

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **3 025 096**

51 Int. Cl.:

A61B 34/30 (2006.01)

A61B 34/00 (2006.01)

A61B 34/37 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **22.09.2022 PCT/IB2022/058962**

87 Fecha y número de publicación internacional: **30.03.2023 WO23047325**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **22.09.2022 E 22783038 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **12.03.2025 EP 4391954**

54 Título: **Sistema de transmisión de un instrumento quirúrgico para cirugía robótica**

30 Prioridad:
24.09.2021 IT 202100024554

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
06.06.2025

73 Titular/es:
**MEDICAL MICROINSTRUMENTS, INC. (100.00%)
1209 Orange Street, the Corporation Trust
Company
Wilmington, DE 19801, US**

72 Inventor/es:
**LAZZARI, GIORGIO y
SIMI, MASSIMILIANO**

74 Agente/Representante:
LINAGE GONZÁLEZ, Rafael

ES 3 025 096 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

Sistema de transmisión de un instrumento quirúrgico para cirugía robótica

5 Campo de la invención

La presente invención se refiere a un instrumento quirúrgico.

Además, la presente invención se refiere a un sistema de cirugía robótica que comprende dicho instrumento quirúrgico.

Técnica anterior

Los aparatos de cirugía robótica se conocen, en general, en la técnica y normalmente comprenden una torre robótica (o carrito robótico) central y uno o más brazos robóticos que se extienden desde la torre robótica central. Cada brazo comprende un sistema de posicionamiento motorizado (o manipulador) para mover un instrumento quirúrgico acoplable al mismo de manera distal, con el fin de realizar intervenciones quirúrgicas en un paciente. El paciente normalmente se tumba en una cama de operaciones situada en la sala de operaciones, en la que se garantiza la esterilización para evitar contaminación bacteriana debido a partes no estériles del aparato robótico.

Los documentos US-10864051, WO-2017-064301, WO-2019-220407, WO-2019-220408, WO-2019-220409 y US-2021-059776 del mismo solicitante dan a conocer sistemas de cirugía robótica teleoperados que tienen uno o más instrumentos quirúrgicos controlados por una o más interfaces maestras.

En general, los instrumentos quirúrgicos conocidos para cirugía robótica teleoperada comprenden una parte de interfaz proximal (o parte trasera, según una terminología adoptada comúnmente en el campo) que tiene una interfaz destinada a ponerse en funcionamiento por parte de un manipulador robótico, un elemento alargado tal como un vástago o un eje, un dispositivo articulado (por ejemplo, una muñeca robótica), y un extremo terminal de funcionamiento (por ejemplo, un accionador de aguja, unas tijeras).

En los instrumentos quirúrgicos conocidos que tienen un manguito articulado, consiste en una pluralidad de enlaces movidos por una pluralidad de tendones (o cables de accionamiento). Uno o más enlaces terminales pueden tener un extremo libre que forma el extremo de funcionamiento mencionado anteriormente, y están, por ejemplo, adaptados para ponerse en funcionamiento directamente en la anatomía de un paciente y/para manejar una aguja así como un hilo de sutura para realizar anastomosis u otros tratamientos quirúrgicos.

A diferencia de los instrumentos quirúrgicos conocidos que comprenden un manguito articulado, también se conocen instrumentos quirúrgicos que tienen un dispositivo articulado del tipo "serpiente", es decir, que comprenden una pluralidad de vertebras apiladas que pueden moverse unas con respecto a las otras por medio de una pluralidad de tendones o cables de accionamiento.

La parte de interfaz proximal (o trasera) del instrumento quirúrgico normalmente comprende cuerpos de interfaz móviles conectados de manera operativa con los tendones de accionamiento, para controlar el efector de extremo del propio instrumento quirúrgico, y adaptados para engancharse con una parte opuesta de la interfaz de accionamiento del manipulador robótico, tal como se muestra, por ejemplo, en el documento US-8142447.

De hecho, en el campo de la cirugía robótica, el instrumento quirúrgico es un componente destinado a ponerse en funcionamiento en un entorno estéril y normalmente se intercala una barrera estéril entre la parte trasera del instrumento y la parte opuesta de la interfaz de accionamiento, de modo que el manipulador robótico esté en la región no estéril del espacio de funcionamiento. Por tanto, los motores suelen situarse en el manipulador, es decir, en el lado no estéril, y el instrumento quirúrgico carece de motores.

Los elementos de transmisión conocidos en la interfaz trasera proximal del instrumento quirúrgico puede fabricarse con forma de manivelas o bobinas adaptadas para desenrollar y enrollar una parte del tendón asociada con el mismo, y, en consecuencia, los accionadores motorizados del manipulador robótico pueden ser accionadores rotatorios. El acoplamiento entre los accionadores motorizados rotatorios y las bobinas correspondientes del instrumento quirúrgico a través de la barrera estéril puede facilitarse mediante la inclusión de piezas de inserción rígidas tales como aletas en la barrera estéril.

Por otra parte, también se conocen sistemas robóticos para cirugía que utilizan accionadores lineales, por ejemplo, pistones motorizados, adaptados para transmitir a los respectivos elementos de transmisión un desplazamiento lineal controlado a través de medios electrónicos de control apropiados, tal como se muestra, por ejemplo, en el documento WO-2018-189729, en representación del mismo solicitante, y en el documento US-2015-0173730.

Por tanto, en la parte trasera del instrumento quirúrgico, se incluye una pluralidad de pistones de transmisión, adaptados para avanzar y retraerse a lo largo de una trayectoria recta, que expone una superficie de contacto de

la misma, de manera proximal, en relieve con respecto a la superficie de interfaz proximal del instrumento, de modo que puedan someterse a esfuerzo por medio de los accionadores motorizados. De forma distal, tales pistones de transmisión están conectados o pueden conectarse de manera operativa a los respectivos tendones de accionamiento. Un resorte afecta a los pistones de transmisión dentro del cuerpo de la parte trasera del instrumento para mantener un estado mínimo de tensión sobre los tendones conectados de manera operativa al mismo.

Los documentos US-10582975, EP-3586780, WO-2017-064303, WO-2017-064306, WO-2018-189721, WO-2018-189722, US-2020-0170727 y US-2020-0170726 en representación del mismo solicitante dan a conocer diversas realizaciones de instrumentos quirúrgicos para cirugía robótica y microcirugía diseñados para someterse a una miniaturización extrema del manguito articulado y, por tanto, del extremo de funcionamiento o efector de extremo.

A medida que disminuye el tamaño del manguito articulado accionado por medio de tendones, claramente, cada acortamiento o alargamiento longitudinal de la longitud de un tendón activa un movimiento angular correspondiente del manguito que aumenta gradualmente en magnitud. Esto requiere que se respeten las tolerancias suplementarias en la parte trasera del instrumento quirúrgico.

En caso de utilizar los pistones de transmisión lineal incluidos en la parte trasera, es habitual dotar a cada cuerpo alargado de un par de casquillos de bolas deslizantes de recirculación, que se fijan al cuerpo de la parte trasera del instrumento quirúrgico. Normalmente, los dos casquillos del par se disponen en extremos opuestos del cuerpo de transmisión alargado.

Sin embargo, la elección de utilizar tales casquillos deslizantes no está exenta de inconvenientes.

De hecho, los casquillos de bolas de recirculación son componentes caros, y requieren tolerancias de acoplamiento suplementarias con el cuerpo alargado, así como tolerancias de alineación longitudinal suplementarias y un mantenimiento más cuidadoso para evitar fallos frecuentes. Por ejemplo, el cuerpo alargado podría bloquearse de repente en el casquillo y transmitir un movimiento de desgarró.

Además, la necesidad de incluir dos casquillos impone una dimensión relativamente grande de la parte trasera del cuerpo, así como una determinada longitud mínima de los pistones de transmisión, ya que los dos casquillos deben montarse con una separación suficiente entre sí para guiar de manera adecuada el cuerpo alargado y, de hecho, reducir el grado de recorrido del cuerpo alargado, lo que forma necesariamente una distancia central del cuerpo alargado que no funciona.

Eliminar uno de los dos casquillos del par no resolvería el problema, ya que, aunque por una parte permitiría aumentar el recorrido del cuerpo alargado con las mismas dimensiones generales, es decir, la longitud del mismo, por otra parte impondría fricciones estáticas y dinámicas aún más frecuentes debido, por ejemplo, a impactos del cuerpo alargado causados por oscilaciones angulares mínimas del cuerpo alargado en el único casquillo restante y/o deformaciones de flexión mínimas del cuerpo alargado, lo que provoca una transmisión de desgarró a consecuencia de la cual algunos de los tendones podrían quedarse de repente flojos y sin tensión, por lo que podrían salirse, es decir, desacoplarse, de los elementos de retorno en los que estuvieran incluidos, y esto no es para nada deseable en el campo de la cirugía robótica.

Por tanto, se acusa la necesidad de proporcionar un instrumento quirúrgico para cirugía robótica adecuado para una miniaturización extrema.

Además, se acusa la necesidad de fabricar un instrumento quirúrgico miniaturizado dotado de una transmisión de la acción transmitida por los accionadores motorizados del sistema robótico para garantizar una cirugía fiable, repetible y segura, sin imponer una dimensión mayor de los componentes del mismo.

Además, en un instrumento quirúrgico miniaturizado para cirugía robótica que tiene pistones de transmisión de la acción transmitida por los accionadores motorizados del sistema robótico, se acusa la necesidad de aumentar el recorrido útil de los pistones con la misma dimensión longitudinal del cuerpo alargado y de la parte trasera del instrumento quirúrgico, así como se acusa la necesidad de reducir las dimensiones longitudinales con el mismo recorrido útil del cuerpo alargado.

Solución

Un objetivo de la presente invención es eliminar los inconvenientes mencionados con referencia a la técnica anterior.

Este y otros objetivos se consiguen mediante un instrumento quirúrgico según la reivindicación 1.

Algunas realizaciones ventajosas son objeto de las reivindicaciones dependientes.

En virtud de las soluciones propuestas, es posible evitar la inclusión de un par de casquillos lineales deslizantes

acoplados en cada cuerpo de transmisión alargado.

En virtud de las soluciones propuestas, se consigue una acción de transmisión que es más fiable y repetible con respecto a las soluciones conocidas de instrumentos quirúrgicos accionados por tendones de accionamiento.

