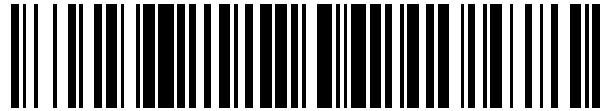


19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 448 793**

51 Int. Cl.:

**A61B 19/00** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **21.07.2011 E 11174862 (0)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **27.11.2013 EP 2415418**

54 Título: **Utensilio quirúrgico robótico**

30 Prioridad:

**04.08.2010 IT GE20100089**

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

**17.03.2014**

73 Titular/es:

**SURGICA ROBOTICA S.P.A. (100.0%)**

**Via S. Nicolò 30**

**34121 Trieste, IT**

72 Inventor/es:

**FIORINI, PAOLO;**

**REPPELE, LUCA y**

**MORSELLI, MASSIMO**

74 Agente/Representante:

**ARIAS SANZ, Juan**

**ES 2 448 793 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**

## Utensilio quirúrgico robótico

La presente invención se refiere a un utensilio quirúrgico robótico para su uso, en particular, en operaciones quirúrgicas mínimamente invasivas.

5 Tal como se conoce, los utensilios quirúrgicos robóticos están dotados de un elemento de extremo, denominado a continuación en el presente documento "efector de extremo", un instrumento que se usa para terminar una o más fases de una operación quirúrgica mínimamente invasiva. Este efector de extremo puede estar formado, por ejemplo, por un elemento de tipo tenazas que comprende un par de brazos móviles.

10 El documento US6394998B1 describe utensilios o instrumentos quirúrgicos para su uso en operaciones quirúrgicas mínimamente invasivas. Estos instrumentos normalmente están constituidos por una base, por medio de la cual el utensilio se monta de manera retirable en un brazo articulado controlado robóticamente. Un árbol alargado se extiende desde la base. Un extremo de trabajo del árbol está dispuesto de manera distal con respecto a la base. Un elemento de tipo muñeca dotado de uno o dos grado(s) de libertad está montado en este extremo de trabajo. Al menos un efector de extremo está montado de manera giratoria en un extremo opuesto del elemento de tipo muñeca. Una pluralidad de elementos alargados, por ejemplo cables, se extienden desde el efector de extremo y desde el elemento de tipo muñeca para realizar movimientos angulares definidos del elemento de tipo muñeca y del efector de extremo en response a acciones de tracción definidas de los elementos alargados.

15 Este efector de extremo descrito en dicho documento US6394998B1 comprende un par de elementos de tipo tenaza que pueden hacerse girar juntos o independientemente entre sí por medio de dichos elementos alargados o cables de activación.

20 El utensilio quirúrgico descrito en dicho documento US6394998B1 tiene diversas desventajas. En primer lugar, cada uno de los cables de activación de cada uno de los elementos del efector de extremo sigue el recorrido de un anillo sin fin: en un lado de este anillo sin fin, este cable se enrolla alrededor de una parte de polea que es solidaria con el elemento relativo del efector de extremo. Cada uno de estos cables de tipo anillo está asociado con un accionador, es decir en última instancia para cada grado de libertad del utensilio hay un accionador para activar el efector de extremo o un elemento del mismo. Esta disposición de los cables en un anillo sin fin no permite que se evalúen correctamente las fuerzas activas en cada ramificación del cable de activación. Otra limitación de esta disposición del utensilio conocido en un anillo sin fin tal como se ha escrito anteriormente es que cuando la herramienta se retira del brazo robótico, los cables de activación en un anillo sin fin permanecen precargados, es decir permanecen 25 en tensión tanto durante el uso normal como (retirados del utensilio) durante el proceso de esterilización. Durante esta última fase, el instrumento se somete a numerosos tratamientos (por ejemplo, tratamientos térmicos y de limpieza), que podrían alterar los cables de transmisión y la precarga de los mismos.

30 El documento US2010/082041A1 da a conocer un sistema quirúrgico robótico que usa un sistema de precarga pasivo unido a un tendón que se enrolla alrededor de un cabrestante para controlar la tensión relajada en el tendón. El sistema de precarga pasivo emplea un resorte u otra estructura para aplicar tensión al tendón. El cabrestante se acciona por un motor cuando es necesario tirar del tendón en un elemento estructural del instrumento (efector de extremo). Por ejemplo, para la aplicación de movimiento o presión de fijación del elemento estructural contra resistencia, la fricción de cabrestante puede producir tensión al tendón que es muchas veces la tensión aplicada al sistema de precarga pasivo. Sin embargo, cuando no es necesario que el tendón aplique fuerza al elemento, el cabrestante puede liberarse, de modo que el sistema de resorte proporciona tensión suficiente para evitar el descarrilamiento u otro mal funcionamiento del tendón. La baja tensión en tendones relajados puede reducir la fricción del tendón, particularmente en instrumentos con árboles flexibles.

35 El objeto de la presente invención por tanto es proporcionar un utensilio quirúrgico robótico que supere las desventajas de utensilios quirúrgicos robóticos conocidos, tales como por ejemplo el descrito anteriormente, que pueda usarse con capacidad aumentada y con alta eficacia, que permita la medición precisa de la tensión aplicada a cada ramificación del cable, que pueda reconocerse fácilmente por el usuario, que una vez retirado del brazo del sistema de control robótico al que debe conectarse, permita la calibración inmediata y precisa cada vez que vuelve a conectarse a dicho brazo y que pueda someterse por tanto a un proceso de esterilización eficaz sin que sea necesario verificar la precarga de los cables de transmisión. También es plausible que el cable soporte más ciclos de trabajo, puesto que la delta térmica delta de aproximadamente 100°C debido a la esterilización no da lugar a un aumento en la tensión en las ramificaciones del cable.

40 Este objeto se logra por la presente invención por medio de un utensilio quirúrgico robótico según el especificado en la reivindicación 1.

Características ventajosas adicionales del presente utensilio se presentan en las reivindicaciones dependientes.

45 El presente utensilio está dotado ventajosamente de una base para la conexión al porta-utensilios, de un árbol alargado situado distalmente con respecto a dicha base, de una muñeca articulada que tiene al menos un grado de libertad, montada en el extremo de trabajo del árbol alargado, y de un efector de extremo conectado a la muñeca

5 articulada en una posición distal. El sistema de transmisión puede permitir el accionamiento de la muñeca y del efector de extremo, que por ejemplo pueden ser pinzas con dos brazos, en el caso del efector de extremo según al menos un grado de libertad. Cada grado de libertad se efectúa por medio de un par de accionadores, que están colocados en los extremos libres de cada uno de los elementos de activación alargados de manera que dichos elementos alargados pueden activarse de manera agonista/antagonista, lo que posibilita modificar la impedancia y controlar la tensión aplicada a cada ramificación de cada elemento flexible, alargado.

En el conjunto de transmisión, también es ventajoso que estos elementos flexibles, alargados crucen de manera adecuada alrededor de al menos un par de poleas, permitiendo el desacoplamiento de los ejes de giro de dicho par de poleas.

10 Es importante señalar que el utensilio también está dotado de un sistema de conexión y desconexión para los elementos flexibles, alargados. En cada extremo de desconexión para los elementos flexibles, el sistema está dotado de un elemento elástico para implementar el control eficaz del movimiento agonista/antagonista y para mantener los elementos de transmisión en tensión una vez que se ha desconectado la herramienta. Esta solución hace más fáciles los procesos para cambio y esterilización del utensilio, permitiendo la calibración inmediata del mismo al final de estos procesos.

15 El presente utensilio también comprende un sistema para comprobar la colocación correcta del árbol en el soporte de interfaz y sistemas de identificación y reconocimiento sencillos y eficaces, tales como un collar que puede tener diversos colores dependiendo del tipo de utensilio, una matriz de marcas de identificación colocada en la herramienta que debe acoplarse cuando está última se inserta en una matriz de recepción en la base del porta-utensilios, o una etiqueta DataMatrix, en la que se almacenan una serie de datos de serie, de calibración del utensilio y otros.

