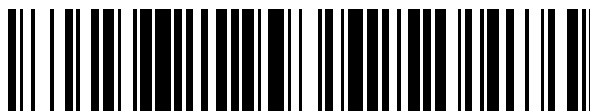


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 384 674**

51 Int. Cl.:
B25J 17/02 (2006.01)
B25J 18/02 (2006.01)
F16D 3/06 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **09171249 .7**
96 Fecha de presentación: **24.09.2009**
97 Número de publicación de la solicitud: **2301726**
97 Fecha de publicación de la solicitud: **30.03.2011**

54 Título: **Árbol telescópico para un robot industrial de acuerdo con el concepto delta**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
10.07.2012

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
10.07.2012

73 Titular/es:
CAMA 1 SpA
Via Vittor Pisani, 12/A
20124 Milano, IT

72 Inventor/es:
Bellante, Daniele

74 Agente/Representante:
Pons Ariño, Ángel

ES 2 384 674 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

Árbol telescópico para un robot industrial de acuerdo con el concepto delta

5 Campo de la invención

La invención se refiere a un árbol telescópico para uso en un robot industrial de acuerdo con el concepto delta y a un robot que comprende un árbol de este tipo.

10 Técnica anterior

El robot de acuerdo con el concepto delta, también denominado robot delta, se conoce gracias al documento US-A-4976582. Los robots delta se usan mucho, por ejemplo, en la industria alimentaria, por ejemplo, para manipular de manera precisa artículos pequeños en una máquina de envasado; en el campo de la cirugía y la medicina y en otros muchos campos.

Un robot delta comprende una sección de base y una placa móvil conectada a una serie de barras articuladas. La placa móvil se puede posicionar en un área determinada de trabajo y soporta una herramienta giratoria o dispositivo de agarre. La provisión de un motor para hacer funcionar dicha herramienta, fijado directamente a la placa móvil, tiene el inconveniente de una mayor masa e inercia de las partes móviles. Por lo tanto, normalmente un árbol telescópico está dispuesto entre la placa móvil y un motor situado en la sección de base. Dicho árbol telescópico también se conoce como el cuarto eje del robot delta.

Un árbol telescópico coaxial conocido comprende básicamente un brazo tubular exterior que lleva una primera unión de extremo para recibir el par torsor de entrada y un brazo interior coaxial deslizante dentro del brazo exterior y que lleva una segunda unión de extremo para transmitir el par torsor a la herramienta de la placa móvil.

El árbol telescópico de un robot delta debe funcionar a una velocidad considerable, soportando un gran par torsor y una velocidad lineal considerable de la placa móvil. Por lo tanto, es necesario que sea ligero, pero muy resistente tanto al esfuerzo de torsión como al de flexión. Además, el robot delta con frecuencia se usa en entornos en los que las normas de salud e higiene son muy rigurosas, tales como, en la industria alimentaria.

Un brazo telescópico convencional no está adaptado para cumplir con dichos requisitos, de manera que, en la técnica anterior, se ha intentado encontrar realizaciones de un árbol telescópico más apropiadas para uso como el cuarto eje de un robot delta.

En el documento EP-A-1 135 238 se describe un robot delta que comprende un brazo telescópico con un eje interior y un tubo exterior desplazable respecto al eje interior en una dirección longitudinal, un casquillo rígido torsional está dispuesto de manera fija en el tubo exterior y un dispositivo de guía está dispuesto en el eje interior. No obstante, dicho brazo telescópico tiene los inconvenientes de un difícil acceso al interior y la necesidad de un acoplamiento preciso entre el casquillo y el eje deslizante. Otro inconveniente es la necesidad de lubricación, lo que no es conveniente para la industria farmacéutica y alimentaria debido al riesgo de contaminación del producto.

Resumen de la invención

El problema que subyace a la invención es proporcionar un robot delta con una estructura novedosa del cuarto eje telescópico, adaptada para cumplir con los requisitos de una construcción rígida a la torsión y a la flexión, limpieza y mantenimiento sencillos, acoplamiento preciso entre las partes deslizantes sin un maquinado caro.

El problema se soluciona con un árbol telescópico de acuerdo con la reivindicación 1.

La invención proporciona además un robot de acuerdo con la reivindicación 2 que comprende un árbol telescópico de este tipo y un procedimiento de acuerdo con la reivindicación 13 para fabricar un robot de este tipo.

La sección poligonal del brazo tubular exterior puede tener cualquier cantidad de laterales. Preferentemente, la sección transversal del brazo tubular exterior es cuadrilátera, más preferentemente, rectangular o cuadrada.

La sección transversal poligonal del brazo exterior permite un engranaje de forma torsionalmente rígido y transmisor de par torsor con la parte de cabeza del brazo interior. De acuerdo con un aspecto de la invención, la parte de

cabeza del brazo interior tiene una pluralidad de elementos elásticamente deformables adosados a partes de la superficie interna del brazo exterior a fin de permitir un deslizamiento sin huelgo capaz de transmitir el par torsor. En una realización preferente, los elementos elásticamente deformables tienen caras de contacto adosadas a la superficie interna del brazo exterior y, más preferentemente, dichos elementos elásticamente deformables están
5 dispuestos para proporcionar al menos una de dichas caras de contacto en contacto con cada uno de los laterales interiores de la sección transversal poligonal del brazo exterior.

