al menos una pantalla 111, adecuada para formar una interfaz de entrada de máquina.

Según una realización, dicha pantalla 111 es adecuada para visualizar las imágenes adquiridas por dicha videocámara 45.

30 Según una realización, dicha videocámara 45 es adecuada para actuar conjuntamente con dicho brazo 30 de macroposicionamiento para permitir el posicionamiento correcto de dicho al menos un instrumento 60 médico. La provisión de esta característica facilita el proceso de posicionamiento de al menos una porción de dicho al menos un instrumento 60 médico dentro del volumen 7 de trabajo.

35 Según una realización, dicho primer instrumento 160 médico, dicho segundo instrumento 260 médico y dicho miembro 38 de soporte están dispuestos de un modo tal que forman sustancialmente un triángulo. Tal provisión permite reproducir la misma triangulación existente entre los ojos y los brazos del cirujano por medio de dicho conjunto 100 robótico.

40 Según una realización, dicho soporte 104 es al menos uno de: un carro móvil, una estructura de soporte de un microscopio, una cama de operaciones, una mesa de operaciones.

45 Según una realización, un dispositivo 20 de control para microcirugía para un conjunto robótico para microcirugía 100, en el que dicho dispositivo 20 de control es adecuado para formar al menos parcialmente la interfaz maestra de un par de maestro-esclavo para un conjunto robótico para microcirugía 100, comprende:

50 - al menos un instrumento 21 de control, móvil en el espacio, de una forma y tamaño que hacen que se sujete y se maneje como un instrumento quirúrgico tradicional, es decir un instrumento quirúrgico adecuado para operar directamente sobre al menos una porción de la anatomía 201 del paciente,

- al menos un dispositivo 22 de detección, adecuado para detectar la posición de dicho instrumento 21 de control en al menos una porción del espacio.

55 Según una realización dicho instrumento 21 de control comprende al menos un sensor 28 de posición, que actúa conjuntamente con dicho dispositivo 22 de detección, para detectar al menos la posición de dicho instrumento 21 de control.

60 Según una realización, dicho dispositivo 22 de detección genera un campo electromagnético tal como para detectar al menos la posición de dicho instrumento 21 de control detectando la posición de dicho al menos un sensor 28 de posición. Según una realización, dicho dispositivo 22 de detección detecta al menos la posición de dicho instrumento 21 de control detectando la posición de dicho sensor 28 de posición midiendo al menos componentes de aceleraciones inerciales. Según una realización, dicho sensor 28 de posición comprende acelerómetros.

65 Según una realización, dicho dispositivo 22 de detección está situado en una estructura 67 de base de dicho

dispositivo 20 de control.

5 Según una realización, dicho instrumento 21 de control comprende al menos una articulación 69 de pinzas, eficaz en una porción 68 de punta de dicho instrumento 21 de control, tal como para permitir a dicha porción 68 de punta un movimiento de agarre o corte.

Según una realización, al menos un sensor 29 de punta mide un ángulo de apertura de dicha articulación 69 de pinzas.

10 Según una realización, dicho instrumento 21 de control tiene una forma que replica sustancialmente la forma de un instrumento quirúrgico tradicional.

15 Según una realización, dicho dispositivo 20 de control comprende al menos un elemento de soporte ergonómico para el operario 27, que comprende al menos una superficie de soporte para el operario 25, adecuada para soportar al menos una porción del antebrazo del microcirujano 200, al menos cuando está en condiciones de operación, tales como para proporcionar soporte ergonómico para el microcirujano 200. La provisión de una característica de este tipo permite una comodidad mejorada del microcirujano, que determina una eficacia de operación mejorada.

20 Según una realización, un conjunto 100 robótico, comprende:

- al menos un dispositivo 20 de control, tal como se describe mediante una de las realizaciones descritas anteriormente,

25 - al menos un microinstrumento 60, 160, 260, 360 quirúrgico que comprende al menos una porción 77 terminal.

Según una realización, dicha porción 77 terminal es adecuada para operar sobre al menos una porción del paciente 201.

30 Según una realización, dicha porción 77 terminal es adecuada para manejar una aguja 202 quirúrgica, tal como se muestra por ejemplo en la figura 3A-3B.

35 Según una realización, dicho microinstrumento 60, 160, 260 quirúrgico comprende al menos un dispositivo 70 con articulaciones y dicho instrumento 21 de control es adecuado para actuar conjuntamente con dicho dispositivo 70, 170, 270 con articulaciones de modo que, cuando está en condiciones de operación, un primer movimiento de dicho instrumento 21 de control con respecto a dicho dispositivo 22 de detección corresponda a un segundo movimiento de dicho dispositivo 70, 170, 270 con articulaciones.

40 Según una realización, dicho brazo 30 de macroposicionamiento comprende al menos un sensor de brazo de macroposicionamiento, adecuado para actuar conjuntamente con dicho dispositivo 22 de detección, tal como para detectar la posición en el espacio de al menos una porción de dicho brazo 30 de macroposicionamiento con respecto a dicho dispositivo 22 de detección.

45 Según una realización, dicho conjunto 100 robótico microquirúrgico es adecuado para actuar conjuntamente con un sensor, adecuado para detectar la posición en el espacio con respecto a un único sistema de referencia de al menos uno de: dicho sensor 28 de posición, dicho sensor 29 de punta, dicho sensor de brazo de macroposicionamiento, dicho sensor de dispositivo de microposicionamiento, dicho sensor de microinstrumento.

50 Según una realización, dicho conjunto 100 robótico microquirúrgico es adecuado para actuar conjuntamente con un sensor, adecuado para detectar la posición en el espacio con respecto a un único sistema de referencia de al menos dos de: dicho sensor 28 de posición, dicho sensor 29 de punta, dicho sensor de brazo de macroposicionamiento, dicho sensor de dispositivo de microposicionamiento, dicho sensor de microinstrumento.

55 La provisión de esta característica permite que un sistema maestro-esclavo de teleoperación funcione de manera adecuada independientemente de la posición exacta de dicho dispositivo 22 de detección, dicho soporte 104, dicho brazo 30 de macroposicionamiento y dicho dispositivo 41 de microposicionamiento. En otras palabras, dicho instrumento 60 médico es capaz de seguir el movimiento del instrumento 21 de control con respecto a un mismo sistema de referencia de coordenadas común.

Según una realización, un conjunto 100 robótico microquirúrgico también comprende:

60 - un instrumento 21 de control adicional, tal como para comprender un primer instrumento de control

- y un segundo instrumento 221 de control;

65 - un microinstrumento 60, 160, 260 quirúrgico adicional tal como para comprender un primer microinstrumento 160 quirúrgico y un segundo microinstrumento 260 quirúrgico.

ES 2 763 816 T3

- Según una realización, dicho conjunto 100 robótico microquirúrgico comprende al menos un dispositivo 20 de control adicional, tal como para comprender un primer dispositivo 120 de control y un segundo dispositivo 220 de control.
- 5 Según una realización, dicho primer dispositivo 120 de control es adecuado para formar la interfaz maestra de dicho conjunto 100 robótico para la primera mano del cirujano 200.
- 10 Según una realización, un instrumento 60, 160, 260, 360 médico comprende al menos un bastidor y un dispositivo 70 con articulaciones.
- 15 Según una realización, dicho dispositivo 70 con articulaciones comprende al menos un primer miembro 71 de articulación, o primer enlace 71, adecuado para conectarse a al menos una porción de dicho bastidor, y al menos un segundo miembro 72 de articulación, o segundo enlace 72, en el que dicho primer enlace 71 se conecta por medio de una articulación 171 de rotación a dicho segundo enlace 72.
- 20 Según una realización, el instrumento 60 médico de ayuda también comprende al menos un tendón 90, 190, adecuado para mover al menos dicho segundo enlace 72 con respecto a dicho primer enlace 71, tirando del mismo.
- 25 Según una realización, al menos uno de dicho primer enlace 71, dicho segundo enlace 72 comprende al menos una superficie 40, 80, 140, 180 de deslizamiento, adecuada para permitir el deslizamiento de al menos una porción de dicho tendón 90, 190 sobre la misma.
- 30 Según una realización, dicha superficie 40, 80, 140, 180 de deslizamiento es una superficie 40, 80, 140, 180 reglada, específicamente una superficie reglada formada por una pluralidad de porciones de líneas rectas todas paralelas entre sí y sustancialmente paralelas a un eje de movimiento P-P, Y-Y de articulación.
- 35 Según una realización, dicha superficie 40, 80, 140, 180 de deslizamiento es una superficie 40, 80, 140, 180 reglada, específicamente una superficie reglada formada por una pluralidad de porciones de líneas rectas todas paralelas entre sí y sustancialmente paralelas a un eje de movimiento P-P, Y-Y de articulación de la articulación 171 de rotación más cercana a dicha superficie 40, 80, 140, 180 de deslizamiento. Según una realización, la articulación 171 de rotación más cercana se define midiendo a lo largo de la dirección de la trayectoria de tendón T-T.
- 40 Según una realización, dichos ejes de movimiento de la articulación pueden ser fijos o móviles con respecto a un sistema de referencia de base.
- 45 Según una realización, dicho al menos un segundo enlace 72 es un miembro 78 de muñeca, y dicho miembro 78 de muñeca comprende al menos una superficie 40, 80, 140, 180 de deslizamiento, formada por una pluralidad de porciones de líneas rectas paralelas entre sí y sustancialmente paralelas a un primer eje de movimiento de articulación.
- 50 Según una realización, dicho miembro 78 de muñeca comprende al menos una porción 172 articulante, adecuada para formar al menos una porción de una segunda articulación 171 de rotación que tiene un segundo eje de movimiento de articulación, no paralelo a dicho primer eje de movimiento de articulación.
- 55 Según una realización, dicho primer eje de movimiento de articulación y dicho segundo eje de movimiento de articulación son sustancialmente ortogonales entre sí.
- Según una realización, dicho primer eje de movimiento de articulación es un eje de inclinación P-P.
- Según una realización, dicho segundo eje de movimiento de articulación es un eje de guiñada Y-Y.
- 60 Según una realización, dicho instrumento 60, 160, 260 médico tiene al menos un miembro 77 terminal.
- Según una realización, dicho miembro 77 terminal es adecuado para entrar en contacto con una porción con un paciente 201, cuando está en condiciones de operación.
- 65 Según una realización, dicho miembro 77 terminal es adecuado para manejar una aguja 202 quirúrgica.
- Según una realización, dicho miembro 77 terminal comprende una cuchilla o superficie de corte y puede actuar como un bisturí.
- Según una realización, dicho miembro 77 terminal comprende al menos una superficie 86 de enrollamiento, hecha de una pluralidad de porciones de líneas rectas todas paralelas entre sí y sustancialmente paralelas a un

eje de movimiento de articulación. Según una realización, dicha superficie 86 de enrollamiento es adecuada para permitir que al menos una porción de dicho tendón 90, 190 se enrolle alrededor de la misma.

Según una realización, dicho segundo miembro 72 de articulación es un miembro 77 terminal.

5

Según una realización, dicho dispositivo 70, 170, 270 con articulaciones comprende un tercer miembro 73 de articulación, adecuado para conectarse a al menos dicho segundo miembro 72 de articulación mediante una articulación 171 de rotación.

10

Según una realización, dicho tercer miembro 73 de articulación es un miembro 77 terminal.

Según una realización, dicho miembro 77 terminal se conecta a dicho miembro 78 de muñeca mediante una articulación 171 de rotación.

15

Según una realización, dicho al menos un miembro 72 de articulación es un miembro 75 de codo, y dicho miembro 75 de codo comprende una pluralidad de superficies 40, 80, 140, 180 de deslizamiento formadas por una pluralidad de porciones de líneas rectas todas paralelas entre sí y sustancialmente paralelas a un único eje de movimiento de articulación.

20

Según una realización, dicho miembro 75 de codo comprende al menos una porción 172 articulante, adecuada para formar al menos una porción de una articulación 171 de rotación.

Según una realización, dicho dispositivo 70 con articulaciones comprende un tercer miembro 73 de articulación, adecuado para conectarse a al menos dicho segundo miembro 72 de articulación mediante una articulación 171 de rotación, en el que dicho segundo miembro 72 de articulación es un miembro 75 de codo y dicho tercer miembro 73 de articulación es un miembro 78 de muñeca.

25

Según una realización, dicho miembro 75 de codo está conectado mediante una articulación 171 de rotación a dicho primer miembro 71 de articulación, y en el que dicho miembro 78 de muñeca está conectado por medio de una articulación 171 de rotación a dicho miembro 75 de articulación de codo.

30

Según una realización, dicho dispositivo 70 con articulaciones comprende un cuarto miembro 74 de articulación, adecuado para conectarse a al menos dicho tercer miembro 73 de articulación por medio de una articulación 171 de rotación.

35

Según una realización, dicho cuarto miembro 74 de articulación es un miembro 77 terminal.

Según una realización, dicho miembro 77 terminal comprende al menos una superficie 86 de enrollamiento, formada por una pluralidad de porciones de líneas rectas todas paralelas entre sí y sustancialmente paralelas a un eje de movimiento de articulación, en el que dicha superficie 86 de enrollamiento es adecuada para permitir el enrollamiento de al menos una porción de dicho tendón 90, 190 alrededor de la misma.

40

Según una realización, dicho dispositivo 70 con articulaciones comprende dicho primer miembro 71, conectado a dicho miembro 78 de muñeca por medio de una articulación 171 de rotación, conectado dicho a miembro 77 terminal por medio de una articulación 171 de rotación.

45

Según una realización, dicho dispositivo 70 con articulaciones comprende dicho primer miembro 71, conectado a dicho miembro 75 de codo mediante una articulación 171 de rotación, conectado a dicho miembro 78 de muñeca mediante una articulación 171 de rotación, conectado por sí mismo a dicho miembro 77 terminal mediante una articulación 171 de rotación. Debe resultar aparente para los expertos en la técnica que haciendo uso de miembros de articulaciones similares a 71, 72, 73, puede ensamblarse un dispositivo 70 con articulaciones para incluir una secuencia de miembros en serie, de los cuales desde cero hasta una pluralidad de miembros 75 de articulación de codo, una pluralidad de, preferiblemente pares ortogonales de miembros 78 de articulación de muñeca y al menos un miembro 77 de articulación terminal.

50

55

Según una realización, dicha superficie 86 de enrollamiento es una superficie reglada.

Según una realización, dicha superficie de enrollamiento es sustancialmente inadecuada para que dicho tendón 90, 190 se deslice sobre la misma. Esto se debe a que dicho tendón 90, 190 termina próximo a dicha superficie 86 de enrollamiento, sobre el miembro de articulación que comprende dicha superficie 86 de enrollamiento.

60

Según una realización, dicho instrumento 60 médico comprende al menos un par de tendones que comprenden un tendón 90 y un tendón 190 opuesto, y dicho tendón 90 y dicho tendón 190 opuesto son adecuados para conectar sus segundos puntos 92 de extremo de terminación, o segunda terminación 92 de tendón, con los respectivos puntos 82 de sujeción de tendón, o punto de terminación 82 de tendón, de dicho segundo miembro 72 de articulación, tal como para mover dicho segundo miembro 72 de articulación alrededor de su eje de

65

articulación en direcciones opuestas.

5 Según una realización, dicho instrumento 60 médico que comprende al menos un par de tendones que comprenden un tendón 90 y un tendón 190 opuesto, y dicho tendón 90 y dicho tendón 190 opuesto son adecuados para conectarse en sus segundos puntos 92 de extremo de terminación a los respectivos puntos 82 de sujeción de tendón, o características 82 de terminación de tendón, de dicho miembro 77 terminal, tal como para moverlo alrededor de su eje de articulación en direcciones opuestas.

10 La provisión de una característica de este tipo garantiza que dicho tendón 90 y dicho tendón 190 opuesto puedan funcionar de un modo antagonista, por ejemplo tanto dicho tendón 90 como dicho tendón 190 opuesto mueven dicho miembro terminal alrededor del eje de guiñada Y-Y. Por tanto, no puede producirse movimiento de la articulación libre o pasivo, y en su lugar hay solo movimientos controlados y guiados positivamente.

15 Según una realización, dicho tendón 90 y tendón 190 opuesto son adecuados para conectarse por medio de sus segundos puntos 92 de extremo de terminación a los respectivos puntos 82 de sujeción de tendón, o características 82 de terminación de tendón, de al menos uno de dichos primero, segundo, tercero y cuarto miembros 71, 72, 73, 74 de articulación.

20 Según una realización, dicho tendón 90 y tendón 190 opuesto son adecuados para conectarse por medio de sus segundos puntos 92 de extremo de terminación en los respectivos puntos 82 de sujeción de tendón, o característica 82 de terminación de tendón, de al menos uno de dicho miembro 75 de codo, miembro 78 de muñeca y miembro 77 terminal.

25 Según una realización, dicho instrumento 60 médico comprende al menos un árbol 65, adecuado para guiar dicho al menos un tendón 90, 190. Dicho árbol 65 es un árbol según una de cualquiera de las realizaciones descritas anteriormente.

30 Según una realización, dicho dispositivo 70 con articulaciones tiene una extensión longitudinal menor de 10 milímetros.

Según una realización, dicho dispositivo 70 con articulaciones tiene un volumen inferior a 10 milímetros cúbicos.

35 Según una realización, dicho miembro 77 terminal comprende al menos una primera porción del miembro 177 terminal y al menos una segunda porción del miembro 277 terminal. Según una realización, dicha primera porción del miembro 177 terminal y dicha segunda porción del miembro 277 terminal son móviles una con respecto a la otra alrededor de un eje de movimiento de articulación tal como para determinar un movimiento de agarre o corte. Según una realización, dicho eje de movimiento de articulación se denomina eje de guiñada Y-Y.

40 Según una realización, dicho instrumento 60 médico, que comprende al menos un par de tendones, comprende un tendón 90 y un tendón 190 opuesto, en el que uno de dicho tendón 90 y dicho tendón 190 opuesto es adecuado para conectarse por medio de su segundo punto 92 de extremo a un respectivo punto 82 de sujeción de tendón, o característica 82 de terminación de tendón, sobre dicho primer miembro 177 terminal, y en el que el otro de dicho tendón 90 y dicho tendón 190 opuesto es adecuado para conectarse por medio de su segundo punto 92 de extremo a un respectivo punto 82 de sujeción de tendón, o característica 82 de terminación de tendón, sobre dicho segundo miembro 277 terminal, tal como para mover dicha primera porción de miembro 177 terminal y dicha segunda porción de miembro 277 terminal con movimientos en direcciones opuestas.

50 Según una realización, cada una de dicha primera porción de miembro 177 terminal y dicha segunda porción de miembro 277 terminal comprende al menos una superficie 86 de enrollamiento.

55 Según una realización, dicho instrumento 60 médico comprende al menos un par de tendones que comprenden un tendón 90 y un tendón 190 opuesto, en el que dicho tendón 90 y dicho tendón 190 opuesto son adecuados para conectarse por medio de sus segundos puntos 92 de extremo en los respectivos puntos 82 de sujeción de tendón, o característica 82 de terminación de tendón, de dicho miembro 77 terminal, tal como para mover dicho tercer miembro 73 de articulación con respecto a dicho cuarto miembro 74 de articulación tal como para determinar un movimiento de agarre o corte.

60 Según una realización, dicho tendón 90 y dicho tendón 190 opuesto enrollan sus porciones distales alrededor de al menos una porción de dicha al menos una superficie 86 de enrollamiento de miembro 77 terminal.

65 Según una realización, dicha superficie 40, 80, 140, 180 de deslizamiento es una superficie 40, 140 de deslizamiento lateral adecuada para extenderse lejos del volumen central de dicho dispositivo 70, 170, 270 con articulaciones tal como para determinar que al menos una porción de tendón de desvía lejos y discurre no en contacto con dicho dispositivo 70 con articulaciones.

Según una realización, dicha superficie 40, 140 de deslizamiento lateral se une a una superficie del miembro

sobre el cual se construye, con al menos una superficie 64 de continuidad, compartiendo un plano tangente local. Según una realización, dicha superficie 40, 140 de deslizamiento lateral forma al menos un borde 63 afilado con el miembro sobre el cual se construye.

5 Según una realización, dicha superficie 40, 140 de deslizamiento lateral se une a una superficie del miembro sobre el cual se construye con una superficie 64 de continuidad en un lado y en el otro lado forma un borde 63 afilado con el miembro sobre el cual se construye.

10 Según una realización, dicha superficie 40, 80, 140, 180 de deslizamiento es una superficie 80, 180 de deslizamiento de articulación que rodea al menos parcialmente un eje de movimiento de articulación. Según una realización, dicha superficie 40, 80, 140, 180 de deslizamiento es una superficie 80, 180 de deslizamiento de articulación que rodea al menos parcialmente al menos uno de dicho eje de inclinación P-P y dicho eje de guiñada Y-Y, y en el que dicha superficie 80, 180 de deslizamiento de articulación está orientada opuesta con respecto a al menos uno de dicho eje de inclinación P-P y dicho eje de guiñada Y-Y, tal como para permitir al menos una intersección entre la trayectoria de tendón T-T de dicho tendón 90 y la trayectoria de tendón T-T de dicho tendón 190 opuesto. En otras palabras, dicha superficie 80, 180 de deslizamiento de articulación no es adecuada para encarar dicho eje de movimiento de articulación de la articulación 171 de rotación más cercana, cuando está en condiciones de operación.

20 Según una realización, dicha superficie de deslizamiento de articulación es convexa y rodea parcialmente al menos uno de dicho eje de inclinación P-P o eje de guiñada Y-Y, tal como para permitir al menos una intersección de dos tendones opuestos sobre sí mismos.

25 Según una realización, el término "articulación más cercana" se refiere a la articulación 141 de rotación que es la más cercana en distancia a la superficie 40, 80, 140, 180 de deslizamiento a lo largo de la trayectoria de tendón T-T.

30 Según una realización, sobre dicha superficie 80, 180 de deslizamiento de articulación, la trayectoria de tendón T-T de dicho tendón 90 y la trayectoria de tendón T-T de dicho tendón 190 opuesto, aunque no se cruzan, al menos se solapan parcialmente en un plano de proyección ortogonal a la dirección de dicho eje de movimiento de articulación de la articulación 171 de rotación más cercana.

35 Según una realización, sobre dicha superficie 80, 180 de deslizamiento de articulación, la trayectoria de tendón T-T de dicho tendón 90 y la trayectoria de tendón T-T de dicho tendón 190 opuesto son distintas entre sí y paralelas en un plano de proyección paralelo al eje de movimiento de articulación de la articulación 171 de rotación más cercana.

40 Según una realización, la trayectoria de tendón T-T de dicho tendón 90 se solapa con la trayectoria de tendón T-T de dicho tendón 190 opuesto al menos en un plano de proyección ortogonal a la dirección de dicho eje de movimiento de articulación de la articulación más cercana. Según una realización, la trayectoria de tendón T-T de dicho tendón 90 es sustancialmente paralela a la trayectoria de tendón T-T de dicho tendón 190 opuesto en un plano de proyección paralelo a dicho eje de movimiento de articulación de la articulación de rotación más cercana.

45 Según una realización, la trayectoria de tendón T-T de cada tendón 90 son sustancialmente paralelas entre sí, en un plano de proyección paralelo a dicho eje de movimiento de articulación de la articulación 171 de rotación más cercana.

50 Según una realización, cada trayectoria de tendón T-T es sustancialmente estacionaria sobre el miembro de articulación con el cual entra en contacto. En otras palabras, incluso cuando el tendón 90 está deslizando, la trayectoria de tendón T-T global está sustancialmente siempre en la misma posición con respecto al miembro de articulación de dicho instrumento 60 médico, con el cual entra en contacto.

55 Una característica de este tipo se realiza de manera única proveyendo que dicha superficie 40, 80, 140, 180 de deslizamiento de dichas superficies 86 de enrollamiento tenga una relación geométrica cooperativa con dicha característica 82 de terminación de tendón, que está a su vez está situada de manera ajustada sobre una porción de dicho instrumento médico.

60 Según una realización, dicha trayectoria de tendón T-T permanece sustancialmente estacionaria sobre el miembro de articulación con el cual entra en contacto para tanto el tendón 90 como el tendón 190 opuesto que determina movimientos de articulación opuestos.