20 Características y ventajas adicionales de la presente invención se entenderán más claramente en el transcurso de la siguiente descripción, considerada a modo de ejemplo, no estando implicada limitación, y con referencia a los dibujos adjuntos, en los que:

25 - la figura 1 es una vista desde arriba de un utensilio quirúrgico robótico según la presente invención, que comprende un árbol a cuyo extremo distal está conectado un efector de extremo y cuyo extremo proximal está insertado en un soporte de interfaz para la conexión a un brazo de un sistema robótico de control e instrucción del utensilio;

- la figura 2 es una vista lateral, en una escala ampliada, de la parte distal del árbol donde está colocado un conjunto de transmisión que permite movimientos relativos del efector de extremo con respecto al árbol;

30 - la figura 3 es una vista desde arriba, parcialmente en sección, del conjunto de transmisión del utensilio, en la que se proporcionan una serie de cables enrollados y cruzados alrededor de tres series de poleas;

- la figura 4 es una primera vista lateral, parcialmente en sección, del conjunto de transmisión del utensilio, en la que es posible observar los cables para accionar los elementos del efector de extremo y para realizar un movimiento de guiñada del efector de extremo con respecto a la muñeca articulada;

35 - la figura 5 es una segunda vista lateral, parcialmente en sección, del conjunto de transmisión del utensilio, en la que es posible observar un par de cables para realizar un movimiento de cabeceo de la muñeca articulada con respecto al árbol;

- la figura 6 es una tercera vista lateral, parcialmente en sección, del conjunto de transmisión, que está dotado de un par de cables de soporte cruzados que definen la cinemática y la dinámica del movimiento de cabeceo del utensilio;

40 - la figura 7 es una vista desde arriba, en sección, del soporte de interfaz del presente utensilio;

- la figura 8 es una vista desde arriba, en sección, de una realización alternativa del soporte de interfaz, en la que cada una de las ramificaciones de los cables de accionamiento comprende un sistema de desmultiplicación de desplazamiento colocado en la conexión entre el brazo robótico y la herramienta;

45 - la figura 9 es una vista lateral, parcialmente en sección, del sistema de desmultiplicación de desplazamiento de la figura 8; y

- la figura 10 es una vista desde arriba del sistema de desmultiplicación de desplazamiento de las figuras 8 y 9.

50 Con referencia a estos dibujos adjuntos y con referencia particular a la figura 1 en los mismos, 1 indica un árbol sustancialmente cilíndrico que comprende una parte distal 101, a cuyo extremo está conectado un efector de extremo 2, en este caso tenazas con dos brazos 102 y 202, y una parte proximal 201 conectada a un soporte de interfaz 3, que puede estar conectado a un brazo articulado (no mostrado) de un sistema robótico de control e instrucción del utensilio. Este soporte 3 puede estar formado por dos partes semicilíndricas 103 y 203, que están articuladas a otra en un lado tal como para abrirse y cerrarse con el fin de alojar la parte proximal 201 del árbol 1 y mantenerla en su sitio, tal como se ilustra en la figura, o puede estar formado por un único elemento cilíndrico internamente hueco, en el que puede insertarse la parte proximal del árbol por medio de una unión de bayoneta o en

cualquier caso medios de unión que hacen que la conexión entre este árbol 1 y este soporte 3 sea retirable. Cada una de las dos partes semicilíndricas 103 y 203 del soporte está dotada de una cubierta retirable 4 para inspeccionar y manipular las diversas conexiones, que se describirán más adelante, presentes dentro de este soporte 3. La parte distal 101 del árbol 1 está conectada al efector de extremo por medio de un pasador giratorio 6 y comprende un conjunto de transmisión 11, del que pueden observarse en la figura dos series de poleas 7a-d y 8a-d pivotadas respectivamente en dos pasadores 9 y 10. Este conjunto de articulación 11 está atravesado por una serie de elementos flexibles, alargados para accionar el efector de extremo, por ejemplo cables, que también pasan a través del árbol internamente hueco 1 y que se describirán en detalle más adelante. Los extremos de cada uno de dichos cables de accionamiento sobresalen de la parte trasera del soporte de porta-utensilios 3; la figura muestra los dos extremos libres de las dos ramificaciones de un primer cable de accionamiento C1 y los dos extremos traseros, libres de otros dos cables de accionamiento C3 y C3'. Cada uno de los brazos 102 y 202 del efector de extremo 2, tal como también puede observarse en la figura 2 de los dibujos adjuntos, está dotado en la base de un elemento sustancialmente circular, el elemento 302 y el elemento 402, respectivamente, alojado en el asiento 5 formado en el cabezal 301 de la parte distal 101 del árbol 1, colocado aguas abajo del conjunto de transmisión 11. En este asiento 5, los elementos 302 y 402 se solapan y se enganchan en un pasador giratorio 6, que posibilita conferir al efector de extremo 2 un movimiento de guiñada oscilatorio, en las direcciones de las flechas Y mostradas en la figura 1, si estos elementos 302, 402 y por tanto los brazos 102, 202 correspondientes se hacen girar juntos en el mismo sentido en un sentido u otro. Un collar 12 para identificar el presente utensilio está colocado en la parte proximal 201 del árbol 1. Este collar 12 puede realizarse en diversos colores para cada tipo de utensilio, de manera que el usuario pueda reconocerlo fácilmente. El presente utensilio también está dotado de un sistema de reconocimiento e identificación adicional basado, por ejemplo, en una matriz de marcas de acoplamiento y en una etiqueta DataMatrix, que se coloca en cualquier parte del utensilio, por ejemplo en el árbol 1. Estos sistemas pueden contener una serie de datos, tales como los datos de identificación de serie del utensilio, los datos de calibración del mismo y otros, que se leen e insertan en el sistema robótico de instrucción y control al que se realiza una conexión.

La figura 3 muestra el conjunto de transmisión 11 con los cables cruzados para accionar y soportar el presente utensilio. Este grupo 11 comprende tres series de poleas adyacentes: una primera serie de poleas 13a, 13b y 13c que están situadas a una determinada separación y que pueden girar libremente alrededor de un pasador relativo 14; una segunda serie de poleas 7a, 7b, 7c, 7d que están situadas a una determinada separación y que pueden girar libremente alrededor de un pasador relativo 9; y una tercera serie de poleas 8a, 8b, 8c, 8d que están situadas a una determinada separación y que pueden girar libremente alrededor de un pasador giratorio relativo 10. Estos pasadores giratorios 14, 9 y 10 de las tres series de poleas son paralelos entre sí. Los siguientes elementos están presentes en dicho conjunto de transmisión 11: el primer cable de activación C1 de uno de los dos brazos del efector de extremo; un segundo cable de activación C2 del otro brazo del efector de extremo; el par de cables C3 y C3' que puede realizar el movimiento de cabeceo del efector de extremo; y un par de cables de soporte C4 y C4'. Cada uno de dichos cables de activación y soporte C1, C2, C3, C3', C4 y C4' se cruza de manera adecuada alrededor de dichas tres series de poleas 13a-c, 7a-d y 8a-d. El primer cable C1 puede activar el brazo 202 del efector de extremo, que no puede observarse en la figura y es solidario con el elemento circular 402 mostrado en sección. Este primer cable C1 realiza un recorrido circular en contacto con la parte superior o inferior de las poleas 13a, 7a y 8a de la primera serie de poleas. Más específicamente, este cable C1 pasa sobre la primera polea 13a de la primera serie de poleas, luego bajo la primera polea 7a de la segunda serie, sobre la primera polea 8a de la tercera serie de poleas, gira alrededor de una polea 15 adicional, que puede girar libremente alrededor de un pasador giratorio relativo 16, entonces gira alrededor del elemento circular 402 solidario con el brazo 202, pasa sobre una polea 17 adicional con un pasador giratorio inclinado 18, pasa bajo la polea 8a, sobre la polea 7a y finalmente bajo la polea 13a. Puede formarse un canal circunferencial apropiado en el elemento circular 402, que está cubierto por un tramo del cable C1, con el fin de garantizar un mejor contacto y fijación de este tramo alrededor de este elemento 402. Por último, por tanto, las dos ramificaciones del cable C1 se cruzan doblemente alrededor de las poleas 13a, 7a, 8a. Al igual que el cable C1, el segundo cable C2 comprende dos extremos libres que sobresalen de la parte trasera del conjunto de transmisión 11. Este cable C2 realiza un recorrido alrededor de las poleas alineadas 13c, 7d y 8d que es similar al recorrido realizado por el cable C1 alrededor de las primeras poleas alineadas 13a, 7a y 8a. Este cable C2, una vez que ha pasado a través de estas poleas 13c, 7d y 8d cruzándolas por primera vez, pasa alrededor de una polea de retorno 21, que puede observarse en la figura 4 y que está dotada de un pasador giratorio relativo 22, en una posición que es simétrica con respecto a la posición en la que el cable C1 pasa alrededor de la polea 15, luego gira alrededor del elemento circular 302, que no puede observarse en la figura y es solidario con el brazo 102 del efector de extremo. También puede formarse un canal circunferencial apropiado en el elemento circular 302, que está cubierto por un tramo del cable C2, con el fin de garantizar un mejor contacto y fijación de este tramo alrededor de este elemento 302. Una vez que ha girado alrededor de este elemento circular del brazo 102, este cable C2 pasa alrededor de una polea adicional 19, que tiene un pasador giratorio inclinado 20 y está situado en una posición que es simétrica con respecto a la polea 18 con respecto a un plano medio longitudinal del utensilio, y luego pasa sobre la polea 8d, bajo la polea 7d y finalmente sobre la polea 13c. Por último, por tanto, las dos ramificaciones del cable C2 se cruzan doblemente alrededor de las poleas 13c, 7d y 8d. Tal como se ha mencionado, los dos cables C3 y C3' pueden ejecutar el movimiento de cabeceo del efector de extremo 2 con respecto a la parte distal 101 del árbol 1. El cable C3 pasa bajo la polea 13b, sobre ambas poleas 7b y 8b, y luego el extremo frontal del mismo se fija, tal como puede observarse, al cabezal 301 del árbol. El cable C3', en una posición cruzada con respecto al cable C3, pasa sobre la polea 13b, bajo ambas poleas 7b y 8b, y luego el extremo frontal del mismo se fija al cabezal 301. Los dos cables C4 y C4' son los únicos cables que no van a conectarse a accionadores relativos: el cable C4 pasa bajo la

