

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **3 013 618**

51 Int. Cl.:

B25J 9/00

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **07.12.2020 PCT/EP2020/084887**

87 Fecha y número de publicación internacional: **24.06.2021 WO21122105**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **07.12.2020 E 20817014 (2)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **12.02.2025 EP 4076861**

54 Título: **Un brazo robótico ágil para posicionar una herramienta con orientación controlada**

30 Prioridad:

19.12.2019 EP 19217794

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

14.04.2025

73 Titular/es:

**COGNIBOTICS AB (100.00%)
Ideon Science Park Scheelevägen 15
223 70 Lund, SE**

72 Inventor/es:

**BROGÅRDH, TORGN Y
NILSSON, KLAS**

74 Agente/Representante:

VALLEJO LÓPEZ, Juan Pedro

ES 3 013 618 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

Un brazo robótico ágil para posicionar una herramienta con orientación controlada

5 **Campo técnico**

La presente divulgación pertenece al campo técnico de los robots industriales y, en concreto, a estructuras robóticas de peso ligero para procesos muy rápidos, para movimientos extremadamente rápidos de objetos y para instalaciones de robots de alta seguridad.

10

Antecedentes

Las instalaciones de alta seguridad son necesarias, por ejemplo, para la colaboración directa entre humanos y robots y cuando resulta una ventaja trabajar con instalaciones de robots sin vallas. Observando el estado de la técnica, hay robots cinemáticos paralelos (como el robot Delta descrito en el documento WO1987003528A1), que tienen todos los actuadores montados en un soporte fijo y donde, por lo tanto, es posible obtener una estructura de peso ligero. Sin embargo, estos robots cinemáticos paralelos tienen la desventaja de que el sistema de brazos ocupa un espacio muy grande y que, por lo tanto, el espacio de trabajo es muy pequeño en relación con el espacio necesario para el sistema de brazos.

15

20

Como consecuencia, estos robots solo se pueden utilizar para aplicaciones donde haya un gran espacio disponible para el sistema de brazos y donde sea suficiente con disponer de un espacio de trabajo muy restringido, especialmente en dirección vertical. Por tanto, el robot Delta se utiliza principalmente para operaciones de recogida y colocación sobre una superficie plana, tal como una cinta transportadora con mucho espacio para la estructura del brazo robótico.

25

En la publicación WO2014187486, las delgadas estructuras paralelas propuestas ofrecerán un espacio de trabajo mayor en relación con el espacio necesario para el sistema de brazos, en comparación, por ejemplo, con el robot Delta. En la estructura de robot de la publicación WO2014187486, un primer actuador acciona un primer brazo alrededor de un primer eje, una primera cadena cinemática está configurada para transmitir la rotación del primer brazo al movimiento de un efector final y la primera cadena cinemática tiene una primera varilla y una primera junta entre el primer brazo y la primera varilla. La primera junta tiene al menos dos grados de libertad (DOF) y una segunda junta está montada entre la primera varilla y el efector final. Para operar sin perder restricciones en los seis DOF del efector final, el diseño de acuerdo con el documento WO2014187486 se basa en la rigidez torsional de la primera varilla. Sin embargo, esto significa que tanto la primera junta como la segunda junta de la primera varilla deben tener dos DOF y no más, lo que a su vez significa que no será posible obtener un ángulo de inclinación constante del efector final más que en el medio del espacio de trabajo. Por lo tanto, el concepto de robot delgado de acuerdo con el documento WO2014187486 requiere una muñeca de dos DOF, incluso en operaciones simples de recogida y colocación sobre una superficie horizontal. Sin embargo, dicha muñeca añadirá un peso sustancial y el robot no presentará un sistema de brazos tan ligero como, por ejemplo, un robot Delta. Es más, se necesitará cableado para transmitir potencia y controlar los actuadores de la muñeca.