5

Breve descripción de las figuras

A partir de la siguiente descripción de ejemplos preferidos de realizaciones, resultarán evidentes características y ventajas adicionales de la invención, dadas a modo de ejemplo no limitativo, con referencia a los dibujos adjuntos que se describen brevemente a continuación. Cabe observar que las referencias a "una" realización en esta divulgación no se refieren necesariamente a la misma realización, y deben entenderse como al menos una. Además, por razones de brevedad y reducción del número total de figuras, puede usarse una determinada figura para ilustrar las características de más de una realización, y no todos los elementos de la figura pueden ser necesarios para una realización determinada.

10

15

La figura 1 es un vista axonométrica que muestra un sistema de cirugía robótica, según una realización.

La figura 2 es un vista axonométrica que muestra un instrumento quirúrgico asociado con un manipulador robótico de un sistema de cirugía robótica, según una realización.

20

La figura 3 es un vista axonométrica que muestra un manipulador robótico, según una realización, en el que se muestra esquemáticamente un dispositivo de control.

25

La figura 4 es un vista axonométrica que muestra un instrumento quirúrgico, según una realización.

La figura 5 es una vista en sección que muestra una parte trasera de un instrumento quirúrgico, según una realización.

30

La figura 6 es una vista en sección que muestra una parte trasera de un instrumento quirúrgico, según una realización.

La figura 7 es una vista en sección que muestra una parte trasera de un instrumento quirúrgico, según una realización.

35

La figura 8 es un diagrama que muestra la parte trasera de la figura 7, en la que el equilibrio de fuerzas se muestra de manera esquemática.

La figura 9 es un diagrama que muestra una sección de una parte trasera, según una realización.

40

La figura 10 es una vista en planta de una parte trasera en la que es visible un órgano rodante recibido en un carril de un cuerpo de transmisión alargado, según una realización.

Las figuras 11 A, 11 B y 11 C son diagramas que muestran una sección de una parte trasera, según una realización y en diversas configuraciones de funcionamiento.

45

La figura 12 es un diagrama de una vista en planta de una parte trasera en la que es visible un órgano rodante recibido en un carril de un cuerpo de transmisión alargado, en la que el carril comprende un rebajo para recibir el tendón, según una realización.

50

La figura 13 es un diagrama en sección que muestra una parte trasera, según una realización.

La figura 14 es un diagrama en sección que muestra una parte trasera, según una realización.

55

La figura 15 es un diagrama en sección que muestra una parte trasera, según una realización.

La figura 16 es un diagrama en sección que muestra una parte trasera, según una realización.

La figura 17 es un diagrama en sección que muestra una parte trasera, según una realización.

60

Las figuras 18 y 19 son vistas en sección transversal que muestran, respectivamente en elevación y de manera axonométrica, una parte trasera, según una realización, en la que algunas partes son transparentes por motivos de claridad.

65

Descripción detallada de algunas realizaciones

Las referencias en toda la descripción a "una realización" pretenden indicar que se incluye una característica, una

estructura o una función particular descrita en relación con la realización en al menos una realización de la presente invención. Por tanto, la expresión "en una realización" en diversas partes de esta descripción no se refieren necesariamente todas a la misma realización. Además, características, estructuras o funciones particulares, tales como las mostradas en diferentes dibujos, pueden combinarse de cualquier forma adecuada en una o más realizaciones.

Según una realización general, se proporciona un instrumento quirúrgico 1 para cirugía robótica que comprende un extremo de articulación accionado por tendón 2, y al menos un tendón de accionamiento 3. El tendón de accionamiento 3 puede ser un tendón polimérico formado por fibras poliméricas trenzadas. El extremo de articulación 2 puede ser un extremo tipo manguito articulado que comprende una junta rotativa de inclinación y/u oscilación, o puede ser un extremo tipo "serpiente" que comprende una pluralidad de vertebrae.

El instrumento quirúrgico 1 comprende, además, una parte de interfaz de transmisión 4 o parte trasera 4. Preferiblemente, la parte trasera 4 se dispone de manera proximal con respecto al extremo de articulación 2. Entre la parte trasera 4 y el extremo de articulación 2, puede incluirse una varilla 17 o una barra 17 o un eje 17, que sea rígido o flexible.

La parte trasera 4 del instrumento quirúrgico 1 comprende al menos un cuerpo de transmisión alargado 5 (a continuación en el presente documento también solo "cuerpo alargado") que puede moverse a lo largo de una dirección longitudinal X-X que coincide con o es paralela a un eje de extensión longitudinal de dicho al menos un cuerpo alargado 5. Por ejemplo, dicho al menos un cuerpo de transmisión alargado 5 comprende un pistón de transmisión y/o una barra de transmisión.

Según una realización preferida, dicho al menos un cuerpo de transmisión alargado 5 comprende una superficie de interfaz 18 adaptada para recibir una acción de empuje ejercida por un accionador motorizado 19 de un manipulador robótico 20 de un sistema de cirugía robótica 10. Una barrera estéril (no mostrada) puede intercalarse entre el accionador motorizado 19 del manipulador robótico 20 y la superficie de interfaz 18 del cuerpo de transmisión alargado 5, de modo que la acción de empuje ejercida por el accionador motorizado 19 se transmite al cuerpo alargado 5 a través del cuerpo de barrera estéril.

Un dispositivo de control electrónico 21 puede conectarse de manera operativa al manipulador robótico 20 de modo que el al menos un accionador motorizado 19 transmita la acción de empuje sobre el cuerpo alargado 5 bajo el control del dispositivo de control 21.

El al menos un tendón de accionamiento 3 se conecta de manera operativa a dicho cuerpo de transmisión alargado 5. De ese modo, la acción de empuje ejercida por el accionador motorizado 19 se transmite hacia el al menos un tendón de accionamiento 3 por medio del cuerpo alargado 5. Según una realización preferida, el al menos un tendón de accionamiento 3 está integrado con el cuerpo alargado 5. Por ejemplo, un cabezal 31 del tendón de accionamiento 3 acaba sujeto al cuerpo de transmisión alargado 5.

Preferiblemente, la acción de empuje transmitida por el accionador motorizado 19 sobre el respectivo cuerpo alargado 5 se transmite sustancialmente de la misma manera al tendón de accionamiento 3 en forma de una acción de tracción para accionar al menos un grado de libertad (por ejemplo, inclinación y/u oscilación y/o agarre) del extremo de articulación 2 del instrumento quirúrgico 1.

La parte trasera 4 del instrumento quirúrgico 1 comprende, además, al menos una pared de apoyo 6 que forma una primera parte de apoyo para un primer lado transversal 51 del al menos un cuerpo alargado 5. Por tanto, el al menos un cuerpo alargado 5 comprende en el primer lado 51 del mismo una primera superficie lateral 11 que se apoya de manera deslizante sobre dicha al menos una pared de apoyo 6.

La parte trasera 4 del instrumento quirúrgico 1 comprende, además, al menos una segunda parte de apoyo 7 para un segundo lado transversal 52, opuesta a dicho primer lado transversal 51, del al menos un cuerpo alargado 5. Por tanto, el al menos un cuerpo alargado 5 comprende en el segundo lado 52 una segunda superficie lateral 12 que se apoya de manera deslizante sobre dicha segunda parte de apoyo 7.

Según una realización, dicha segunda parte de apoyo 7 comprende una superficie de soporte de baja fricción, por ejemplo, fabricada de o revestida con un material polimérico de baja fricción, tal como PTFE y/o UHMWPE.

El cuerpo de transmisión alargado 5 puede fabricarse de metal pulido y/o esmerilado, o puede fabricarse de un material polimérico de baja fricción, tal como PTFE.

Cuando está en condiciones de funcionamiento, la acción de empuje P5 transmitida por el accionador motorizado 19 determina el deslizamiento del cuerpo alargado 5 a lo largo del eje longitudinal X-X con respecto a dicha primera superficie de apoyo 6 y a dicha segunda parte de apoyo 7 de la parte trasera 4.

Preferiblemente, la parte trasera 4 del instrumento quirúrgico 1 comprende, además, al menos un elemento de

ES 3 025 096 T3

retorno 8 para devolver el al menos un tendón de accionamiento 3, en el que el al menos un tendón de accionamiento 3 se conecta de manera operativa a dicho al menos un elemento de retorno 8.

5 En virtud de la inclusión de dicho al menos un elemento de retorno 8, es posible localizar la acción de tracción T3 del tendón de accionamiento 3 a una determinada distancia D3 del eje longitudinal X-X del cuerpo de transmisión alargado 5. De esta manera, cuando está en funcionamiento el eje longitudinal X-X del cuerpo de transmisión alargado 5. De esta manera, cuando está en condiciones de funcionamiento, se forma un par motor que tiende a acercar el segundo lado 52 del cuerpo alargado 5 a la segunda parte de apoyo 7 y, al mismo tiempo, tiende a acercar el primer lado 51 del cuerpo alargado a la primera parte de apoyo 6.

10 El equilibrio de las fuerzas transversales se consigue mediante las reacciones transversales Y6, Y7 a los apoyos de deslizamiento del cuerpo alargado 5 en las superficies de apoyo primera y segunda 6, 7.

15 Según una realización preferida, dicha pared de apoyo 6 que forma una primera parte de apoyo para dicho primer lado 51 del al menos un cuerpo alargado 5 comprende una superficie de apoyo curva y convexa. Preferiblemente, la primera superficie lateral 11 del primer lado 51 del cuerpo alargado es convexa, es decir, forma una protuberancia, por ejemplo, una protuberancia toroidal que rodea la abertura en la que se desliza el cuerpo. Por ejemplo, la primera superficie lateral convexa 11 puede ser una superficie rota, por ejemplo, conseguida por la unión de dos conos que tienen una base en el punto de apoyo de deslizamiento con el cuerpo alargado 5.

20 Incluso más preferiblemente, la primera superficie lateral 11 del primer lado 51 del cuerpo alargado es curva y convexa, por ejemplo, sustancialmente cilíndrica, por ejemplo, cilíndrica alrededor del eje de extensión longitudinal X-X del cuerpo alargado 5, con el fin de formar un apoyo esférico (o bisagra esférica). Dicho de otro modo, la superficie lateral curva y convexa 11 del cuerpo alargado 5 y la superficie de apoyo de la pared de apoyo curva y convexa 6 forman una junta esférica o bisagra esférica al mismo tiempo que permite el deslizamiento longitudinal del cuerpo alargado 5. De esta manera, se evitan riesgos de impacto del cuerpo de transmisión alargado 5 cuando está en condiciones de funcionamiento, o al menos se minimizan. Por tanto, el cuerpo alargado 5 puede hacerse compacto, lo que reduce las dimensiones longitudinales de la parte trasera 4.

25 Según una realización, al menos la sección proximal del cuerpo alargado 5 es sustancialmente cilíndrica, por ejemplo, tiene una geometría cilíndrica alrededor del eje de extensión longitudinal X-X del cuerpo alargado 5.