En una realización preferente, la parte de cabeza del brazo interior se obtiene con un casquillo asociado al brazo propiamente dicho. Dicho casquillo se puede fijar (por ejemplo, pegar) o asociar, de manera reversible, al brazo
10 interior.

Más preferentemente, dicho casquillo comprende una parte de cuerpo principal y una pluralidad de dichos elementos elásticamente deformables en forma de lengüetas que divergen de dicha parte de cuerpo y adosadas a la superficie interna del brazo tubular exterior.

15 Preferentemente, cada una de dichas lengüetas tiene forma sustancialmente triangular, con un vértice biselado y cortes laterales que definen las caras de contacto con el brazo tubular exterior. En una realización más preferente, cada lengüeta triangular tiene una zona de punta con dos caras de contacto dispuestas para contactar caras adyacentes de la superficie interna del brazo tubular exterior, por ejemplo, dos superficies adyacentes de un brazo tubular exterior cuadrado. Preferentemente, el contacto es cerca de la esquina formada por las dos superficies adyacentes. Por ejemplo, un acoplamiento efectivo con un brazo tubular exterior cuadrado se obtiene con un casquillo cilíndrico fijado al brazo interior, teniendo cada extremo del casquillo cuatro lengüetas elásticas dispuestas en cruz dirigidas hacia las esquinas del brazo tubular cuadrado y provistas de dos cortes cada una.

25 De acuerdo con otro aspecto de la invención, la tapa extraíble tiene medios de guía y/o de cierre adecuados que actúan sobre el brazo interior. En una realización, la tapa de extremo tiene un agujero pasante que tiene la misma forma y dimensiones que la sección transversal de un brazo tubular interior del árbol telescópico y que proporciona un acoplamiento de guía deslizante para dicho brazo interior. Por ejemplo, un brazo tubular interior de sección transversal circular se desliza a través de un agujero circular de la tapa extraíble, coincidiendo el diámetro del
30 agujero con el diámetro exterior del brazo interior, con un pequeño huelgo para permitir el libre desplazamiento del brazo interior respecto a la tapa y, por lo tanto, respecto al brazo exterior.

En una realización, la tapa extraíble tiene una pluralidad de orejetas elásticamente deformables dispuestas alrededor de un borde de dicho agujero pasante, teniendo dichas orejetas respectivas superficies de contacto adosadas a
35 dicho brazo tubular interior y proporcionando un medio de guía adicional para el mismo.

En funcionamiento, uno de los brazos interior y exterior recibe un par torsor de entrada, que se transmite al otro de los brazos interior y exterior. Por ejemplo, el brazo interior o el brazo exterior tiene una unión articulada conectada a un motor de una placa de base del robot. El otro brazo suministra el par torsor a una placa móvil del robot. Un
40 aspecto de la invención es que al menos gran parte de dicho par torsor de entrada se transmite por medio del acoplamiento torsionalmente rígido y deslizante entre la parte de cabeza del brazo interior y el brazo tubular exterior poligonal.

De acuerdo con realizaciones diferentes de la invención, el brazo interior puede ser un brazo tubular que tiene una
45 sección transversal circular o no circular. En realizaciones con un brazo tubular interior no circular, por ejemplo, un brazo tubular cuadrado, el agujero de la tapa extraíble fijada al brazo exterior está conformado en consecuencia y, por consiguiente, el acoplamiento entre la tapa extraíble y el brazo interior puede tener cierta rigidez torsional y puede transmitir una parte menor del par torsor. No obstante, la mayoría del par torsor pasa a través del acoplamiento torsionalmente rígido específico en la cabeza deslizante del brazo interior.

50 De acuerdo con un aspecto adicional de la invención, el árbol telescópico es autolubricante. Las partes deslizantes, tales como el brazo interior, la cabeza del brazo interior y/o la tapa de extremo, están hechas de un material autolubricante. Un material preferente es fibra de carbono. Otros materiales preferentes son resinas de acetal y, más preferentemente, resinas de polioximetileno (POM).

55 A continuación se exponen las ventajas de la invención.

Se establece un acoplamiento torsional rígido y sin huelgo entre el brazo exterior y la cabeza del brazo interior, lo que permite la transmisión de grandes pares torsores y un control exacto del giro. Los apoyos elásticamente

deformables preferentes proporcionan además un efecto de recuperación del huelgo, lo que hace que el acoplamiento sea menos propenso al desgaste. Además, la compensación del huelgo que ofrecen las partes elásticamente deformables evita la necesidad de una coincidencia precisa entre las partes deslizantes, así como caros procedimientos de fabricación relacionados. Se compensan los posibles errores de forma del brazo interior o exterior. Otra ventaja es que la tapa de extremo del brazo exterior se puede extraer rápidamente, lo que facilita el acceso a efectos de mantenimiento, revisión o limpieza.

La distancia entre la cabeza deslizante del brazo interior y la tapa de extremo fija aumenta la resistencia a la flexión de todo el árbol telescópico cuando el árbol está parcialmente extendido, es decir, en la mayoría de condiciones de uso. De acuerdo con una de las características preferentes, el uso de materiales autolubricantes evita la necesidad de aplicar lubricantes en las partes deslizantes y el riesgo relacionado de contaminar el entorno, por ejemplo, con productos alimenticios manipulados por el robot.

Las ventajas resultarán más evidentes con la siguiente descripción detallada de las realizaciones preferentes, que se presentan como ejemplos no limitantes.