30

35

40

En la publicación WO2015188843, se describe un robot cinemático paralelo que comprende una base y un efector final que es móvil en relación con la base. Un primer actuador está unido a la base y conectado al efector final a través de una primera cadena cinemática que comprende un primer brazo, una primera varilla, una primera junta entre el primer brazo y la primera varilla, y una segunda junta entre la primera varilla y el efector final. Un segundo actuador está unido a la base y conectado al efector final a través de una segunda cadena cinemática que comprende un segundo brazo, una segunda varilla, una tercera junta, entre el segundo brazo y la segunda varilla, y una cuarta junta entre la segunda varilla y el efector final. Un tercer actuador está unido a la base o al primer brazo, y conectado al efector final a través de una tercera cadena cinemática que comprende una primera rueda dentada y una segunda rueda dentada, estando la primera y la segunda ruedas dentadas articuladas en cojinetes al efector final y engranándose entre sí. Al menos un elemento de la tercera cadena cinemática constituye un par cinemático con al menos un elemento de la primera cadena cinemática. Una cadena cinemática responsable de un movimiento de traslación del efector final se utiliza de este modo como una estructura de soporte para una cadena cinemática responsable de un movimiento de rotación del efector final.

45

50

55

A diferencia de las estructuras delgadas del documento WO2014187486, el documento WO2015188843 describe una estructura de robot que necesita un espacio muy grande para su sistema de brazos. Este comprende tres cadenas cinemáticas separadas que conectan directamente tres actuadores con la plataforma del efector final que se va a mover y, por lo tanto, se necesita un espacio significativo para tres brazos que oscilan en tres direcciones diferentes.

60

El documento WO2015188843 incluye una disposición para rotar una herramienta montada sobre la plataforma del efector final. La disposición de la Figura 1 del documento WO2015188843 consiste en eslabones y engranajes que funcionan en serie. Estos eslabones están montados en dos de las tres cadenas cinemáticas separadas que conectan los actuadores con la plataforma del efector final y restringen la capacidad de posicionamiento ya limitada. Estas restricciones dependen del hecho de que los eslabones están montados en dos cadenas cinemáticas separadas, en cómo se realizan las conexiones de los eslabones de trabajo en serie, y en el hecho de que el intervalo de trabajo de

65

los eslabones se reduce significativamente cuando los brazos rotan lejos de sus posiciones cero. En la Figura 1 del documento WO2015188843, una rotación de la herramienta alrededor de un primer eje rotará simultáneamente la herramienta alrededor del segundo eje y, para compensar esto, el intervalo de rotación del segundo eje se perderá. Es más, la capacidad de rotación se reducirá en gran medida y logrará un gran desplazamiento cuanto más se aleje la plataforma del efector final del centro del espacio de trabajo. Sin embargo, la disposición de la Figura 2 del documento WO2015188843 proporcionará grandes rangos de rotación, pero reducirá el espacio de trabajo limitado incluso más que el concepto descrito en la Figura 1 del documento WO2015188843. Una razón para esto es la necesidad de juntas cardán en los eslabones entre los brazos y la plataforma del efector final. Es más, en la cadena cinemática utilizada, se necesitan varias etapas de engranaje conectadas en serie para rotar la herramienta. Esto aumentará el peso del brazo y la plataforma del efector final, incrementará la holgura y la fricción y los requisitos de mantenimiento serán mayores.

El documento WO2019138025 describe un PKM que reduce o resuelve al menos algunos de los problemas descritos anteriormente. Sin embargo, este PKM usar al menos dos paralelogramos dispuestos en el sistema de brazo exterior, que en algunas circunstancias da problemas de accesibilidad cuando se usa, por ejemplo, para empaquetado en cajas. Los dos paralelogramos del documento WO2019138025 son necesarios para obtener movimientos paralelos de la herramienta en una dirección. Para obtener movimientos paralelos de la herramienta en una segunda dirección, una tercera disposición de paralelogramos se utiliza en el sistema de brazo exterior del documento WO2019138025.

El documento US20060245894 divulga un brazo robótico para posicionar una herramienta con orientación controlada que comprende un varillaje de brazo interior que incluye un primer eslabón interior, un segundo eslabón interior y una pieza de conexión configurada como un paralelogramo cinemático.