polea 7c, sobre la polea 8c, y luego el extremo frontal del mismo se fija al cabezal 301; el cable C4', en una posición cruzada con respecto al cable C4, pasa sobre la polea 7c, bajo la polea 8c, y el extremo frontal del mismo se fija al cabezal 301.

5 Los dos extremos de cada de uno de estos cables C1, C2 y los extremos frontales de los dos cables C3, C3' son libres y cada uno está conectado a su propio accionador; a modo de ejemplo, la figura 7 muestra los dos accionadores de activación 23 y 24 que están conectados a cada uno de los dos extremos libres del cable C1 y pueden activar las dos ramificaciones de este cable C1 que sobresalen del soporte de interfaz 3 de manera independiente y de manera agonista/antagonista. Estos accionadores 23 y 24 pueden estar ubicados, por ejemplo, en un brazo del sistema robótico que da instrucciones y hace funcionar el presente utensilio quirúrgico. En esencia, se proporcionan por tanto seis accionadores para el presente utensilio: dos accionadores conectados a los extremos libres del cable C1, dos accionadores conectados a los extremos libres del cable C2 y dos accionadores conectados a los extremos traseros de los cables C3 y C3'.

15 La sección en la figura 4 proporciona una mejor explicación de la disposición del cable de activación C1 del brazo 202 del efector de extremo 2, en particular el cruce de las dos ramificaciones de este cable alrededor de las tres poleas 13a, 7a, 8a, hasta que se enrolla y se fija alrededor del elemento circular 402 solidario con el brazo 202 del efector de extremo. En esta figura, también es posible observar parte del cable C2, que está fijado alrededor del elemento circular 302 solidario con el brazo 102 de las tenazas. Tal como puede observarse, el pasador giratorio 6 de los dos elementos circulares 302 y 402 es perpendicular a los tres pasadores giratorios 14, 9 y 10 de las tres series de poleas, de las pueden observarse las primeras tres poleas 13a, 7a, 8a en la figura, mientras que las dos poleas de retorno 21 y 15 de los dos cables C2 y C1 están en una posición opuesta con respecto al plano medio longitudinal del utensilio que pasa a través de los tres pasadores 14, 9, 10. Los dos pasadores giratorios 9 y 10 de las poleas 7a y 8a están fijados en ambos extremos a un par de bandas de conexión laterales: la presente figura muestra la banda trasera 26, mientras que la banda frontal 25 puede observarse en la figura 2. El pasador giratorio 14 de la polea 13a está fijado a las paredes de la parte trasera del cabezal 301 insertado en la parte distal 101 del árbol 1, mientras que los pasadores 6, 16, 22, 18 y 20 están fijados en asientos adecuados formados en la parte frontal del cabezal 301. La figura también muestra, como líneas discontinuas, dos cables de electrificación 27 y 28 del brazo 202 y del brazo 102, respectivamente, del efector de extremo 2. Estos cables 27 y 28 están conectados aguas arriba por medio de conectores convencionales proporcionados en un aparato médico apropiado.

20 La figura 5 muestra los cables C3 y C3', que posibilitan realizar el movimiento de cabeceo de la muñeca 301 con respecto a la parte distal del árbol 1, es decir un movimiento oscilatorio en el sentido de las flechas P realizado con respecto al pasador 10, que gira a su vez alrededor del eje 9 según una relación geométrica establecida. Tal como se mencionó anteriormente, estos dos cables C3 y C3' se cruzan alrededor de las tres poleas 13b, 7b y 8b y los extremos frontales respectivos están fijados al cabezal 301 del árbol 1 por medio de elementos de fijación relativos 29 y 30 insertados de manera retirable en asientos relativos 31 y 32 formados en dicho cabezal 301.

30 La figura 6 muestra los dos cables C4 y C4', cuyos extremos traseros están conectados a medios de tensado 33 y 34 respectivos alojados en la parte trasera del cabezal 301 insertado en la parte distal 101 del árbol 1. La función de estos cables C4 y C4' es soportar el conjunto de articulación 11 del presente utensilio y estos cables definen la cinemática y la dinámica del movimiento de cabeceo descrito en la figura 5. Estos cables C4 y C4' se cruzan alrededor de las dos poleas 7c y 8c y los extremos frontales respectivos están fijados a la parte frontal del cabezal 301 por medio de elementos de fijación relativos 35 y 36 insertados de manera retirable en asientos relativos 37 y 38 formados en la parte frontal de dicho cabezal 301.

35 La figura 7 muestra una sección adicional del utensilio y de la base de porta-utensilios, que pone de relieve las desconexiones de las dos ramificaciones del cable de accionamiento C1 desde dentro del árbol 1, en el soporte de interfaz cilíndrico 3, y por tanto la aparición de los dos extremos libres desde la parte trasera de este soporte 3 y la conexión de los mismos al accionador relativo 23 y 24. Los elementos descritos a continuación para las dos ramificaciones del cable C1 se proporcionan exactamente de la misma manera para las dos ramificaciones del cable C2 y para los dos cables C3 y C3', es decir para todos los cables de accionamiento del presente utensilio que sobresalen de la parte trasera del soporte 3 y cuyos extremos traseros, libres están dotados de un accionador relativo. Las dos ramificaciones del cable C1 que proceden del interior del árbol 1 pasan a través de dos canales 53 y 53' formados en la parte proximal 201 insertada en un asiento cilíndrico 54 formado dentro del soporte 3. Cada una de las ramificaciones del cable C1, véase la ramificación superior por ejemplo, pasa a través de un resorte 39, para pretensar el cable, alojado en un asiento cilíndrico 40 formado en la base del instrumento 201, y entonces se conecta por medio de un engaste dotado de extensómetros 41 a una primera corredera 42 que puede deslizarse bidireccionalmente en cada asiento 40. La función de cada uno de estos engastes sensorizados 41 y 41' es medir la fuerza aplicada a cada una de las ramificaciones del cable C1, que se accionan de manera agonista/antagonista. Como alternativa a lo mostrado, estos extensómetros pueden colocarse junto al efector de extremo 2. Cada una de las dos ramificaciones del cable C1 se interrumpe entonces junto a dicha corredera 42 o 42'. Cada una de esas correderas 42 y 42', considérese por ejemplo la corredera 42, está dotada de un pasador 43 que es sustancialmente perpendicular a esta última y que se engancha en una lengüeta 45 correspondiente de una segunda corredera 46, que puede deslizarse bidireccionalmente dentro de un asiento cilíndrico 44 formado cerca de la parte periférica del soporte 3. Los últimos tramos de las dos ramificaciones del cable C1 están fijadas a la parte trasera de estas segundas correderas 46 y 46', estando conectados los extremos libres de estas ramificaciones, tal como se