30 Según una realización, al menos la parte proximal del cuerpo alargado 5 es sustancialmente cilíndrica. La parte distal puede comprender, por ejemplo, una parte ampliada que no tiene una geometría cilíndrica.

35 Según una realización, el cuerpo alargado 5 es un cuerpo cilíndrico que tiene una superficie exterior cilíndrica alrededor del eje de extensión longitudinal X-X del cuerpo de transmisión alargado 5, en la que dicha superficie exterior cilíndrica comprende dicha superficie de apoyo curva y convexa de la pared de apoyo 6.

40 Según una realización preferida, dicha parte trasera 4 comprende, además, un órgano 13. Por ejemplo, dicho órgano pivotable 13 es una rueda, y/o una polea de guía, y/o un cojinete de bolas. En virtud de la inclusión de dicha segunda parte de apoyo 7 para el segundo lado 52 del cuerpo alargado fabricado sobre un órgano pivotable 13, el apoyo deslizante determina el rodamiento del órgano pivotable 13 en la superficie lateral 12 del cuerpo alargado 5, cuando está en condiciones de funcionamiento.

45 El eje de rotación R-R del órgano pivotable 13 está preferiblemente fijo con respecto a la parte trasera 4. Dicho de otro modo, el eje de rotación R-R del órgano pivotable 13 está preferiblemente fijo con respecto a dicha primera superficie de apoyo 6 que forma la primera parte de apoyo deslizante.

50 El eje de rotación R-R del órgano pivotable 13 es preferiblemente transversal con respecto a la dirección longitudinal X-X del cuerpo alargado 5.

55 Según una realización preferida, dicho órgano pivotable 13 comprende, además, dicho elemento de retorno 8. Dicho de otro modo, la parte de interfaz proximal 4 comprende un órgano pivotable 13 para el tendón de accionamiento 3 y que forma un apoyo rodante deslizante para dicho cuerpo alargado 5. De ese modo, dicho órgano pivotable 13 asume la doble función de volver del tendón de accionamiento 3 y de deslizar el apoyo rodante para dicho cuerpo de transmisión alargado 5. La rotación del órgano pivotable 13 puede determinarse solo por el apoyo rodante deslizante, o también por el arrastre rotativo ejercido por el tendón de accionamiento 3 montado en el órgano pivotable 13.

60 La fricción de deslizamiento del al menos un tendón de accionamiento 3 sobre el elemento de retorno 8 puede ser tan baja que el tendón de accionamiento 3 se desliza sobre el elemento de retorno 8 sin arrastrarlo en rotación.

65 Según una realización, dicho al menos un cuerpo alargado 5 comprende un carril longitudinal 9 que recibe al menos una parte de dicho órgano pivotable 13.

Según una realización, entre el segundo lado 52 del al menos un cuerpo alargado 5 y el al menos un órgano pivotable 13, se incluye un rebajo 15 que recibe el tendón de accionamiento 3, evitando la intercalación con contacto y, por tanto, la compresión, del tendón de accionamiento 3 entre el órgano pivotable 13 y el cuerpo alargado 5.

5

Según una realización preferida, dicha parte trasera 4 comprende, además, al menos un elemento elástico 14 conectado de manera operativa a dicho al menos un cuerpo alargado 5, que desvía dicho al menos un tendón de accionamiento 3. Preferiblemente, el elemento elástico 14 tiende a mover el cuerpo de transmisión alargado 5 lejos del respectivo accionador motorizado 19 a lo largo de la dirección longitudinal X-X.

10

Según una realización, dicho cuerpo alargado 5 comprende una primera sección longitudinal 53 que comprende dicha superficie de interfaz 18, y una segunda sección longitudinal 54 que es longitudinalmente opuesta con respecto a dicha primera sección longitudinal 53. Por ejemplo, dicha primera sección longitudinal 53 se dispone de manera proximal con respecto a dicha segunda sección longitudinal 54, que, por tanto, se situará de manera distal con respecto a la primera sección longitudinal 53. Según una realización preferida, dicha primera superficie de apoyo 6 se apoya sobre dicha primera sección longitudinal 53 y mientras la segunda parte de apoyo 7 opuesta se apoya sobre dicha segunda sección longitudinal 54 del cuerpo de transmisión alargado 5.

15

Según una realización, la segunda sección longitudinal 54 de dicho cuerpo alargado 5 comprende una pared 23 adaptada para formar una parte de apoyo adicional para dicho primer lado 51 del cuerpo alargado 5, para limitar el distanciamiento transversal del cuerpo alargado con respecto a la segunda parte de apoyo 7 situada en el segundo lado 52, y preferiblemente situada en un relieve transversal del cuerpo alargado 5. Dicho de otro modo, la pared 23 está orientada lejos con respecto a la segunda superficie lateral 12 y se sitúa en la segunda sección longitudinal 54 del cuerpo alargado 5.

20

25

Según una realización, la segunda sección longitudinal 54 de dicho cuerpo alargado 5 comprende una parte transversalmente ampliada 22, por ejemplo, fabricada como una pieza independiente y, después, fijada al cuerpo alargado 5, tal como un tensor 22, que comprende dicha segunda superficie lateral 12 en apoyo deslizante sobre dicha segunda parte de apoyo 7 de la parte trasera 4. Preferiblemente, la parte ampliada 22 comprende al menos una pared de tope 24 orientada longitudinalmente que forma un tope para dicho elemento elástico 14. Preferiblemente, el elemento elástico 14 funciona entre dicha pared de tope 24 de la parte ampliada 22 del cuerpo alargado 5 y una segunda parte de apoyo 25 opuesta de la parte trasera 4.

30

La parte ampliada 22 puede comprender dicho carril 9 y/o puede comprender el extremo del cabezal 31 del tendón de accionamiento 3.

35

Según una realización, dicha primera pared de apoyo 6 que forma la primera parte de apoyo para el primer lado transversal 51 del cuerpo alargado 5 pertenece a un borde de un orificio que delimita un orificio pasante en el cuerpo de la parte trasera 4. Dicho borde del orificio puede tener una geometría sustancialmente toroidal, lo que crea un apoyo esférico (o bisagra esférica). Dicho borde del orificio puede comprender una pared adicional 26 orientada hacia el segundo lado transversal 52 del cuerpo alargado 5, y dicha pared adicional 26 puede crear también un apoyo esférico.

40

Según una realización preferida, tal como se muestra, por ejemplo, en la figura 5, se conecta de manera operativa un grado de libertad del extremo de articulación 2 del instrumento quirúrgico 1 a dos tendones de accionamiento antagonistas 3, 3' que comprenden dicho al menos un tendón de accionamiento 3 y un segundo tendón de accionamiento antagonista 3'. En tal caso, ambos tendones de accionamiento antagonistas 3, 3' se asocian con respectivos cuerpos de transmisión alargados 5, 5', cada uno de los cuales estando asociado de manera operativa con al menos una pared de apoyo 6, 6' que forma una primera parte de apoyo para un primer lado transversal de cada cuerpo alargado 5, 5' y al menos una segunda parte de apoyo 7, 7' sobre la que se apoya una superficie lateral 12, 12' del cuerpo de transmisión alargado 5, y al menos un elemento de retorno 8, 8' para cada tendón de accionamiento 3, 3'. Por tanto, de manera similar a lo descrito anteriormente, cada cuerpo de transmisión alargado 5, 5' puede conectarse de manera operativa a un respectivo elemento de retorno 8, 8' y/o a un respectivo órgano pivotable 13, 13'. Además, de manera similar a lo descrito anteriormente, cada cuerpo de transmisión alargado 5, 5' puede conectarse de manera operativa a un respectivo elemento elástico 14, 14'. Además, de manera similar a lo descrito anteriormente, cada cuerpo de transmisión alargado 5, 5' puede comprender una superficie de interfaz 18, 18' adaptada para recibir una acción de empuje desde un respectivo accionador motorizado. Además, de manera similar a lo descrito anteriormente, cada cuerpo de transmisión alargado 5, 5' puede comprender una parte ampliada 22'.

45

50

55

60

Según una realización, tal como se muestra, por ejemplo, en la figura 4, dicho instrumento quirúrgico 1 comprende seis cuerpos de transmisión alargados 5, conectado cada uno de manera operativa a un tendón de accionamiento 3. Preferiblemente, dichos seis cuerpos de transmisión alargados 5 comprenden tres pares de cuerpos de transmisión alargados antagonistas 5, 5', para accionar tres grados de libertad del instrumento quirúrgico 1 (por ejemplo, inclinación, oscilación y agarre). Por ejemplo, cada par de tendones termina en una unión del extremo de articulación 2. Por ejemplo, cada par de tendones puede accionar un grado de libertad. Según una realización, el

65

instrumento quirúrgico 1 comprende seis tendones de accionamiento 3, formados por tres pares de tendones de accionamiento antagonistas. Preferiblemente, el extremo de articulación 2 comprende uniones y juntas que definen los grados de libertad de al menos inclinación, oscilación y agarre del extremo de articulación 2, y cada par de tendones se conecta con una única unión del extremo de articulación 2: por ejemplo, un par de tendones antagonistas conectados a la misma unión de punta puede accionar tanto el grado de libertad de oscilación para esa unión como el grado de libertad de agarre (es decir, apertura/cierre).

Con referencia a la descripción anterior y tal como se muestra, por ejemplo, en las figuras 8, 9 y 11 A a C, según una realización, la primera pared de apoyo 6 forma un elemento esférico de apoyo (por ejemplo, por medio de la formación de una superficie convexa toroidal o cilíndrica) para el cuerpo de transmisión alargado 5 (por ejemplo, un cuerpo cilíndrico tal como una barra), y tanto la segunda parte de apoyo 7 como el elemento de retorno 8 se forman por dicho órgano pivotable 13, que se arrastra en rotación por el movimiento axial (longitudinal) del cuerpo de transmisión alargado 5, el al menos un tendón de accionamiento 3 se sujeta a dicho cuerpo de transmisión alargado 5 y se envuelve alrededor del órgano pivotable 13. En esta realización, el apoyo esférico (es decir, el contacto deslizante entre dicha primera pared de apoyo convexa 6 y dicha segunda parte de apoyo convexa 7) permite minimizar la zona de contacto durante el deslizamiento y, por tanto, la fricción de deslizamiento, y al mismo tiempo el órgano pivotante 13 en contacto rodante con el cuerpo de transmisión alargado 5 permite reducir más la fricción de deslizamiento, y al mismo tiempo la tensión del tendón de accionamiento 3 empuja el cuerpo de transmisión alargado 5 hacia el órgano pivotante 13. De esta forma, se minimiza la superficie de la zona de contacto con el cuerpo de transmisión alargado 5 móvil, minimizando de ese modo la resistencia al movimiento longitudinal del cuerpo de transmisión alargado 5.