El documento US6336374 divulga otro brazo robótico para posicionar una herramienta, que incluye un varillaje de brazo interior y un varillaje de brazo exterior, ambos configurados como paralelogramos cinemáticos.

Sumario

Un objetivo de la divulgación es proporcionar un brazo robótico que elimine las desventajas con la técnica anterior. Otro objetivo consiste en proporcionar un brazo robótico que ahorre espacio y que al mismo tiempo sea capaz de proporcionar tres grados de libertad para posicionar una herramienta con orientación controlada. Otro objetivo consiste en proporcionar un brazo robótico que sea ligero en comparación con otros robots.

En consecuencia, la presente invención proporciona un brazo robótico como se define en la reivindicación 1. Las realizaciones preferidas se definen en las reivindicaciones dependientes.

Breve descripción de los dibujos

La Figura 1 ilustra un brazo robótico de acuerdo con una primera realización de la divulgación.
 La Figura 2 ilustra un brazo robótico de acuerdo con una segunda realización de la divulgación.
 La Figura 3 ilustra un brazo robótico de acuerdo con una tercera realización de la divulgación.
 La Figura 4 ilustra un brazo robótico de acuerdo con una cuarta realización de la divulgación.
 La Figura 5A ilustra un brazo robótico de acuerdo con una quinta realización de la divulgación.
 La Figura 5B ilustra un brazo robótico alternativo al brazo robótico ilustrado en la Figura 5A.
 La Figura 6 ilustra de forma aislada un mecanismo de transmisión por correa de acuerdo con algunas realizaciones.
 La Figura 7 ilustra un brazo robótico de acuerdo con una sexta realización de la divulgación.
 La Figura 8 ilustra un brazo robótico de acuerdo con una séptima realización de la divulgación.
 La Figura 9A ilustra un brazo robótico de acuerdo con una octava realización de la divulgación.
 La Figura 9B ilustra un montaje alternativo de una herramienta.
 La Figura 10 ilustra un brazo robótico de acuerdo con una novena realización de la divulgación.
 La Figura 11 ilustra aisladamente otro mecanismo de transmisión por correa de acuerdo con algunas realizaciones.
 La Figura 12 ilustra de forma aislada un mecanismo de transmisión por correa adicional de acuerdo con algunas realizaciones.
 La Figura 13 ilustra una junta cardán doble de acuerdo con algunas realizaciones de la divulgación.
 La Figura 14 ilustra un brazo robótico de acuerdo con una décima realización de la divulgación.
 La Figura 15 ilustra un brazo robótico de acuerdo con una undécima realización de la divulgación.
 La Figura 16 ilustra una configuración alternativa del orden de actuación de los ejes de junta para una de las juntas actuadas del brazo robótico.
 La Figura 17A ilustra otra alternativa en la que se ha sustituido una transmisión por correa por una transmisión por árbol.
 La Figura 17B ilustra aún otra alternativa en la que se ha sustituido una transmisión por correa por una transmisión por árbol.
 La Figura 17C ilustra una alternativa adicional de la Figura 17A.
 La Figura 18 ilustra un diseño alternativo a la realización de la Figura 16.
 La Figura 19 ilustra un diseño alternativo a la realización de la Figura 18 con respecto al accionamiento de un segundo eslabón interior alrededor de un tercer eje de rotación.

La Figura 20 ilustra un brazo robótico de acuerdo con una duodécima realización de la divulgación.

La Figura 21 ilustra un brazo robótico de acuerdo con una realización trece de la divulgación.

La Figura 22 ilustra un diseño alternativo a la realización de la Figura 19.

La Figura 23A ilustra un brazo robótico de acuerdo con una decimocuarta realización de la divulgación.

5 La Figura 23B ilustra la cinemática de un mecanismo basculante para la rotación de la herramienta de la Figura 23A.

La Figura 24 ilustra parte de un brazo robótico de acuerdo con una decimoquinta realización de la divulgación, que incluye un mecanismo basculante similar al de la Figura 23B.

La Figura 25A ilustra un brazo robótico de acuerdo con una decimosexta realización de la divulgación.