menciona, a un accionador relativo 23 y 24 alojado, por ejemplo, en el sistema robótico de instrucción y control del utensilio. Por último, aunque se interrumpa el cable de accionamiento C1 por medio del sistema de conexión y desconexión representado por las dos correderas 42, 46 y 42', 46', este cable C1, durante el funcionamiento del utensilio, es como un cable continuo con dos ramificaciones, y la función de esta interrupción es permitir ventajosamente la desconexión de este cable de accionamiento y por tanto, por último, la desconexión del árbol 1 del soporte 3. Un extremo de un resorte de tracción 47 está fijado a la parte frontal de cada una de estas segundas correderas 46 y 46', considérese por ejemplo la corredera 46, y el otro extremo de dicho resorte de tracción está conectado a la base frontal 48 del asiento cilíndrico 44. En esencia, la función de los dos resortes 39 y 39' asociados con las dos correderas 42 y 42' es empujar y pretensar cada una de las ramificaciones del cable C1 que se mueven hacia el efector de extremo, para someter siempre estas ramificaciones a tensión, aunque la parte proximal 201 del utensilio no esté insertada en el soporte 3.

Los dos resortes 47 y 47' asociados con las dos correderas 46 y 46' también tienen la función de mantener las dos ramificaciones del cable de accionamiento C1 bajo tensión y, una vez que el instrumento está conectado, de oponer los accionadores 23 y/o 23' cuando tiran de la corredera 46 y/o 46' hacia la parte trasera del soporte. El presente utensilio también está dotado de un sistema para reconocer automáticamente la inserción correcta del mismo en el soporte 3. Este sistema se basa en salientes mecánicos colocados en el instrumento, que activan (con diversas combinaciones) señales eléctricas u ópticas en la base del porta-instrumentos. La figura muestra, a modo de ejemplo, dos dientes 49 y 50, que sobresalen respectivamente del asiento cilíndrico 54 del soporte y de la parte proximal 201 del árbol 1 y que, si este árbol 1 está colocado correctamente en el soporte 3, formado en este caso por las dos partes semicilíndricas 103 y 203 de la figura 1, se enganchan en rebajes 51 y 52 correspondientes formados respectivamente en la parte proximal 201 y en el asiento cilíndrico 38. También pueden estar presentes contactos eléctricos en estos rebajes. Este sistema para reconocer automáticamente la inserción correcta del utensilio puede ser diferente si, por ejemplo, el soporte 3 está formado por una única pieza cilíndrica en la que está formado internamente un asiento cilíndrico, y la parte proximal del árbol se inserta, por ejemplo por medio de una unión de bayoneta, dentro de un asiento de soporte cilíndrico.

Tal como se mencionó anteriormente, los elementos descritos anteriormente para las dos ramificaciones del cable C1 también se proporcionan para las dos ramificaciones del cable C2 y los dos cables de accionamiento C3 y C3', es decir, cada una de estas ramificaciones y cables comprende un sistema de desconexión y activación formado por pares de correderas primera y segunda como las descritas para el cable C1, asociado con resortes de pretensado y empuje relativos. Estas dos ramificaciones del cable C2 y los dos cables 3 y 3' alcanzan desde dentro el árbol 1 y se insertan en canales relativos, similares a los canales 53 y 53' de las ramificaciones del cable C1, y se mueven hacia dicho sistema de desconexión y activación. Es preferible que los seis canales atravesados por los cables C1, C2, C3 y C3', los seis asientos de los resortes y de las primeras correderas se formen en la parte proximal 201 del cabezal 1 de manera que estén a separaciones iguales y se distribuyan uniformemente en dicha parte proximal 201, y también que los seis asientos de los resortes y de las segundas correderas se formen en el cuerpo del soporte 3 de manera que se distribuyan uniformemente y a separaciones iguales en dicho soporte.

La figura 8 muestra una realización alternativa del soporte de interfaz 3, en el que cada una de las ramificaciones del cable de accionamiento C1, conectada a los accionadores relativos 23 y 24, comprende un sistema de desmultiplicación de desplazamiento. Los elementos descritos a continuación para las dos ramificaciones del cable C1 se proporcionan exactamente de la misma manera para las dos ramificaciones del cable C2 y para los dos cables C3 y C3', es decir para todos los cables de accionamiento del presente utensilio que sobresalen de la parte trasera del soporte 3 y cuyos extremos traseros, libres están dotados de un accionador relativo. El sistema de desmultiplicación de desplazamiento comprende uno o más elementos giratorios, por ejemplo poleas, que funcionan como una especie de elevador sencillo o múltiple. A modo de ejemplo no limitativo, se muestran tres poleas P1-P1', P2-P2' y P3-P3' en la figura para cada una de las ramificaciones del cable de accionamiento C1. Considerando por ejemplo la ramificación superior del cable de accionamiento C1, la primera polea P1 está dispuesta en un primer pasador de giro 55 fijado en la corredera 46, la segunda polea P2 está dispuesta en un segundo pasador de giro 56 conectado a una parte fija 56 del soporte 3 y la tercera polea P3 está dispuesta en el primer pasador de giro 55, coaxialmente a la primera polea P1.

La ramificación del cable C1 conectada al accionador 23, véanse las figuras 9 y 10, se enrolla alrededor de la primera polea P1, alrededor de la segunda polea P2, alrededor de la tercera polea P3 y luego se fija al soporte 3 por medio de un elemento de anclaje relativo 58.

Un sistema de desmultiplicación de desplazamiento de este tipo confiere una mejor precisión y sensibilidad al presente utensilio, de hecho un determinado desplazamiento de la ramificación del cable C1 desde el lado de los accionadores 23 y 24 produce un desplazamiento desmultiplicado correspondiente de la ramificación del cable C1 desde el lado del efector de extremo. El grado de dicha desmultiplicación de desplazamiento depende de la dimensión, inclinación y número de las poleas del sistema y de la trayectoria de enrollamiento del cable de accionamiento alrededor de dichas poleas. Las poleas usadas en el presente sistema están realizadas sin embargo de una manera tal que se mantienen las dos ramificaciones del cable de accionamiento paralelas entre sí, obteniendo por tanto una ley lineal del desplazamiento desmultiplicado.

Debido al accionamiento de cada una de las ramificaciones de los cables C1 y C2 y al accionamiento de los dos