65 Según una realización, la trayectoria de tendón T-T de cada tendón 90 es sustancialmente estacionaria en su sección sobre dicho bastidor, excepto por dicha porción 93 desviable. Dicha porción 93 desviable es de hecho adecuada para desviarse por el conjunto 94 de empujador, no diferente de una cuerda de guitarra.

ES 2 763 816 T3

- 5 Según una realización, dicho al menos un tendón 90, 190, cuando está en condiciones de funcionamiento, sigue una trayectoria de tendón T-T que se compone totalmente de secciones 9 en vuelo rectas sucesivas, que no están en contacto con ninguna superficie 40, 80 de deslizamiento o superficies 86 de enrollamiento, y secciones curvas que están en contacto con las superficies 40, 80 de deslizamiento o superficies 86 de enrollamiento de los miembros 71, 72, 73, 74, 75, 77, 78 de articulación.
- 10 Según una realización, cada característica 82 de terminación de tendón está situada tal como para soportar cada tendón 90, 190 de manera que su trayectoria de tendón T-T es estacionaria con respecto al miembro de articulación más cercano al mismo.
- 15 Según una realización, dicho característica 82 de terminación de tendón está situada tal como para mantener su trayectoria de tendón T-T de cada tendón 90 sustancialmente siempre en contacto con dicha superficie 86 de enrollamiento, cuando está en condiciones de operación.
- 20 Según una realización, dicho característica 82 de terminación de tendón está situada de manera que la trayectoria de tendón T-T de cada tendón 90, 190 no entra en contacto con la trayectoria de tendón T-T de cualquier otro tendón 90, 190, cuando está en condiciones de operación.
- 25 Según una realización, dicho característica 82 de terminación de tendón está situada de manera que cada tendón 90, cuando está en condiciones de operación, se desliza sobre al menos una superficie 40, 80 de deslizamiento, que describe una sección curva de la trayectoria de tendón T-T sustancialmente paralela a la sección curva de la trayectoria de tendón T-T descrita por cualquier otro tendón 90, 190 cuando se desliza sobre la misma superficie 40, 80 de deslizamiento.
- 30 Según una realización, dicho instrumento 60 médico es un instrumento quirúrgico, adecuado para aplicarse en al menos uno de los siguientes campos: microcirugía, cirugía mínimamente invasiva y cirugía laparoscópica.
- 35 Según una realización, dicho instrumento 60 médico es adecuado para usarse para una biopsia. Según una realización, dicho instrumento 60 médico es adecuado para usarse para un procedimiento endoscópico.
- 40 Según una realización, dicho tendón 90, 190 tiene una sección transversal sustancialmente circular. Según una realización, el diámetro de dicho tendón 90, 190 es variable en diferentes porciones de dicho tendón 90, 190. Según una realización, las propiedades mecánicas de dicho tendón 90, 190 son variables en diferentes porciones de dicho tendón 90, 190. Según una realización, dicho tendón 90, 190 se obtiene uniendo porciones de tendones con diferentes características. Según una realización, la composición de dicho tendón 90, 190 es variable en diferentes porciones de dicho tendón 90, 190.
- 45 Según una realización, dicha trayectoria de tendón T-T en al menos una porción del tendón es sustancialmente ortogonal localmente a las generatrices de la superficie 40, 80, 140, 180 de deslizamiento sobre la que el tendón se desliza, en cada condición de operación, es decir para cualquier ángulo de rotación de las articulaciones 171 de rotación. Estas características contribuyen a evitar que dicha trayectoria de tendón T-T de cada uno de dichos tendones se desvíe alguna vez, es decir que nunca se dobla en una dirección paralela al eje de movimiento de articulación de la articulación 171 de rotación más cercana.
- 50 Según una realización, dicha trayectoria de tendón T-T es sustancialmente ortogonal localmente a las generatrices de las superficies 40, 80, 140, 180 de deslizamiento sobre las que se desliza.
- 55 Según una realización, dicho dispositivo 70 con articulaciones se fabrica principalmente con materiales metálicos.
- 60 Según una realización, es adecuado que dichos miembros de articulaciones se pulan con el objetivo de reducir la fricción generada por el deslizamiento de dicho al menos un tendón, cuando dicho tendón se desliza sobre el mismo.
- 65 Según una realización, un sistema 50 de impulsión de tendón para un instrumento 60, 160, 260 médico comprende al menos un conjunto 94 de empujador.
- Según una realización, dicho instrumento 60, 160, 260 médico comprende un bastidor y al menos un tendón 90, 190, exclusivamente adecuado para funcionar bajo cargas de tracción aplicadas en sus puntos de extremo, en el que se define una dirección de tendón T-T, o una trayectoria de tendón T-T, que coincide sustancialmente con la dirección de desarrollo longitudinal de dicho tendón 90, y en el que dicho tendón 90 se sujete en su primer punto 91 de extremo, o punto 91 de extremo de tendón proximal, o primera terminación 91 de tendón, a dicho bastidor 57.
- Según una realización, dicho conjunto 94 de empujador es adecuado para aplicar una fuerza sobre al menos una porción de dicha porción 93 desviable de dicho tendón 90 a lo largo de una dirección de empuje transversal a la

trayectoria de tendón T-T tal como para desviar la trayectoria de tendón T-T e inducir una carga de tracción aumentada en dicho tendón 90.

5 Cuando dicho conjunto de empujador empuja en dicha dirección de empuje, transversal a la trayectoria de tendón T-T, tiende a alargar localmente, solo localmente, dicha trayectoria de tendón. Un alargamiento localizado de la trayectoria de este tipo, que crea un bucle de tendón local, más grande está directamente relacionado con la cantidad de avance del conjunto de empujador. La creación de un bucle de tendón local más grande de este tipo da como resultado, en el extremo opuesto del tendón, un movimiento proporcional hacia atrás del punto de extremo distal del tendón 92 que está sujetado a la característica 82 de terminación de tendón en el miembro de articulación y por tanto da como resultado un movimiento del miembro de articulación.

10 Según una realización, dicho tendón 90 también comprende un segundo punto 92 de extremo de tendón, o punto 92 de extremo de tendón distal, adecuado para tirar de un elemento móvil, que puede estar conectado a dicho segundo punto 92 de extremo de tendón distal.

15 Según una realización, siguiendo dicho tendón a lo largo de su trayectoria de tendón T-T, uno se encuentra en primer lugar con dicho primer punto 91 de extremo de tendón, luego dicha al menos porción 93 desviable de tendón y luego dicho segundo punto 92 de extremo de tendón.

20 Según una realización, dicho elemento móvil es al menos una porción de dicho instrumento 60, 160, 260 médico, que es móvil con respecto a dicho bastidor 57.

25 Según una realización, cuando dicha porción 93 desviable de tendón se desvía mediante dicho conjunto 94 de empujador, dicho tendón 90 determina el movimiento de al menos una porción de dicho dispositivo 70 con articulaciones con respecto a dicho bastidor 57.

Según una realización, dicho conjunto 94 de empujador también comprende al menos una barrera 87 estéril, adecuada para impedir sustancialmente la contaminación bacteriana mutua de los dos entornos que separa.

30 Según una realización, dicha barrera 87 estéril se coloca entre dicho elemento 95 de empujador y dicho émbolo 96.

Según una realización, dicha barrera estéril es de una forma y un material adecuados para transmitir el empuje de dicho elemento 95 de empujador a dicho émbolo 96.

35 Según una realización, dicho sistema 50 de impulsión comprende al menos dos elementos 97 de guía de tendón, o poleas de guía, situados a lo largo de dicha dirección de tendón T-T de manera que cuando dicho conjunto de empujador determina una desviación de dicha trayectoria de tendón T-T, dichos al menos dichos dos elementos 97 de guía de tendón actúan conjuntamente para confinar la desviación de dicha trayectoria de tendón T-T a la sección de trayectoria de tendón entre dichos dos elementos 97 de guía.

40 Según una realización, dicho émbolo 96 comprende al menos una polea 98 tensora de émbolo, adecuada para empujar sobre dicha porción 93 desviable de tendón, y en la que dicha polea 98 tensora de émbolo es adecuada para girar libremente alrededor de su eje, y de este modo reducir la fricción de deslizamiento sobre dicha porción 93 desviable de tendón al menos cuando se empuja por dicho émbolo 96.

Según una realización, dicha polea 98 tensora de émbolo es un cojinete de bolas.

50 Según una realización, dicho segundo punto 92 de extremo de tendón es un saliente o un bucle o un lazo.

Según una realización, dicho sistema 50 de impulsión de tendón comprende al menos un elemento 99 de pretensado, adecuado para mantener dicho tendón 90 pretensado.

55 Según una realización, dicho sistema 50 de impulsión de tendón comprende al menos un conjunto 94 de empujador adicional, o conjunto de empujador 194 opuesto, opuesto a dicho conjunto 94 de empujador y adecuado para empujar sobre al menos una porción de la porción 93 desviable de tendón de dicho tendón 190 opuesto, a lo largo de una dirección de empuje transversal de tendón T-T tal como para desviar la trayectoria de tendón T-T y para inducir una carga de tracción aumentada en dicho tendón 190 opuesto y dicho tendón 90. En otras palabras, dicho tendón 90 y dicho tendón opuesto son adecuados para funcionar opuestos entre sí como músculos antagonistas del cuerpo humano que actúan conjuntamente para determinar los movimientos de aducción y abducción de una articulación.

60 Según una realización, dicho conjunto de empujador 194 opuesto empuja sobre dicha porción 93 desviable de tendón de dicho tendón 190 opuesto a lo largo de una dirección de empuje transversal a dicha trayectoria de tendón T-T, desviando dicha trayectoria de tendón T-T, induciendo una carga de tracción en dicho tendón 190 opuesto, desde su porción 18 proximal e induciendo una carga de tracción en dicho tendón 90, desde su porción

19 distal.

5 Según una realización, dicho tendón 190 opuesto comprende un segundo punto 92 de extremo, o punto 92 de extremo distal, adecuado para tirar de un elemento móvil asociable a dicho segundo punto 92 de extremo de tendón de dicho tendón 190 opuesto.

10 Según una realización, dicho tendón 190 opuesto comprende un segundo punto 92 de extremo, o punto de extremo distal adecuado para tirar de un único elemento móvil, común, asociable a tanto dicho segundo punto 92 de extremo de tendón de dicho tendón 90 como dicho segundo punto 92 de extremo de tendón de dicho tendón 190 opuesto. Según una realización, dicho tendón 90 y dicho tendón 190 opuesto tienen longitudes tales que dicho único elemento móvil, común está en una posición de referencia cuando dicho tendón 90 y dicho tendón 190 opuesto se pretensan mediante sus respectivos elementos de pretensado.

15 Según una realización, dicho tendón 90 y dicho tendón 190 opuesto son dos porciones de un único tendón 90.

Según una realización, dicho sistema 50 de impulsión de tendón comprende un elemento 199 de pretensado opuesto, adecuado para mantener dicho tendón 190 opuesto pretensado.

20 Según una realización, dicha pluralidad de tendones 90 y dicha pluralidad de tendones 190 opuestos están situados sobre una porción de un tambor 59, o tambor 59, de dicho bastidor de manera que la trayectoria de tendón T-T de cada tendón 90, 190 discurre separada con respecto a la trayectoria de todos los demás tendones 90, 190.

25 Según una realización, dicha pluralidad de tendones 90 y dicha pluralidad de tendones 190 están situados sustancialmente de manera radial, o como rayos, sobre dicho tambor 59. Según una realización, dicha pluralidad de tendones 90 y dicha pluralidad de tendones 190 opuestos están configurados sobre dicho tambor 59 como un cilindro de un motor radial, y en el que las trayectorias de dicho tendón 90 y dicho tendón 190 opuesto no se cruzan entre sí sobre dicho tambor 59.

30 Según una realización, dicho tendón 90 se fabrica con un material que es menos duro que el material de dicho dispositivo 70 con articulaciones. La provisión de esta característica permite la fabricación de un instrumento 60 médico que comprende un dispositivo 70 con articulaciones con mayor resistencia al desgaste, provocado por el deslizamiento del tendón 90 sobre al menos una porción de dicho dispositivo 70 con articulaciones. Además, esta característica evita cualquier desgaste y pérdida de material de la superficie del dispositivo 70 con articulaciones sobre la cual se desliza el tendón. En otras palabras, la provisión de esta característica evita que dicho dispositivo 70 con articulaciones se raye debido a los efectos del deslizamiento del tendón 90 sobre el mismo, cuando está en condiciones de operación.

40 Según una realización, dicho tendón 90, 190 está hecho de polietileno. Según una realización, dicho tendón 90, 190 está hecho de polietileno de alto peso molecular, o UHMWPE. Según una realización, dicho tendón 90, 190 está hecho de Kevlar. Según una realización, dicho tendón 90, 190 está hecho de Vectran. Según una realización, dicho tendón 90, 190 está hecho de Zylon, o PBO. Según una realización, dicho tendón 90, 190 está hecho de una combinación de los materiales anteriores.

45 Según una realización, dicho tendón 90 comprende al menos un punto 91 de extremo de tendón, adecuado para pegarse a dicho bastidor 57.

A continuación se describe un método para la fabricación de dicho instrumento 60, 160, 260 médico.

50 Según un posible modo de operación, un método de fabricación para el instrumento 60, 160, 260 médico comprende una fase de fabricación de un instrumento 60, 160, 260 médico según una de cualquiera de las realizaciones anteriormente descritas, mediante al menos una técnica de fabricación aditiva.

55 Según un posible modo de operación, un método de fabricación de un instrumento 60, 160, 260 médico comprende una fase de fabricación de un instrumento médico mediante moldeo por microinyección. En otras palabras, un método de fabricación para el instrumento 60, 160, 260 médico comprende una fase de fabricación de un instrumento médico por medio de micromoldeo.

A continuación se describe un método de fabricación del dispositivo 70, 170, 270 con articulaciones.

60 Según una realización, un método de fabricación de un dispositivo 70, 170, 270 con articulaciones comprende al menos las siguientes fases, en el orden preferido indicado a continuación:

65 - (A'') proporcionar un accesorio 112 de mecanizado sobre una máquina de EDM y disponer una pluralidad de piezas 117 de trabajo sobre dicho accesorio 112 de mecanizado.

- (B^{'''}) cortar la geometría deseada sobre dichas piezas 117 de trabajo con líneas de corte paralelas entre sí.

5 La provisión de una única etapa de corte sobre dichas piezas de trabajo con líneas de corte paralelas entre sí permite el mecanizado de superficies que son paralelas entre sí sobre dichas piezas de trabajo, con una precisión extrema del paralelismo.

Según un posible modo de operación, el método de mecanizado descrito anteriormente permite el mecanizado de superficies regladas caracterizadas por generatrices paralelas sobre dichas piezas 117 de trabajo.

10 Según un posible modo de operación, un método de mecanizado tal como se describió anteriormente permite el corte de piezas de trabajo de una dimensión muy pequeña, por ejemplo de dimensiones milimétricas o submilimétricas.

15 Según una realización, dicho método de mecanizado es adecuado para fabricar al menos un dispositivo 70 con articulaciones que comprende una pluralidad de miembros 71,72, 73,74, 75, 76, 77, 78 de articulaciones.

20 Según un posible modo de operación, dicho método de mecanizado es adecuado para mecanizar cortes paralelos sobre dichas piezas 117 de trabajo tal como para formar miembros de articulaciones que comprenden superficies paralelas entre sí.

Según un posible modo de operación, dicho método de mecanizado es adecuado para mecanizar cortes paralelos sobre dichas piezas 117 de trabajo tal como para formar miembros de articulaciones adecuados para ensamblarse de un modo complementario porque comprenden superficies que son paralelas entre sí.

25 Según un posible modo de operación, dicha máquina de EDM es adecuada para realizar EDM de hilo y comprende un hilo 115 de corte.

30 Según una realización, dicho hilo 115 de corte, o hilo 115 de ED, o hilo 115 de máquina de descarga eléctrica es de un diámetro de entre 30 micrómetros y 100 micrómetros, y es preferiblemente de 50 micrómetros.

35 La provisión de un método de mecanizado tal como se describió anteriormente permite que se transfiera exclusivamente energía térmica a la pieza que está mecanizándose 117, evitando que se transfiera cualquier energía mecánica a la pieza que está mecanizándose 117, por ejemplo induciendo flexión, tal como se es caso cuando se llevan a cabo cortes con una fresadora.

Según una realización, dicho método de mecanizado es adecuado para fabricar al menos un dispositivo con articulaciones para aplicaciones en el sector médico-quirúrgico.

40 Según una realización, dicho método de mecanizado es adecuado para fabricar al menos un dispositivo con articulaciones, adecuado para aplicaciones en mecánica de precisión, por ejemplo adecuado para su uso en la fabricación de relojes. Según una realización, dicho método de mecanizado es adecuado para fabricar al menos un dispositivo con articulaciones, adecuado para aplicaciones en el sector de la joyería y/o bisutería. Según una realización, dicho método de mecanizado es adecuado para la fabricación de al menos un dispositivo con articulaciones, adecuado para aplicaciones en el ensamblaje de productos electromecánicos.

45 Según un posible modo de operación, la fase (A^{'''}) comprende las siguientes subfases:

50 - montar una pluralidad de piezas de trabajo sobre dicho accesorio 112 de mecanizado en sus respectivos emplazamientos 116 de miembros.

Según un posible modo de operación, en primer lugar se lleva a cabo una subfase durante dicha fase (A^{'''}):

- (A1^{'''}) proporcionar un accesorio 112 de mecanizado sobre una máquina de EDM;

55 y luego la subfase:

- (A2^{'''}) disponer una pluralidad de piezas 117 de trabajo sobre dicho accesorio 112 de mecanizado.

60 Según un posible modo de operación, un método comprende la siguiente fase adicional entre la subfase (A1^{'''}) y la subfase (A2^{'''}):

- (C^{'''}) llevar a cabo una calibración.

65 Según un posible modo de operación, un método comprende la siguiente fase adicional entre la fase (A^{'''}) y la fase (B^{'''}):

ES 2 763 816 T3

- (C'') llevar a cabo una calibración.

Según un posible modo de operación, un método comprende las siguientes fases adicionales después de la fase (B'').

5

- (D'') rotar dicho accesorio 112 de mecanizado.
- repetir dicha fase (B'').

10 Según un posible modo de operación, dicha fase de rotar dicho accesorio 112 de mecanizado comprende una fase adicional de usar una mesa rotatoria para rotar dicho accesorio 112 de mecanizado, evitando desmontar dicho accesorio 112 de mecanizado de la máquina de corte para llevar a cabo las siguientes fases:

15

- rotar dicho accesorio 112 de mecanizado;
- llevar a cabo una segunda calibración, o calibración de corte, exclusivamente sobre dicha varilla 118 de referencia,
- repetir dicha fase (B'').

20

Según un posible modo de operación, dicha (C''), llevar a cabo una calibración, comprende las siguientes subfases:

25

- encender la máquina de EDM;
- proporcionar una varilla 118 de referencia con su eje paralelo a dichos emplazamientos 116 de miembros de las piezas 117 de trabajo;

30

- poner dicho hilo 115 de corte en contacto con una primera porción 122 de dicha varilla 118 de referencia, o porción encarada hacia el lateral del acceso 122 de hilo;
- medir, o registrar, la posición de dicho hilo;
.y/o

35

- medir, o registrar, la posición de dicho hilo 115 de corte, cuando está en contacto con una primera porción de una primera pieza de trabajo que va a mecanizarse, o la porción encarada al lateral del acceso de hilo; ejecutar la fase previa para cada pieza 117 de trabajo;

40

- .y/o
- poner el hilo 115 de corte en contacto con una segunda porción 123 de varilla de dicha varilla 118 de referencia, o porción encarada al lateral de la salida 123 de hilo, opuesta con respecto a dicha primera porción 122 de varilla;

45

- medir, o registrar, la posición de dicho hilo 115 de corte;
- calcular la posición del eje de dicha varilla 118 de referencia como un punto medio entre la posición de dicho hilo cuando está en contacto con dicha primera porción de varilla y la posición de dicho hilo cuando está en contacto con dicha segunda porción de varilla;

50

- .y/o
- medir, o registrar, la posición de dicho hilo 115 de corte cuando está en contacto con una segunda porción de dicha primera pieza de trabajo, o la porción encarada al lateral de la salida de hilo;

55

- calcular la posición de dicha primera pieza de trabajo como un punto medio entre la posición de dicho hilo cuando está en contacto con dicha primera porción de la pieza de trabajo y la posición de dicho hilo cuando está en contacto con dicha segunda porción de la pieza de trabajo;

60

- .y /o
- ejecutar la fase previa para cada pieza 117 de trabajo;

65

- .y/o
- repetir el procedimiento para todos los planos de corte X-Y, Y-Z, X-Z.

Según una realización, dicho accesorio 112 de mecanizado de un dispositivo 70, 170, 270 con articulaciones es adecuado para montarse sobre una máquina para EDM.

- 5 Según una realización, dicho accesorio 112 de mecanizado es adecuado para realizar al menos dos cortes sobre diferentes planos de corte sobre las piezas 117 de trabajo usando un único perfil 110 de corte por plano de corte.

10 Según una realización, dicho accesorio 112 de mecanizado comprende un primer par de superficies 113, 114 de fijación, que están rectificadas, opuestas y sustancialmente paralelas entre sí y sustancialmente ortogonales a un primer plano de corte X-Y.

15 Según una realización, dicho accesorio 112 de mecanizado comprende un segundo par de superficies 134, 135 de fijación, que están rectificadas, opuestas y sustancialmente paralelas entre sí y sustancialmente ortogonales a un segundo plano de corte Y-Z.

Según una realización, dicho primer par de superficies 113, 114 de fijación y dicho segundo par de superficies 134, 135 de fijación están rectificadas.

20 Según una realización, cada par de superficies de ubicación comprende al menos una superficie 113, 135 de fijación de base y al menos una superficie 114, 134 de fijación de accesorio.

25 Según una realización, dicha pluralidad de emplazamientos 116 de miembros están dispuestos secuencialmente de manera que una línea recta de traslación, sustancialmente ortogonal a dicho primer plano de corte X-Y, o sustancialmente ortogonal a dicho segundo plano de corte Y-Z, cruzaría como máximo solo una de dichas piezas 117 de trabajo a la vez, cuando dichas piezas de trabajo están montadas en los respectivos emplazamientos 116 de miembros.

Según una realización, dichos emplazamientos 116 de miembros son sustancialmente paralelos entre sí.

30 Según una realización, dicho accesorio 112 de mecanizado también comprende un par de superficies de ubicación, opuestas y sustancialmente paralelas entre sí y sustancialmente ortogonales a un tercer plano de corte X-Z.

35 Según una realización, dicho tercer par de superficies de ubicación comprende al menos un orificio 125 de guía, y el hilo 115 de EDM de dicha máquina de EDM se inserta en al menos uno de dicho orificio 125 de guía, para evitar que el hilo de EDM entre en contacto con al menos un accesorio 112 de mecanizado, durante el corte.

Según una realización, dicho accesorio 112 de mecanizado también comprende:

40 una pluralidad de emplazamientos 116 de miembros, cada uno adecuado para recibir al menos una pieza 117 de trabajo, siendo dicha pieza 117 de trabajo adecuada para realizar al menos una porción de dicho dispositivo 70, 170, 270 con articulaciones.

45 Según una realización, dicho accesorio 112 de mecanizado también comprende al menos una varilla 118 de referencia, adecuada para permitir la calibración del corte.

50 Según una realización, dicho accesorio 112 de mecanizado comprende al menos un elemento de fijación, o elemento de sujeción, adecuado para conectar firmemente dicha al menos una pieza 117 de trabajo en su respectivo emplazamiento 116 de miembro.

Según una realización, dicho al menos un elemento de sujeción es pegamento conductor.

Según una realización, dicho al menos un elemento de sujeción es un tornillo sin cabeza.

55 Según una realización, dicho tornillo sin cabeza es adecuado para montarse en un orificio roscado suministrado en dicha al menos una superficie de sujeción.

60 Según una realización, dicho tornillo sin cabeza de sujeción es adecuado para penetrar en dicho orificio roscado de dicha superficie de sujeción.