Con referencia a la descripción anterior y tal como se muestra, por ejemplo, en las figuras 18 y 19, según una realización, tanto la segunda parte de apoyo 7 como el elemento de retorno 8 se forman por dicho órgano pivotante 13 (por ejemplo, una polea), que se arrastra en rotación por el movimiento del cuerpo de transmisión alargado 5, el al menos un tendón de accionamiento 3 se sujeta al cuerpo de transmisión alargado 5 y se envuelve alrededor de dicho órgano pivotante 13. En esta realización, el órgano pivotante 13 puede dimensionarse de tal manera que se reduzca al mínimo el ángulo de rotación del órgano pivotante 13, y, por ejemplo, tenga un diámetro sustancialmente igual a la distancia entre el cuerpo de transmisión alargado 5 y el eje de posicionamiento del instrumento quirúrgico. Gracias a esta realización, es posible acortar la trayectoria del tendón de accionamiento.

La provisión de un órgano pivotante 13 de este tipo con un diámetro sustancialmente igual a la distancia entre el cuerpo de transmisión alargado 5 y el eje de posicionamiento del instrumento quirúrgico permite una línea de montaje simplificada de los componentes de la interfaz apoyada del instrumento quirúrgico, así como de los tendones de accionamiento.

La provisión de un órgano pivotante 13 de este tipo con un diámetro sustancialmente igual a la distancia entre el cuerpo de transmisión alargado 5 y el eje de posicionamiento del instrumento quirúrgico también permite sustancialmente guiar por medio de un único cuerpo la trayectoria del tendón de accionamiento 3 entre el cuerpo de transmisión alargado 5 y el eje de posicionamiento del instrumento quirúrgico. En caso de que se proporcione una pluralidad de tendones de accionamiento, eso también permite disponer los tendones de dicha pluralidad en rayos (es decir, un patrón radial) con respecto al orificio del eje de posicionamiento hueco de una manera sencilla aunque precisa. El patrón radial puede permitir fabricar todo el tendón de accionamiento de la misma longitud porque cada trayectoria del tendón puede realizarse, orientada radialmente, de la misma longitud. El borde exterior del órgano pivotante puede comprender una ranura para recibir el tendón de accionamiento.

El órgano pivotante 13 puede dimensionarse para reducir su propia obstrucción (es decir, tamaño), por ejemplo, cortando una parte del órgano pivotante que no funciona cuando está en uso (por ejemplo, cortando uno o más segmentos circulares), por ejemplo, cortando un arco del que no se desenrolla el tendón de accionamiento 3 cuando está en un estado de funcionamiento. De esta manera, puede optimizarse la forma de la polea (el órgano pivotante 13).

Por ejemplo, el órgano pivotante 13 puede comprender dos arcos curvos opuestos 27 con un radio centrado en el eje de rotación del órgano pivotante y un segmento recto 28 que conecta dichos dos arcos opuestos 27, en el que el tendón de accionamiento 3 se envuelve alrededor de al menos una parte de cada uno de dichos dos arcos opuestos 27 y también es adherente (es decir, está pegado y/o en contacto por fricción) a dicho segmento recto 28.

La provisión de un órgano pivotable 13 con un diámetro grande, tal como se mencionó anteriormente, en el que el tendón de accionamiento 3 se envuelve alrededor del mismo ejerciendo una carga de tensión y adherido a al menos un segmento del órgano pivotable 13, permite que el órgano pivotable funcione sustancialmente como una palanca con un punto de apoyo en el eje de rotación del órgano pivotable. Dicho de otro modo, un órgano pivotable 13 de este tipo solo rota durante una fracción de un giro, hacia delante y hacia atrás, cuando está en condiciones de funcionamiento. Por tanto, se permite ajustar la proporción de transmisión entre la fuerza aplicada al elemento de transmisión alargado 5 y la tensión del tendón de accionamiento dentro del eje 17, ajustando la posición del punto de apoyo, es decir, el eje de rotación del órgano pivotante 13, así como el radio de tales arcos opuestos 27.

Por tanto, con el término "órgano pivotante" también se pretende denominar una palanca con un punto de apoyo, por ejemplo, acoplada a una parte de la carcasa de la parte trasera 4 del instrumento quirúrgico, así como una leva pivotante.

5 El elemento elástico 14 puede ser un muelle helicoidal axial cónico.

Según una realización general, se incluye un sistema de cirugía robótica 10, que comprende al menos un instrumento quirúrgico 1 según una cualquiera de las realizaciones descritas anteriormente. El sistema de cirugía robótica 10 puede ser adecuado para cirugía robótica teleoperada según una arquitectura maestro-esclavo. Por ejemplo, el sistema de cirugía robótica 10 puede comprender una consola maestra que comprende un dispositivo de control maestro que no está fijado al suelo, cuya posición y orientación se detecta por un sistema de rastreo electromagnético y/u óptico.

15 El sistema de cirugía robótica 10 comprende al menos un manipulador robótico 20 que comprende al menos un accionador motorizado 19 adaptado para ejercer una acción de empuje P5 sobre dicho al menos un cuerpo alargado 5 de la parte trasera 4 del instrumento quirúrgico 1.

Preferiblemente, el instrumento quirúrgico 1 está asociado de manera extraíble con el manipulador robótico 20.

20 Preferiblemente, el sistema de cirugía robótica 10 comprende, además, al menos un dispositivo de control electrónico 21.

Preferiblemente, el sistema de cirugía robótica 10 comprende, además, una barrera estéril, por ejemplo, una tela estéril, entre el manipulador robótico 20 y la parte trasera 4 del instrumento quirúrgico 1.

25 Se entiende bien que la combinación de características, estructuras o funciones dadas a conocer en una o más de las reivindicaciones adjuntas forma una parte integrada de la presente descripción.

30 En virtud de las características descritas anteriormente, proporcionadas o bien por separado o bien en combinación unas con otras en realizaciones particulares, es posible satisfacer las necesidades mencionadas anteriormente, y obtener las ventajas mencionadas anteriormente, y en particular:

- se evita la inclusión de casquillos deslizantes;

35 - con las mismas dimensiones longitudinales, permite aumentar el recorrido útil del cuerpo alargado;

- con el mismo recorrido útil del cuerpo alargado, permite reducir las dimensiones longitudinales;

- la acción de tracción del tendón empuja el cuerpo alargado contra el órgano rodante;

40 - el elemento elástico garantiza una precarga mínima en el tendón;

- se minimiza el riesgo de deslizamiento del tendón con respecto al elemento de retorno;

45 - se permite la oscilación del cuerpo alargado, es decir, la inclinación con respecto a la dirección longitudinal, sin provocar impactos;

50 - se fabrica un instrumento quirúrgico que es adecuado para una miniaturización extrema del extremo de articulación y, al mismo tiempo, capaz de transmitir fuerzas de accionamiento al extremo de articulación de una manera precisa, repetible y segura;

- el desajuste entre la acción de empuje P5 y la acción de tracción T3 provoca la aparición de un par motor que tiende a estabilizar el sistema;

55 - se crea un sistema de transmisión estable y autoestabilizante, que funciona de manera óptima incluso con cargas de tracción elevadas en el tendón y, por tanto, también con acciones de empuje altas;

- se mantienen compactas las dimensiones volumétricas de la parte trasera;

60 - la inclusión de dicha sección distal del cuerpo alargado, orientada hacia el segundo lado, es decir, en apoyo rodante deslizante sobre dicho órgano rodante, y conectada de manera operativa a dicho tendón de accionamiento, crea sustancialmente una restricción de tipo carro.

65 Se entiende bien que las combinaciones de características dadas a conocer en las reivindicaciones adjuntas forman una parte integrada de la presente divulgación.

Con el objetivo de satisfacer necesidades específicas y contingentes, los expertos en la técnica pueden realizar varios cambios y adaptaciones a las realizaciones descritas anteriormente y pueden sustituir elementos por otros funcionalmente equivalentes, sin alejarse del alcance de las reivindicaciones adjuntas.

5 **Lista de referencias numéricas**

- 1. Instrumento quirúrgico
- 2. Extremo de articulación
- 10 3. Tendones de accionamiento
- 4. Parte de interfaz de transmisión, o parte trasera
- 15 5. Cuerpo de transmisión alargado
- 6. Pared de apoyo que forma una primera parte de apoyo
- 7. Segunda parte de apoyo
- 20 8. Elemento de retorno
- 9. Carril longitudinal
- 25 10. Sistema de cirugía robótica
- 11. Primera superficie lateral
- 12. Segunda superficie lateral
- 30 13. Órgano pivotante
- 14. Elemento elástico
- 35 15. Rebajo
- 17. Eje
- 18. Superficie de interfaz
- 40 19. Accionador motorizado
- 20. Manipulador robótico
- 45 21. Dispositivo de control
- 22. Parte transversalmente ampliada
- 23. Pared de apoyo adicional del segundo lado
- 50 24. Parte de tope para el elemento elástico
- 25. Parte de tope para el elemento elástico
- 55 26. Pared adicional del borde del orificio
- 27. Arco del órgano pivotable
- 28. Segmento recto del órgano pivotante
- 60 31. Cabezal del tendón
- 51. Primer lado transversal del cuerpo alargado
- 65 52. Segundo lado transversal del cuerpo alargado