- 5 cables C3 y C3' por un accionador especializado, es decir en total seis accionadores proporcionados, el presente utensilio tiene en última instancia tres grados de libertad, es decir cada grado de libertad se acciona por medio de dos accionadores. Proporcionar un accionador especializado para cada uno de los extremos de los cables C1 y C2 y proporcionar un accionador especializado y un elemento elástico en cada extremo trasero de los cables C3 y C3' posibilita activar cada uno de los grados de libertad de manera agonista/antagonista, mientras que también posibilita, por medio de un sistema relativo de extensómetros al que está conectado cada cable o ramificación del cable (véanse los dos engases sensorizados 41 y 41' de la figura 7, por ejemplo), controlar la impedancia del utensilio debido a la medición de la tensión de cada ramificación de los cables C1 y C2 y de cada cable C3 y C3'.
- 10 Tal como se observó anteriormente, todos los cables de activación y soporte presentes en el conjunto de transmisión 11, es decir los cables C1, C2, C3 y C3' y los dos cables C4 y C4', también se cruzan todos ellos alrededor de al menos un par de poleas, y esta disposición tiene muchas ventajas, incluyendo el hecho de que permite una capacidad aumentada del uso del presente utensilio y el desacoplamiento de los ejes de giro de las poleas alrededor de los cuales se cruzan estos cables.
- 15 El funcionamiento del presente utensilio según lo descrito en detalle anteriormente es fácilmente obvio. Los dos brazos 102 y 202 del efector de extremo 2 pueden moverse independientemente entre sí, tal como se ha mencionado, mediante la activación agonista/antagonista respectiva de cada uno de los extremos de los cables C2 y C1. Por tanto, si los elementos circulares 302 y 402 solidarios respectivamente con estos brazos 102 y 202 se hacen girar en el mismo sentido de giro, esto da como resultado el movimiento de guiñada del efector de extremo 2, que gira alrededor del eje 6 en un sentido u otro (véanse las flechas Y de la figura 1). Si, sin embargo, estos elementos
- 20 circulares 302 y 402 se hacen girar, siempre alrededor del eje 6, en un sentido de giro opuesto, el resultado es que los brazos 102 y 302 del efector de extremo 2 se mueven alejándose o acercándose entre sí, ejecutando un movimiento de apertura y cierre de tipo tenazas típico. El efector de extremo 2 también puede inclinarse de formas diferentes por medio del movimiento de cabeceo alrededor del eje 10, que gira a su vez alrededor del eje 9 según una relación geométrica establecida (véanse las flechas P de la figura 5), y este movimiento se completa por medio de la activación del par de cables C3 y C3'. Cada uno de los seis accionadores para activar cada ramificación de los
- 25 cables C1 y C2 y cada cable C3 y C3' (véanse por ejemplo en la figura 7 los dos accionadores 23 y 24 para activar cada una de las ramificaciones del cable C1) puede ser por ejemplo, un motor eléctrico o cualquier otro medio conocido per se que posibilita el desplazamiento bidireccional de cada una de estas ramificaciones de estos cables C1 y C2 y de cada uno de estos cables C3 y C3' independientemente entre sí y de manera agonista/antagonista.
- 30

## REIVINDICACIONES

1. Utensilio quirúrgico robótico, que comprende: un árbol (1) que porta una parte distal (101) y una parte proximal (201); una muñeca articulada (301) con al menos un grado de libertad con respecto a dicho árbol (1); un efector de extremo (2), que está montado en la parte frontal de la muñeca (301) y está dotado de brazos móviles (102, 202); un soporte de interfaz (3), que está conectado a dicha parte proximal (201) y puede conectarse a un sistema robótico de instrucción y control del utensilio; y un conjunto de transmisión (11) colocado en dicha muñeca articulada (301) y que comprende una pluralidad de poleas (13a-c, 7a-d, 8a-d) colocadas en secuencia y una pluralidad de elementos de activación flexibles, alargados (C1, C2, C3, C3') que pasan alrededor de las poleas (13a- 13c, 7a-7d, 8a-8d) para permitir el movimiento de la muñeca (301) según dicho al menos un grado de libertad y/o el movimiento de al menos uno de dichos brazos móviles (102, 202); actuando conjuntamente cada uno de dichos elementos de activación flexibles, alargados (C1, C2, C3, C3'), aguas abajo de dicho conjunto de transmisión (11), con dicho efector de extremo (2) y estando dotados los brazos móviles relativos (102, 202), aguas arriba de dicho conjunto de transmisión (11), con al menos un par de extremos libres que pueden conectarse a dos accionadores (23, 24) de tal manera que dichos accionadores (23, 24) pueden activar dichos elementos de activación flexibles, alargados (C1, C2, C3, C3') independientemente entre sí y llevar a cabo de manera agonista/antagonista dicho movimiento según dicho al menos un grado de libertad, estando caracterizado el utensilio porque: la muñeca tiene una parte trasera conectada a dicha parte distal (101) y una parte frontal conectada de manera móvil a la parte trasera por medio de dos bandas de conexión laterales (25, 26) para dotar a la muñeca (301) de dicho al menos un grado de libertad; los elementos de activación alargados (C1, C2, C3, C3') se cruzan alrededor de al menos un par de poleas (13a-13c, 7a-7d, 8a-8d) de una manera que desacopla los ejes de giro de las poleas alrededor de los cuales se cruzan estos elementos alargados; dicha pluralidad de poleas (13a-c, 7a-d, 8a-d) comprenden al menos tres series de poleas (13a-13c, 7a-7d, 8a-8d) dispuestas para girar libremente sobre tres pasadores giratorios (14, 9, 10) respectivos sustancialmente paralelos entre sí; dichos pasadores (14, 9, 10) comprenden un primer pasador (14) fijado a dicha parte trasera de la muñeca (301) para el giro de una primera serie de poleas (13a-13c), un segundo pasador (9) fijado a primeros extremos de ambas bandas de conexión laterales (25, 26) para el giro de una segunda serie de poleas (7a-7d), y un tercer pasador (10) fijado a segundos extremos de ambas bandas de conexión laterales (25, 26) para el giro de la tercera serie de poleas (8a-8d); dichos elementos de activación flexibles, alargados (C1, C2, C3, C3') comprenden un primer elemento flexible, alargado (C1) fijado, aguas abajo del conjunto de transmisión (11), alrededor de un elemento circular respectivo(402) solidario con un primer brazo móvil (202) del efector de extremo (2) y que porta, aguas arriba del conjunto de transmisión (11), dos primeras ramificaciones que terminan, cada una, con uno respectivo de dichos extremos libres; y las dos primeras ramificaciones se cruzan una primera vez alrededor de y entre una primera polea (13a) de dicha primera serie de poleas (13a-13c) y una primera polea (7a) de dicha segunda serie de poleas (7a-7d) y una segunda vez alrededor de y entre la primera polea (7a) de la segunda serie de poleas (7a-7d) y una primera polea (8a) de dicha tercera serie de poleas (8a-8d).
2. Utensilio según la reivindicación 1, caracterizado por que dichos elementos de activación flexibles, alargados (C1, C2, C3, C3') comprenden un segundo elemento flexible, alargado (C2) fijado, aguas abajo del conjunto de transmisión (11), alrededor del elemento circular respectivo (302) solidario con un segundo brazo móvil (202) del efector de extremo (2) y que porta, aguas arriba del conjunto de transmisión (11), dos segundas ramificaciones que terminan, cada una, con uno respectivo de dichos extremos libres; las dos segundas ramificaciones se cruzan una primera vez alrededor de y entre una segunda polea (13c) de dicha primera serie de poleas (13a-13c) y una segunda polea (7d) de dicha segunda serie de polea (7a-7d) y una segunda vez alrededor de y entre la segunda polea (7d) de la segunda serie de poleas (7a-7d) y una segunda polea (8d) de dicha tercera serie de poleas (8a- 8d).
3. Utensilio según las reivindicaciones 1 y 2, caracterizado por que dichos elementos flexibles, alargados primero y segundo (C1, C2) pueden conferir al efector de extremo (2) un movimiento de guiñada (Y) con respecto a un pasador giratorio (6), alrededor del cual pueden girar dichos brazos (102, 202) del efector de extremo (2).
4. Utensilio según la reivindicación 1, caracterizado por que dichos elementos de activación flexibles, alargados (C1, C2, C3, C3') comprenden un par de terceros elementos flexibles, alargados (C3, C3') que están conectados, aguas abajo del conjunto de transmisión (11), a dicha parte frontal de la muñeca (301) y están dotados, aguas arriba del conjunto de transmisión (11), de extremos libres respectivos conectados a un accionador relativo, pudiendo realizar dicho par de terceros elementos flexibles, alargados (C3, C3'), por medio del accionador relativo, un movimiento de cabeceo (P) del efector de extremo (2) con respecto a la parte distal (101) del árbol.
5. Utensilio según la reivindicación 4, caracterizado por que dicho par de terceros elementos flexibles, alargados (C3, C3') se cruzan una primera vez alrededor de y entre una tercera polea (13b) de dicha primera serie de poleas (13a-13c) y una tercera polea (7b) de dicha segunda serie de poleas (7a-7d) y una segunda vez alrededor de una tercera polea (8b) de dicha tercera serie de poleas (8a-8d), realizándose dicho movimiento de cabeceo (P) con respecto a dicho tercer pasador (10), que gira a su vez alrededor de