Descripción de las figuras

La Fig. 1 es una vista de un robot delta de acuerdo con una realización preferente de la invención.

La Fig. 2 es una sección longitudinal del árbol telescópico del robot de la Fig. 1.

Las Figs. 3 y 4 son los detalles III y IV de la Fig. 2.

La Fig. 5 es una sección transversal del árbol telescópico de acuerdo con la línea V-V de la Fig. 3.

La Fig. 6 es una vista del casquillo que forma la parte de cabeza del brazo deslizante interior del árbol telescópico (10) de la Fig. 2.

Las Figs. 7 y 8 son vistas de la tapa de cierre del brazo exterior del árbol telescópico.

La Fig. 9 es una vista del brazo deslizable interior del árbol telescópico de la Fig. 2.

La Fig. 10 es un detalle transversal del montaje del casquillo de cabeza del brazo interior de acuerdo con otra realización de la invención.

La Fig. 11 es una sección transversal de acuerdo con A-A de la Fig. 10.

La Fig. 12 es una vista de un robot delta de acuerdo con una variante de la realización de la Fig. 1.

Descripción detallada de una realización preferente

Un robot delta (1) tiene una sección de base (2) y una placa móvil (3). La placa móvil (3) se mueve en un espacio de trabajo del robot (1), debajo de la sección de base (2), por medio de varias varillas de arrastre articuladas (4) accionadas por medio de brazos (5) y motores respectivos (6).

Un árbol telescópico de longitud variable (10) está dispuesto entre la sección de base (2) y la placa móvil (3). Un motor (11) asociado a la sección de base (2) puede hacer girar un buje portaherramientas (12) de la placa móvil (3) por medio de dicho árbol telescópico (10). El árbol tiene una disposición coaxial con un brazo tubular exterior (13) y un brazo interior (14) que se desliza en dicho brazo tubular exterior (13).

En las Figs. 2 a 9 se muestra, más detalladamente, la estructura y los detalles de una realización preferente del árbol telescópico (10). El brazo exterior (13) tiene un primer extremo (15) que lleva una primera unión articulada (16) para conexión al árbol del motor (11) y un extremo distal (17), opuesto a la sección de base (2), que está cerrado con una tapa de extremo extraíble (18). El brazo interior (14) tiene un extremo que lleva otra unión articulada (19) para acoplamiento a dicho buje (12).

En el ejemplo que se ilustra, el brazo exterior (13) es un tubo cuadrado y el brazo interior (14) es un tubo redondo con sección transversal circular (Fig. 5). En otra realización, tanto el brazo exterior (13) como el brazo interior (14)

son tubos cuadrados.

El brazo interior (14) es guiado en el brazo exterior (13) por medio de un casquillo deslizante (20), que forma una parte de cabeza (14a) del brazo interior (Figs. 3 y 9) y por medio de un paso de guía adecuado de la tapa de extremo (18). Dicho paso de guía está definido, en el ejemplo que se da, por un aro (31) y medios de guía en forma de orejetas (32) (Fig. 4).

En una realización preferente, el casquillo (20) tiene un cuerpo cilíndrico hueco (21) fijado de manera adecuada a la parte superior del brazo interior (14). Por ejemplo, el casquillo (20) se puede meter a presión en el brazo interior (14) o pegar con resinas epoxi a dicho brazo interior (14) (Fig. 13). En realizaciones adicionales, el casquillo (20) está asociado, de manera reversible, al brazo interior (14) para que se pueda sustituir. A continuación se dará un ejemplo.

El casquillo (20) tiene una pluralidad de lengüetas radiales elásticamente deformables (22) que divergen del cuerpo (21) y adosadas a la superficie interior (13a) del brazo tubular exterior (13). Más detalladamente, en una forma preferente adicional, el casquillo (20) tiene una primera y una segunda pluralidad de lengüetas elásticas en extremos opuestos del cuerpo (21).

En el ejemplo, dos grupos de lengüetas (22) están provistas en extremos opuestos, inferior y superior, del cuerpo (21) divergiendo en direcciones radiales opuestas como se observa en la Fig. 3 y en la Fig. 6. Cada grupo tiene cuatro lengüetas dispuestas en cruz (22), como se observa en la sección de la Fig. 5, con caras de contacto (23) contra la superficie interior (13a) del tubo exterior (13). Cada lengüeta (22) tiene forma sustancialmente triangular, con un corte que forma un vértice biselado (24) y cortes laterales que definen las caras de contacto (23).

De acuerdo con características preferentes, las lengüetas no deformadas (22) quedan en un ángulo de, aproximadamente, 30 a 60 grados, preferentemente, alrededor de 45 grados, con el eje del casquillo (20) como se puede observar en la Fig. 6. Lengüetas adyacentes (22) están conectadas por medio de una parte curva (25) que permite flexibilidad para compensación del huelgo.

El casquillo deslizante (20) proporciona un medio de guía efectivo y sin huelgo con rozamiento reducido y a la vez un acoplamiento torsional rígido entre el brazo interior (14) y el brazo exterior (13). El casquillo (20) puede estar formado como una única pieza que tiene las lengüetas elásticas (22) formadas integralmente con la parte cilíndrica (21). Un material preferente de dicho casquillo (20) es un material plástico tal como Delrin®.