Según una realización, dicho accesorio 112 de mecanizado comprende cuatro emplazamientos 116 de miembros y una varilla 118 de referencia.

65 Según una realización, cada emplazamiento 116 de miembro está situado sustancialmente a la misma distancia desde su respectiva superficie de sujeción.

Según una realización, dichas superficies de sujeción están situadas de una manera escalonada, tal como para formar un perfil de forma de estrella. En otras palabras, dichas superficies de sujeción están situadas de una manera escalonada, tal como para formar un perfil de forma de estrella con respecto a al menos un plano de corte X-Y, Y-Z, X-Z.

5 Según una realización, dicho accesorio 112 de mecanizado tiene una superficie encarada hacia cualquier plano de corte X-Y, Y-Z, X-Z inferior a 10000 milímetros cuadrados.

10 Según una realización, dicho accesorio 112 de mecanizado tiene una superficie encarada hacia cualquier plano de corte X-Y, Y-Z, X-Z inferior a 5000 milímetros cuadrados.

Según una realización, un ángulo de árbol θ se define como el ángulo entre la dirección del árbol X-X del árbol 65 de dicho primer instrumento 160 médico y la dirección del árbol X-X del árbol 65 de dicho segundo instrumento 260 médico.

15 Según una realización, un instrumento 60, 160, 260, 360 médico incluye:

- al menos un miembro 71, 72, 73, 74 de articulación de un dispositivo 70 con articulaciones,

20 - un bastidor que incluye un árbol 65

- un tendón 90,190 adecuado para mover dicho miembro 71, 72, 73, 74 de articulación con respecto a dicho bastidor

25 - un émbolo 96 móvil a lo largo de un grado de libertad con respecto a dicho bastidor 57, en contacto con dicho tendón 90, 190 y adecuado para accionar dicho tendón 90,190

- un elemento 95 de empuje móvil a lo largo de una trayectoria lineal y que incluye un accionador

30 - una barrera 87 estéril adecuada para impedir sustancialmente la contaminación bacteriana mutua de los dos entornos que separa, colocada entre dicho elemento 95 de empuje y dicho émbolo 96,

en el que dicho émbolo 96 es libre para moverse lejos de dicha barrera 87 estéril y/o elemento 95 de empuje y dicho elemento 95 de empuje empuja sobre dicha barrera 87 estéril poniéndola en contacto con dicho émbolo 96 y por tanto mueve dicho émbolo 96.

35 Según una realización, dicho elemento 95 de empuje empuja sobre un émbolo 96 en una dirección de empuje dirigida hacia el interior de dicho bastidor, para mover dicho émbolo 96 a lo largo de su grado de libertad con respecto a dicho bastidor 57.

40 Según una realización, dicho elemento 95 de empuje intercambia con dicho émbolo 96 una fuerza que está siempre dirigida en dicha dirección de empuje. En otras palabras, dicho elemento 95 de empuje no es adecuado para intercambiar con dicho émbolo 96 una fuerza de tracción, en otras palabras dicho elemento 95 de empuje no puede tirar de dicho émbolo 96.

45 Según una realización, dicho elemento 95 de empuje incluye un tornillo de avance y un accionador de tipo tuerca.

Según una realización, dicho accionador incluye un tornillo de bola.

50 Según una realización, dicho elemento 95 de empuje incluye un pistón.

Según una realización, dicho émbolo 96 tiene dos porciones, una primera porción de émbolo 145 adecuada para estar en contacto con dicho elemento 95 de empuje y una segunda porción de émbolo 146 adecuada para estar en contacto con dicho tendón 90, 190.

55 Según una realización, dicha primera porción de émbolo 145 se expone desde el bastidor para empujarse por dicho elemento 95 de empuje.

60 Según una realización, dicha primera porción de émbolo 145 se extiende fuera del bastidor para ser accesible por dicho elemento 95 de empuje.

Según una realización, dicha primera porción de émbolo 145 está a nivel con dicho bastidor para ser accesible por dicho elemento 95 de empuje.

65 Según una realización, dicha primera porción de émbolo 145 incluye una superficie 147 de empuje adecuada

para encajarse con dicho elemento 95 de empuje.

Según una realización, dichos elementos 95 de empuje tienen una superficie 148 de empuje recíproca.

- 5 Según una realización, dicho elemento 95 de empuje empuja dicho émbolo 96 que transmite una fuerza lineal a través de dicha superficie 148 de empuje recíproca.

Según una realización, dicho elemento 95 de empuje incluye al menos una polea tensora de elemento de empuje no representada, adecuada para empujar sobre dicha superficie 147 de empuje.

- 10 Según una realización, dicho elemento 95 de empuje empuja dicho émbolo 96 que transmite una fuerza lineal a través de dicha una polea tensora de elemento de empuje.

Según una realización, dicha superficie 147 de empuje y superficie 148 de empuje recíproca son planas.

- 15 Según una realización, dicha superficie 147 de empuje y superficie 148 de empuje recíproca son superficies curvas que se acoplan entre sí.

- 20 Según una realización, dicha superficie 147 de empuje y superficie 148 de empuje recíproca son superficies de deslizamiento que se deslizan una con respecto a la otra a medida que dicho elemento 95 de empuje se mueve a lo largo de una trayectoria lineal.

Según una realización, dicha segunda porción de émbolo 96 en contacto con dicho tendón 90, 190.

- 25 Según una realización, dicho instrumento 60, 160, 260, 360 médico incluye al menos un elemento 99 tensor, adecuado para imponer una carga previa sobre dicho tendón 90.

Según una realización, dicho elemento 99 tensor es un resorte.

- 30 Según una realización, dicho elemento 99 tensor es adecuado para aplicar una fuerza entre el bastidor y el émbolo 96, en la dirección de movimiento de dicho émbolo 96 para imponer una carga previa sobre dicho tendón 90.

- 35 Según una realización, dicho elemento 99 tensor es adecuado para aplicar una fuerza entre el bastidor y el émbolo 96, en la dirección de movimiento de dicho émbolo 96 lejos de dicho elemento 95 de empuje.

Según una realización, dicho elemento 99 tensor es adecuado para aplicar una fuerza entre el bastidor y el émbolo 96, en la dirección de movimiento de dicho émbolo 96 hacia el interior de dicho bastidor.

- 40 Según una realización, dicha carga previa es sustancialmente proporcional al movimiento de compresión de dicho resorte 99.

Según una realización, dicha segunda porción de émbolo 146 empuja sobre al menos una porción 93 desviable de tendón de dicho tendón 90.

- 45 Según una realización, dicha porción 93 desviable de tendón de dicho tendón 90 se extiende desde una primera polea 197 de guía y una segunda polea 297 de guía.

- 50 Según una realización, dicha segunda porción de émbolo 146 se mueve en un espacio proporcionado entre dicha primera polea 197 de guía y dicha segunda polea 297 de guía.

Según una realización, dicho émbolo 96 cambia la longitud de la trayectoria de tendón 90 entre dicha primera polea 197 de guía y dicha segunda polea 297 de guía de una cantidad linealmente proporcional al movimiento del émbolo 96 a lo largo de dicho grado de libertad de émbolo 96 con respecto a dicho bastidor 57.

- 55 Según una realización, dicha segunda porción de émbolo 146 incluye al menos una polea 98 tensora de émbolo, adecuada para empujar sobre dicha porción 93 desviable de tendón.

- 60 Según una realización, dicho tendón 90 tiene un primer punto 91 de extremo de tendón sujetado a dicho miembro 71, 72, 73, 74 de articulación.

Según una realización, dicho tendón 90 tiene un segundo punto 91 de extremo de tendón sujetado a dicho bastidor 57.

- 65 Según una realización, dicho primer punto 91 de extremo de tendón se sujeta a dicha segunda porción de émbolo 146, en lugar de a dicho bastidor 57.

Según una realización, dicho bastidor incluye una porción 58 de bastidor superior y una porción 59 de bastidor inferior incluyendo esta última un árbol 65.

5 Según una realización, dicho émbolo 96 es móvil a lo largo de un grado de libertad con respecto a dicho bastidor 57.

Según una realización, dicho émbolo 96 está unido a dicha porción 58 de bastidor superior con una articulación lineal.

10 Según una realización, dicho émbolo 96 está unido a dicha porción 58 de bastidor inferior con una articulación de rotación no representada.

15 Según una realización, dicho émbolo 96 se mueve linealmente a lo largo de un grado de libertad con respecto a dicho bastidor 57.

Según una realización, dicho émbolo 96 se mantiene en una alineación apropiada por medio de bujes lineales no representados insertados en la primera sección 58 de bastidor.

20 Según una realización, dicho émbolo 96 se mantiene en una alineación apropiada con el bastidor 58 superior por medio de las respectivas superficies 88 de hombro.

Según una realización, dichos émbolos 96 son un balancín que rota alrededor de un pivote de dicho bastidor.

25 Según una realización, dicha barrera 87 estéril es de una forma y un material adecuados para transmitir el empuje de dicho elemento 95 de empuje a dicho émbolo 96.

Según una realización, dicha barrera 87 estéril es una capa continua flexible de material.

30 Según una realización, dicha barrera 87 estéril se encuentra entre dicho elemento 95 de empuje.

Según una realización, dicha barrera 87 estéril está atrapada entre dicha superficie 147 de empuje y dicha superficie 148 de empuje recíproca.

35 Según una realización, dicho instrumento 60, 160, 260, 360 médico incluye una pluralidad de tendones 90 y de pares de émbolos 96 y elemento 95 de empuje asociado.

Según una realización, dicha barrera 87 estéril es una capa continua flexible de material.

40 Según una realización, dicha barrera 87 estéril está atrapada entre cada émbolo 96 y elemento 95 de empuje asociado.

45 Según una realización, dicha barrera 87 estéril está hecha de un material estirable que se estira a medida que dichos émbolos 96 se mueven con respecto a dicho bastidor ejerciendo fuerzas que no impiden sustancialmente el movimiento de dichos émbolos 96.

Según una realización, dicha barrera 87 estéril es un drapeado.

50 Según una realización, dicha barrera 87 estéril es un drapeado de ajuste suelto que se estira a medida que dichos émbolos 96 se mueven con respecto a dicho bastidor ejerciendo fuerzas que no impiden sustancialmente el movimiento de dichos émbolos 96.

55 Debido a la provisión de un elemento 95 de empuje de un instrumento 60, 160, 260, 360 médico adecuado para mover un dispositivo con articulaciones a través de una barrera estéril, se permite la producción de un instrumento médico, que es altamente fiable y estéril.

Debido a la provisión de un émbolo 96 de un instrumento 60, 160, 260 médico, es posible emplear una barrera estéril siempre en una forma de un drapeado o lámina flexible continua de material.

60 Debido a la provisión de un émbolo 96 de un instrumento 60, 160, 260, 360 médico, es posible aumentar la precisión del movimiento ordenado usando elementos de empuje con accionadores lineales de alta precisión.

65 Debido a la provisión de un émbolo 96 de un instrumento 60, 160, 260, 360 médico, es posible proteger los tendones 90 dentro de dicho bastidor al tiempo que se permite que la barrera 87 estéril sea externa a dicho bastidor.

Debido a la provisión de un émbolo 96 de un instrumento 60, 160, 260, 360 médico es posible proporcionar tensión a dichos tendones 90, 190 para cualquier posición de miembro 71 de articulación de dicho dispositivo 70 con articulaciones.

5 Debido a la provisión de un émbolo 96 de un instrumento 60, 160, 260, 360 médico es posible evitar la pérdida de movimiento y efectos de holgura asociados con cambios de dirección del movimiento los cuales se evitan conjuntamente haciendo uso de una acción de empuje continuada de dicho elemento de empuje sobre dicho émbolo.

10 Debido a la provisión de una barrera 87 estéril de un instrumento 60, 160, 260, 360 médico, es posible proporcionar una barrera estéril que no está unida al elemento de empuje y de ese modo es más fácil de desplegar para el personal quirúrgico.

Según una realización, dicho elemento 95 de empuje incluye un sensor 150.

15 Según una realización, dicho elemento 95 de empuje incluye un sensor 150 adecuado para detectar el contacto entre dicho elemento 95 de empuje y dicho émbolo 96 a través de dicha barrera 87 estéril.

20 Según una realización, dicho elemento 95 de empuje incluye un sensor 151 de fuerza adecuado para medir la fuerza de empuje intercambiada entre dicho elemento 95 de empuje y émbolo 96 a través de dicha barrera 87 estéril.

Según una realización, dicho sensor 151 de fuerza es un sensor de carga monoaxial que mide una componente de la fuerza de empuje a lo largo de la trayectoria lineal de movimiento de dicho elemento 95 de empuje.

25 Según una realización, dicho elemento 95 de empuje incluye un sensor 152 de presión adecuado para medir la presión intercambiada entre dicho elemento 95 de empuje y émbolo 96 a través de dicha barrera 87 estéril.

30 Según una realización, dicho sensor 152 de presión es un sensor de presión de película delgada pegado a dicha superficie 148 de empuje recíproca de dicho elemento 95 de empuje.

Según una realización, dicho elemento 95 de empuje incluye un sensor 153 de proximidad sin contacto adecuado para medir la distancia entre dicha superficie 148 de empuje recíproca y superficie 147 de empuje a través de dicha barrera 87 estéril.

35 Debido a la provisión de un elemento 95 de empuje de un instrumento 60, 160, 260, 360 médico adecuado para mover un dispositivo con articulaciones a través de una barrera estéril, se permite la producción de un instrumento médico, que es altamente fiable y estéril.

40 Debido a la provisión de un sensor 150 de un instrumento 60, 160, 260, 360 médico, es posible detectar a través de una barrera estéril una cantidad detectada relacionada con la interacción entre dicho dispositivo 70 con articulaciones y la anatomía del paciente 201.

45 Debido a la provisión de un sensor 150 de un instrumento 60, 160, 260, 360 médico, es posible detectar el contacto entre dicho elemento 95 de empuje y émbolo 96 a través de una barrera estéril.

Debido a la provisión de un sensor 150 de un instrumento 60, 160, 260, 360 médico, es posible detectar una fuerza de empuje a través de una barrera estéril relacionada con la tensión del tendón 90,190.

50 Según una realización, cada dispositivo 20 de control está equipado con una abrazadera u horquilla de soporte, que puede estar situada independientemente, por ejemplo conectándola con la mesa 102 de operaciones. Dichos dispositivos 20 de control están conectados al conjunto 100 robótico quirúrgico mediante un cable 107 de alimentación, también adecuados para la transmisión de datos de control.

55 Según una realización, para simplificar el transporte del conjunto 100 robótico quirúrgico, en lado posterior están situados un mango 106 retráctil y una plataforma 105 de pie. El carro 104 tiene un panel 108 de control en una superficie posterior para la gestión de los parámetros del conjunto 100 robótico quirúrgico por el usuario y para la visualización de mensajes o avisos de la propia máquina. En el mismo lado, están presentes interruptores de encendido/apagado (botones de alimentación) y un botón de parada de emergencia. Un cable 107 de alimentación suministra corriente eléctrica a todo el sistema, mientras que los datos de vídeo adquiridos por el microscopio digital pasan al conjunto 100 robótico quirúrgico por medio de un cable 109 de comunicación, tal como para poder información derivada de la visión en los controles. Según una realización, dicho conjunto 100 robótico quirúrgico comprende una plataforma 105 de pie, adecuada para usarse junto con o alternativamente a un mango 106 retráctil para el transporte del conjunto 100 robótico durante su posicionamiento en el quirófano, colocada en la parte inferior del lado posterior del carro.

65

Dicha plataforma 105 de pie permite que el pie de un operario responsable del movimiento de dicho conjunto 100 robótico descansa sobre el mismo, de manera que el conjunto 100 robótico también pueda empujarse desde la base, eliminando el riesgo de que vuelque mientras se mueve.

5 Según una realización, al menos un tendón 90 se enrolla alrededor de al menos cuatro poleas 197, 297, 397, 497 de guía, definiendo por tanto un tercer elemento 397 de guía y un cuarto elemento 497 de guía. Entre dicho tercer elemento 397 de guía y dicho cuarto elemento 497 de guía, un elemento 89 de guía de tendón mantiene el tendón 90 en la posición correcta y evita el descarrilamiento del tendón 90, incluso en casos tales como una pérdida anómala de tensión.

10 Según una realización, los miembros de articulaciones que forman el dispositivo 70, 170, 270 con articulaciones y su dispositivo 77 terminal, reproducen la cinemática de la muñeca humana añadiendo un grado de libertad de movimiento de agarre en la punta, para un total de tres grados de libertad de movimiento.

15 Según una realización, un primer miembro 71 de articulación y un segundo miembro 72 de articulación están conectados entre sí mediante una articulación 171 de rotación alrededor de un primer eje de rotación P-P, seguido por una primera porción del miembro 177 terminal y una segunda porción del miembro 277 terminal, ambos conectados a dicho segundo miembro 72 de articulación, que rotan libremente alrededor de un segundo eje de movimiento de articulación Y-Y, ortogonal al primer eje de movimiento de articulación P-P y proporcionando un dispositivo 77 terminal en la punta.

Según una realización, el primer miembro 71 se bloquea sobre o se articula de una manera concéntrica con el árbol 65 del instrumento 60 médico y se une rígidamente con el mismo por medio de clavijas 76 de sujeción.

25 Según una realización, los miembros que constituyen el dispositivo 70 con articulaciones están de hecho conectados de manera rotatoria entre sí mediante una característica de soporte de eje de la articulación 171 de rotación. Cada miembro tiene superficies 80 de deslizamiento de articulación, o superficies 86 de enrollamiento de articulación para los tendones 90, ambas alrededor del eje de movimiento de articulación P-P, Y-Y y a lo largo de su cuerpo.

30 Según una realización, todos los miembros que forman el dispositivo 70 con articulaciones y el dispositivo 77 terminal se fabrican mediante una EDM de hilo realizada sobre dos planos de trabajo ortogonales X-Y, Y-Z.

35 Según una realización, la fabricación del primer miembro 71 partiendo de una pieza cilíndrica que va a mecanizarse 117, dicho primer miembro presenta dos superficies circulares que permiten su inserción concéntrica en el árbol 65.

40 Según una realización, dichas superficies circulares presentan características de acoplamiento en una porción inferior, tales como orificios pasantes, que permiten la unión rígida de dicho primer miembro de árbol 65 por medio de clavijas 76 de sujeción. Dicho primer miembro 71 presenta sobre una porción distal dos características para soportar la articulación 171 de rotación, cada una caracterizada por un emplazamiento cilíndrico centrado alrededor de dicho primer eje de movimiento de articulación P-P y una superficie de hombro lateral.

45 Según una realización, todos los orificios, al mecanizarse mediante EDM de hilo tales como los orificios 79 de clavija, tienen ranuras 49 de mecanizado extra que resultan del paso del hilo 115 de corte.

50 Según una realización, habiendo definido dicho primer plano de sección que contiene el eje del instrumento X-X y el primer eje de movimiento de articulación P-P, el primer miembro 71 presenta dos superficies 40, 140 de deslizamiento de tendón opuesto teniendo cada una formas redondeadas que son simétricamente opuestas, es decir especulares con respecto a dicho plano de sección.

55 Según una realización, al mecanizarse mediante EDM de hilo, cada superficie 80, 180, 40, 140 de deslizamiento resulta del movimiento de barrido de generatrices rectas paralelas que se mueven directamente a lo largo de un perfil 110 de corte.

60 Según una realización, los cables 90 de accionamiento se deslizan en dos grupos de tres, respectivamente a lo largo de las dos superficies 40, 140 de deslizamiento laterales, una opuesta a la otra sobre el primer miembro 71 y cruzan dicho plano de sección antes del primer eje de rotación para luego continuar sobre el segundo miembro 72.

Según una realización, dicho segundo miembro 72 tiene una superficie 80 de deslizamiento de articulación de manera proximal, dispuesta alrededor de dicho primer eje de movimiento de articulación P-P que tiene una porción cilíndrica.

65 Según una realización, dicha superficie 80 de deslizamiento de articulación está formada por generatrices rectas paralelas que siguen el perfil de corte de EDM de hilo.

5 Según una realización, una característica 76 de contención de clavija y una superficie de hombro lateral caracterizan la articulación del primer miembro 71 alrededor del primer eje de movimiento de articulación P-P. Dos características 82 de terminación de tendón se derivan lateralmente del segundo miembro 72 permitiendo la sujeción del segundo punto 92 de extremo de tendón del segundo miembro mediante un lazo por pegado. Distalmente, dos características de soporte para la articulación de rotación tercera y cuarta se caracterizan cada una por un orificio 79 de clavija alrededor del segundo eje de movimiento de articulación Y-Y y una superficie de hombro lateral.

10 Según una realización, el segundo eje de movimiento de articulación Y-Y es ortogonal al primer eje de movimiento de articulación P-P. Al mecanizarse mediante EDM de hilo, el orificio 79 de clavija tiene ranuras 49 de mecanizado, que resultan del hilo 115 de corte.

15 Según una realización, el tercer miembro 73 se caracteriza por un orificio 79 de clavija ubicado alrededor del segundo eje de movimiento de articulación Y-Y. El tercer miembro 73 se acopla al segundo miembro 72 mediante un emplazamiento para una clavija de articulación y una superficie de hombro lateral asociada. Una superficie 86 de enrollamiento de los cables 90, 190 de accionamiento permite el enrollamiento de los cables 90, 190 de accionamiento alrededor de esa superficie 86 de enrollamiento que es concéntrica al segundo eje de movimiento de articulación Y-Y.

20 Lateralmente al tercer miembro 73, se derivan una característica 82 de terminación de tendón y puntos 82 de sujeción de tendón. La característica 82 de terminación de tendón permite el paso de los tendones 90, y el punto 82 de sujeción de tendón contiene el segundo punto 92, 192 de extremo de tendón del tercer miembro 73, definido por lazos.

25 Según una realización, se insertan clavijas 76 de sujeción en los orificios 79 de clavija de los miembros del dispositivo 70 con articulaciones. Las clavijas 76 de sujeción están hechas preferentemente de metal duro, rectificado y pulido para reducir la fricción de deslizamiento.

30 A continuación se describe un método para mecanizar microcomponentes mecánicos ensamblables, tridimensionales mediante EDM. En particular, se refiere a la fabricación de dispositivos 70 con articulaciones de un diámetro externo característico inferior a 4 mm para su aplicación en microcirugía. Además, se describen a continuación las características principales de un accesorio 112 de mecanizado específico, que es un elemento fundamental para la configuración de un procedimiento de producción de un modo económicamente sostenible y que es capaz de garantizar la precisión requerida.

40 Según una realización, la necesidad de producir micropartes con muchos detalles mecánicos y un alto nivel de precisión requiere el uso de metales duros como material estructural y requiere EDM de hilo como procedimiento de mecanizado para las partes. Tal como se sabe, EDM es un procedimiento de fabricación sustractivo en el que se retira material mediante una pieza conductora con una serie de descargas de corriente entre la propia pieza y un electrodo mantenido a una diferencia de voltaje eléctrico, separados por un líquido dieléctrico tal como agua o aceite, hasta que se obtiene la forma deseada. En particular, durante el mecanizado por EDM de hielo, la pieza 117 de trabajo se mantiene fija y sumergida en un baño de líquido dieléctrico mientras que un hilo 115 de corte de metal, hecho de cobre o latón por ejemplo, y de un diámetro que varía entre 0,5 mm y 0,02 mm, discurre de manera continua entre dos bobinas. El hilo 115 de corte se sostiene mediante una guía superior y una guía inferior, que al impulsarse mediante un sistema de control numérico por ordenador en el plano horizontal, lleva a cabo perfiles de corte bidimensionales. El movimiento de las guías es muy preciso, y la resolución de mecanizado global está próxima a 1 micrómetro (μm), no obstante, el corte plano limita sustancialmente la fabricación de partes tridimensionales. A pesar del hecho de que algunas máquinas avanzadas tienen una guía superior, que puede moverse independientemente en el plano horizontal, la capacidad para producir partes tridimensionales complejas no ha aumentado sustancialmente.