53. Primera sección longitudinal del cuerpo alargado

54. Segunda sección longitudinal del cuerpo alargado

5 X-X. Dirección longitudinal

D3. Distancia

P5. Acción de empuje

10 T3. Acción de tracción

Y6, Y7. Reacción transversal

15

REIVINDICACIONES

1. Instrumento quirúrgico (1) para cirugía robótica que comprende:
- 5 - un extremo de articulación accionado por tendón (2), y
- al menos un tendón de accionamiento (3), y
- 10 - una parte trasera (4) que comprende:
- al menos un cuerpo de transmisión alargado (5) que puede moverse a lo largo de una dirección longitudinal (X-X), que coincide con o es paralela a un eje de extensión longitudinal de dicho al menos un cuerpo de transmisión alargado (5);
- 15 - al menos una primera pared de apoyo (6), que forma una primera parte de apoyo para un primer lado transversal (51) del al menos un cuerpo alargado (5);
- al menos una segunda parte de apoyo (7) para un segundo lado transversal (52), opuesta a dicho primer lado transversal (51), del al menos un cuerpo de transmisión alargado (5);
- 20 - al menos un elemento de retorno (8) para el al menos un tendón de accionamiento (3);
- en el que:
- 25 - dicho al menos un tendón de accionamiento (3) está conectado de manera operativa a dicho cuerpo alargado (5) y está conectado de manera operativa a dicho al menos un elemento de retorno (8);
- el al menos un cuerpo de transmisión alargado (5) comprende en el primer lado (51) del mismo una primera superficie lateral (11), que se apoya de manera deslizante sobre dicha al menos una primera pared de apoyo (6);
- 30 - dicha primera pared de apoyo (6) comprende una superficie de apoyo convexa;
- y en el que:
- 35 - el al menos un cuerpo de transmisión alargado (5) comprende en el segundo lado (52) del mismo una segunda superficie lateral (12), que se apoya de manera deslizante sobre dicha segunda parte de apoyo (7);
- 40 - dicha parte trasera (4) comprende, además, al menos un órgano pivotable (13) y dicha segunda parte de apoyo (7) pertenece a dicho órgano pivotable (13), de modo que el apoyo deslizante de la segunda superficie lateral (12) del cuerpo de transmisión alargado (5) en la segunda parte de apoyo (7) determina el rodamiento del órgano pivotable (13);
- 45 y en el que:
- dicho al menos un tendón de accionamiento (3) está integrado con dicho cuerpo de transmisión alargado (5);
- 50 - dicho al menos un elemento de retorno (8) localiza la acción de tracción (T3) aplicada por el tendón de accionamiento (3) a una determinada distancia (D3) del eje longitudinal (X-X) del cuerpo de transmisión alargado (5), de modo que dicho tendón de accionamiento (3) aplica una acción de tracción (T3) que genera un par motor con el objetivo de traer el segundo lado (52) del al menos un cuerpo de transmisión alargado (5) hacia dicha segunda parte de apoyo (7) del órgano pivotable (13) y traer el primer lado (51) del cuerpo de transmisión alargado hacia la superficie convexa de la primera parte de apoyo (6).
- 55
2. Instrumento quirúrgico (1) según la reivindicación 1, en el que dicho al menos un tendón de accionamiento (3) comprende un cabezal (31) que acaba sujeto a dicho cuerpo de transmisión alargado (5).
- 60
3. Instrumento quirúrgico (1) según la reivindicación 1 o 2, en el que dicho órgano pivotable (13) también comprende dicho elemento de retorno (8).
4. Instrumento quirúrgico (1) según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que dicho al menos un cuerpo de transmisión alargado (5) comprende un carril longitudinal (9) que recibe al menos una parte de dicho órgano pivotable (13).
- 65

5. Instrumento quirúrgico según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que entre el segundo lado (52) del al menos un cuerpo de transmisión alargado (5) y el al menos un órgano pivotable (13), se incluye un rebajo (15) para recibir el tendón de accionamiento (3), evitando de ese modo la intercalación con contacto del tendón de accionamiento entre el órgano pivotable (13) y el cuerpo alargado (5).
- 5 6. Instrumento quirúrgico según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el eje de rotación (R-R) del al menos un órgano pivotable (13) está fijado con respecto a dicha parte trasera (4) del instrumento quirúrgico,
- 10 y preferiblemente dicho eje de rotación está fijado con respecto a dicha primera pared de apoyo (6) de dicha parte trasera (4);
- y/o en el que dicho eje de rotación (R-R) se orienta de manera transversal con respecto a la dirección longitudinal (X-X).
- 15 7. Instrumento quirúrgico (1) según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que dicha parte trasera (4) comprende, además, al menos un elemento elástico (14) conectado de manera operativa a dicho al menos un cuerpo de transmisión alargado (5) que desvía dicho al menos un tendón de accionamiento (3).
- 20 8. Instrumento quirúrgico (1) según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que dicha superficie de apoyo convexa de la primera pared de apoyo (6) es sustancialmente cilíndrica.
9. Instrumento quirúrgico (1) según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que la primera superficie lateral (11) del primer lado del cuerpo alargado (5) es curva y convexa.
- 25 10. Instrumento quirúrgico (1) según la reivindicación 9, en el que la primera superficie lateral (11) del primer lado del cuerpo alargado (5) es sustancialmente cilíndrica alrededor de la dirección longitudinal (X-X).
- 30 11. Instrumento quirúrgico (1) según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que la superficie de apoyo de la primera pared de apoyo (6) forma un contacto de deslizamiento esférico para dicho primer lado (51) del al menos un cuerpo alargado (5).
- 35 12. Instrumento quirúrgico (1) según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que comprende una pluralidad de tendones de accionamiento (3) dispuestos en rayos con respecto a una parte central de la parte trasera.
- 40 13. Instrumento quirúrgico (1) según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que dicho órgano pivotante (13) tiene una extensión, por ejemplo, su propio diámetro, sustancialmente igual a la distancia entre el cuerpo de transmisión alargado (5) y el eje (17) del instrumento quirúrgico; y en el que preferiblemente, el tendón de accionamiento (3) es adherente a al menos un segmento del órgano pivotable (13).
- 45 14. Sistema de cirugía robótica (10) que comprende:
- al menos un instrumento quirúrgico (1) según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, y
 - al menos un manipulador robótico (20) que comprende al menos un accionador motorizado (19) adaptado para ejercer una acción de empuje (P5) sobre dicho al menos un cuerpo de transmisión alargado (5) de la parte trasera (4) del instrumento quirúrgico.
- 50