10 La Figura 25B ilustra esquemáticamente un engranaje compacto de acuerdo con algunas realizaciones de la divulgación.

La Figura 25C ilustra un mecanismo basculante de acuerdo con algunas realizaciones de la divulgación.

La Figura 26 ilustra un brazo robótico de acuerdo con una decimoséptima realización de la divulgación.

La Figura 27 ilustra un brazo robótico de acuerdo con una decimoctava realización de la divulgación.

15 La Figura 28 ilustra un brazo robótico de acuerdo con una decimonovena realización de la divulgación.

La Figura 29 ilustra una parte de un brazo robótico de acuerdo con una vigésima realización de la divulgación.

La Figura 30 ilustra una parte de un brazo robótico de acuerdo con una vigesimoprimera realización de la divulgación.

La Figura 31 ilustra un brazo robótico de acuerdo con una vigesimosegunda realización de la divulgación.

20 La Figura 32 ilustra un brazo robótico de acuerdo con una vigesimotercera realización de la divulgación.

Descripción detallada

25 En la siguiente divulgación, se describirá un brazo robótico que permite tres grados de libertad (DOF) y la rotación controlada de una herramienta, de forma ligera y compacta. El brazo robótico comprende tres cadenas cinemáticas que establecen tres ejes, que cada uno es eficaz para posicionar la herramienta, y uno o más mecanismos de transmisión que son eficaces para controlar la orientación de la herramienta. El brazo robótico comprende un varillaje de brazo interior que cambia su configuración cuando es accionado para dar uno de los tres DOF. Esta varillaje de brazo interior también forma parte de otra de las cadenas cinemáticas de posicionamiento de la herramienta. Es decir, un eje del brazo robótico se consigue reconfigurando otro eje del brazo robótico, lo que se explicarán con más detalle a continuación. El varillaje de brazo interior reconfigurable confiere al brazo robótico una forma compacta al tiempo que permite un amplio espacio de trabajo. También, la disposición permite que los actuadores estén dispuestos en una base, y no distribuidos en el brazo robótico.

35 Un actuador como se ha descrito en el presente documento es, por ejemplo, un motor configurado para hacer rotar un árbol de salida en un eje de rotación. Un actuador puede comprender uno o más engranajes y un motor eléctrico. A continuación, el motor suele montarse junto al engranaje, accionando el uno o más engranajes con una rueda dentada o una transmisión por banda y, por lo tanto, sólo es necesario que el árbol de salida del engranaje defina el ángulo de rotación del actuador.

40 Una herramienta es, por ejemplo, una pinza (por ejemplo, una garra mecánica, una ventosa controlada, una unidad electromagnética) o tal como una pistola de pegamento, una pistola láser, una herramienta de desbarbado, una boquilla de corte por chorro de agua. La herramienta también puede denominarse efector final.

45 Un varillaje de brazo interior comprende una pluralidad de eslabones conectados con juntas de tal manera que la configuración del varillaje de brazo interior puede reconfigurarse sin perder estabilidad. Las juntas en los extremos interiores de los eslabones interiores pueden tener dos DOF. Las juntas en los extremos exteriores de los eslabones interiores pueden tener uno o dos DOF.

50 Un brazo exterior comprende un brazo exterior que está conectado al brazo interior. El varillaje de brazo exterior sigue el movimiento del varillaje de brazo interior.

55 Un mecanismo de transmisión se define en el presente documento como un sistema mecánico capaz de transferir un movimiento desde un actuador, o una orientación fija de una base, a una herramienta. Un mecanismo de transmisión puede comprender uno o más de una transmisión por eslabones, una transmisión por retrocarga, una transmisión por ruedas dentadas, una transmisión por correa y una transmisión por árbol rotativo.

60 Una transmisión por eslabones comprende uno o más eslabones conectados con juntas. La transmisión por eslabones puede denominarse cadena cinemática.

La transmisión por retrocarga comprende una pluralidad de eslabones conectados mediante juntas. La pluralidad de eslabones está conectada de tal manera que aumentan el movimiento de rotación de un actuador conectado a la misma a un aumento correspondiente de la rotación de un eje de rotación de la herramienta. La transmisión por retrocarga puede denominarse mecanismo de retrocarga.