Las ventajas principales de EDM de hielo comprenden:

- 55 - la posibilidad de mecanizar metales duros,
- ausencia de contacto directo entre la herramienta y la pieza que va a mecanizarse 117
- 60 - pueden mecanizarse detalles delicados sin distorsión,
- puede obtenerse un buen acabado superficial,
- pueden producirse formas complejas, de lo contrario difíciles de producir con instrumentos de corte convencionales, al tiempo que se mantienen tolerancias muy bajas.

65 Las fases manuales para la sujeción de cada pieza de trabajo metálica individual que va a mecanizarse 117 a la

máquina para cada uno de los planos de corte y la calibración posterior de la propia máquina son fases muy lentas durante la fabricación de las partes y son también las fases que dan como resultado los mayores errores geométricos que impiden el acoplamiento perfecto entre micropartes producidas individualmente.

5 Según una realización, con el fin de disminuir sustancialmente el tiempo de fabricación y garantizar la precisión requerida para el acoplamiento perfecto de las micropartes fabricadas, se proporciona un accesorio 112 de mecanizado, que está previsto específicamente para este uso. Proporciona un soporte mecánico, que permite la sujeción y el mecanizado simultáneos de todas las piezas 117 de trabajo, simplificando el ensamblaje de al menos una porción de un dispositivo 70 con articulaciones sobre uno o más planos de diferencia, con un único perfil 110 de corte y una única etapa de calibración.

10 Según un posible modo de operación, el plano frontal del accesorio 112 de mecanizado tiene orificios 116 de miembros, adecuados para contener las piezas 117 de trabajo con una tolerancia muy estrecha, es decir al menos H6h5.

15 Según un posible modo de operación, el plano frontal del accesorio 112 de mecanizado tiene un perfil "escalonado" para permitir un roscado corto a través de orificios en los planos laterales escalonados.

20 Según un posible modo de operación, tornillos sin cabeza M2 sujetan las piezas 117 de trabajo al accesorio 112 de mecanizado y garantizan una conductividad eléctrica perfecta con dicho accesorio 112 de mecanizado, lo que es fundamental para un procedimiento de EDM satisfactorio.

25 Según un posible modo de operación, los tornillos sin cabeza desaparecen por debajo del plano al que están atornillados, es decir no tienen cabeza, para evitar limitar la sujeción del accesorio a lo largo de esos planos, con un tornillo de banco de una máquina de EDM.

30 Según un posible modo de operación, una alternativa a los tornillos sin cabeza y a los orificios roscados asociados con los tornillos sin cabeza es el uso de pegamento conductor, para sujetar las piezas 117 de trabajo al accesorio 112 de mecanizado y garantizar una conductividad eléctrica perfecta con dicho accesorio 112 de mecanizado.

35 Según un posible modo de operación, la disposición de las piezas 117 de trabajo sobre el accesorio 112 de mecanizado es tal que no se solapan en los planos de trabajo, por ejemplo en los planos X-Y e Y-Z, de manera que pueden cortarse detalles o perfiles diferentes e independientes para cada plano sobre cada pieza 117 de trabajo, proporcionando un perfil 110 de corte individual y continuo para el hilo.

40 Según un posible modo de operación, el hueco, o sección no solapante, entre dos piezas de trabajo adyacentes se minimiza tal como para mantener las dimensiones del accesorio 112 de mecanizado tan compactas como sea posible. De este modo es posible minimizar la distancia entre las guías superior e inferior, mejorando la precisión de mecanizado.

45 Según un posible modo de operación, se inserta una varilla 118 de referencia metálica en el accesorio 112 de mecanizado y se usa para la calibración de la máquina de EDM una vez que el accesorio 112 de mecanizado y las piezas 117 de trabajo se montan sobre la máquina.

50 Según un posible modo de operación, se provee una primera calibración, que se lleva a cabo solo una vez para un accesorio 112 de mecanizado dado, cargado con todas las piezas 117 de trabajo y una máquina de EDM dada que está usándose para el mecanizado. Dicha primera calibración es capaz de identificar y compensar todos los errores relacionados con la máquina de EDM y con los errores geométricos del accesorio 112 de mecanizado, tal como por ejemplo los relacionados con la posición relativa entre la varilla 118 de referencia y las piezas 117 de trabajo.

55 Según un posible modo de operación, una vez que se definen las posiciones de las piezas 117 de trabajo con respecto a la varilla 118 de referencia en los diversos planos de corte, se generan los perfiles 110 de corte, teniendo en cuenta cualquiera de las diferencias de las posiciones reales con las nominales.

Según un posible modo de operación, dicha primera calibración se repetirá solo si la máquina de EDM se cambia o está usándose un nuevo accesorio 112 de mecanizado.

60 Según un posible modo de operación, cada vez que el accesorio 112 de mecanizado, cargado con las piezas 117 de trabajo, se sujeta al tornillo de banco de la máquina de EDM antes de un corte, se prevé un segundo procedimiento de calibración, o una calibración de corte, realizada solo sobre la varilla 118 de calibración. Este procedimiento de calibración de corte elimina la desviación geométrica y los errores relacionados con la sujeción manual del accesorio e identifica el origen del sistema de referencia de la máquina con respecto al eje de la varilla de referencia.

65

- Según un posible modo de operación, para permitir la sujeción correcta del accesorio 112 de mecanizado al tornillo de banco de la máquina de EDM, dicho accesorio 112 de mecanizado tiene al menos un par de superficies 113, 114 de sujeción o fijación, opuestas y paralelas entre sí, y rectificadas, destinadas a agarrarse por las mordazas del tornillo de banco, y una superficie posterior plana X-Z, rectificada y ortogonal a las superficies 113, 114 de fijación, destinada a estar a nivel con una superficie de referencia de la máquina, ortogonal a la abrazadera del tornillo de banco.
- Según un posible modo de operación, al no usar una mesa rotatoria en la máquina de EDM, es necesario que el accesorio 112 de mecanizado tenga un par de superficies 113, 114 de fijación que son planas, paralelas y rectificadas, opuestas entre sí para cada plano de corte provisto para la fabricación de los microcomponentes.
- Según un posible modo de operación, pueden producirse otros planos de corte modificando apropiadamente el accesorio 112 de mecanizado.
- Según un posible modo de operación, para mecanizar en un tercer plano ortogonal, es necesario proporcionar aberturas 125 en el accesorio de mecanizado que permiten que el hilo 115 de corte se inserte en el interior del accesorio de mecanizado y por tanto evitar el corte de porciones del accesorio 112 de mecanizado, por ejemplo. Varios perfiles de corte independientes deben usarse, sin requerir sin embargo calibraciones adicionales. No obstante, al final de cada perfil 110 de corte en dicho plano, el hilo 115 de corte debe cortarse y reinsertarse en la siguiente abertura 125.
- Según un posible modo de operación, el procedimiento de fabricación usado para la fabricación de partes de un dispositivo 70 con articulaciones proporciona la inserción de cuatro piezas 117 de trabajo compuestas por cilindros metálicos hechos de acero para herramientas, en los orificios 116 de miembros en el lado frontal de dicho accesorio 112 de mecanizado y luego su sujeción con tornillos sin cabeza de tamaño M2.
- Según un posible modo de operación, todas las micropartes tridimensionales que forman el dispositivo 70 con articulaciones para aplicaciones micromédicas se mecanizan a partir de piezas 117 de trabajo metálicas, en particular cilindros de acero de 3 milímetros de diámetro externo y 12 milímetros de longitud, que se mecanizan mediante EDM de hilo en dos planos, X-Y e Y-Z.
- Según un posible modo de operación, el accesorio 112 de mecanizado cargado con las piezas 117 de trabajo se sujeta sobre el tornillo de banco de la máquina de EDM usando las superficies 113, 114 de fijación como planos de referencia para la sujeción y luego se realiza la calibración en el plano X-Y usando el eje de la varilla 118 de referencia, unido rígidamente al accesorio 112 de mecanizado, como referencia. El primer perfil 110 de corte se realiza mecanizando todas las piezas 117 de trabajo sujetadas al accesorio 112 de mecanizado, en el plano X-Y.
- Según un posible modo de operación, el accesorio 112 de mecanizado se retira entonces de la máquina y vuelven a montarse, rotadas 90° para mecanizar a lo largo de dicho segundo plano Y-Z del accesorio 112 de mecanizado.
- Según un posible modo de operación, se realiza una segunda calibración para el segundo plano de trabajo Y-Z y luego se lleva a cabo el corte del segundo perfil 210 de corte.
- Según un posible modo de operación, al equipar la máquina de EDM con una mesa rotatoria u orientable, es posible realizar el procedimiento de calibración de corte tan solo una vez y rotar el plano de trabajo según sea necesario entre un perfil de corte y el siguiente.
- Según un posible modo de operación, al final del segundo perfil 210 de corte los componentes producidos se desprenden completamente de la pieza de trabajo y pueden recogerse en el baño de la máquina de EDM.
- Debido a la provisión de un conjunto robótico, según una realización es posible controlar el posicionamiento y el movimiento simultáneo de al menos dos instrumento médicos unidos, comprendiendo cada uno un dispositivo con articulaciones operativas dentro de un espacio de trabajo, de una manera fiable, precise y fácilmente controlable, alcanzando potencialmente cada parte del cuerpo del paciente con las porciones terminales de dichos instrumentos médicos.
- La provisión de un instrumento médico que comprende un dispositivo con articulaciones movido por tendones según una realización, reduce la complejidad de su mecanizado, por ejemplo eliminando la provisión de canales o manguitos, permitiendo la miniaturización extrema del instrumento médico, sin reducir su fiabilidad durante el uso o ensamblaje.
- Debido a la provisión de un dispositivo con articulaciones según una realización, que comprende superficies regladas con todas las generatrices paralelas para el deslizamiento de dichos tendones así como características de terminación de tendones dispuestas en una relación geométrica específica con dichas superficies, es posible hacer manguitos o canales de guía sin tendones, garantizando todavía el paralelismo de los tendones y por tanto

permitiendo una miniaturización extrema del dispositivo con articulaciones.

Debido a la provisión de un método de fabricación según la invención, así como un accesorio de mecanizado, adecuado para garantizar el posicionamiento simultáneo de varias piezas de trabajo de una manera que permite
5 que sus líneas de corte permanezcan paralelas entre sí, es posible obtener una única trayectoria de corte mediante un hilo de corte de EDM para cada plano de corte, sobre una pluralidad de piezas de trabajo. De este modo, es posible generar una superficie paralela sobre dichas piezas, con altas tolerancias, incluso en casos en los que se mecanizan formas muy detalladas, pequeñas.

10 Debido a la provisión de un método de fabricación según la invención, es posible producir partes micromecánicas que garantizan un alto grado de precisión así como superficies adecuadas para aplicaciones médicas y/o quirúrgicas.

15 Debido a la provisión de un método de fabricación, según un aspecto de la invención, es posible producir un instrumento médico más rápidamente con respecto a soluciones conocidas, y como consecuencia, más económicamente.

20 Debido a la provisión de un accesorio de mecanizado, así como un método de fabricación según un aspecto de la invención, es posible obtener un procedimiento rápido y eficaz, incluso para el posicionamiento repetido de las piezas de trabajo dentro de la máquina.

25 Debido a la provisión de un accesorio de mecanizado mejorado para EDM que acelera el proceso de corte sobre una pluralidad de planos de corte, es posible reducir el número y la duración de las fases dedicadas a calibrar la máquina.

Debido a la provisión de un método de fabricación por electroerosión según un aspecto de la invención, que permite el mecanizado de partes micromecánicas que comprenden cavidades y rebordes que, incluso cuando deja una ranura entre dos dientes 81 de material, es adecuado para formar características de contención de
30 clavijas sin tener que mecanizar orificios, es posible reducir significativamente el tiempo de mecanizado.

Debido a la provisión de un tendón 90 que comprende un segundo punto 92 de extremo de tendón tal como se describió anteriormente, es posible obtener un dispositivo 70 con articulaciones en el que sus miembros no requieren guías o canales de tendón para facilitar el encaminamiento del tendón 90, sin que dichos tendones 90 interfieran entre sí. De hecho, la ubicación geométrica dichos puntos 92 de extremo de tendón se elige de un
35 modo que dichos tendones 90 discurren sustancialmente paralelos entre sí y paralelos a dicha superficie 40, 80 de deslizamiento.

Debido a la provisión de una superficie de deslizamiento, por ejemplo superficies 40 de deslizamiento laterales y superficies 80 de deslizamiento de articulación, tal como se describió anteriormente, es posible que dichos
40 tendones se deslicen sobre el dispositivo con articulaciones con baja fricción.

Debido a la cooperación entre dichas superficies 40, 80 de deslizamiento y la ubicación geométrica de dichos primeros puntos 91 de extremo de tendón y dichos segundos puntos 92 de extremo de tendón, es posible garantizar que las fuerzas de fricción entre el tendón y la superficie de deslizamiento, así como las reacciones de
45 sujeción en los puntos 91 y 92 de extremo de tendón primero y segundo son sustancialmente paralelas entre sí y a lo largo de un mismo eje.

Debido a la cooperación entre dichas superficies 40, 80 de deslizamiento y la ubicación geométrica de dichos primeros puntos 91 de extremo de tendón y dichos segundos puntos 92 de extremo de tendón, es posible obtener una miniaturización extrema de dicho instrumento 60 médico. Por ejemplo, de este modo es posible
50 hacer guías sin poleas y/u otras guías de tendón, que no son adecuadas para miniaturizarse más allá de un determinado umbral. Por ejemplo, según una realización, el árbol 65 de dicho instrumento médico puede medir 3 milímetros de diámetro externo.

55 Debido a la provisión de un método de fabricación basado en EDM tal como se describió anteriormente, es posible fabricar un dispositivo con articulaciones completo con solo una etapa de colocación en una máquina, disminuyendo el tiempo y coste de fabricación, sin disminuir la fiabilidad o precisión de mecanizado.

Debido a la provisión de un método de fabricación según una realización, es posible producir miembros de articulaciones de un dispositivo con articulaciones que tienen superficie regladas con generatrices paralelas, tal como para permitir que un tendón que se desliza sobre las mismas mantenga una trayectoria estacionaria con respecto a dicho miembro de articulación. Esto permite que la fricción entre el tendón y la superficie de
60 deslizamiento del miembro de articulación se reduzca hasta un mínimo, facilitando la miniaturización del dispositivo con articulaciones.

65 Debido a la provisión de un método de fabricación basado en EDM tal como se describió anteriormente,

adecuado para transferir solo estimulación térmica a las piezas de trabajo, es posible obtener partes de dimensiones submilimétricas, permitiendo una miniaturización extrema de dicho instrumento 60 médico, manteniendo todavía una precisión de corte satisfactoria debido a la provisión de corte sobre una pluralidad de piezas de trabajo en un único pase.

5 Debido a la provisión de una herramienta, así como un método de EDM según la invención, adecuado para realizar, con un único pase del hilo, el corte de partes en una pluralidad de piezas de trabajo que se ensamblarán entre sí tras el mecanizado, es posible obtener acoplamientos con precisión milimétrica, particularmente
10 adecuados para construir características de juntas de rotación tales como dientes, orificios de pivote, perfiles de miembros de articulaciones, permitiendo por tanto montar de manera fiable piezas mediante ajuste a presión, o con holgura controlada entre las mismas partes.

Aunque algunas combinaciones de las realizaciones descritas anteriormente pueden observarse en las figuras adjuntas, un experto del campo también podrá configurar combinaciones no mostradas en las figuras, sin
15 apartarse del alcance de las siguientes reivindicaciones.

Para satisfacer necesidades específicas y temporales, un experto en la técnica puede llevar a cabo varias modificaciones, adaptaciones y sustituciones de elementos por otros elementos funcionalmente equivalentes, sin
20 apartarse del alcance de las siguientes reivindicaciones.

Lista de referencia

- 7 volumen de trabajo, o volumen de espacio de trabajo común
- 25 9 tendón
- 16 punto de intersección
- 18 porción de tendón proximal
- 30 19 porción de tendón distal
- 20 dispositivo de control
- 35 21 instrumento de control
- 22 dispositivo de detección
- 23 cable de conexión
- 40 24 cable de comunicación y alimentación
- 25 superficie de soporte de operario
- 45 26 luz de señal de estado
- 27 elemento de soporte de operario
- 28 sensor de posición
- 50 29 sensor de punta
- 30 brazo de macroposicionamiento
- 55 31 primer miembro de brazo
- 32 segundo miembro de brazo
- 33 tercer miembro de brazo
- 60 34 cuarto miembro de brazo
- 35 botón de liberación, o botón de liberación de freno
- 65 36 guía de deslizamiento lineal

	37	mando manual
	38	miembro de soporte
5	39	característica de unión
	40	superficie de deslizamiento
	41	dispositivo de microposicionamiento
10	43	tuerca de dial de rotación
	45	videocámara
15	46	articulación rotatoria motorizada
	47	porción de base
	48	orificio de bloqueo de émbolo
20	49	ranura de mecanizado
	50	sistema de impulsión de tendón
25	51	primera deslizadera motorizada, o primera microdeslizadera motorizada
	52	segunda deslizadera motorizada, o segunda microdeslizadera motorizada
	53	tercera deslizadera motorizada, o tercera microdeslizadera motorizada
30	54	primer carril de deslizamiento
	55	segundo carril de deslizamiento
35	56	tercer carril de deslizamiento
	57	bastidor
	58	primera porción de bastidor, o bastidor superior
40	59	segunda porción de bastidor, tambor, o bastidor inferior
	60	instrumento médico o microinstrumento o microinstrumento quirúrgico
45	61	caja de motor
	62	caja de transmisión mecánica
	63	borde afilado de la superficie de deslizamiento lateral
50	64	superficie de continuidad de la superficie deslizamiento lateral
	65	árbol, o árbol hueco
55	67	estructura de base de dispositivo de control
	68	porción de punta de dispositivo
	69	articulación de pinzas de dispositivo de control
60	70	dispositivo con articulaciones o articulado
	71	primer miembro o primer miembro de articulación, o primer enlace
65	72	segundo miembro o segundo miembro de articulación, o segundo enlace

- 73 tercer miembro o tercer miembro de articulación, o tercer enlace
- 74 cuarto miembro o cuarto miembro de articulación, o cuarto enlace
- 5 75 miembro de codo, o enlace de codo
- 76 clavija de sujeción
- 77 dispositivo terminal, o miembro terminal, o porción terminal
- 10 78 miembro de muñeca o miembro de articulación de la muñeca
- 79 orificio de clavija
- 15 80 superficie de deslizamiento o superficie de deslizamiento de articulación
- 81 diente
- 82 característica de terminación de tendón, o punto de sujeción de tendón.
- 20 83 superficie
- 84 superficie de sujeción de tendón
- 25 86 superficie de enrollamiento, o superficie de enrollamiento reglada
- 87 barrera estéril
- 88 superficie de hombro
- 30 89 elemento de guía de tendón
- 90 tendón, o cable de accionamiento, o tendón de un primer par de tendones
- 35 91 primer punto de extremo o primer punto de extremo de tendón, o punto de extremo de tendón proximal, o primera terminación de tendón
- 92 segundo punto de extremo o segundo punto de extremo de tendón, o punto de extremo de tendón distal, o segunda terminación de tendón
- 40 93 porción desviable de tendón o porción desviable
- 94 conjunto de empujador o medios de empuje
- 45 95 elemento de empuje, pistón, pistón de accionamiento o pistón de accionamiento lineal.
- 96 émbolo o árbol de deslizamiento
- 97 elementos de guía, o elementos de guía de tendón, o poleas de guía
- 50 98 polea tensora de émbolo
- 99 elemento tensor, o elemento pretensor, o resorte
- 55 100 conjunto robótico, o conjunto quirúrgico robótico, o conjunto robótico quirúrgico, conjunto robótico para microcirugía o microconjunto robótico quirúrgico
- 102 mesa de operaciones
- 60 103 sistema de visión, microscopio, o microscopio quirúrgico
- 104 soporte o carro
- 105 plataforma de pie
- 65 106 mango retráctil

	107 cable de alimentación
	108 panel de control
5	109 cable de comunicación
	110 perfil de corte, o línea de corte
10	111 pantalla
	112 accesorio de mecanizado
	113 primera superficie de fijación del primer par de superficies de fijación
15	114 segunda superficie de fijación del primer par de superficies de fijación
	115 hilo de corte, o hilo de EDM, o hilo de máquina de descarga eléctrica
20	116 orificios de miembros o emplazamientos de miembros
	117 piezas de trabajo o piezas que van a mecanizarse
	118 varilla de referencia
25	120 primer dispositivo de control
	122 primera porción de varilla
30	123 segunda porción de varilla
	125 orificio o abertura de guía
	134 primera superficie de fijación del segundo par de superficies de fijación
35	135 segunda superficie de fijación del segundo par de superficies de fijación
	137 mesa de soporte rotatoria
40	141 primer dispositivo de microposicionamiento
	145 primera porción de émbolo
	146 segunda porción de émbolo
45	147 superficie de empuje
	148 superficie de empuje recíproca
50	150 sensor
	151 sensor de fuerza
	152 sensor de presión
55	153 sensor de proximidad
	160 primer instrumento médico
60	170 primer dispositivo con articulaciones
	171 articulación de rotación
	172 porción articulante
65	173 articulación esférica

- 177 primera porción de miembro terminal
- 5 190 tendón opuesto, o tendón opuesto de un primer par de tendones
- 191 tendón de un segundo par de tendones
- 192 tendón opuesto de un segundo par de tendones
- 10 194 conjunto de empujador opuesto o medios de empuje opuestos
- 197 primer elemento de guía, o primeras poleas de guía
- 15 199 elemento tensor opuesto, elemento pretensor opuesto, o resorte opuesto
- 210 segundo perfil de corte
- 220 segundo dispositivo de control
- 20 221 segundo instrumento de control
- 241 segundo dispositivo de microposicionamiento
- 260 segundo instrumento médico
- 25 270 segundo dispositivo con articulaciones
- 277 segunda porción de miembro terminal
- 30 297 segundo elemento de guía de tendón, o segunda polea de guía de tendón
- 397 tercer elemento de guía de tendón, o tercera polea de guía de tendón.
- 497 cuarto elemento de guía de tendón, o cuarta polea de guía de tendón.
- 35 200 cirujano, o microcirujano
- 201 paciente
- 40 202 aguja quirúrgica
- 341 tercer dispositivo de microposicionamiento
- 360 tercer instrumento médico
- 45 T-T dirección de tendón o trayectoria de tendón
- X-X dirección de árbol longitudinal, o eje de instrumento
- 50 P-P eje de inclinación, o primer eje de movimiento de articulación
- Y-Y eje de guiñada, o segundo eje de movimiento de articulación
- 55 a-a primer eje de movimiento del brazo
- b-b segundo eje de movimiento del brazo
- c-c tercer eje de movimiento del brazo
- 60 d-d cuarto eje de movimiento del brazo
- e-e eje longitudinal de porción de base de brazo de macroposicionamiento
- 65 f-f primera dirección de deslizamiento
- g-g segunda dirección de deslizamiento

- h-h tercera dirección de deslizamiento
- 5 r-r eje de rotación longitudinal
- X-Y primer plano de corte
- Y-Z segundo plano de corte
- 10 X-Z tercer plano de corte
- R-R eje de rotación de la mesa, o eje de rotación del accesorio
- 15 0 ángulo de árbol

REIVINDICACIONES

1. Método de fabricación de un dispositivo (70, 170, 270) con articulaciones de un instrumento (60, 160, 260, 360) médico que comprende las siguientes etapas:
 - (A) proporcionar un accesorio (112) de mecanizado en una máquina de descarga eléctrica de hilo que tiene un hilo (115) de descarga eléctrica, comprendiendo dicho accesorio (112) de mecanizado una pluralidad de orificios (116) de miembros cada uno adaptado para alojar al menos una pieza (117) de trabajo, estando dicha pieza (117) de trabajo adaptada para formar al menos una porción de dicho dispositivo (70, 170, 270) con articulaciones de dicho instrumento (60, 160, 260, 360) médico;
 - (B) proporcionar al menos dos piezas (117) de trabajo, que comprenden una primera pieza de trabajo y una segunda pieza de trabajo, alojadas dentro de al menos dos orificios (116) de miembros de dicha pluralidad de orificios (116) de miembros;
 - (C) asociar dicho accesorio (112) de mecanizado a la máquina de descarga eléctrica de hilo de modo que dicho hilo (115) de descarga eléctrica pueda cortar como máximo una de dichas al menos dos piezas (117) de trabajo a la vez;
 - (D) cortar dichas al menos dos piezas (117) de trabajo mediante dicho hilo (115) de descarga eléctrica;
 - (E) rotar el accesorio (112) de mecanizado alrededor de un eje de rotación del accesorio (R-R) de un ángulo de rotación del accesorio predeterminado, eligiéndose dicho ángulo de rotación del accesorio predeterminado para proporcionar que dicho hilo (115) de descarga eléctrica pueda cortar como máximo una de dichas al menos dos piezas (117) de trabajo a la vez;
 - (F) cortar dichas piezas (117) de trabajo mediante dicho hilo de descarga eléctrica.
2. Método según la reivindicación 1, en el que dicho ángulo de rotación del accesorio predeterminado es sustancialmente igual a 90°.
3. Método según la reivindicación 1 ó 2, en el que la etapa (D) se realiza sobre un primer plano de corte (X-Y) a lo largo de un primer perfil (110) de corte.
4. Método según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que la etapa (F) se realiza sobre un segundo plano de corte (Y-Z) a lo largo de un segundo perfil (210) de corte.
5. Método según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que comprende las etapas adicionales de:
 - repetir la etapa (E),
 - realizar la etapa (F) sobre un tercer plano de corte (X-Z).
6. Método según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que comprende, antes de la etapa (D), la etapa adicional de definir un primer perfil (110) de corte en dicho primer plano de corte (X-Y).
7. Método según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que comprende, antes de la etapa (E), la etapa adicional de: definir un segundo perfil (210) de corte en dicho segundo plano de corte (Y-Z).
8. Método según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que la etapa (D) comprende la subetapa de conformar dicha segunda pieza de trabajo de manera diferente de dicha primera pieza de trabajo.
9. Método según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que la etapa (D) comprende la subetapa de conformar una porción de dicha segunda pieza de trabajo complementaria a una porción de dicha primera pieza de trabajo.
10. Método según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que la etapa (E) comprende la subetapa de conformar dicha segunda pieza de trabajo de manera diferente de dicha primera pieza de trabajo.
11. Método según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que la etapa (E) comprende la subetapa de conformar una porción de dicha segunda pieza de trabajo complementaria a una porción de dicha primera pieza de trabajo.