En realizaciones alternativas, el tubo exterior puede tener una sección transversal poligonal, distinta de la sección cuadrada de las figuras, y/o la parte de cabeza (14a) puede tener cualquier cantidad de partes elásticamente deformables, tales como las lengüetas (22), siempre que se establezca un acoplamiento torsionalmente rígido y deslizante adecuado entre los brazos (13) y (14) por medio de dicha parte de cabeza (14a) adosada al tubo exterior. En las Figs. 4 y 7 y 8 se muestra un detalle de los medios de guía en el extremo distal (17) del brazo exterior (13). La tapa (18) está fijada con un par de tornillos (30) al brazo tubular exterior (13) y proporciona un asiento deslizante para el brazo interior (14) por medio de un agujero pasante (36). Un aro inferior (31) define una primera superficie de guía y contacto (33) para el tubo interior (14). Una pluralidad de orejetas (32) están dispuestas alrededor de un borde del agujero (36). Cada orejeta (32) tiene una superficie de contacto (34) a fin de formar un medio de guía adicional de dicho brazo interior (14). El acoplamiento con el brazo interior (14) es preciso para permitir el libre deslizamiento, pero evitar el huelgo. El aro (31) y las orejetas (32) están formados en laterales opuestos de una parte cuadrada (35) que cierra la abertura cuadrada del extremo distal (17) del brazo tubular (13). Agujeros (37) para los tornillos (30) están provistos en un cuerpo (38) de la tapa (18) (Figs. 7, 8).

De acuerdo con una realización alternativa (no se muestra), la tapa (18) puede proporcionar medios de cierre, tales como un asiento para un cierre, por ejemplo, un cierre con apriete por resorte, en el acoplamiento deslizante con el brazo interior (14).

Volviendo a las Figs. 10 y 11, se muestra una realización de un casquillo (20) que se puede extraer del brazo interior (14). El casquillo (20) está fijado con uno o más tornillos (41) engranados en agujeros con rosca de un anillo metálico (40) insertado firmemente en el brazo tubular interior (14). El anillo metálico (40) es, preferentemente, un anillo abierto, por ejemplo, que tiene una sección abierta (42) para contactar firmemente la superficie interior del brazo tubular (14) (Fig. 11). El casquillo (20) se puede sustituir fácilmente extrayendo los tornillos (41).

La Fig. 12 ilustra otra realización de un robot delta que es equivalente a la de la Fig. 1 y en la que la disposición de

los brazos (13) y (14) está invertida. El brazo tubular exterior (13) está unido a la placa móvil (3). El brazo interior (14) está unido al motor (11) de la sección de base (2). Se puede preferir esta disposición para evitar una interferencia entre los bordes del brazo tubular exterior (13) y la sección de base (2).

- 5 En funcionamiento, la placa móvil (3) se desplaza en el espacio por medio de las varillas (4), de acuerdo con el concepto del robot delta. Una herramienta o un elemento de agarre montado en el buje (12) se hace girar por medio del motor (11) a través del árbol telescópico de cuarto eje (10). El par torsor del motor (11) se transmite a través del acoplamiento torsional de la parte de cabeza deslizante (20), que está fijada al brazo interior deslizante (14) y engranada con el brazo exterior (13) de manera torsionalmente rígida. La tapa (18) se puede extraer fácilmente
- 10 desatornillando los tornillos (30), lo que facilita el acceso al interior del árbol telescópico (10) para mantenimiento y/o limpieza.