- dicho segundo pasador (9) según una relación geométrica establecida.
6. Utensilio según la reivindicación 1, caracterizado por que dicho conjunto de transmisión (11) comprende un par de elementos de soporte flexibles, alargados (C4, C4') para dotar al conjunto de transmisión (11) de un soporte y definir la cinemática y la dinámica del movimiento de cabeceo (P) del efector de extremo (2) con respecto a la parte distal (101) del árbol (1); comprendiendo dichos elementos de soporte flexibles, alargados (C4, C4') extremos traseros respectivos conectados a medios de tensado (33, 34) alojados en dicha parte trasera de la muñeca (301) y extremos frontales respectivos fijados a dicha parte frontal de la muñeca (301) por medio de elementos de fijación respectivos (35, 36) insertados de manera retirable en asientos respectivos (37, 38) formados en la parte frontal de la muñeca (301).
  7. Utensilio según la reivindicación 6, caracterizado por que dichos elementos de soporte flexibles, alargados (C4, C4') se cruzan alrededor de y entre una cuarta polea (7c) de dicha segunda serie de poleas (7a-7d) y una cuarta polea (8c) de dicha tercera serie de poleas (8a-8d).
  8. Utensilio según la reivindicación 1, caracterizado por que comprende un sistema de conexión y desconexión colocado en dicho soporte de interfaz (3) para conectar y desconectar dichos elementos de activación flexibles, alargados (C1, C2, C3, C3') y para conectar y desconectar el soporte de interfaz (3) al y desde el árbol (1); estando dotado el sistema de conexión y desconexión de una primera corredera (42, 42'), que puede deslizarse en un primer asiento relativo (40, 40') formado en la parte proximal (201) del árbol (1) y puede engancharse, por medio de un elemento de conexión relativo (43, 43'), con una segunda corredera (46, 46') que puede deslizarse en un segundo asiento relativo (44, 44') formado en el soporte de interfaz (3).
  9. Utensilio según la reivindicación 8, caracterizado por que primeros medios de pretensado elástico (39, 39') para dichas ramificaciones de dicho primer elemento flexible, alargado (C1), están colocados en dicho primer asiento (40, 40') de la parte proximal (101) del árbol (1).
  10. Utensilio según la reivindicación 8, caracterizado por que segundos medios de pretensado elástico (47, 47') para dichas ramificaciones de dicho primer elemento flexible, alargado (C1), colocados en dicho segundo asiento (44, 44') del soporte de interfaz (3).
  11. Utensilio según la reivindicación 1, caracterizado por que comprende medios de medición (41, 41') para medir la tensión de cada ramificación de dichos elementos flexibles, alargados primero y segundo (C1, C2) o de cada uno de los terceros elementos flexibles, alargados (C3, C3').
  12. Utensilio según las reivindicaciones 10 y 11, caracterizado por que dichos medios de medición (41, 41') están dispuestos al lado de dicho sistema de conexión y desconexión para cada ramificación de dichos elementos flexibles, alargados primero y segundo (C1) o para cada tercer elemento flexible, alargado (C3, C3').
  13. Utensilio según la reivindicación 1, caracterizado por que comprende al menos un collar de identificación (12).
  14. Utensilio según la reivindicación 1, caracterizado por que comprende un sistema de reconocimiento e identificación basado en una etiqueta DataMatrix, que debe colocarse en cualquier parte del utensilio y puede contener una serie de datos, tal como los datos de identificación de serie del utensilio, los datos de calibración del mismo y otros.
  15. Utensilio según la reivindicación 1, caracterizado por que comprende un sistema de reconocimiento (49, 50, 51, 52) para reconocer automáticamente la correcta inserción de la parte proximal (201) del árbol (1) en el soporte de interfaz (3), basándose dicho sistema en una conexión mecánica en la parte del utensilio que, según el soporte de interfaz (3), activa una señal eléctrica u óptica o una señal basada en una combinación de dichos tipos.
  16. Utensilio según la reivindicación 1, caracterizado por que cada uno de los brazos móviles (102, 202) del efector de extremo (2) está dotado de una conexión eléctrica (27, 28), por medio de la cual puede conectarse a un conector convencional de un aparato médico apropiado.
  17. Utensilio según la reivindicación 1, caracterizado por que comprende un sistema de desmultiplicación de desplazamiento para cada uno de los elementos de activación flexibles, alargados (C1, C2, C3, C3'), comprendiendo dicho sistema de desmultiplicación de desplazamiento elementos giratorios (P1-P1', P2-P2', P3-P3') alrededor de los cuales se enrollan dichos elementos de activación flexibles, alargados (C1, C2, C3, C3'); comprendiendo dicho sistema de desmultiplicación de desplazamiento al menos una quinta polea (P1, P1') fijada a una parte móvil (46) del utensilio y al menos una sexta polea (P2, P2') conectada a una parte fija (57) del utensilio.
  18. Utensilio según la reivindicación 17 cuando es dependiente de la reivindicación 8, caracterizado por que

dicha quinta polea (P1, P1') está conectada a dicha segunda corredera (46, 46') por medio de un primer pasador de giro (55) y dicha sexta polea (P2, P2') está conectada a la parte fija (57) por medio de un segundo pasador de giro (56).

- 5 19. Utensilio según la reivindicación 17, caracterizado por que dichos elementos giratorios (P1-P1', P2-P2', P3-P3') están realizados de manera que se mantienen las ramificaciones de los elementos de activación flexibles, alargados (C1, C2, C3, C3') paralelas entre sí, obteniendo por tanto una ley lineal del desplazamiento desmultiplicado.