12. Método según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que dicha etapa (E) se realiza por medio de una mesa (137) de soporte rotatoria asociada con la máquina de descarga eléctrica de hilo.
- 5 13. Método según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que dicha etapa (E) se realiza evitando el desmontaje de dicho accesorio (112) de la máquina de descarga eléctrica de hilo.
14. Método según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que dicho eje de rotación del accesorio (R-R) es ortogonal a tanto dicho primer plano de corte (X-Y) como dicho segundo plano de corte (Y-Z).
- 10 15. Método según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que la orientación de dicha pluralidad de emplazamientos (116) de miembros es paralela entre sí; y/o en el que
- 15 dicho eje de rotación del accesorio (R-R) es sustancialmente paralelo a la orientación de dichos emplazamientos (116) de miembros; y/o en el que
- el método que comprende la etapa adicional de realizar una calibración; y/o en el que
- 20 dicha etapa de realizar una calibración se realiza antes de definir un primer perfil (110) de corte en dicho primer plano de corte (X-Y), y antes de definir un segundo perfil (210) de corte en dicho segundo plano de corte (Y-Z); y/o en el que
- 25 dicha etapa de realizar una calibración comprende la subetapa de medir una distancia entre dicha primera pieza de trabajo y dicha segunda pieza de trabajo a lo largo de dicho primer plano de corte (X-Y) o dicho segundo plano de corte (Y-Z); y/o en el que
- dicho eje de rotación del accesorio (R-R) es paralelo a la línea generada a partir de la intersección de dicho primer plano de corte (X-Y) y dicho segundo plano de corte (Y-Z).