REIVINDICACIONES

1. Un árbol telescópico (10) para uso en un robot (1) de acuerdo con el concepto delta, teniendo el árbol telescópico (10) extremos opuestos para conectarlos a una sección de base (2) y a una placa móvil (3) de dicho robot, cuando el árbol telescópico está montado en el robot, comprendiendo el árbol telescópico un brazo tubular exterior (13) que lleva una primera unión de extremo (16) y un brazo interior coaxial (14) deslizable dentro del brazo tubular exterior y que lleva una segunda unión de extremo (19), estando dicho árbol telescópico adaptado para transmitir un par torsor de uno a otro de dicho brazo interior y brazo exterior, y en el que
- 5 10 - dicho brazo tubular exterior (13) tiene una sección transversal poligonal;
- dicho brazo interior (14) tiene una parte de cabeza (14a) conformada a fin de proporcionar un acoplamiento torsionalmente rígido y deslizante con el brazo tubular exterior poligonal (13), adaptado para transmitir al menos gran parte de dicho par torsor entre dicho brazo exterior y brazo interior;
- 15 - un extremo distal (17) de dicho brazo tubular exterior (13), opuesto a dicha primera unión de extremo (16), está cerrado con una tapa extraíble (18), proporcionando dicha tapa un acoplamiento de guía deslizante (31, 32) para el brazo interior (14).
- 20 2. Un robot industrial (1) de acuerdo con el concepto delta, que comprende una sección de base (2); una placa móvil (3) conectada a la sección de base por medio de un sistema de brazos (4) y un árbol telescópico (10) de acuerdo con la reivindicación 1 con extremos opuestos conectados a la sección de base y a la placa móvil, respectivamente.
- 25 3. Un robot de acuerdo con la reivindicación 2, donde el brazo tubular exterior (13) tiene una sección transversal poligonal cuadrilátera, tal como rectangular o cuadrada, preferentemente, una sección transversal cuadrada.
4. Un robot de acuerdo con la reivindicación 2 o 3, estando dicha parte de cabeza (14a) del brazo interior
- 30 (14) provista de una pluralidad de elementos elásticamente deformables (22) adosados a la superficie interna (13a) del brazo tubular exterior (13).
5. Un robot de acuerdo con la reivindicación 4, teniendo dichos elementos elásticamente deformables (22) caras de contacto (23) adosadas a la superficie interna (13a) del brazo tubular exterior, estando la parte de
- 35 cabeza (14a) del brazo interior dispuesta a fin de tener al menos una cara de contacto (23) en contacto con cada cara interna de la sección transversal poligonal del brazo tubular exterior (13).
6. Un robot de acuerdo con la reivindicación 5, comprendiendo el brazo interior un casquillo (20) asociado a un extremo del brazo interior y formando dicha parte de cabeza (14a).
- 40 7. Un robot de acuerdo con la reivindicación 6, teniendo dicho casquillo (20) una parte de cuerpo (21) asociada al brazo interior (14) y extendiéndose una pluralidad de lengüetas (22), que forman los elementos elásticamente deformables desde dicho cuerpo (21).
- 45 8. Un robot de acuerdo con la reivindicación 7, donde cada una de dichas lengüetas (22) tiene forma sustancialmente triangular, con un vértice biselado (24) y cortes laterales que definen dichas caras de contacto (23).
9. Un robot de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 2 a 8, siendo dicho brazo interior (14) un brazo tubular que tiene una sección transversal circular o poligonal.
- 50 10. Un robot de acuerdo con la reivindicación 9, teniendo dicha tapa extraíble (18) un agujero pasante (36) que tiene la misma forma y dimensiones que la sección transversal del brazo tubular interior (14) y proporcionando dicho acoplamiento de guía deslizante para el brazo interior.
- 55 11. Un robot de acuerdo con la reivindicación 10, teniendo la tapa extraíble (18) una pluralidad de orejetas elásticamente deformables (32) dispuestas alrededor de un borde de dicho agujero pasante (36), teniendo dichas orejetas respectivas superficies de contacto (34) adosadas al brazo tubular interior (14) y proporcionando un medio de guía adicional para el mismo.

12. Un robot de acuerdo con una cualquiera de la reivindicaciones 2 a 11, donde dichos brazo tubular exterior y brazo interior (13, 14) están hechos de un material autolubrificante.

13. Un procedimiento para fabricar un robot industrial (1) de acuerdo con el concepto delta, que comprende proveer un árbol telescópico (10) de extremos opuestos para conectarlos a una sección de base (2) y a una placa móvil (3) de dicho robot (1), respectivamente, para transmitir un par torsor de dicha sección de base a la placa móvil, comprendiendo el árbol telescópico un brazo tubular exterior (13) que tiene una sección transversal poligonal; un brazo interior (14) que se desliza en el brazo tubular exterior y que tiene una parte de cabeza (14a) conformada a fin de proporcionar un acoplamiento torsionalmente rígido y deslizante con el brazo tubular exterior poligonal (13), adaptado para transmitir un par torsor entre dicho brazo exterior y brazo interior, estando cerrado un extremo distal de dicho brazo tubular exterior (13), opuesto a dicha primera unión de extremo, con una tapa extraíble (18) que proporciona un acoplamiento de guía deslizante para el brazo interior (14).