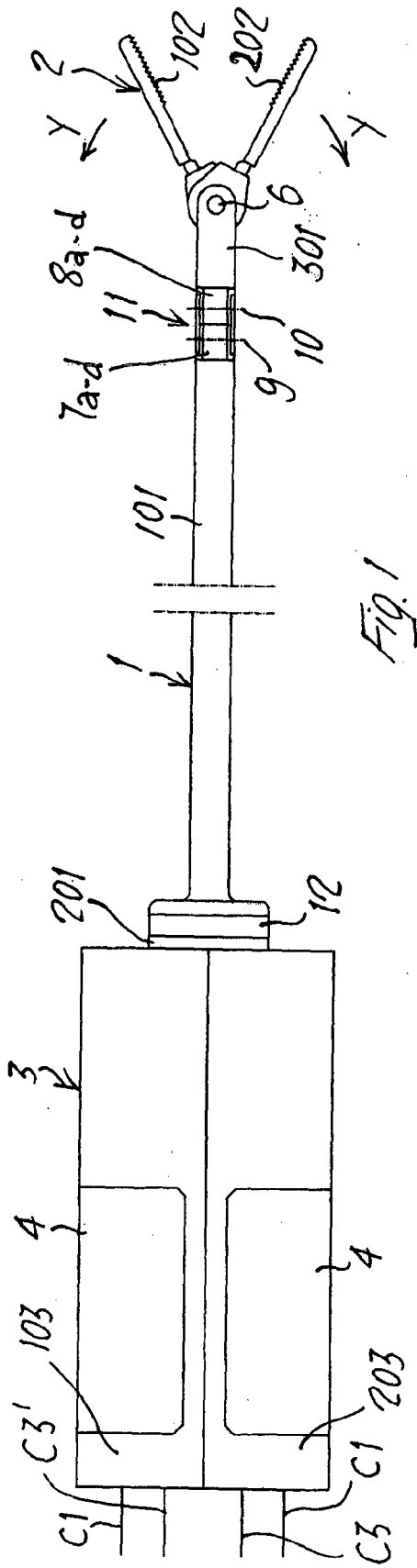


FIG. 1

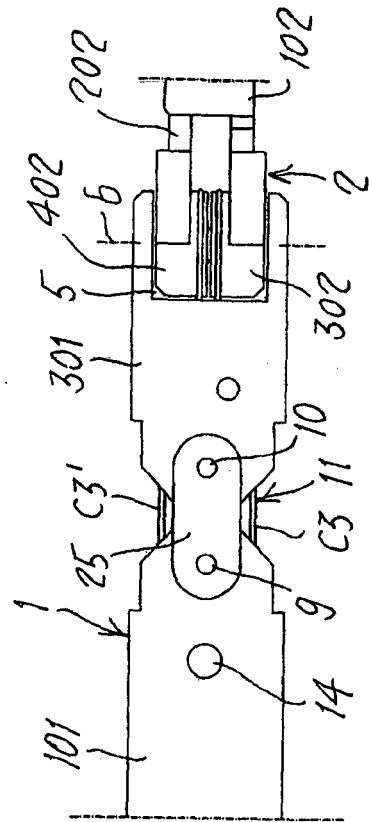


FIG. 2

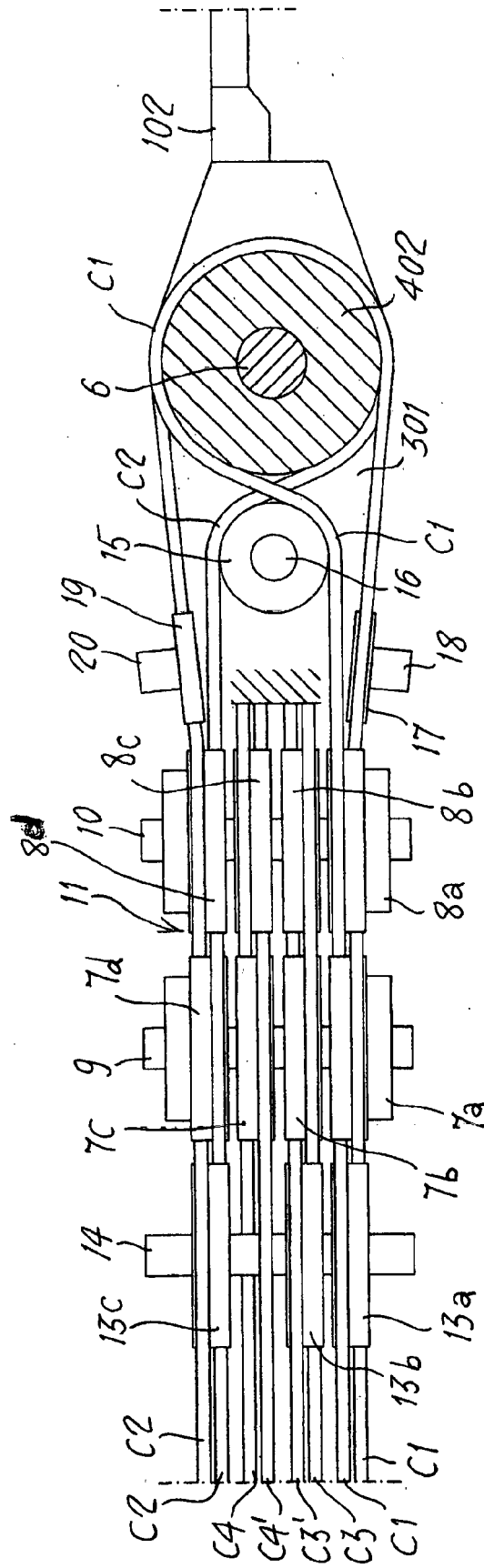
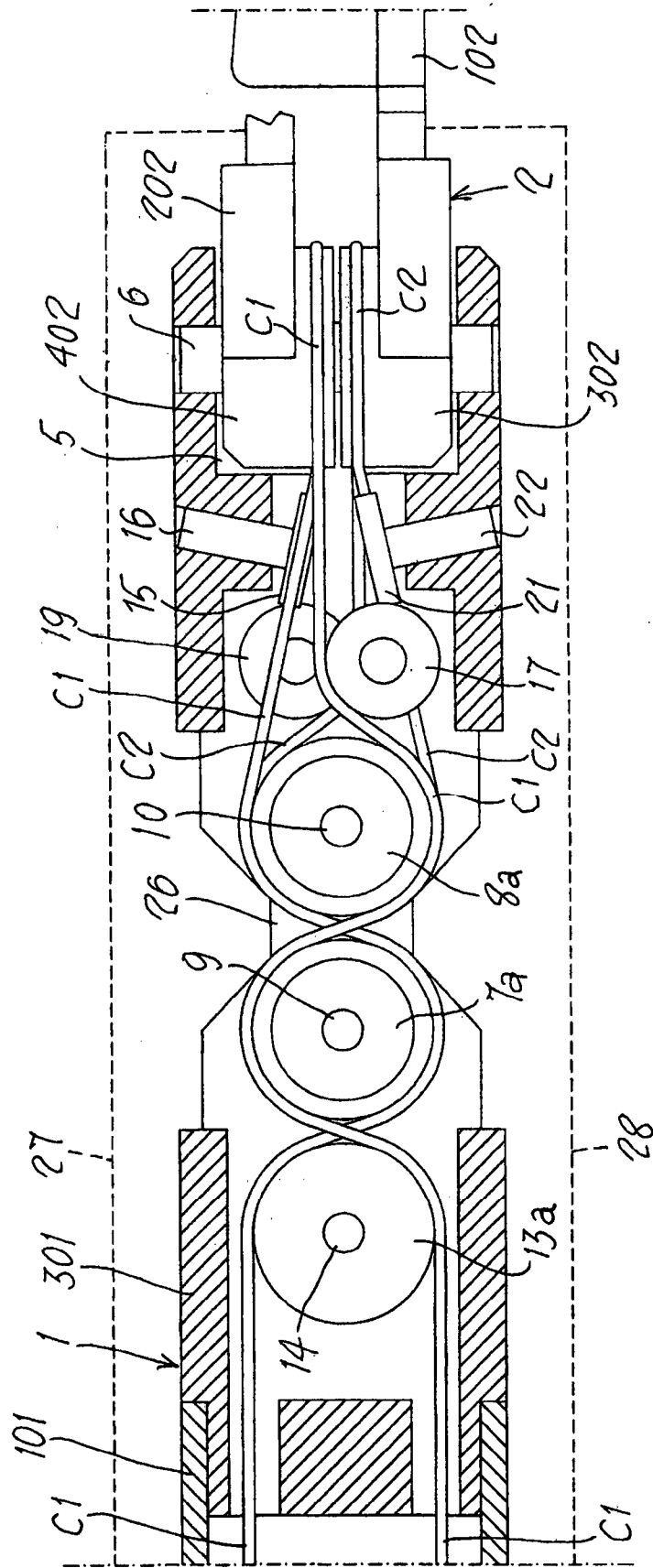