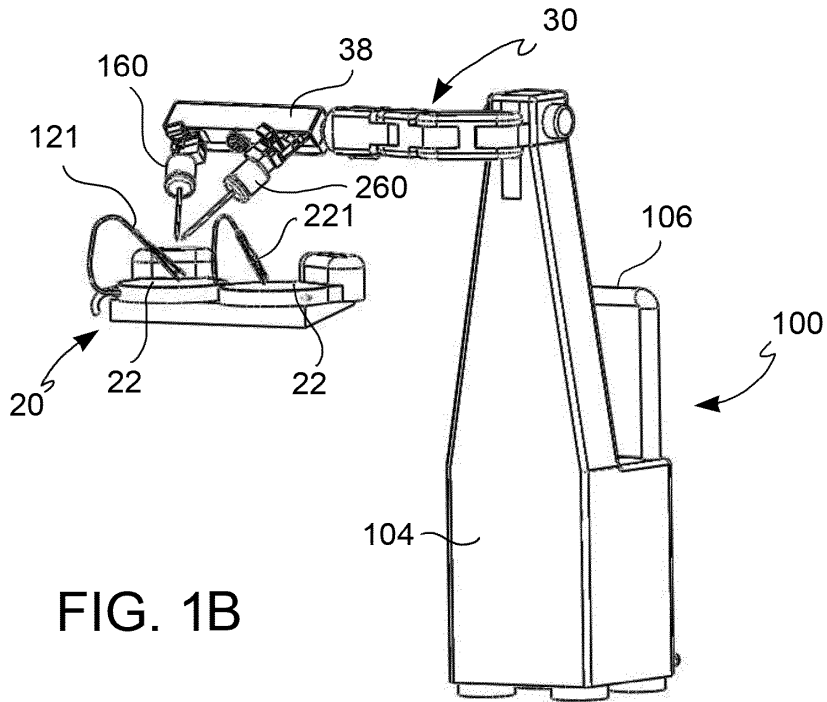


FIG. 1B

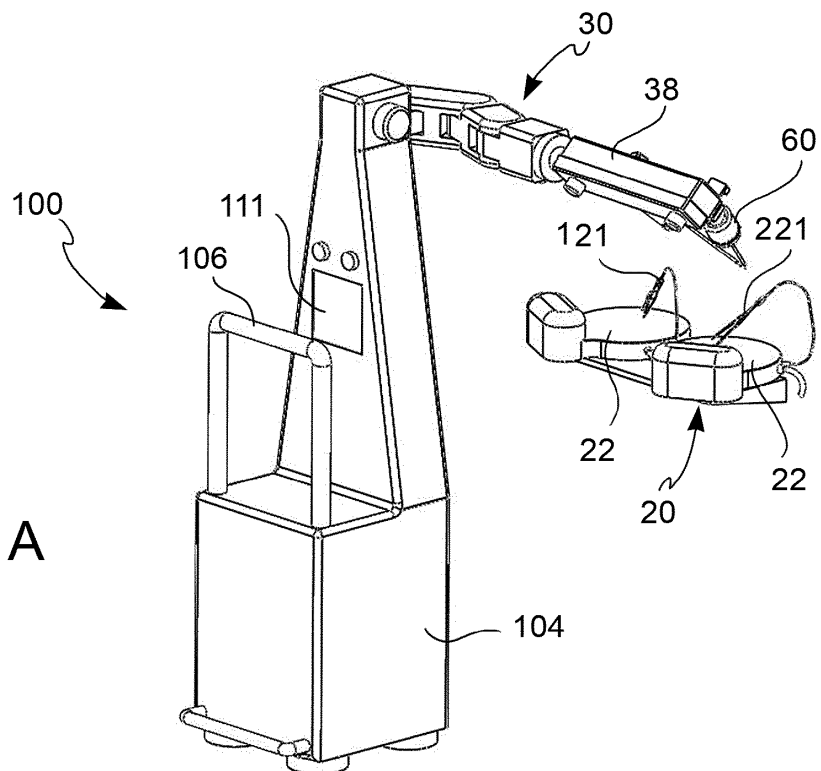


FIG. 1A

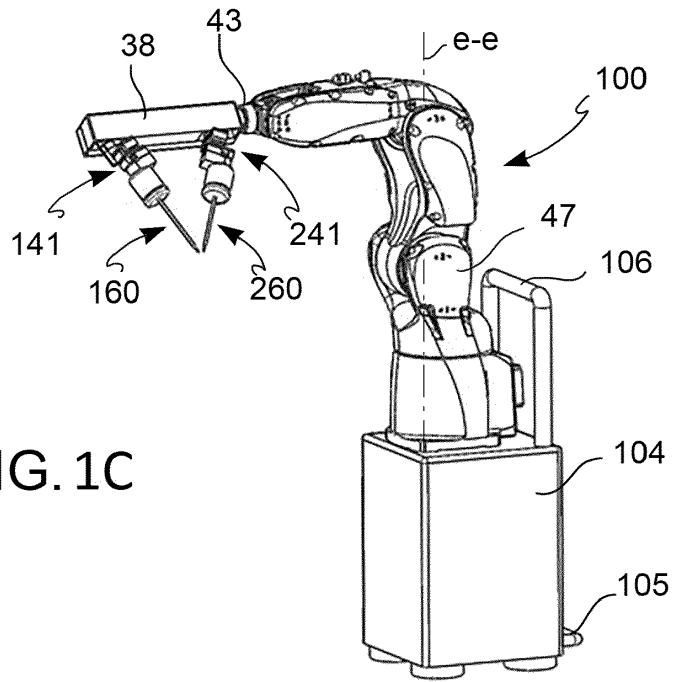


FIG. 1C

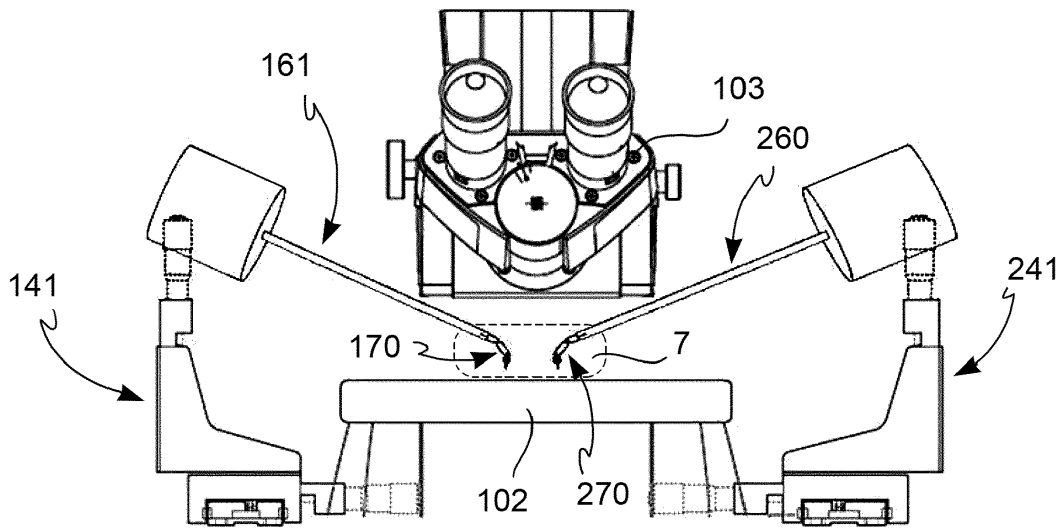


FIG. 2A

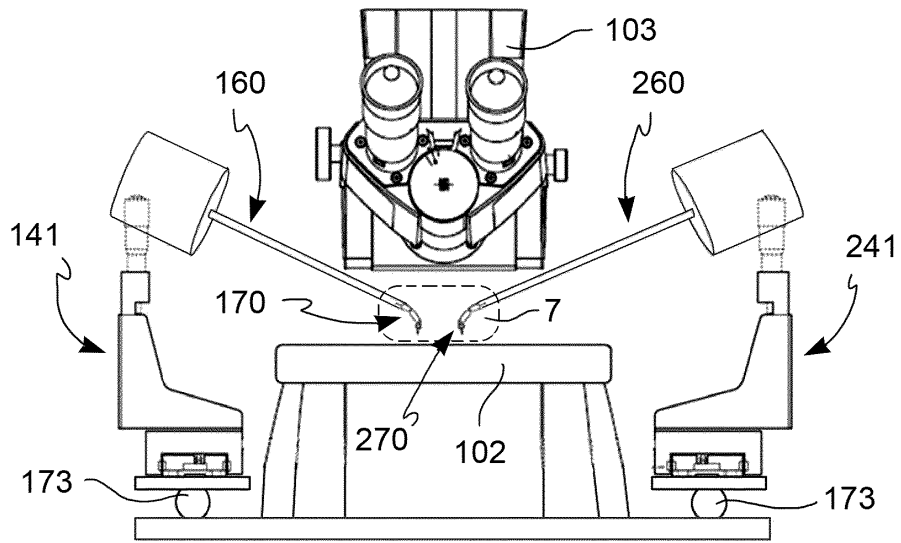


FIG. 2B

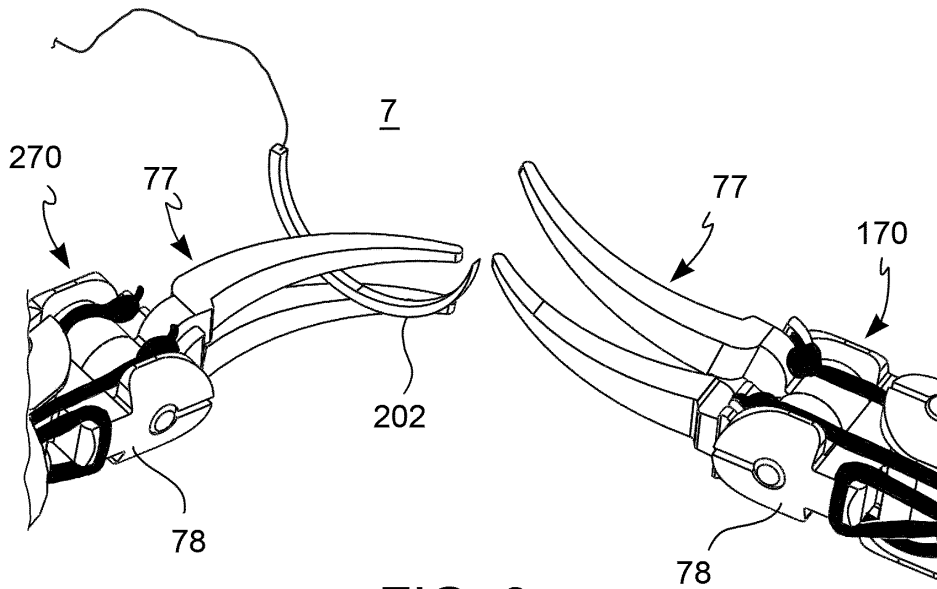


FIG. 3

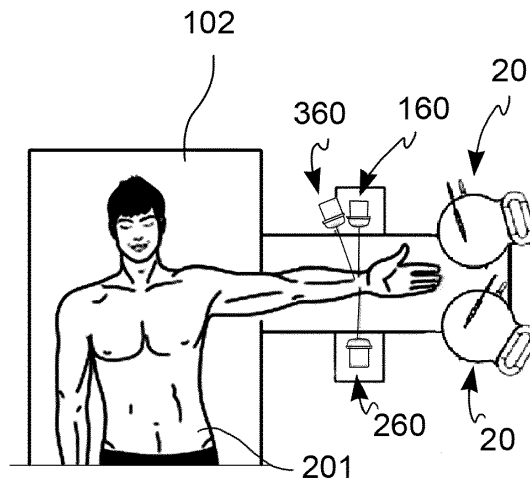


FIG. 4B

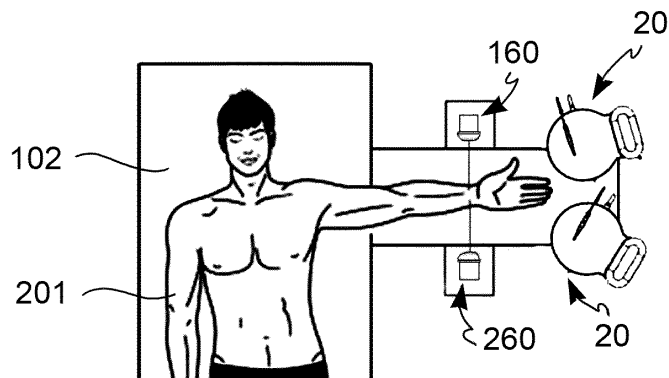


FIG. 4A

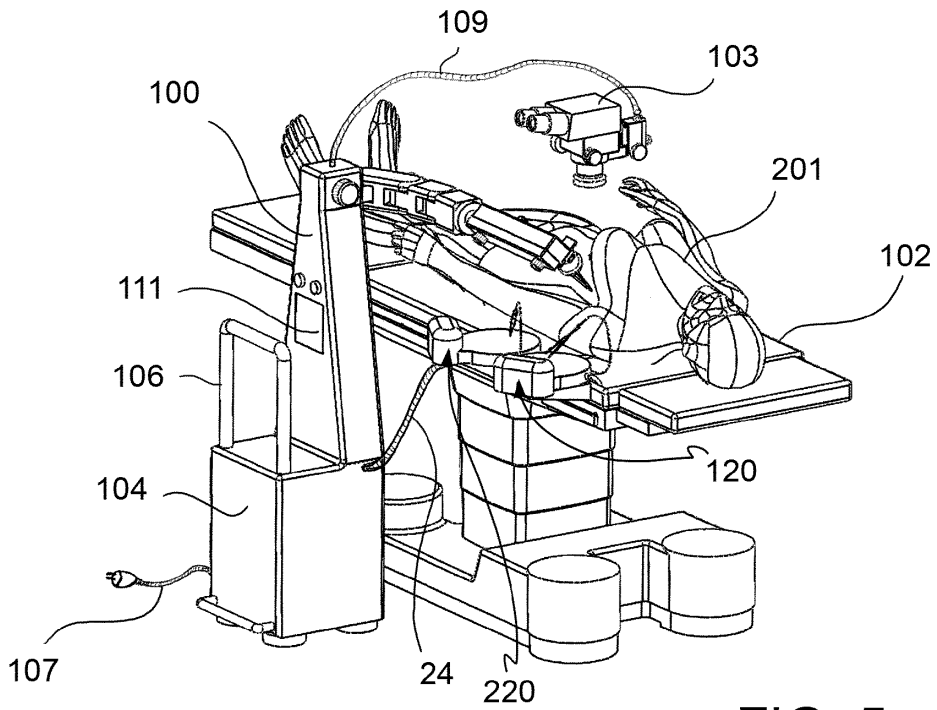


FIG. 5

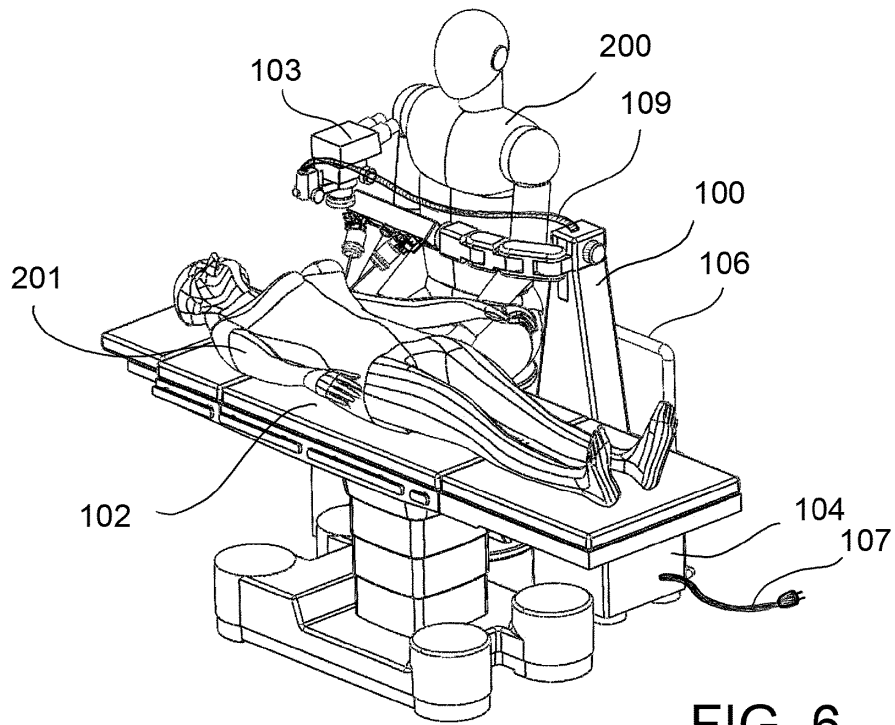


FIG. 6

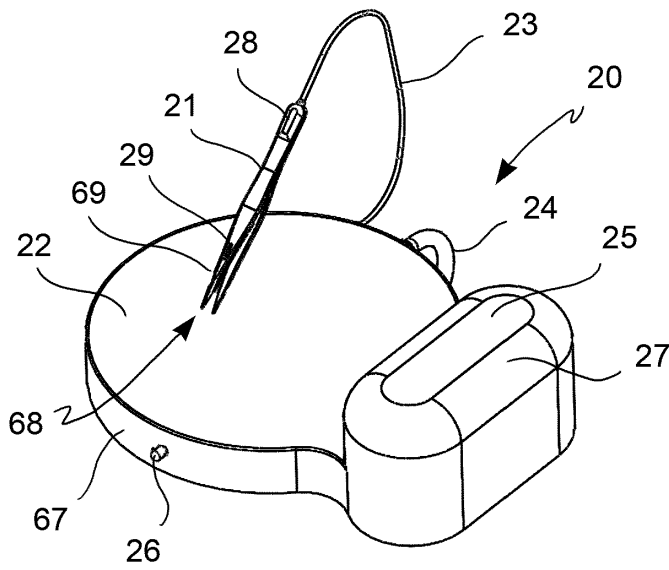


FIG. 7

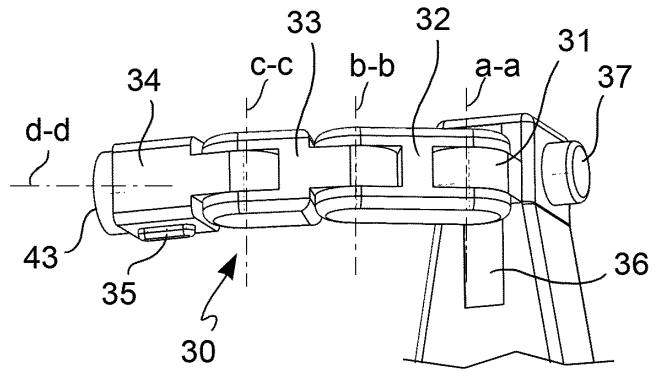


FIG. 8

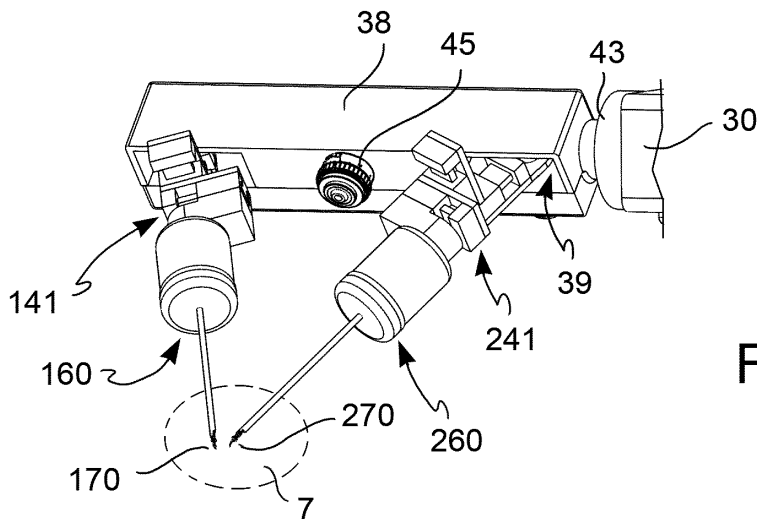
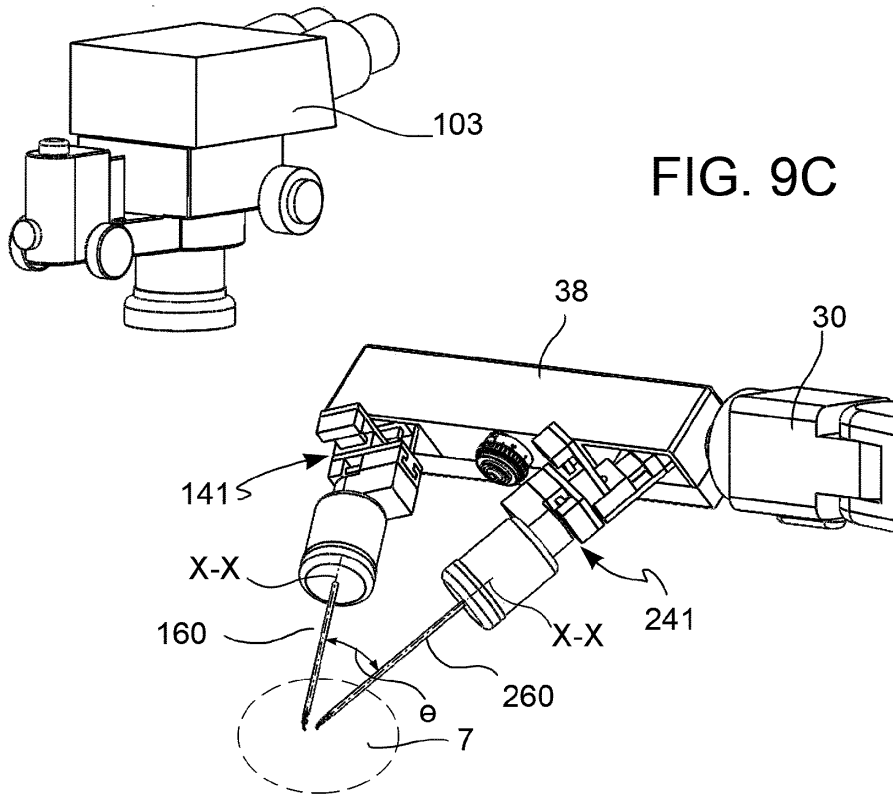
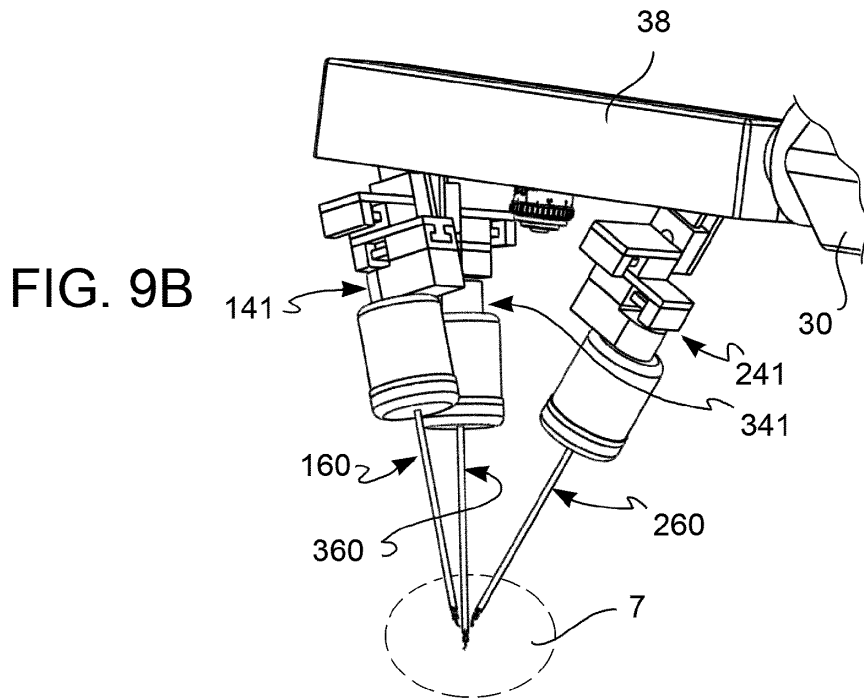
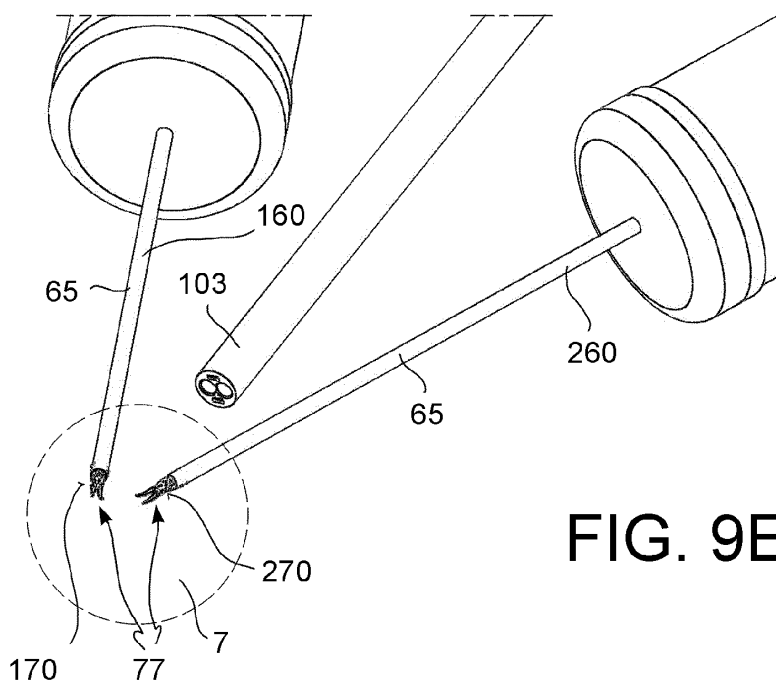
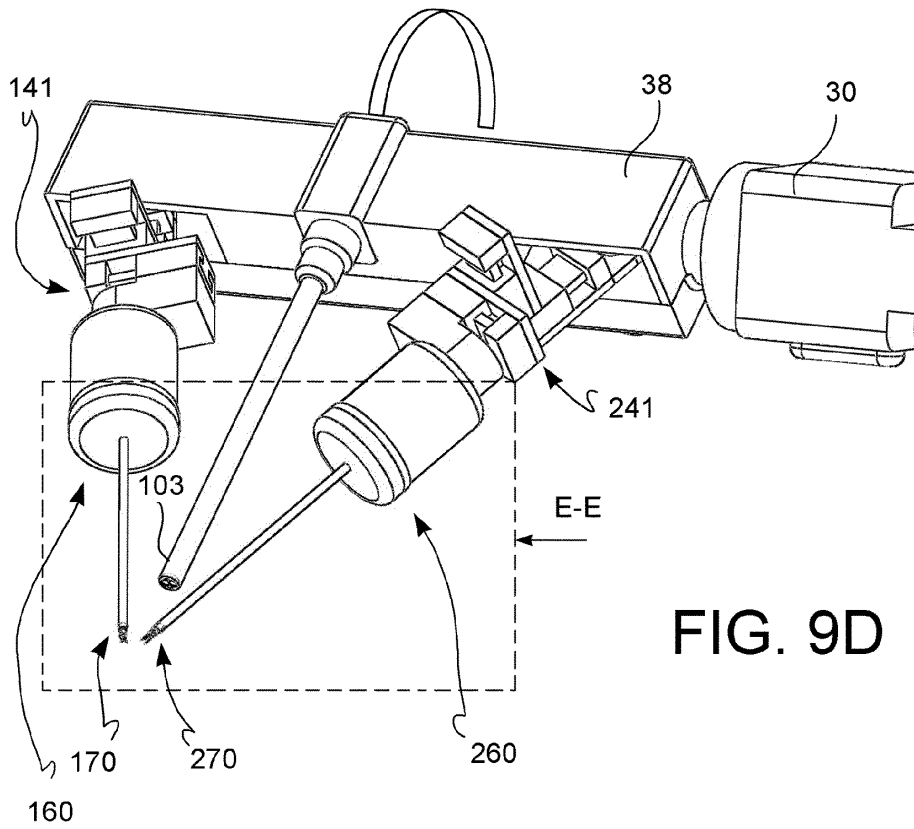