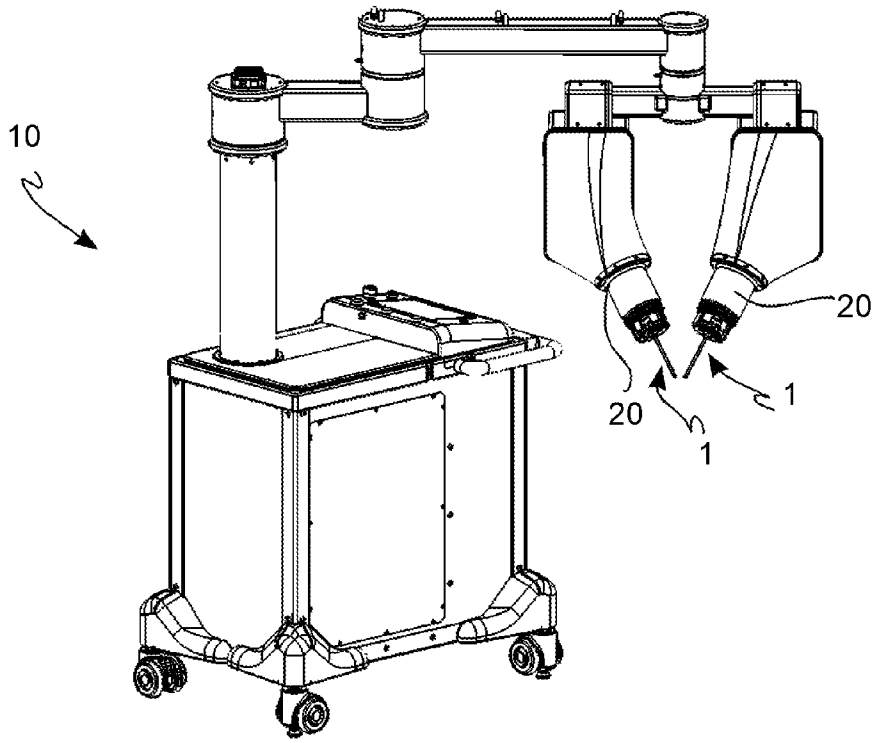


FIG.1

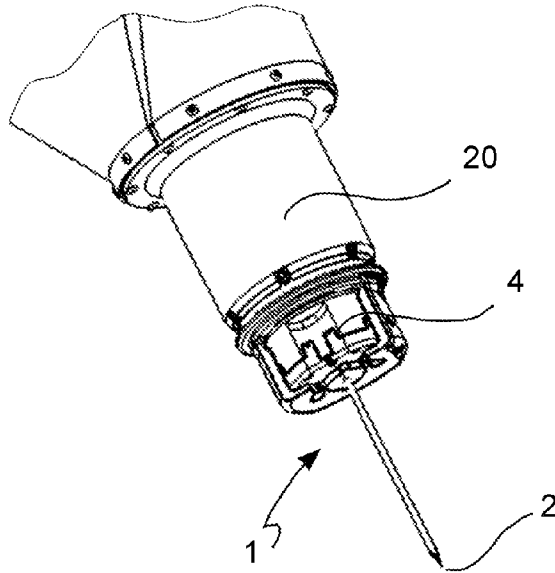


FIG.2

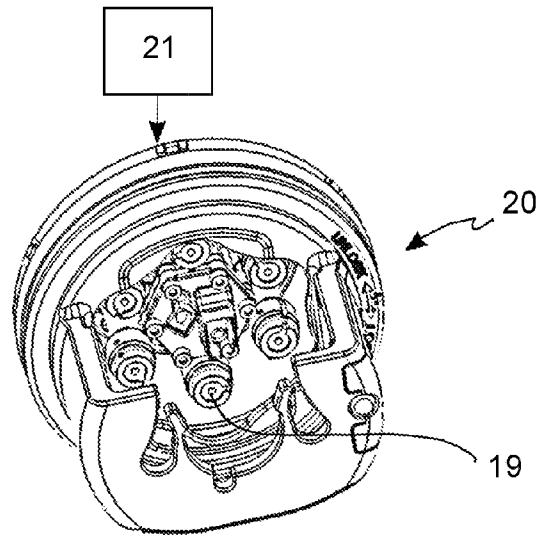


FIG.3

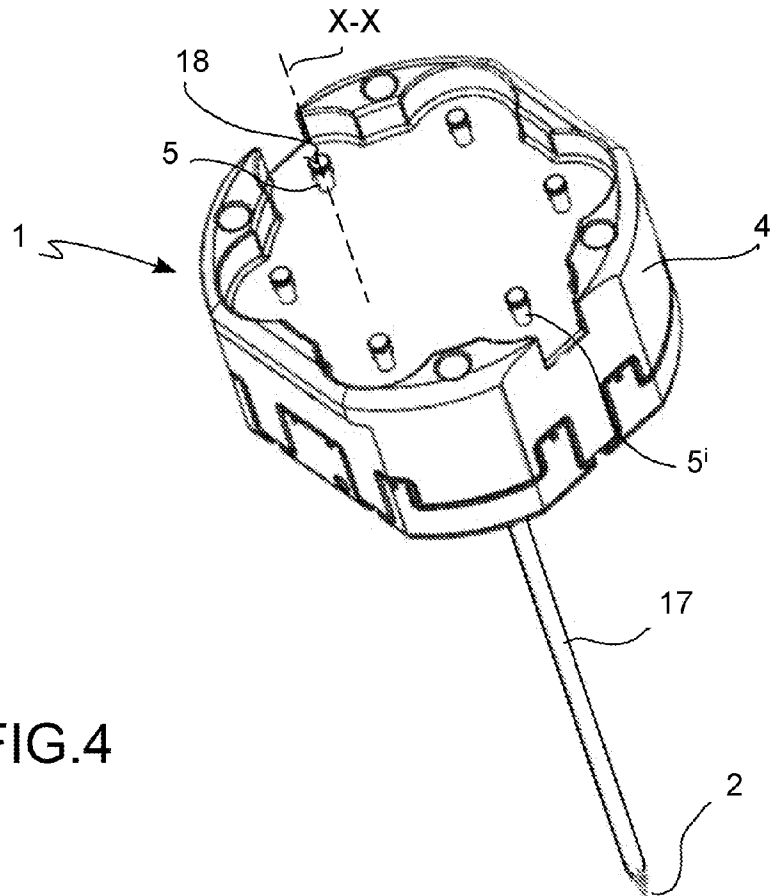


FIG.4

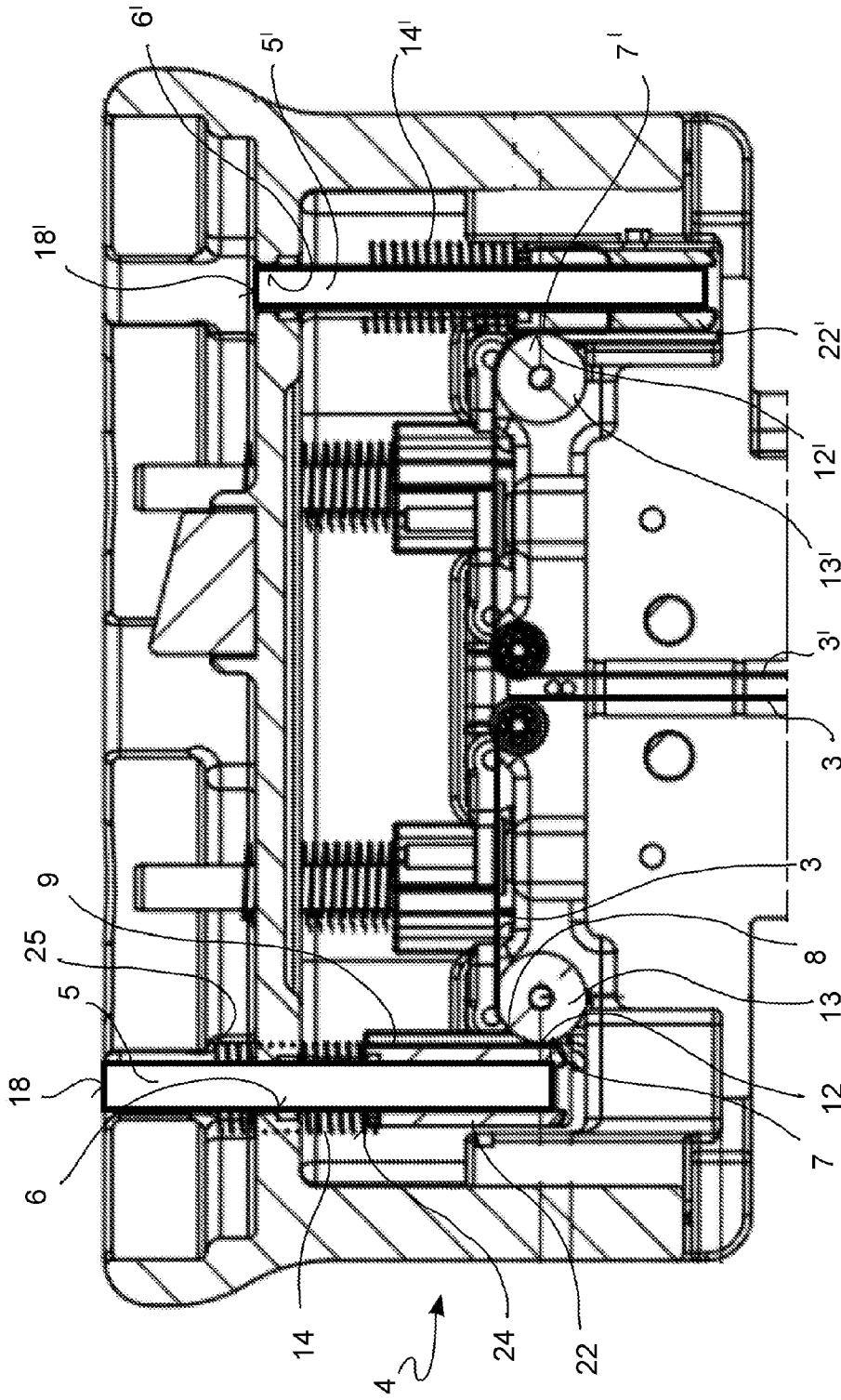


FIG.5

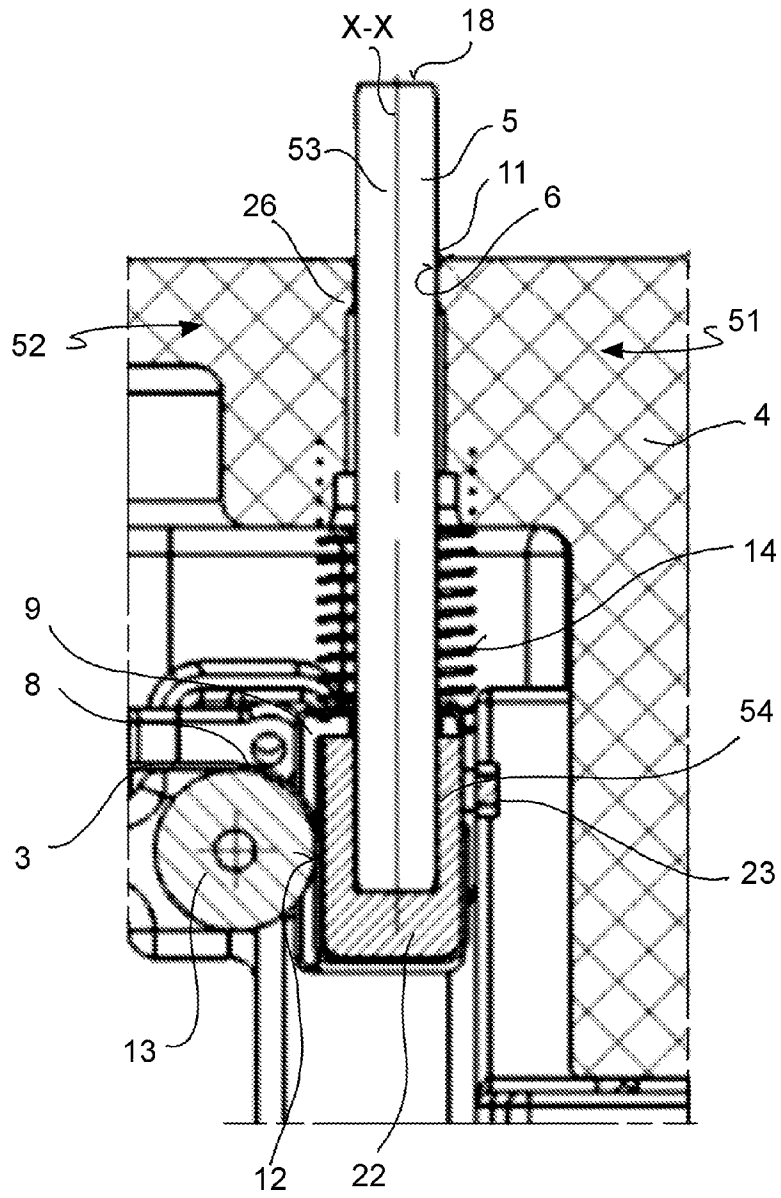


FIG.6

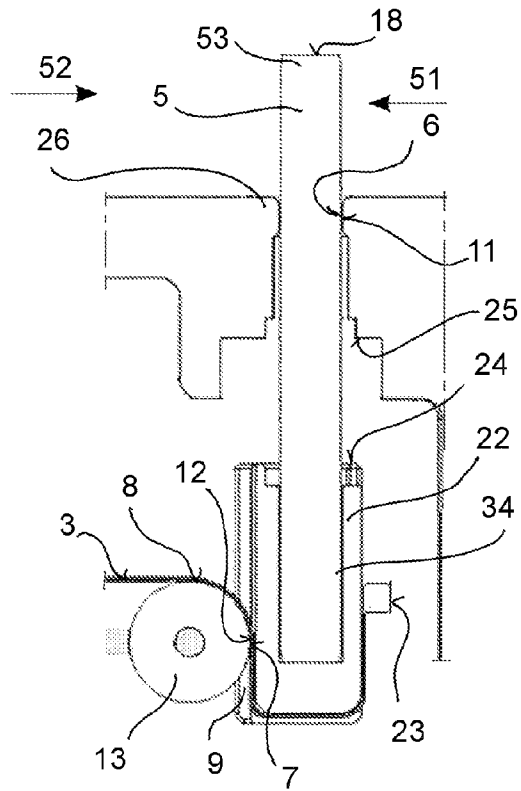