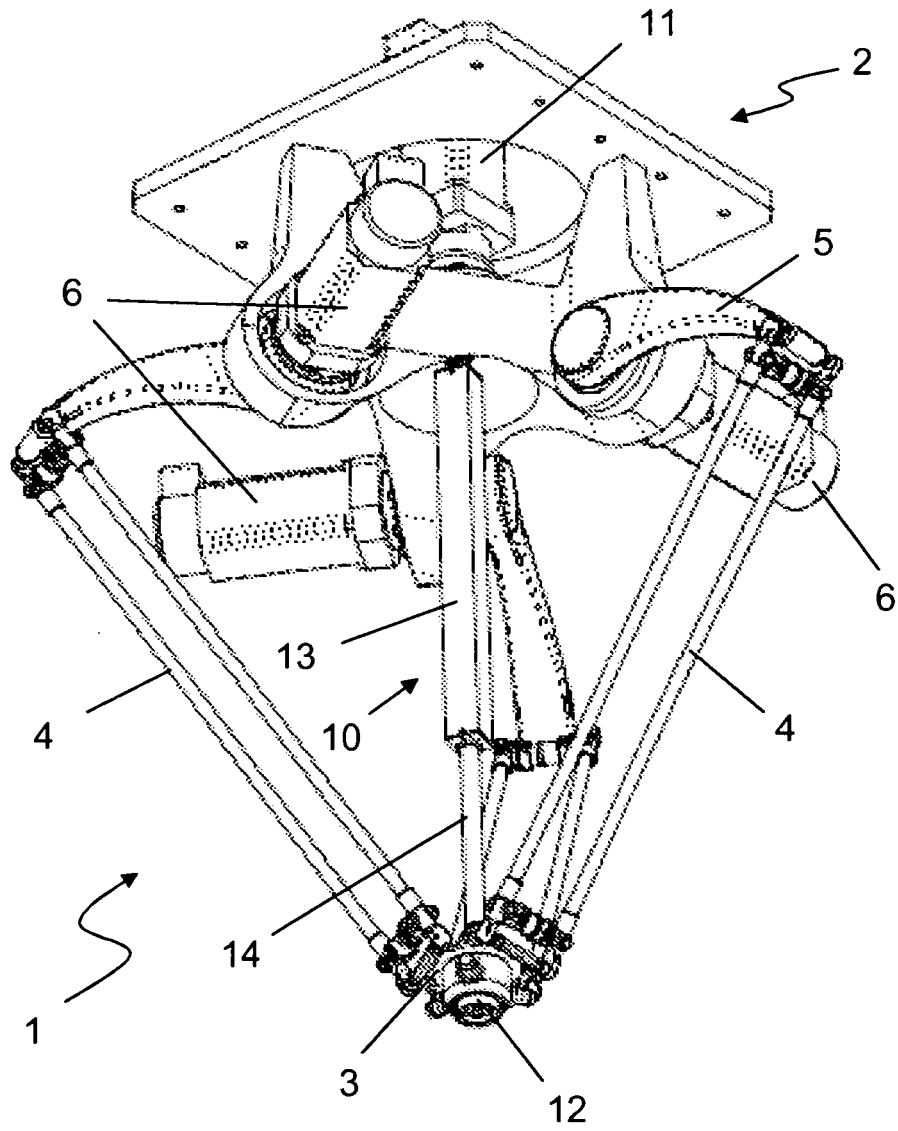


Fig. 1

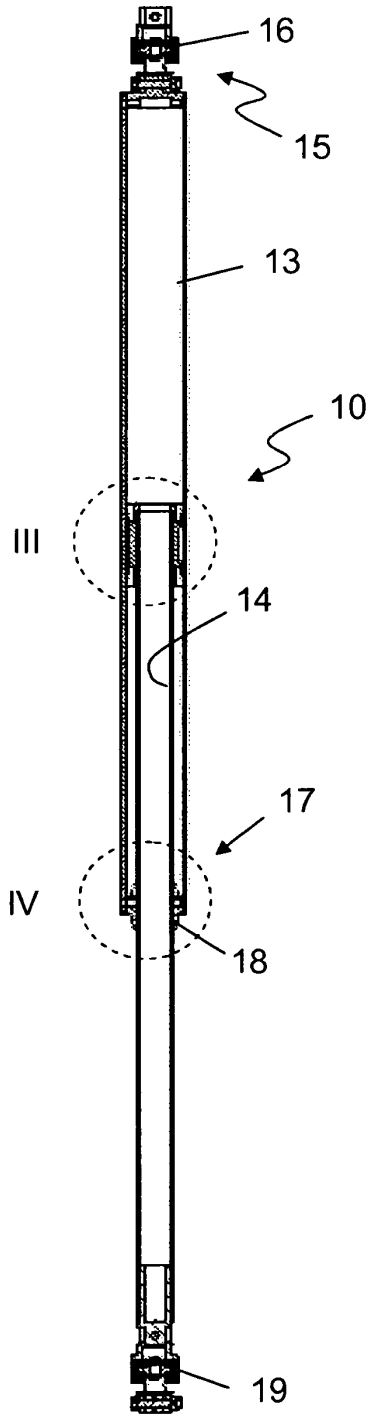


Fig. 2

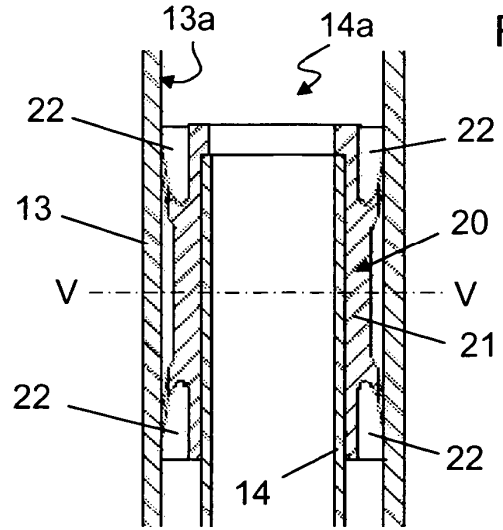


Fig. 3

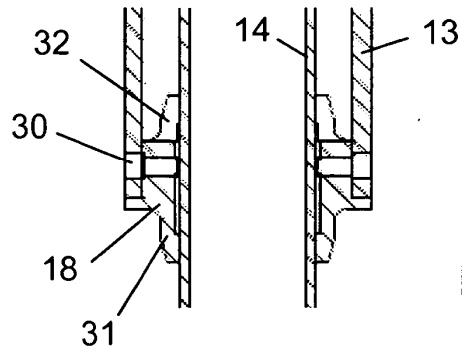


Fig. 4