65 Una transmisión por ruedas dentadas comprende dos o más ruedas dentadas de diferentes tamaños dispuestas para

transmitir un movimiento de rotación de un actuador a una rotación correspondiente de un eje de rotación de la herramienta.

5 Una transmisión por correa comprende una o más correas, donde cada correa está dispuesta alrededor de ruedas montadas sobre ejes rotativos para transmitir un movimiento de rotación de un actuador a una rotación correspondiente de un eje de rotación de la herramienta. Cada correa está hecha de un material flexible o de una cadena. Una transmisión por correa puede denominarse mecanismo de transmisión por correa.

10 Una transmisión por árbol rotativo es un árbol, que transfiere una rotación en uno de sus extremos a su otro extremo. El árbol está montado a través de al menos un cojinete con su eje de rotación alineado con el eje central del árbol.

15 Un eslabón se define en el presente documento como una parte mecánica de un varillaje, que conecta partes adyacentes mediante juntas. Un eslabón, como tal, puede ser elástico, o puede diseñarse para tener una rigidez variable, o puede diseñarse para tener modos elásticos y rígidos en función del modo de funcionamiento seleccionado, o puede considerarse un cuerpo rígido como en un diseño de mecanismo basado en el análisis de cadenas cinemáticas. Por brevedad de la siguiente descripción, se supone que un eslabón es un cuerpo rígido.

20 En el presente documento se define una junta como aquella diseñada para conectar un eslabón con otro eslabón o estructura, tal manera que se permita el movimiento en al menos un grado de libertad.

Un paralelogramo cinemático se define en el presente documento por cuatro líneas entre cuatro puntos de un plano, donde las líneas forman una estructura cerrada y donde la longitud de las líneas opuestas es la misma. En la aplicación del paralelogramo en esta invención, los puntos se definen cruzando ejes de rotación, formados por cojinetes.

25 Un brazo robótico ágil es un brazo robótico capaz de moverse con rapidez y ligereza. Tiene una estructura cinemática dispuesta para facilitar una inercia mínima mediante el uso de materiales de peso ligero para los varillajes que pueden ser accionados por actuadores (motores) situados cerca de una base robótica.

30 Un manipulador cinemático paralelo (PKM) se define como una estructura mecánica para la manipulación de objetos mediante varillajes cinemáticos paralelos que forman bucles cinemáticos. En esta divulgación, el brazo robótico e incluye entre dos y cinco bucles cinemáticos. Sin embargo, desde una estricta terminología académica, no se trata de un Manipulador Cinemático Paralelo (PKM), sino de un Manipulador Cinemático Híbrido, definido también como Manipulador Paralelo-Serie. La definición académica de un manipulador cinemático paralelo exige que las conexiones cinemáticas paralelas que forman los bucles cinemáticos conecten los actuadores directamente con la plataforma manipulada.

Se usan las mismas referencias para las mismas características en todas las figuras y no se repetirán donde ya se hayan mencionado.

40 Se entenderá asimismo que aunque los términos primer/a, segundo/a, etc., pueden usarse en el presente documento para describir diversos elementos, estos elementos no deben estar limitados por estos términos. Estos términos solo se utilizan para distinguir un elemento de otro. Por ejemplo, un primer elemento puede denominarse como un segundo elemento, y, de forma similar, un segundo elemento puede denominarse un primer elemento, sin alejarse del alcance de la presente divulgación.

45 Para mayor claridad en la siguiente descripción, nos referimos a una disposición con posicionamiento de herramienta en la dirección X_w , Y_w y Z_w con respecto a una base o armazón del robot, y para la(s) orientación(es) de la herramienta en uno (1) o varios DOF. La orientación de la herramienta incluye la rotación de la herramienta, por ejemplo, rotación alrededor de un árbol de conexión de la herramienta, o inclinación de la herramienta alrededor de un eje no paralelo (por ejemplo, perpendicular) al árbol de conexión de la herramienta, o ambas para cinco DOF. Como será evidente a partir de la siguiente descripción, las diferentes transmisiones para la orientación de la herramienta se pueden combinar de modo que todos los actuadores aún se puedan fijar al soporte del robot. Por tanto, son posibles más de 5 DOF, pero por simplicidad no se explica en detalle.