FIG. 7

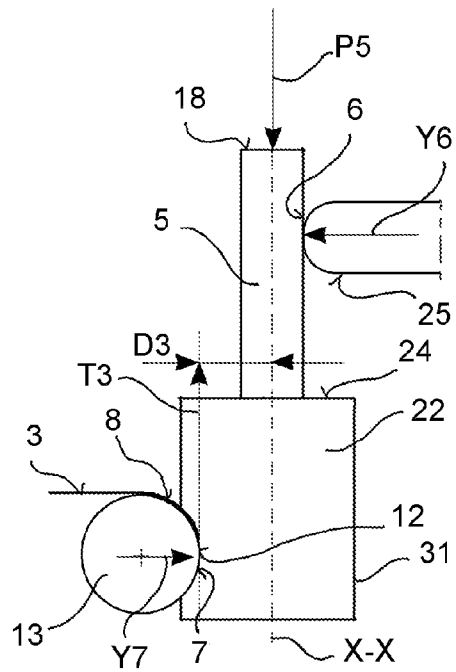


FIG. 8

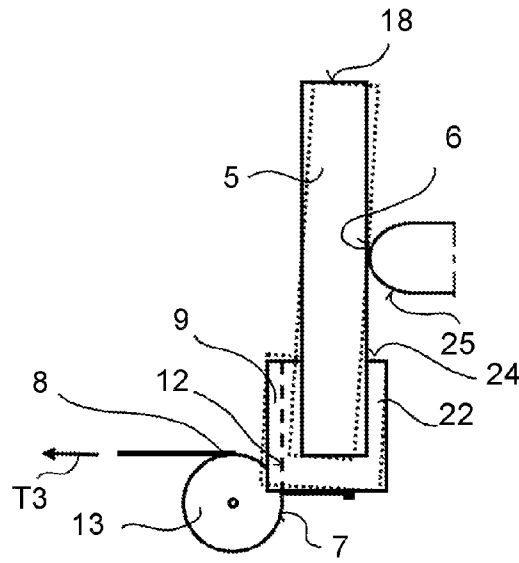


FIG. 9

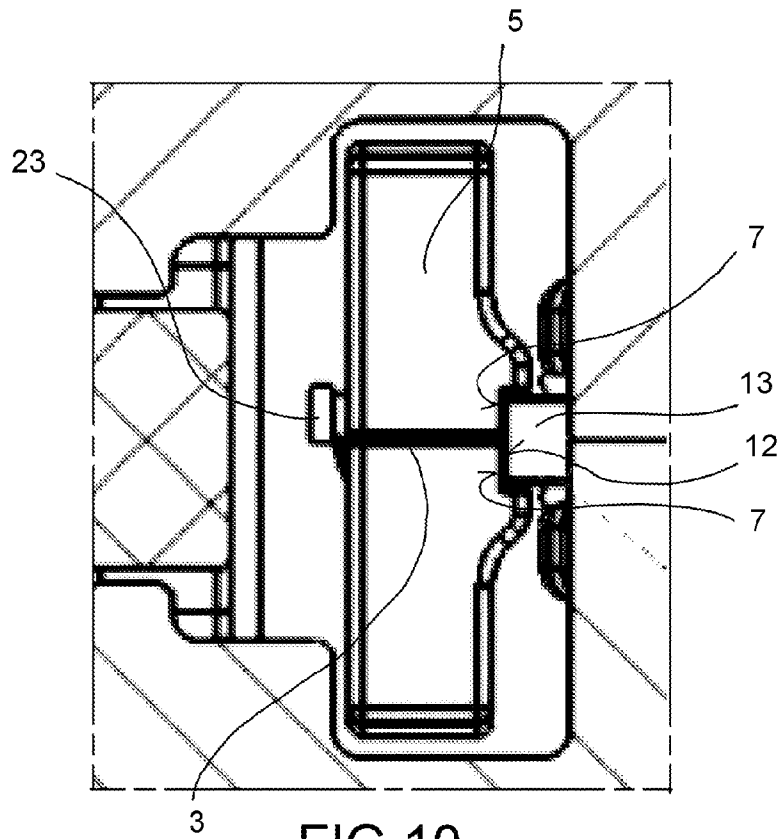


FIG. 10

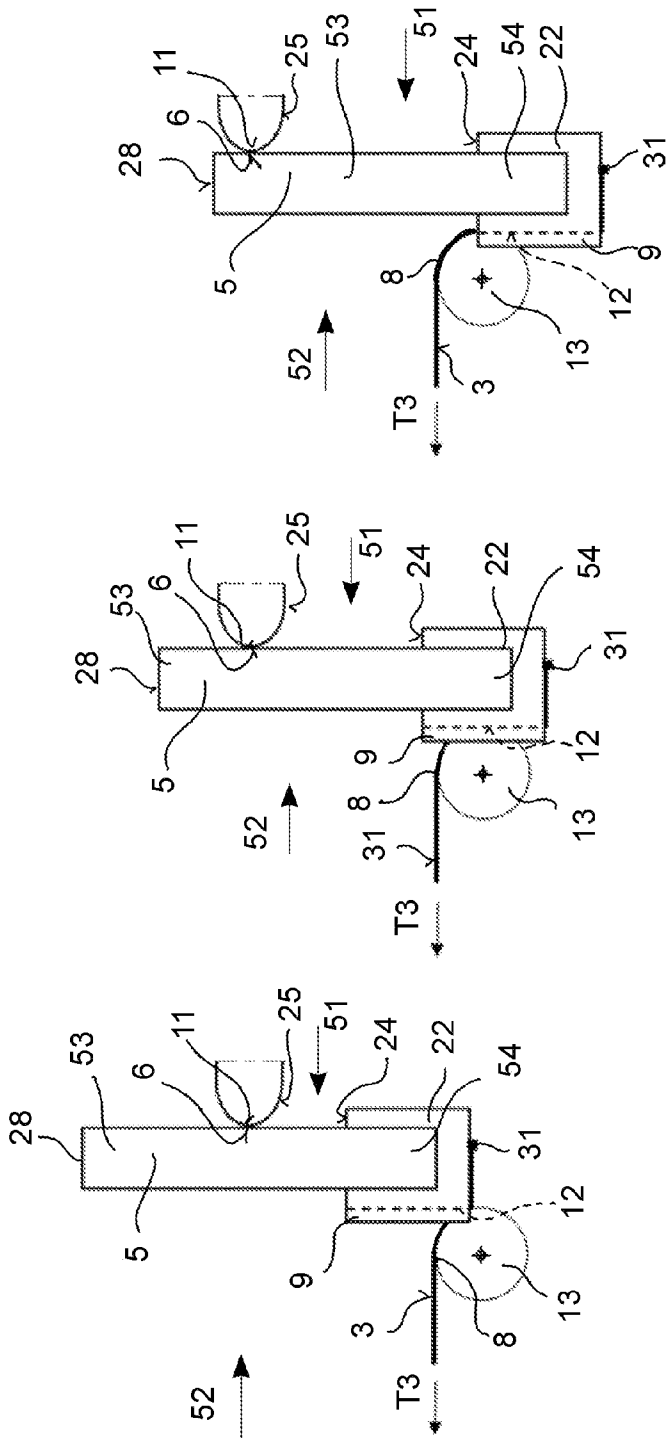


FIG.11A

FIG.11B

FIG.11C

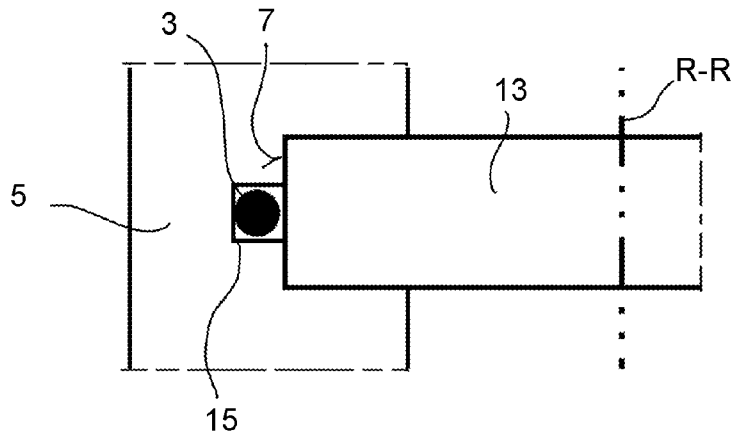


FIG. 12

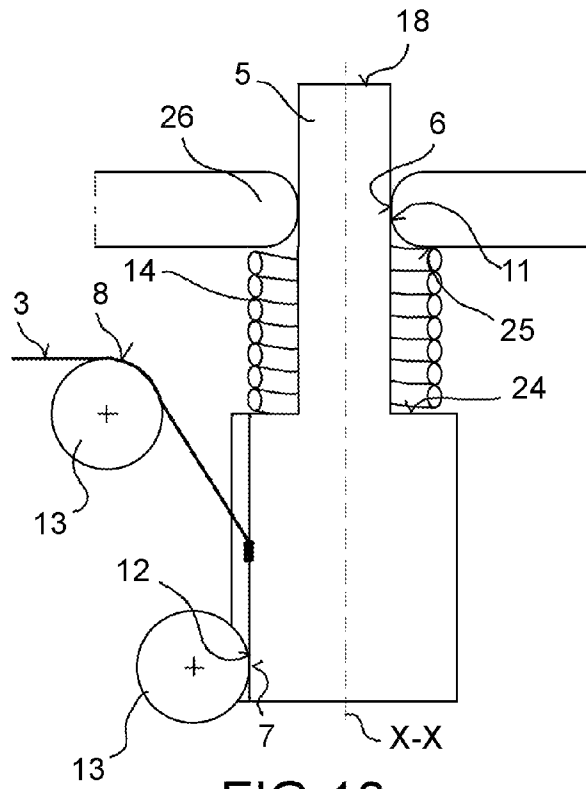