FIG. 9A





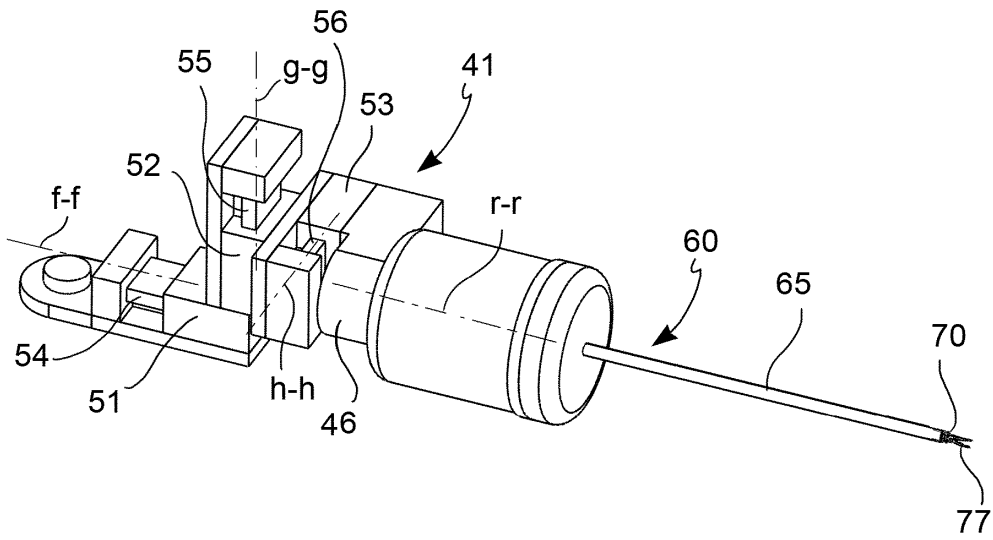


FIG. 10

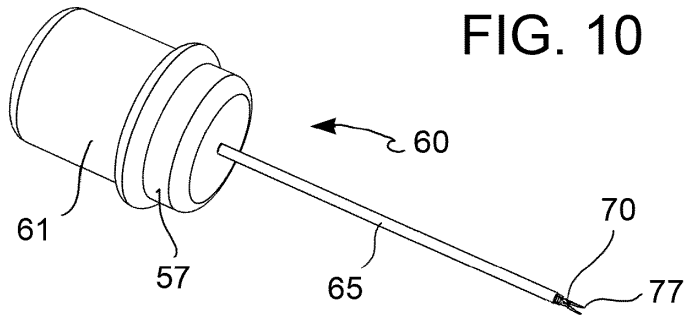


FIG. 11

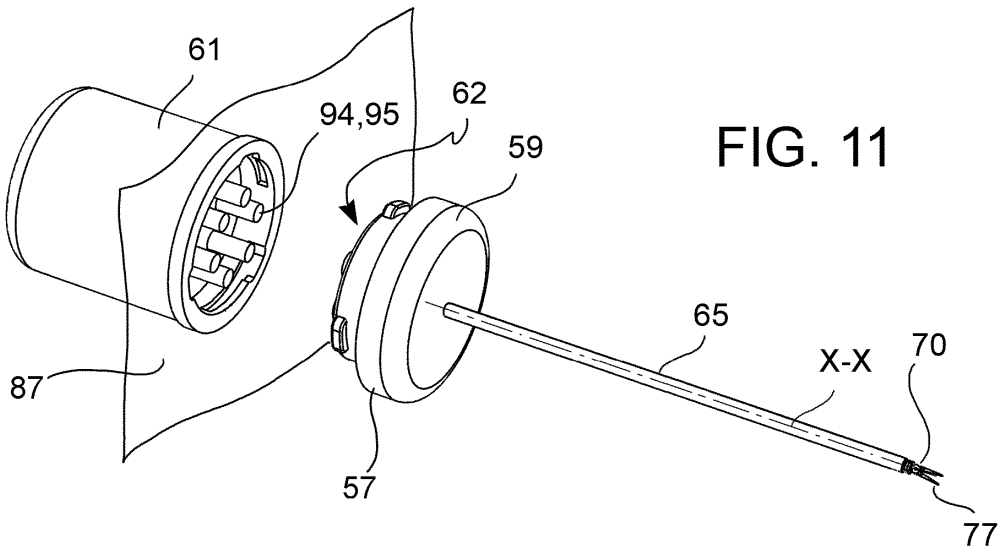


FIG. 12

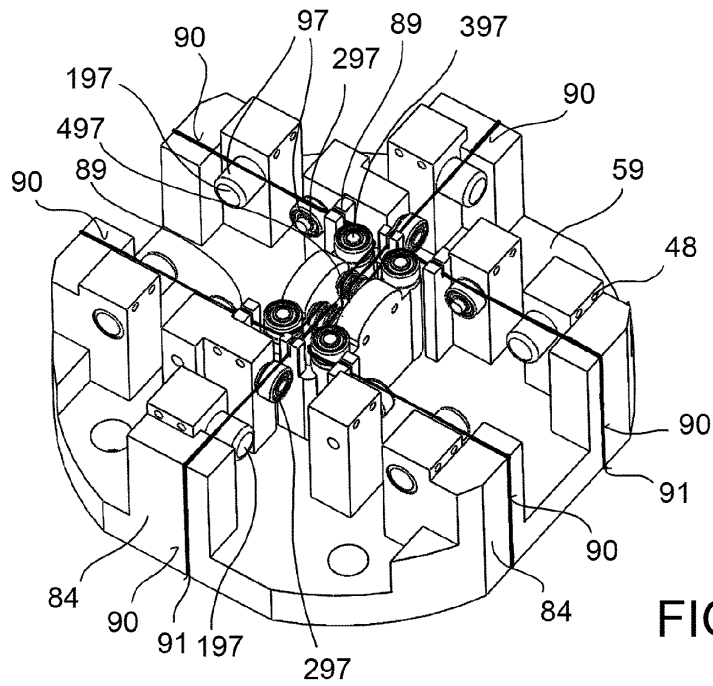


FIG. 13A

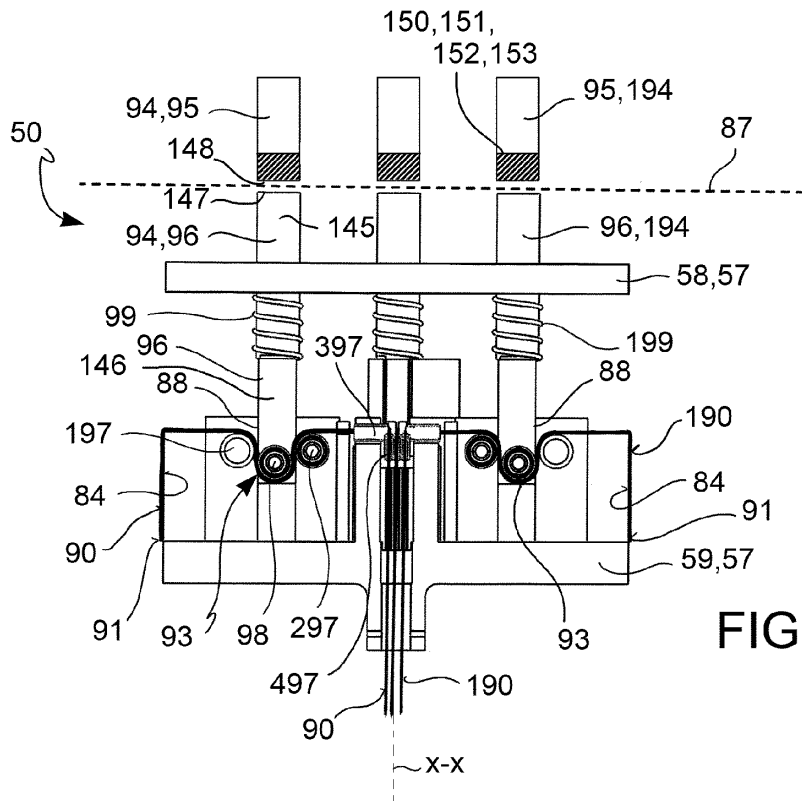


FIG. 14A

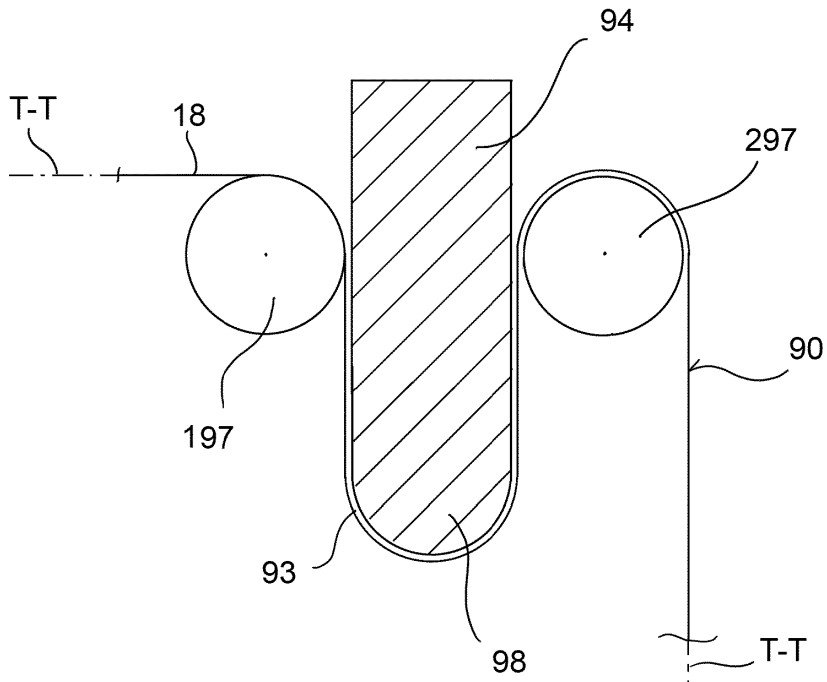


FIG. 14B

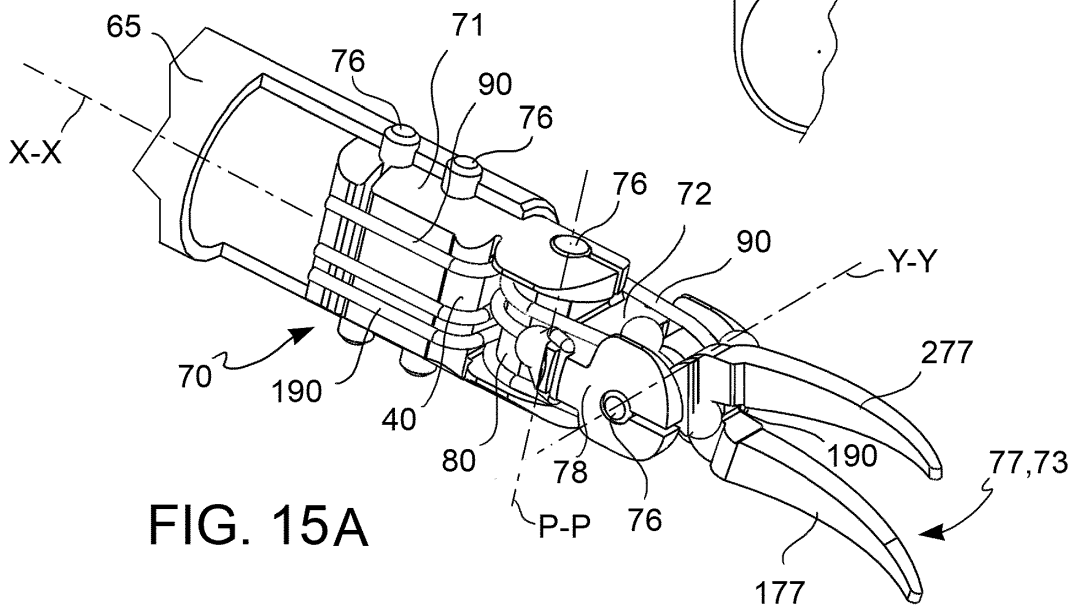


FIG. 15A

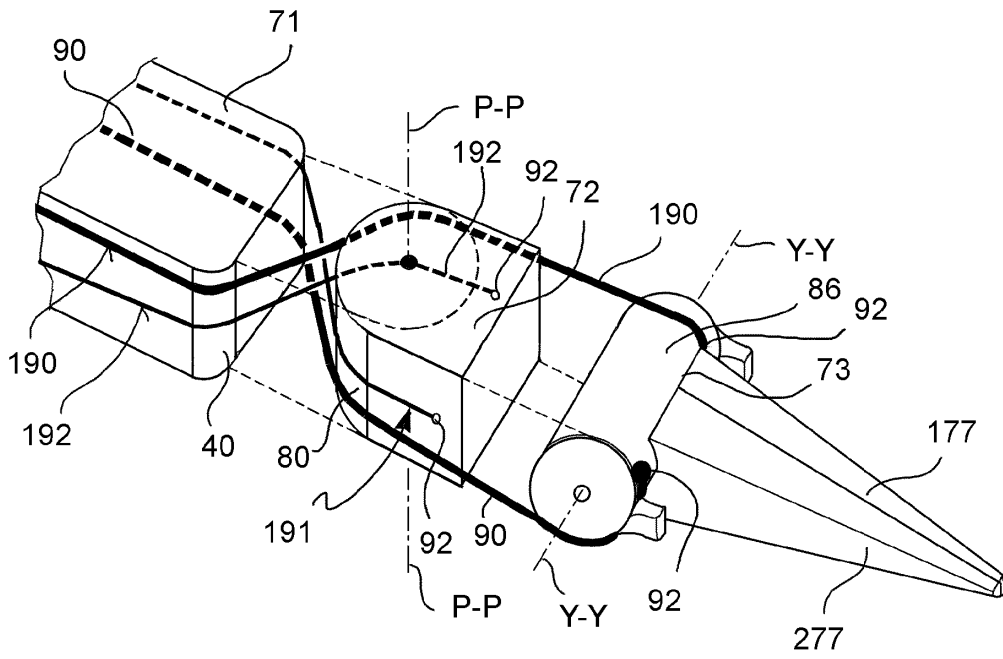


FIG. 15C

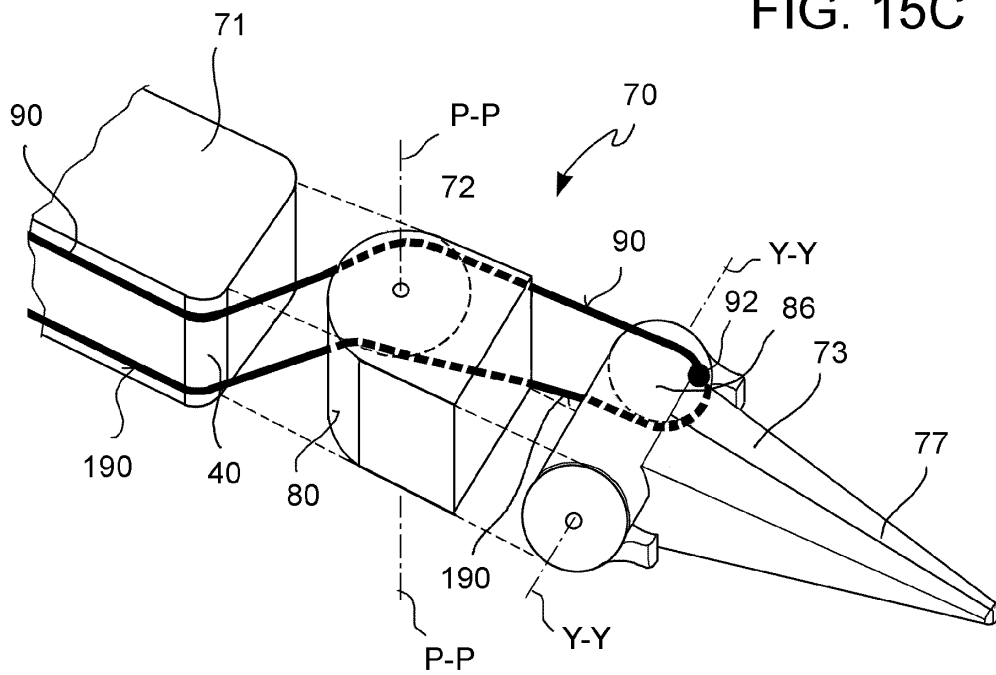


FIG. 15D

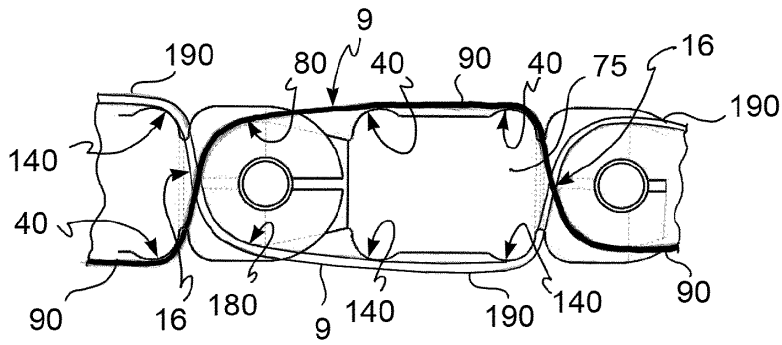


FIG. 16

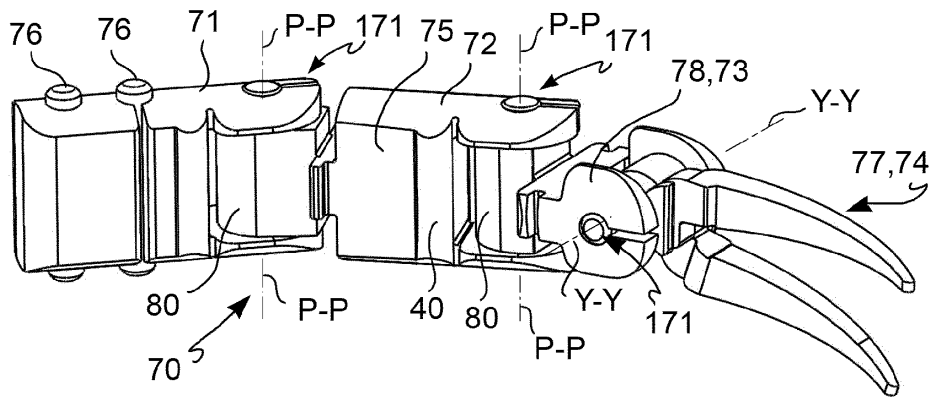


FIG. 17

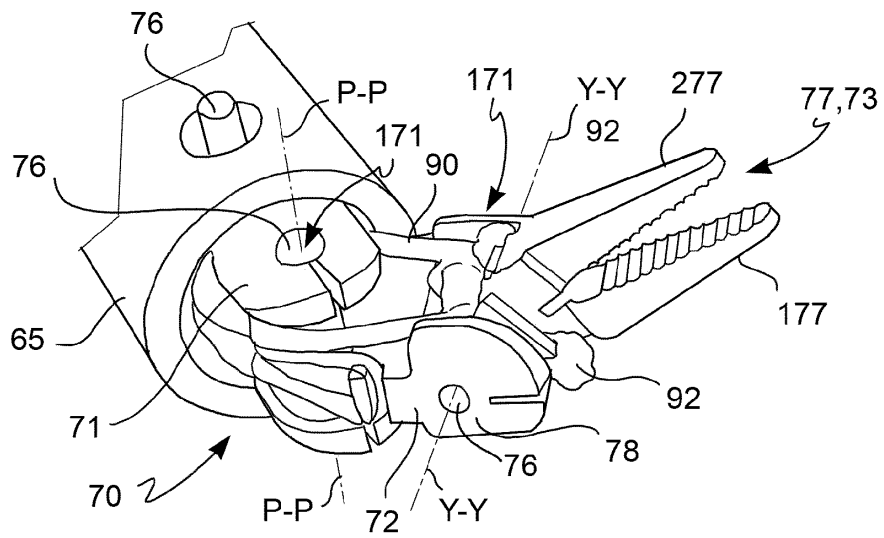


FIG. 15B

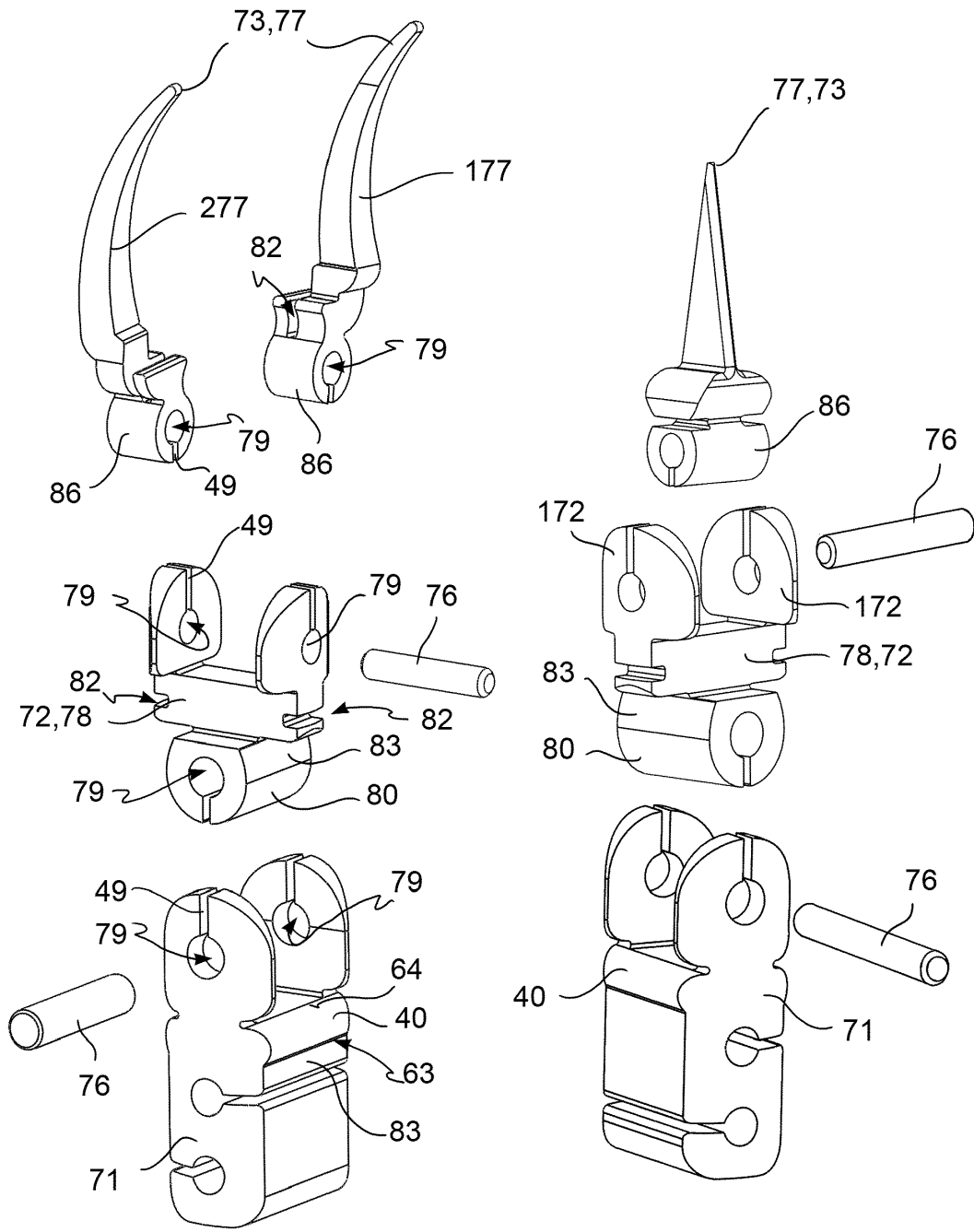


FIG. 18

FIG. 19

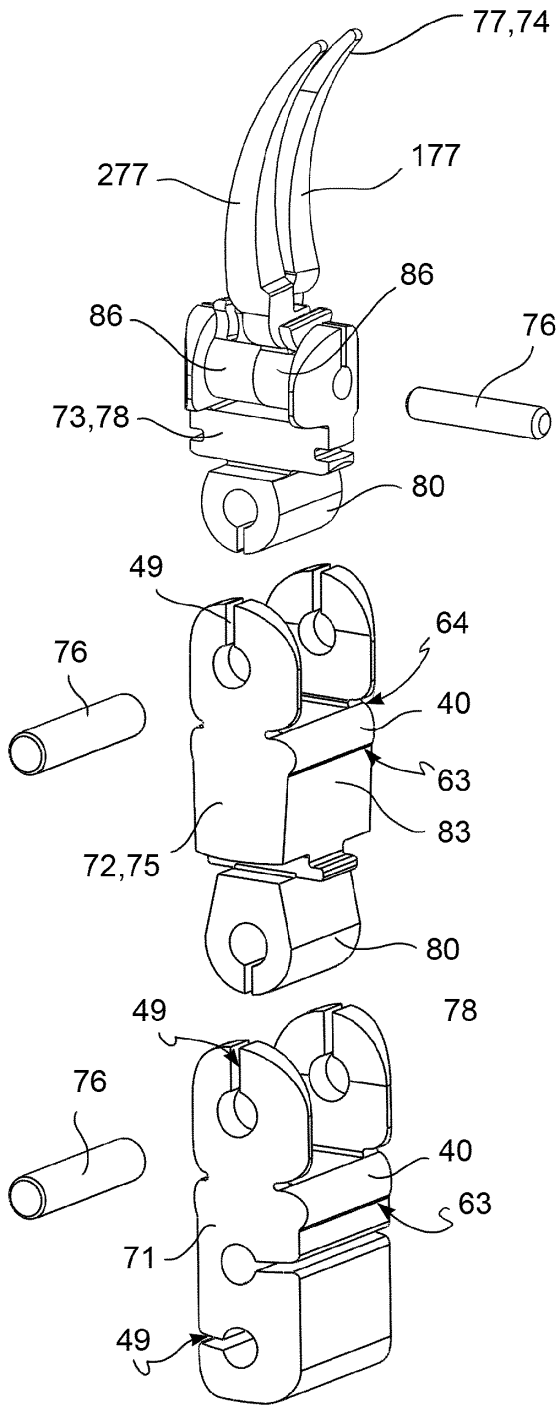


FIG. 20

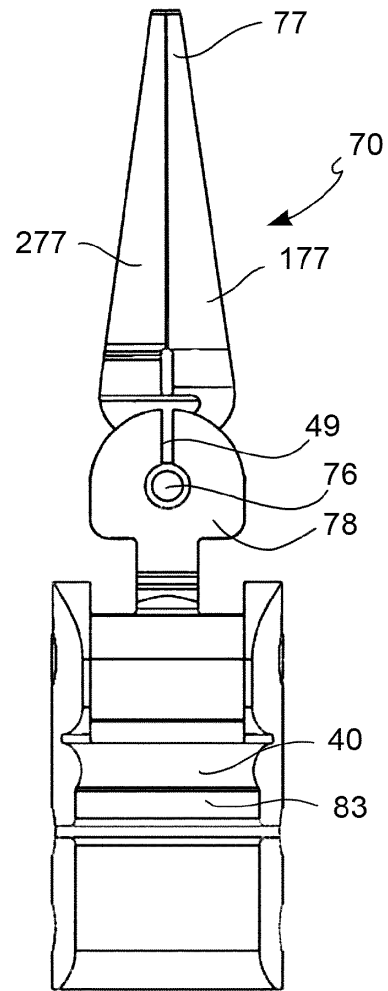


FIG. 21

FIG. 22

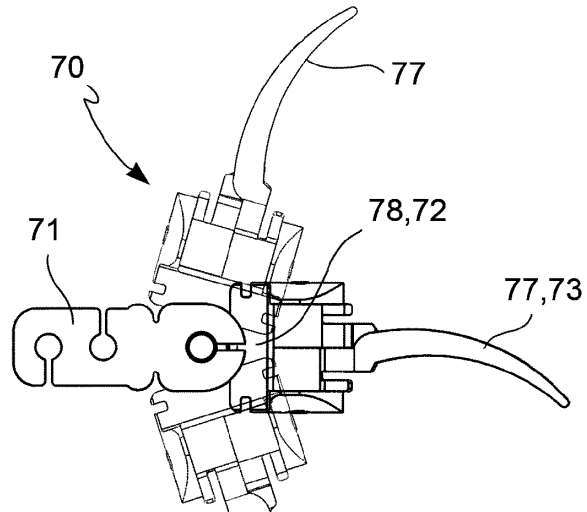


FIG. 23

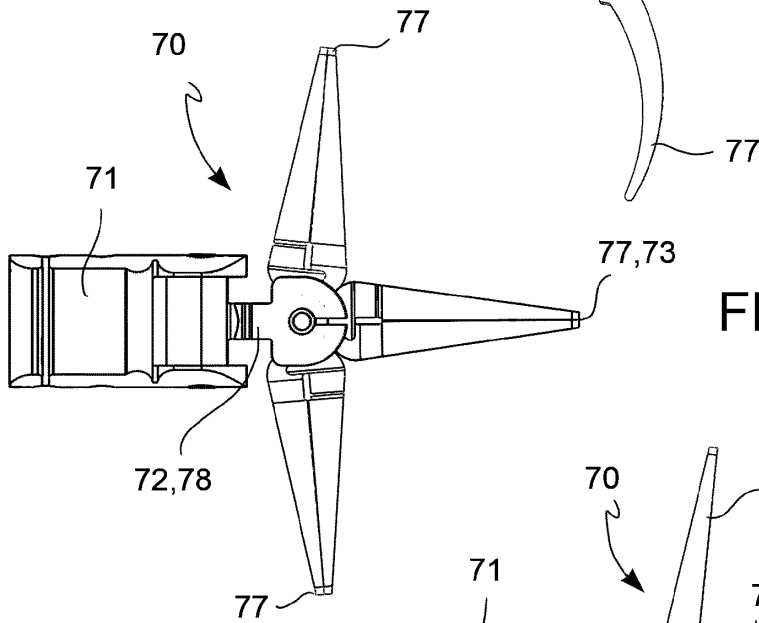
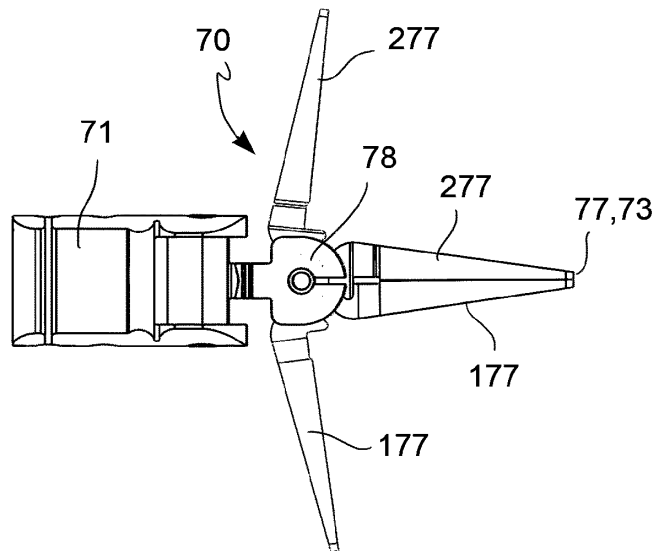