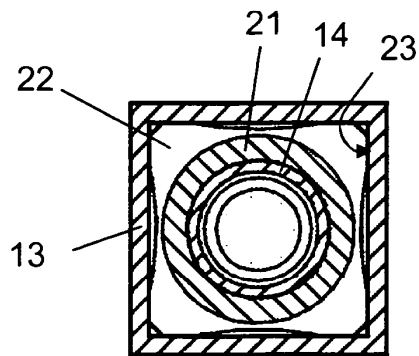


Fig. 5

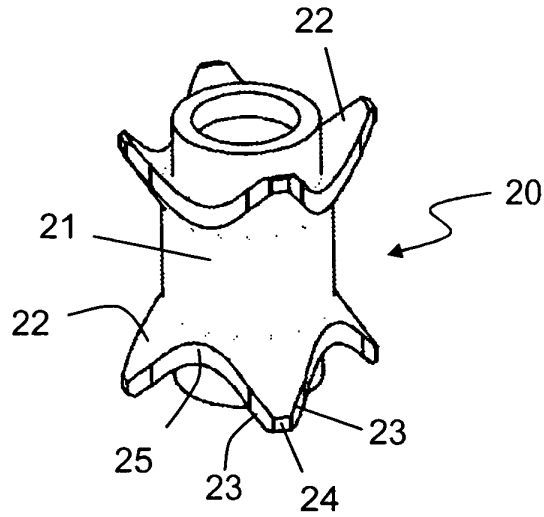


Fig. 6

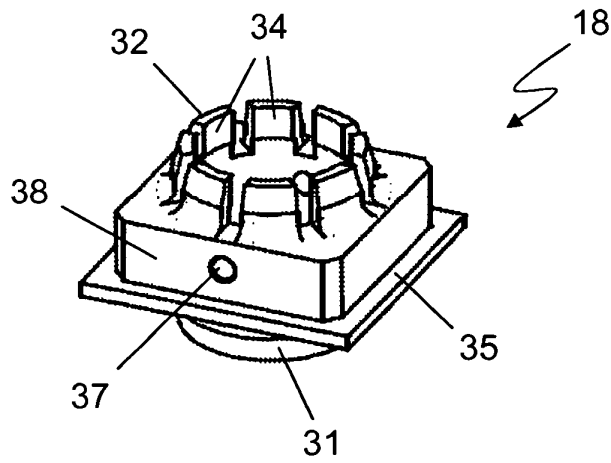


Fig. 7

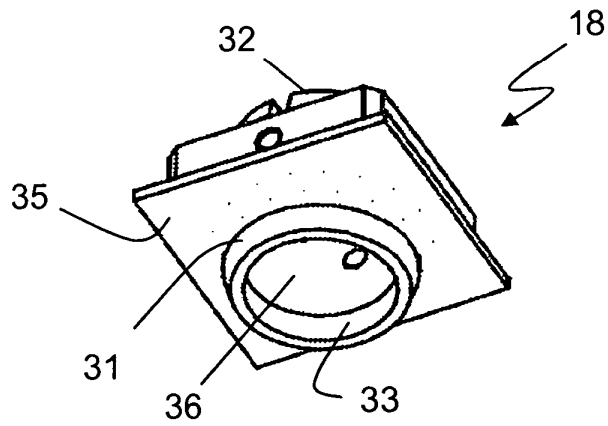


Fig. 8