FIG. 13

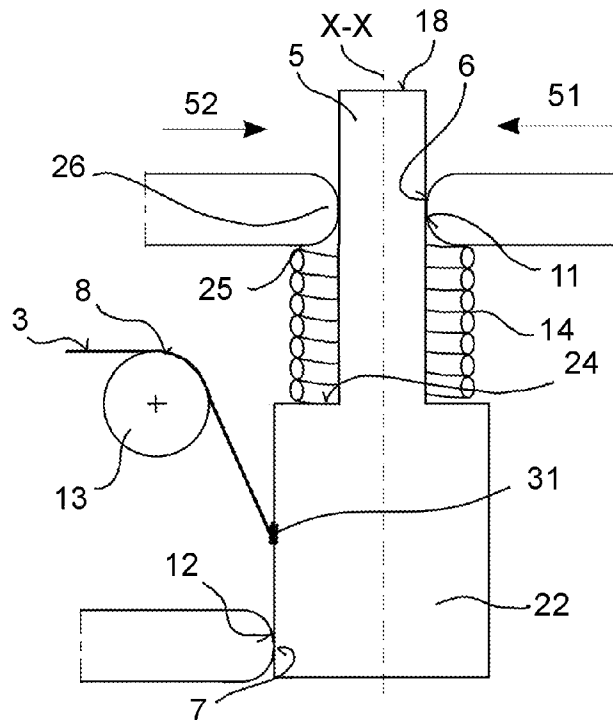


FIG. 14

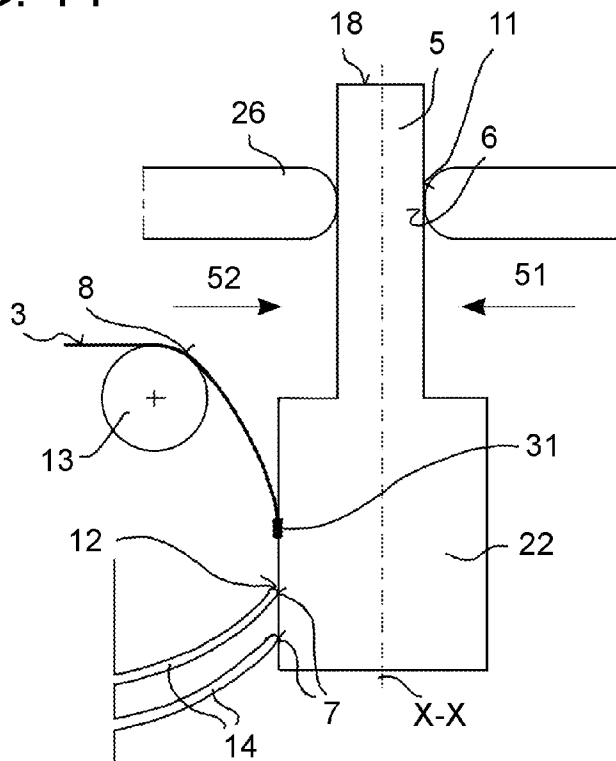


FIG. 15

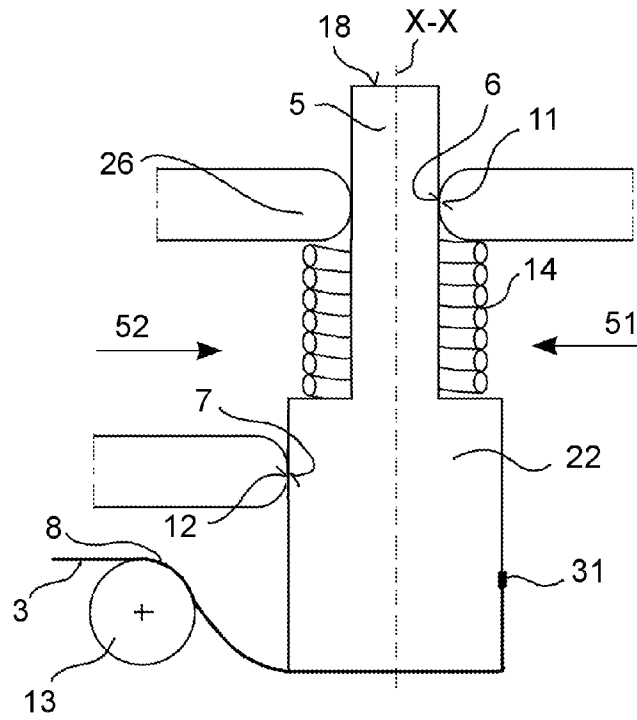


FIG. 16

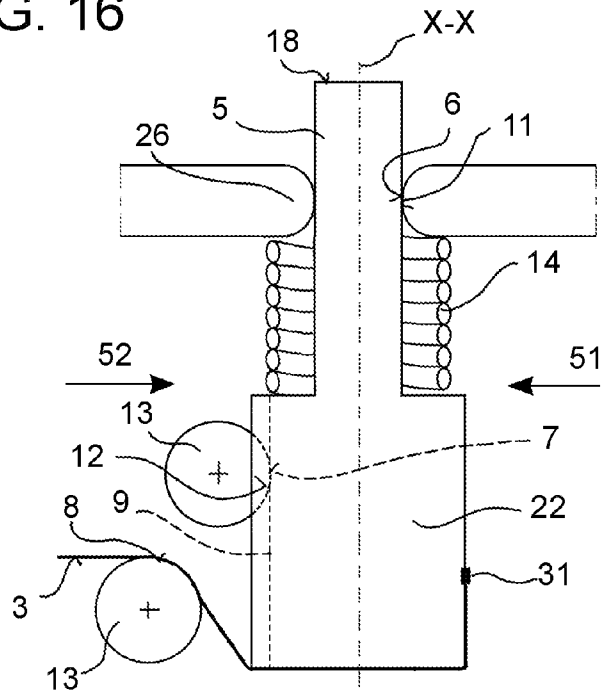
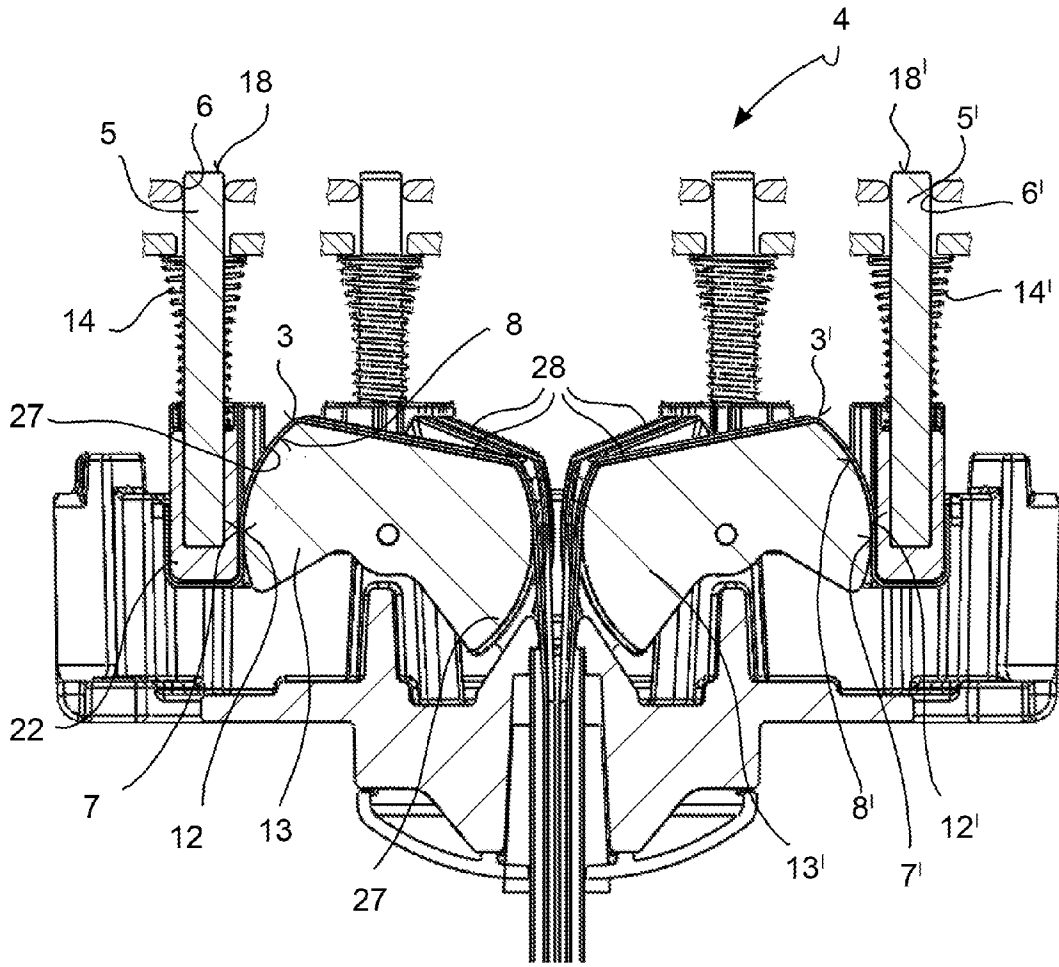


FIG. 17



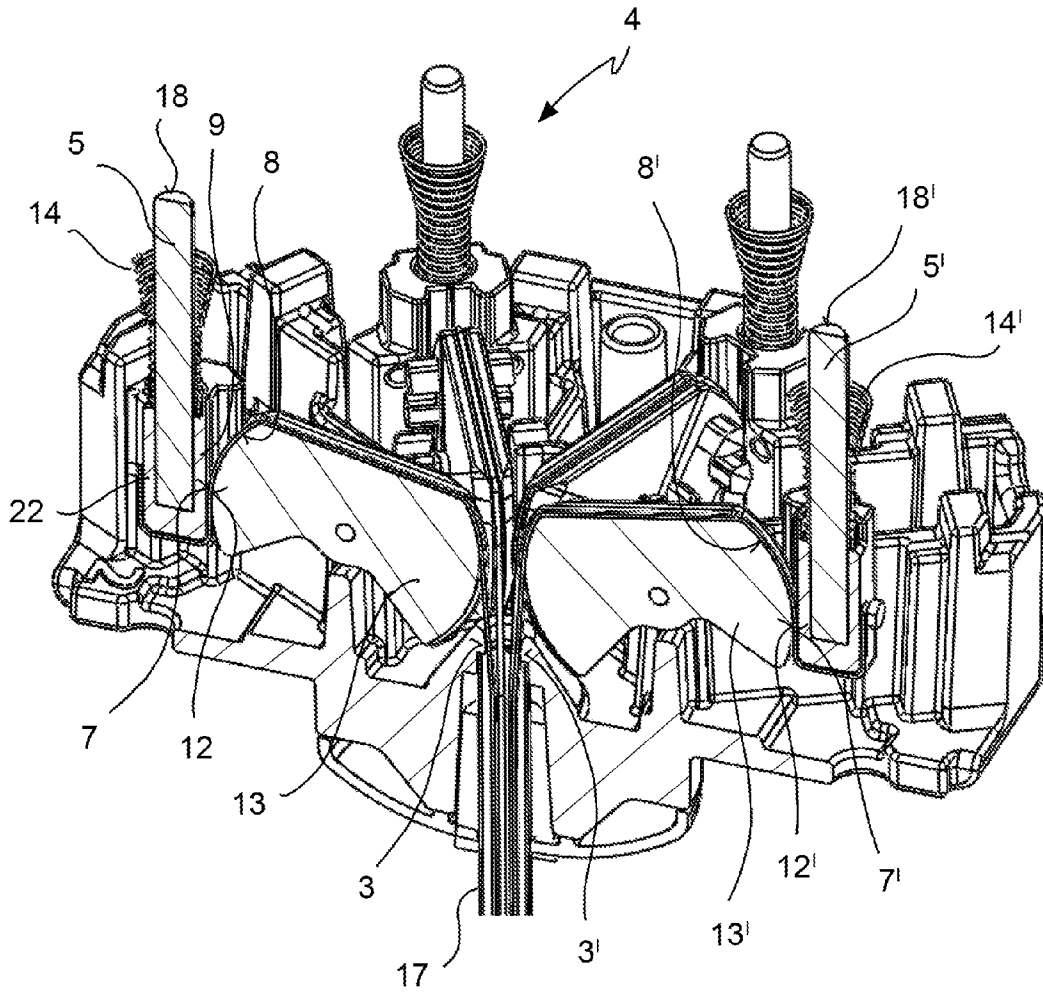


FIG.19