FIG. 24



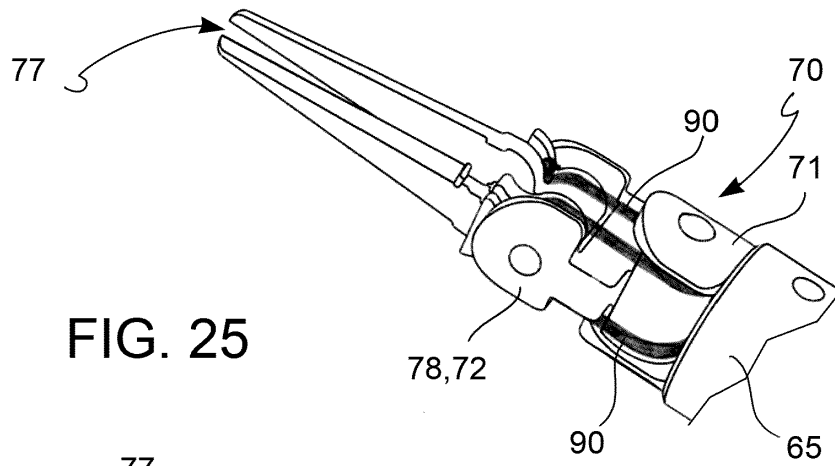


FIG. 25

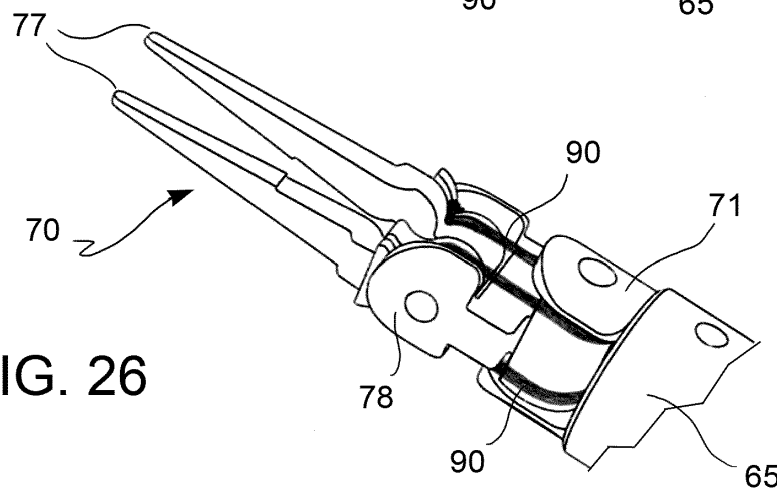


FIG. 26

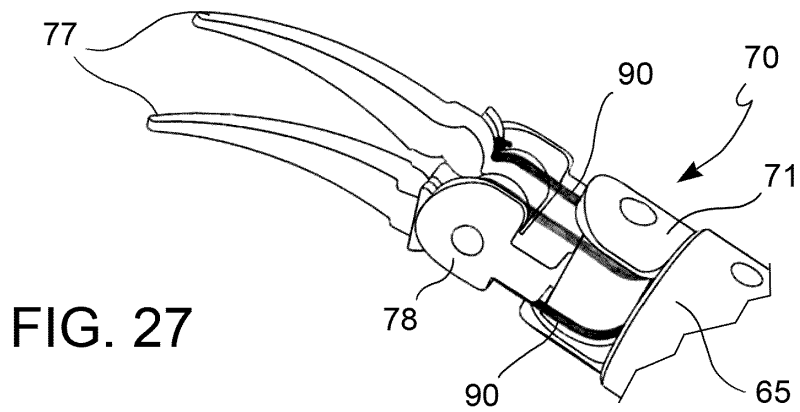


FIG. 27

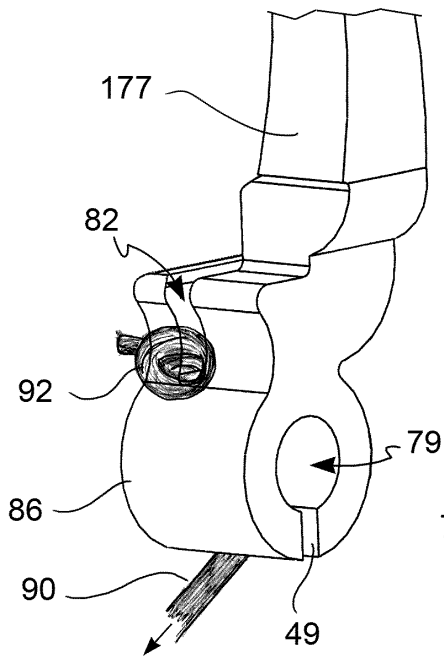


FIG. 28

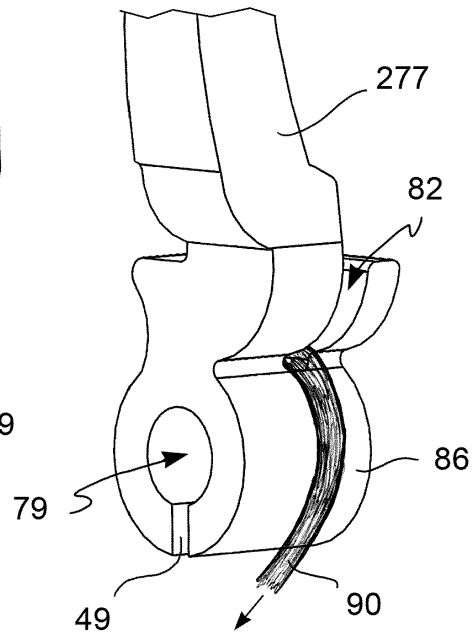


FIG. 29

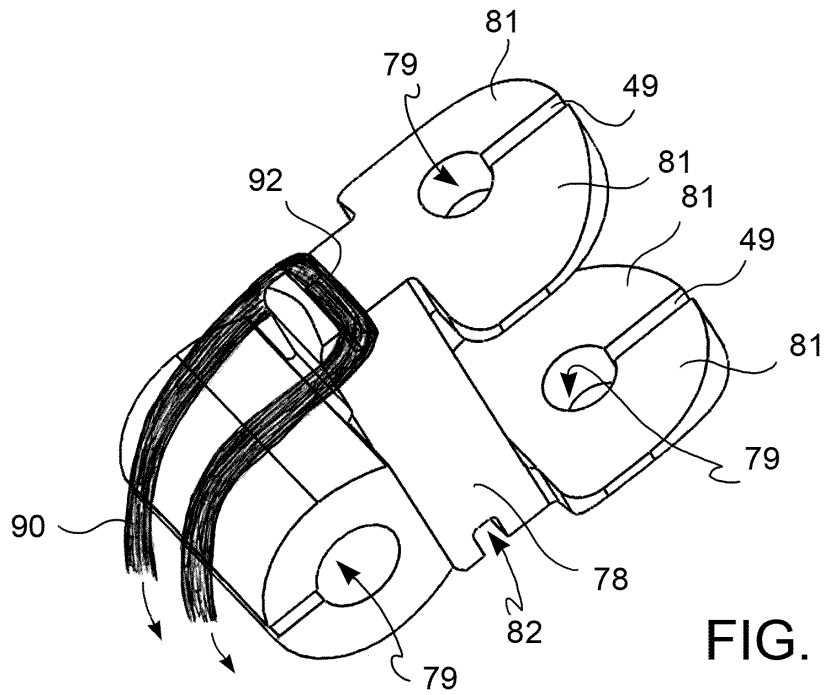


FIG. 30

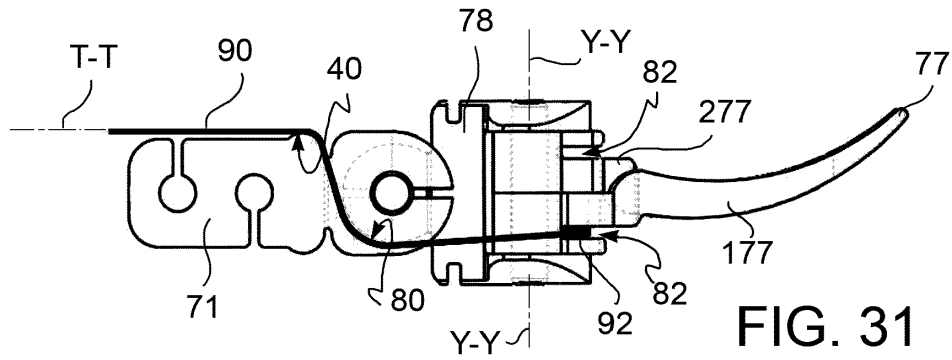


FIG. 31

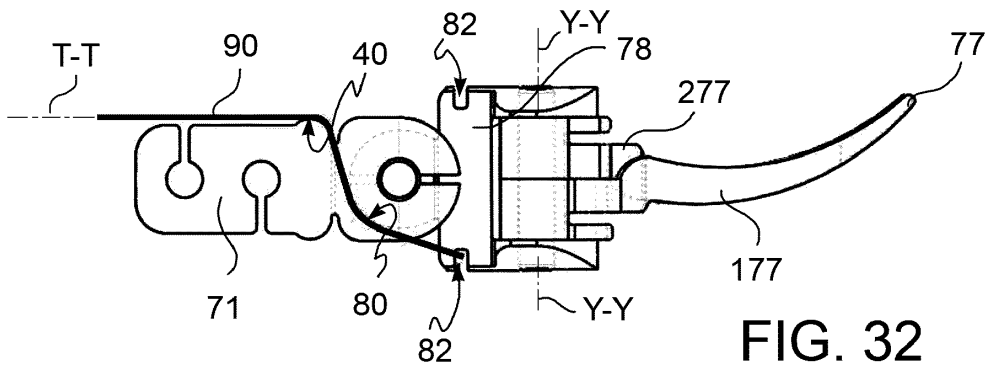


FIG. 32

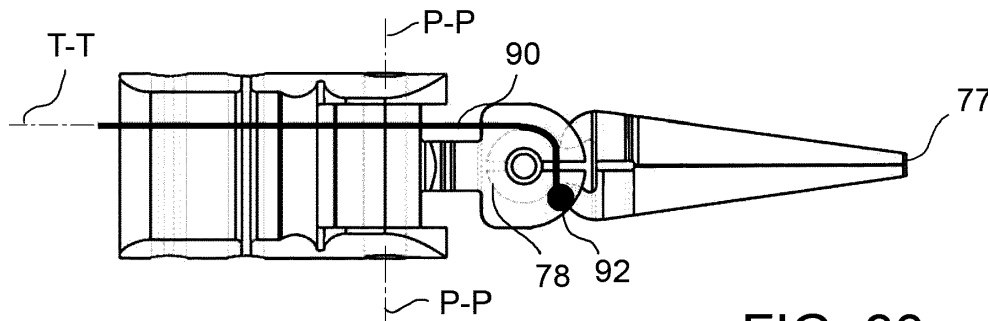


FIG. 33

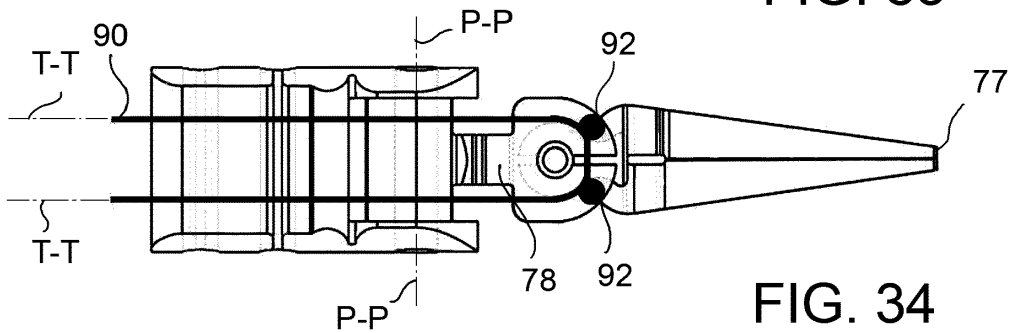


FIG. 34

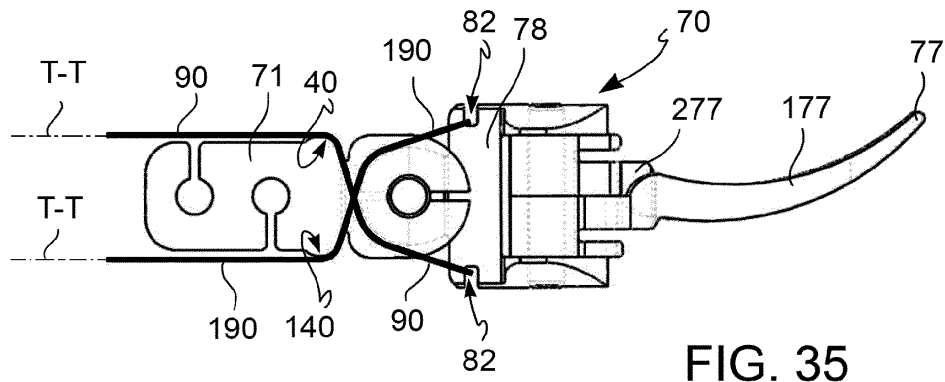


FIG. 35

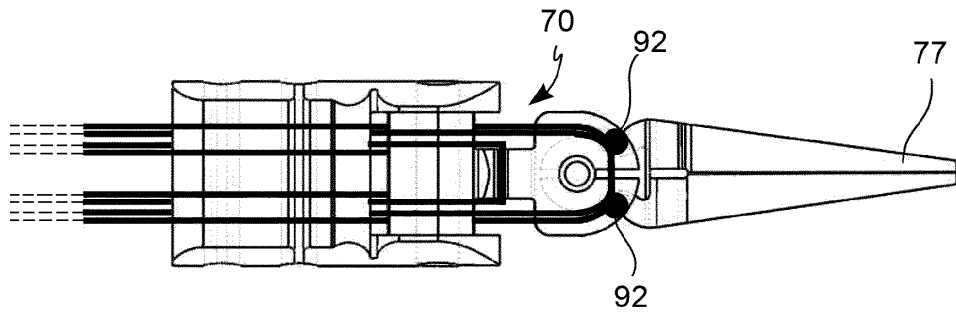


FIG. 36

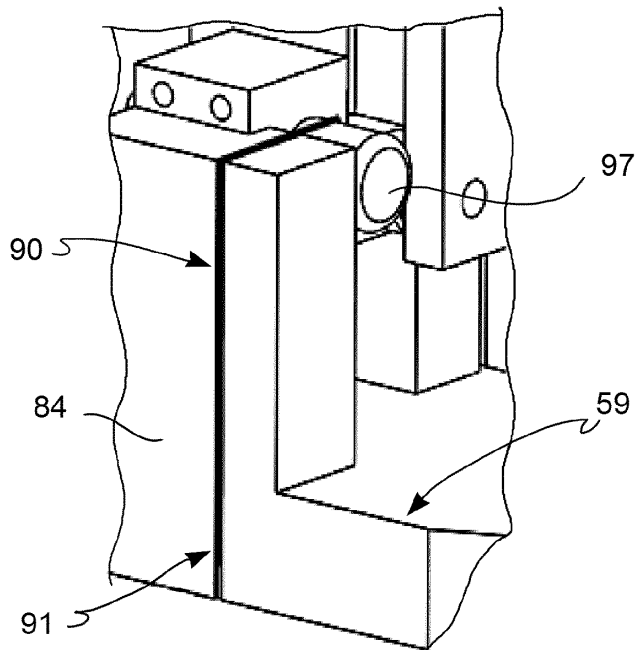


FIG. 13B

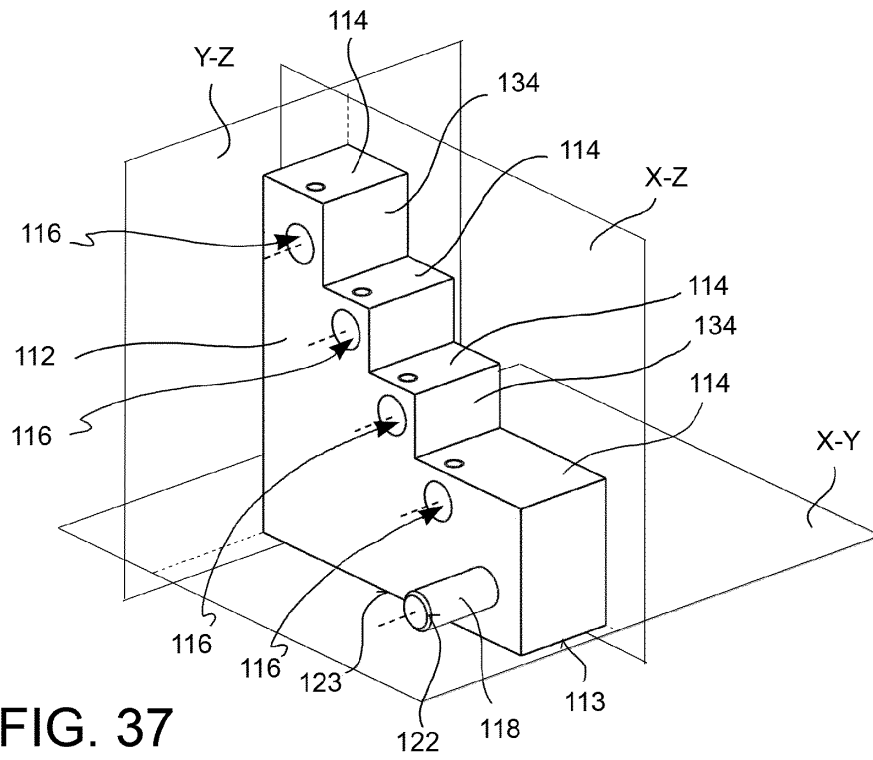


FIG. 37

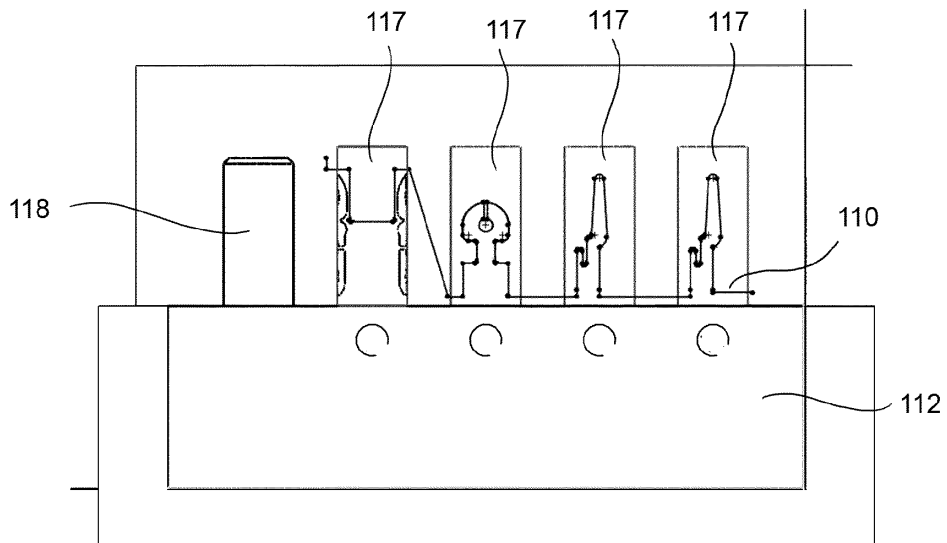
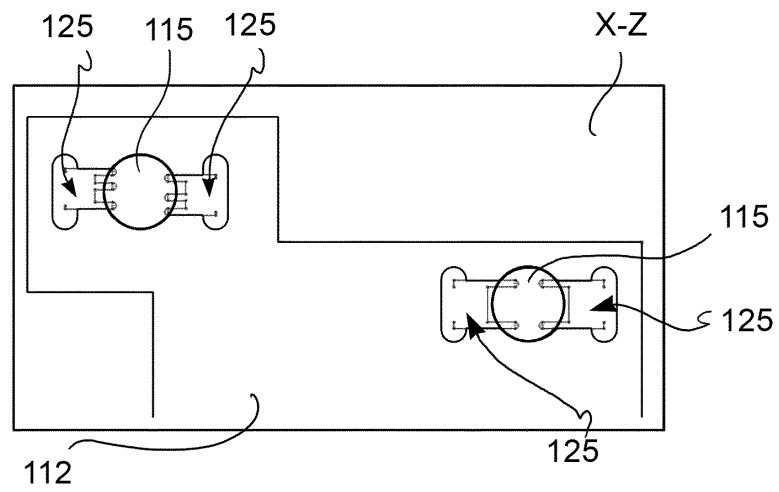
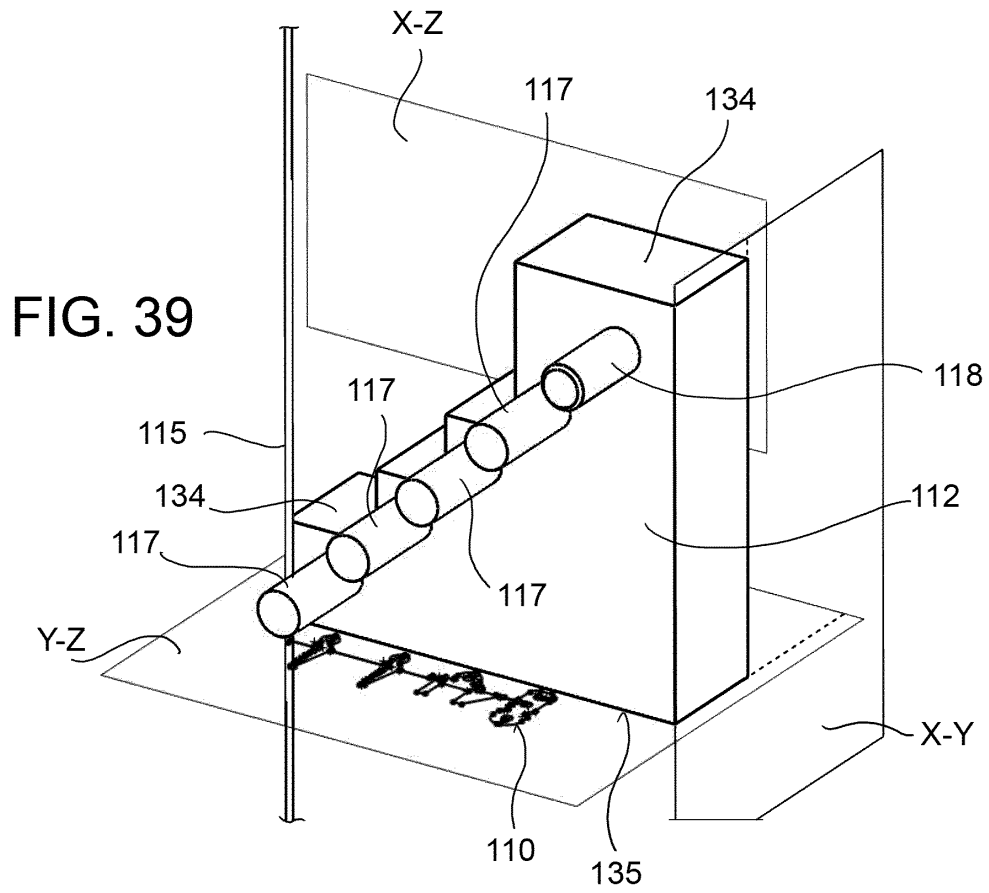


FIG. 38



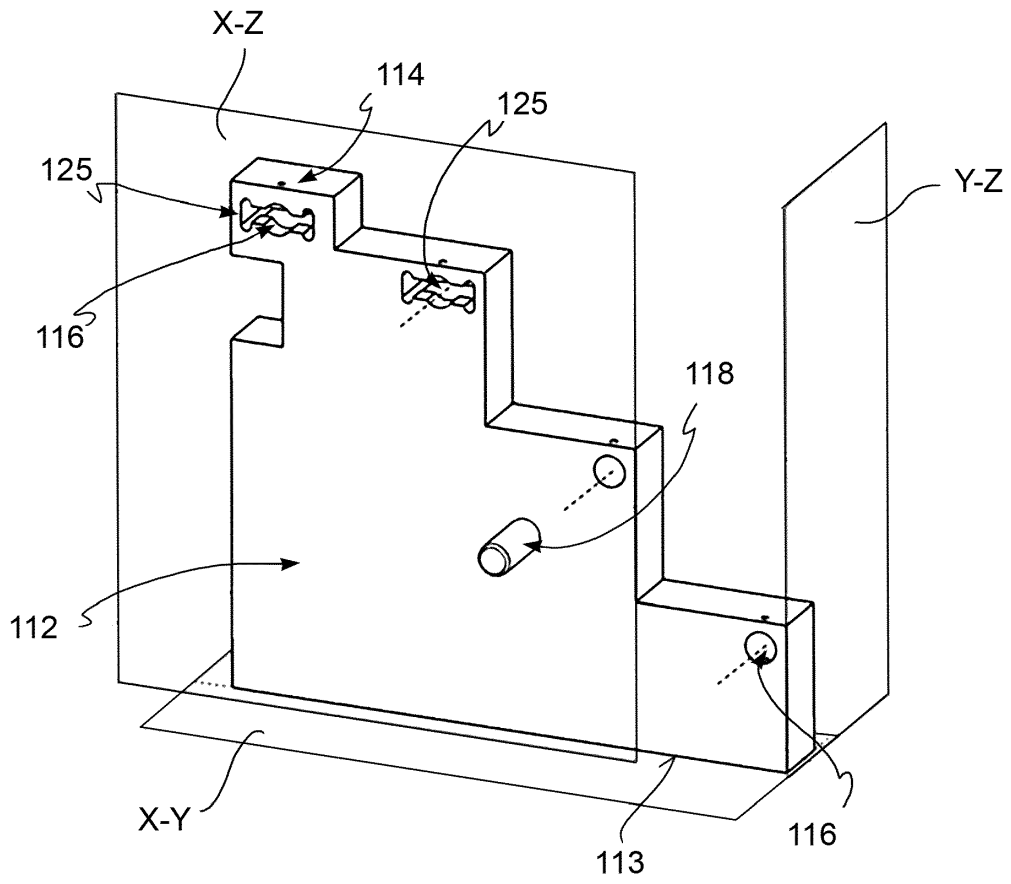


FIG. 40B

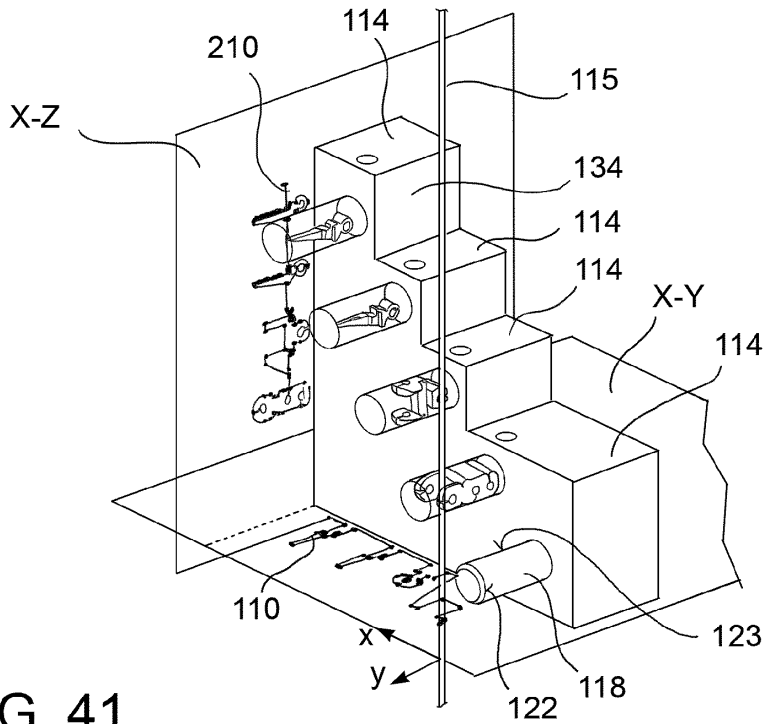


FIG. 41

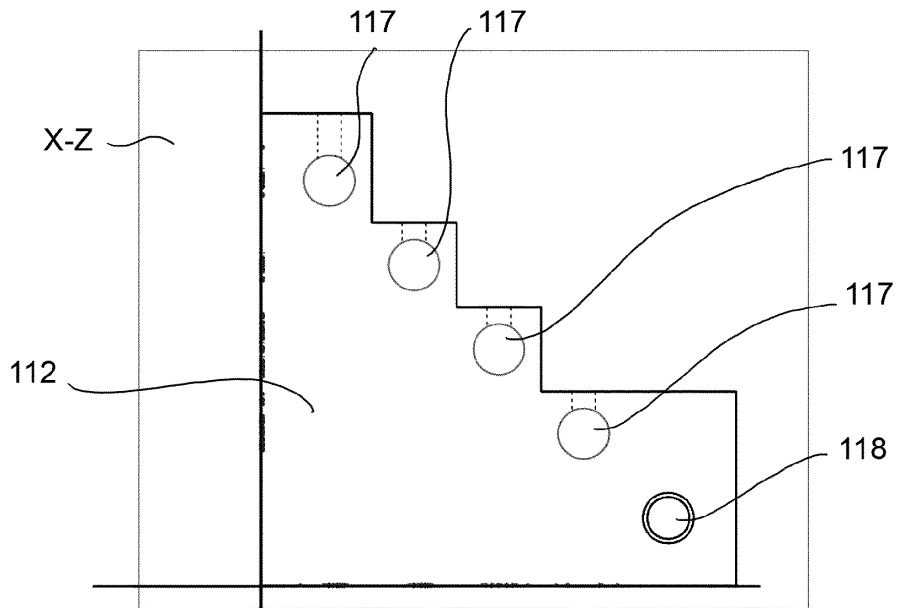


FIG. 42

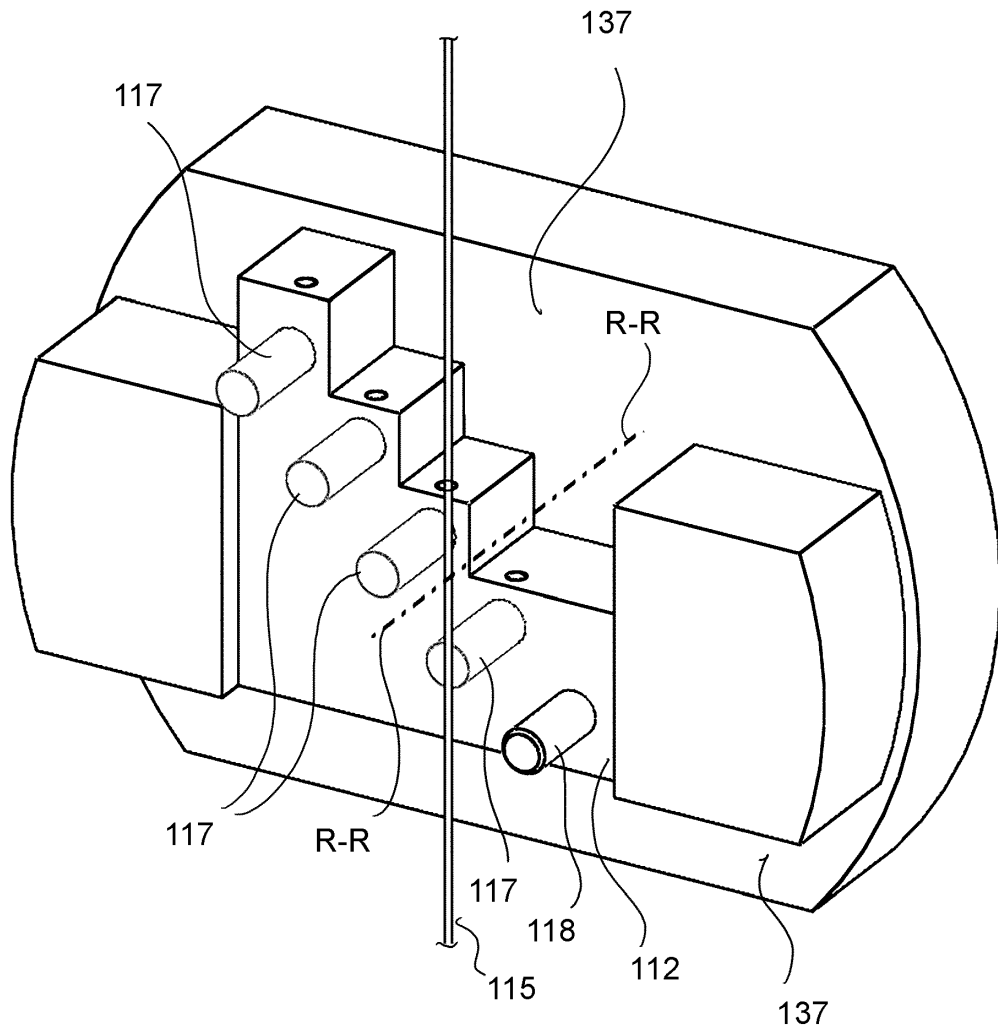


FIG. 43