Fig. 3



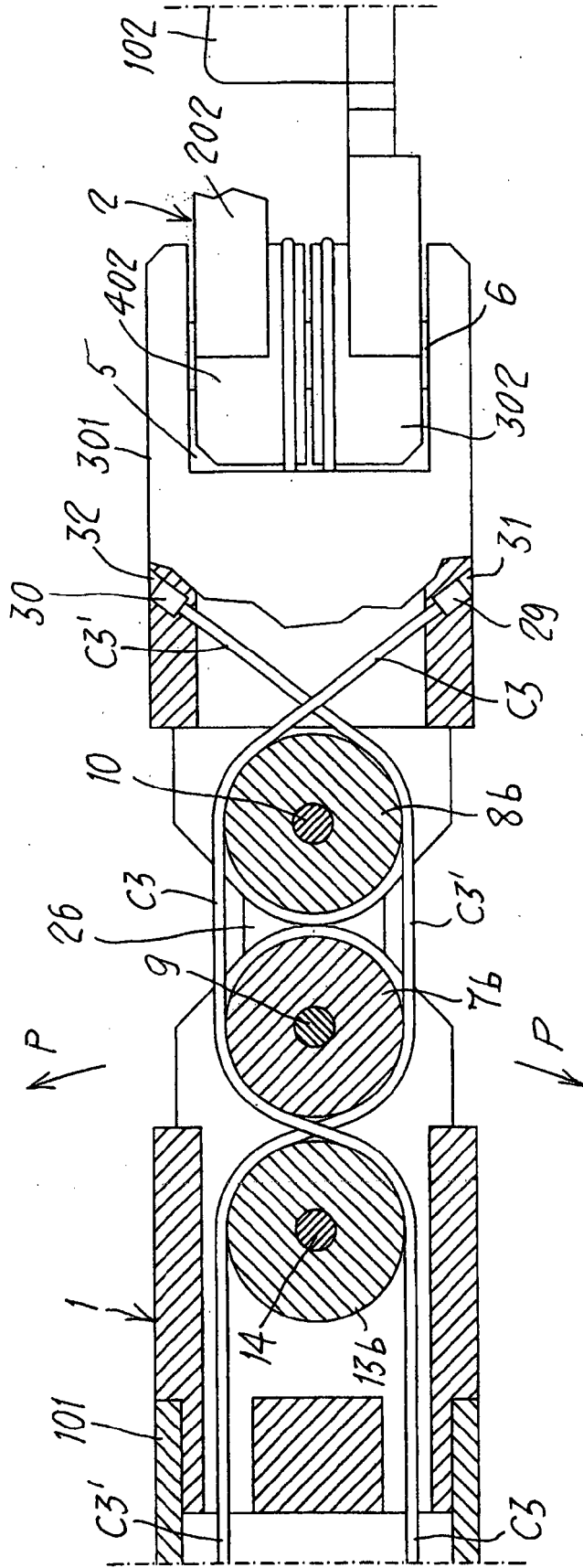


Fig. 5

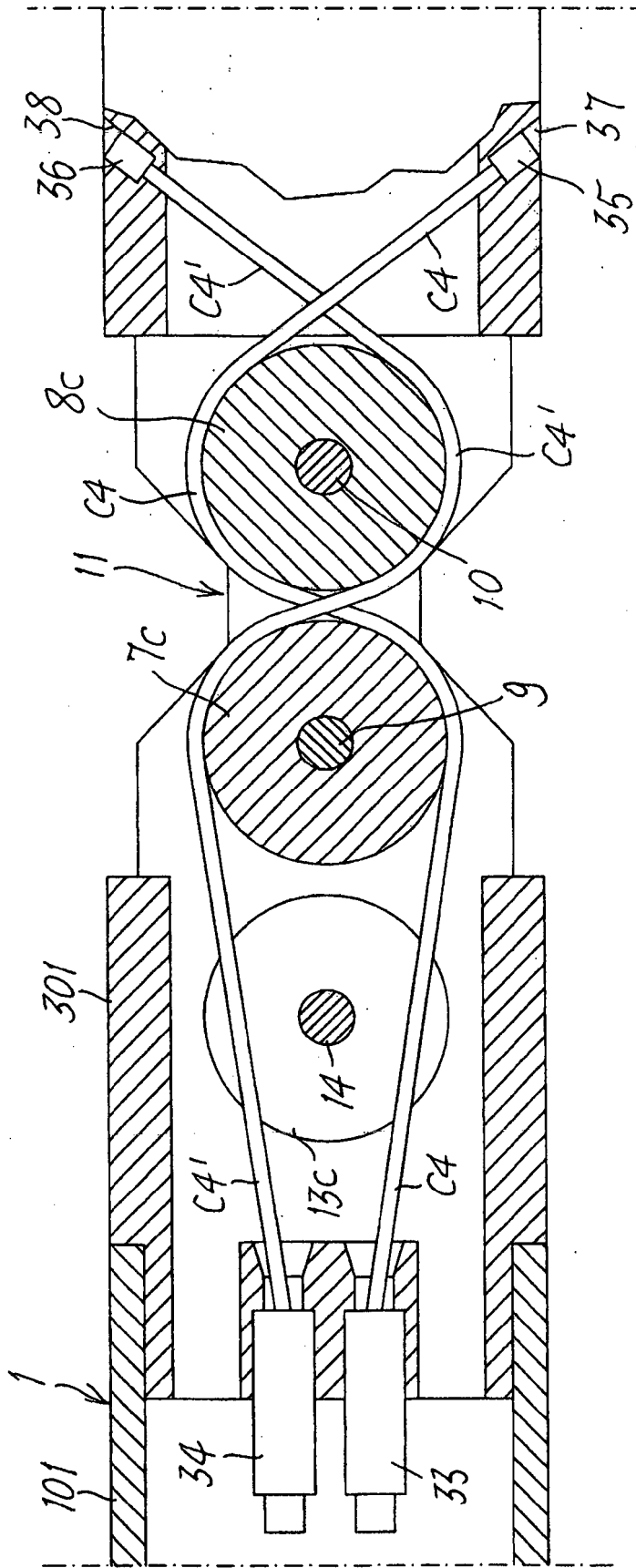


Fig. 6

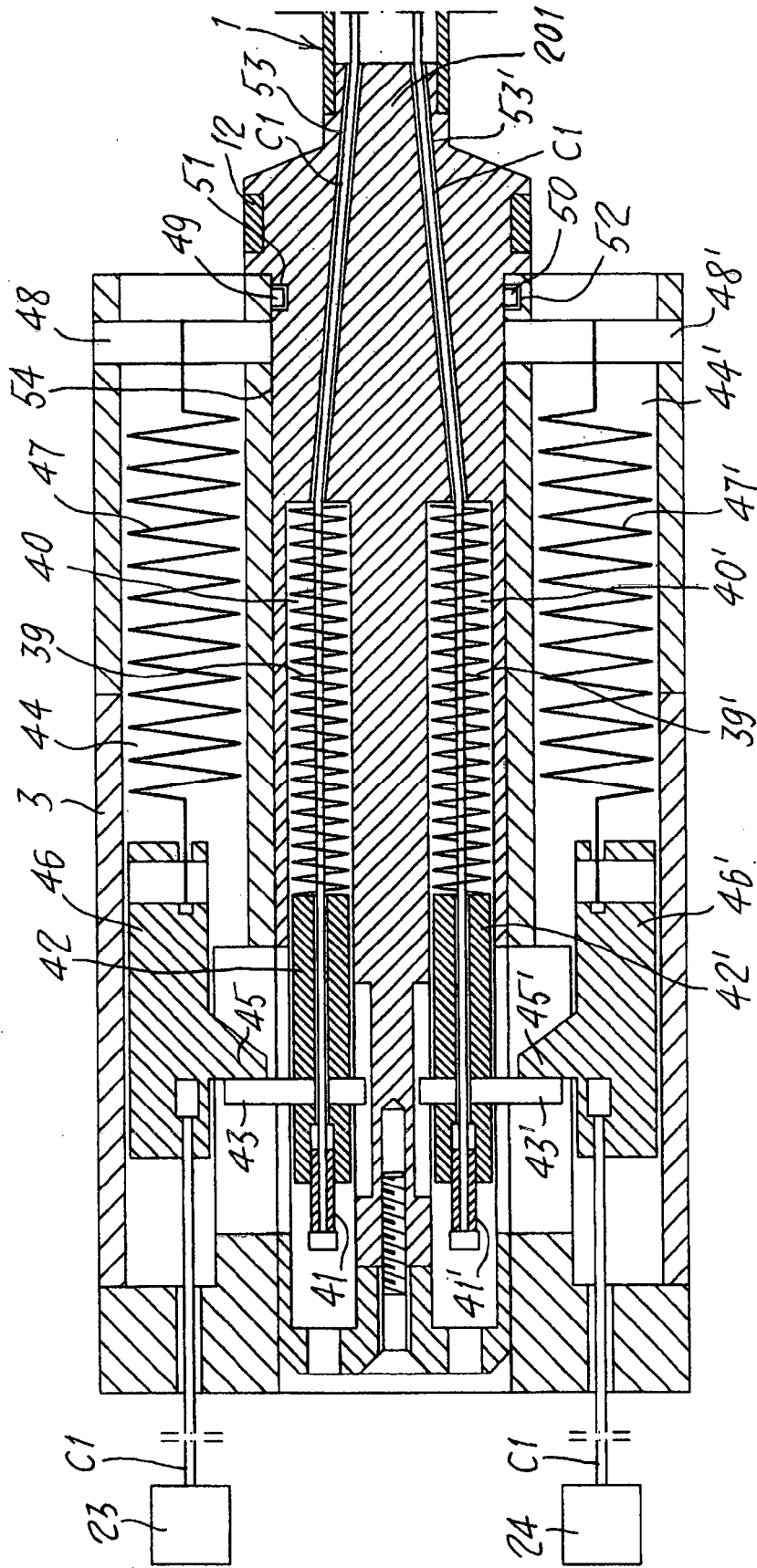


Fig. 7