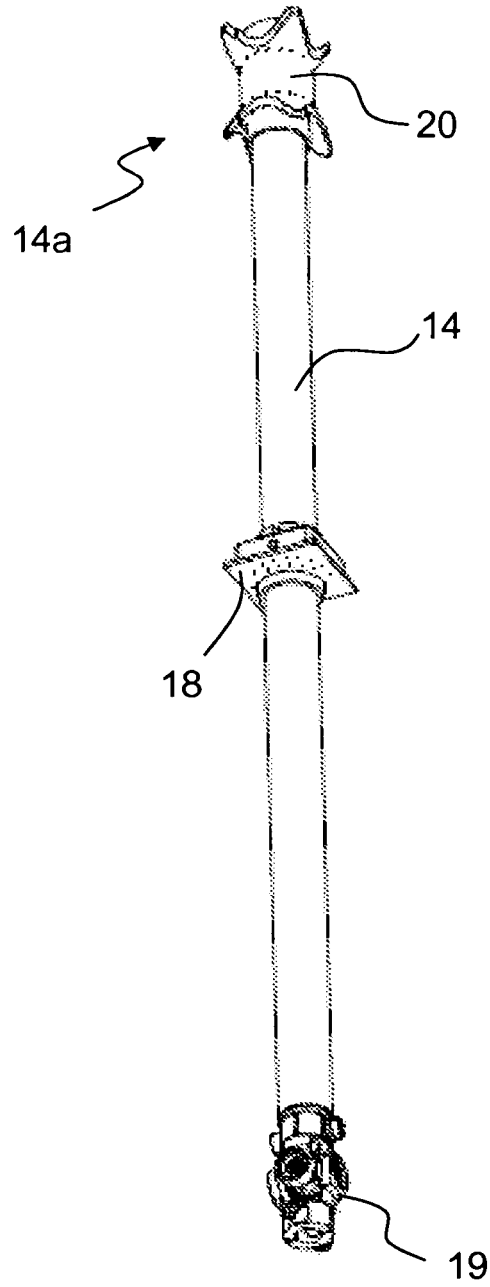


Fig. 9

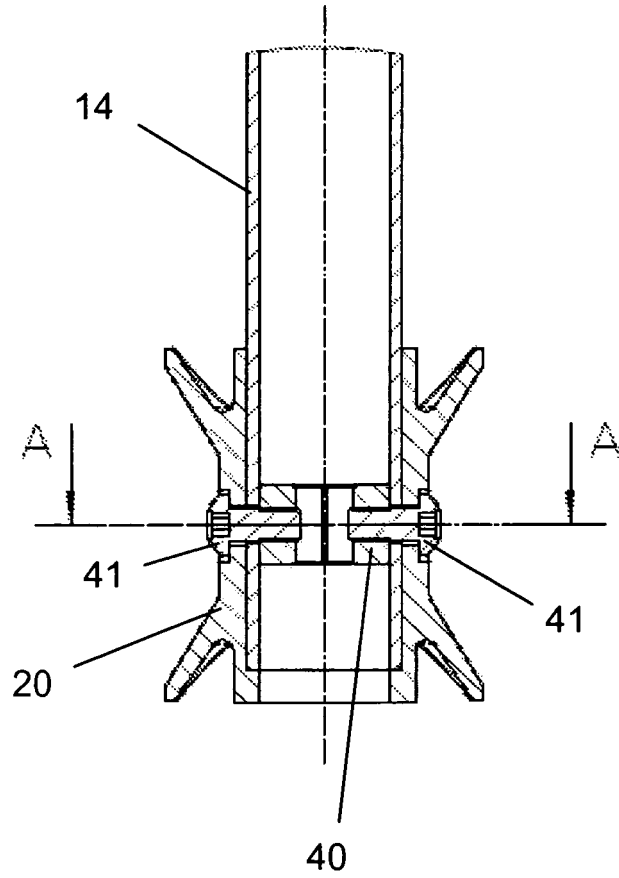


Fig. 10

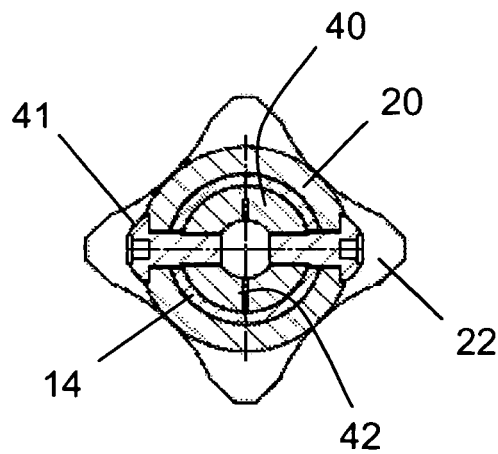


Fig. 11

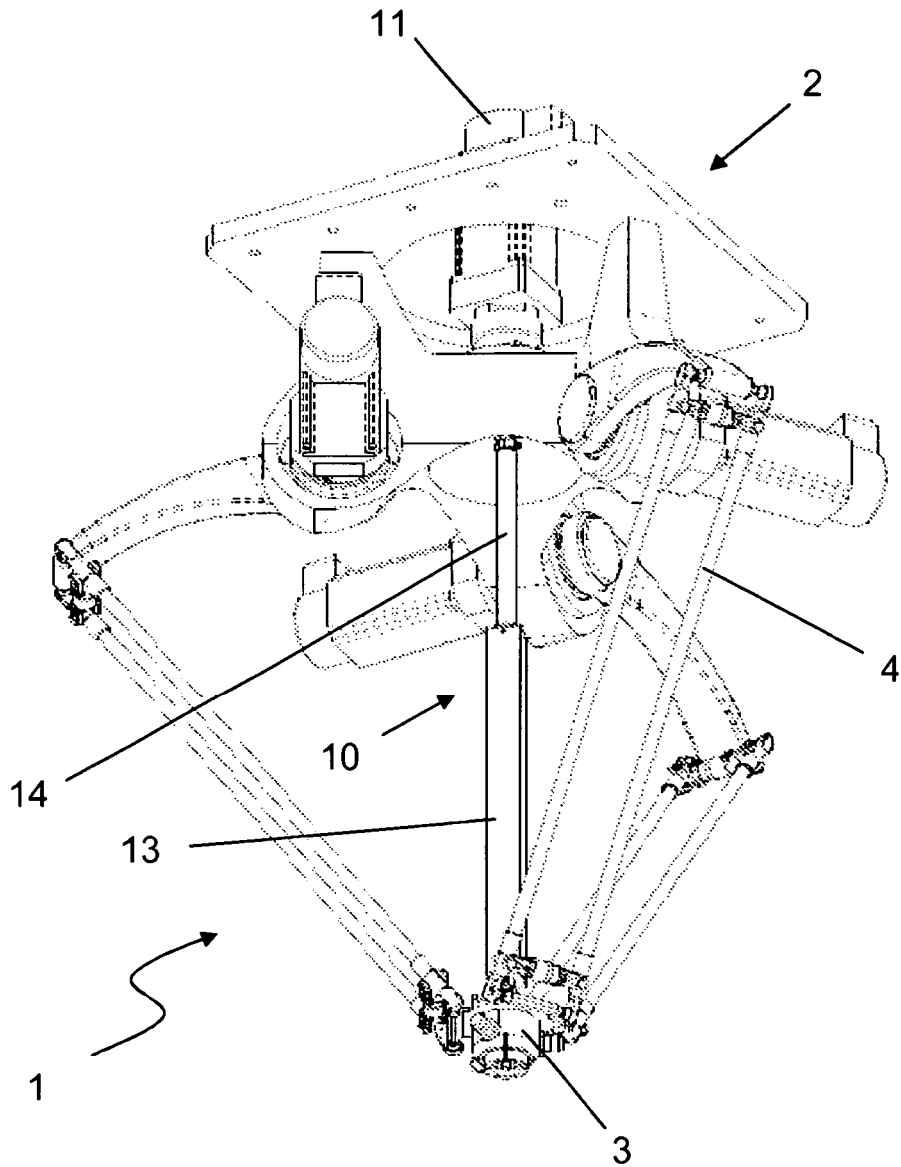


Fig. 12