50 La Figura 1 ilustra un brazo robótico 500 de acuerdo con una primera realización. Este brazo robótico 500 está diseñado para mover una herramienta 44 paralelamente al plano X_wY_w del sistema de coordenadas mundial 55 y siempre con ángulo de rotación constante perpendicular al plano X_wY_w . Se trata de una característica importante en la manipulación de materiales y en las operaciones de recoger y colocar.

60 El brazo robótico 500 comprende un varillaje de brazo interior 15, 18, 29, un varillaje de brazo exterior, un primer actuador 1, un segundo actuador 2 y un tercer actuador 3. Por tanto, el brazo robótico 500 está configurado para ser accionado por el primer, segundo y tercer actuadores 1, 2, 3. El primer actuador 1 está montado en la base fija 13, que es un armazón fijo del brazo robótico 500. El primer actuador 1 tiene un árbol de salida 4 dispuesto para rotar alrededor de un primer eje de rotación 180. Como el primer actuador 1 está fijado a la base, esto quiere decir que también el primer eje de rotación 180 se fija en relación con la base 13.

El varillaje de brazo interior incluye un primer eslabón interior 15, un segundo eslabón interior 18 y un primer árbol de conexión 29. El primer eslabón interior 15 comprende un extremo interior y un extremo exterior. El primer eslabón interior 15 está conectado en su extremo interior a un árbol de salida 6 de un tercer actuador 3, que se monta en el árbol de salida 4 del primer actuador 1 mediante un soporte 87. Por tanto, el árbol de salida 4 está conectado al primer eslabón interior 15. El primer eslabón interior 15 está dispuesto para rotar alrededor de un cuarto eje de rotación 185 del tercer actuador 3. El cuarto eje de rotación 185 es perpendicular al primer eje de rotación 180. En el extremo exterior, el primer eslabón interior 15 está conectado al primer árbol de conexión 29 a través de una junta 28 con al menos un DOF. El segundo eslabón interior 18 comprende un extremo interior y un extremo exterior. El segundo eslabón interior 18 está conectado en su extremo interior a una junta 14. En este caso, la junta 14 está unida a una base 13 mediante la pieza mecánica de fijación 24a, 24b. La pieza mecánica de fijación 24a, 24b comprende una primera conexión 24a y un árbol 24b. El segundo eslabón interior 18 está montado en el árbol 24b mediante la junta 14. La junta 14 comprende un soporte y tres cojinetes. Dos de los cojinetes tienen un tercer eje de rotación común 182 y están montados sobre el tercer cojinete, cuyo eje de rotación coincide con el eje de rotación 180. Por tanto, el centro del árbol 24b, en el que está montado el tercer cojinete de la junta 14, coincidirá también con el eje de rotación 180. El árbol 24b se monta en la base 13 a través de la primera conexión 24a.

El primer eslabón interior 15 está dispuesto para rotar alrededor del cuarto eje de rotación 185 de la junta 14 que es perpendicular al primer eje de rotación 180. En el extremo exterior, el segundo eslabón interior 18 está conectado al primer árbol de conexión 29 a través de una junta 27 con al menos un DOF. Por tanto, el primer árbol de conexión 29 se monta en el primer eslabón interior y en el segundo eslabón interior por medio de las juntas 27, 28.

El varillaje de brazo interior está conectado al varillaje de brazo exterior a través del primer árbol de conexión 29. El primer árbol de conexión 29 está tal como se ha explicado montado entre el primer eslabón interior 15 y el segundo eslabón interior 18 por medio de las dos juntas 28 y 27. Cada una de estas juntas 28, 27 tiene un soporte con dos cojinetes, por tanto, un par de cojinetes, que están montados en el primer eslabón interior 15 y en el segundo eslabón interior 18, respectivamente. Los pares de cojinetes de estas juntas tienen ejes comunes 188 y 187, respectivamente, perpendiculares a la extensión principal de los eslabones interiores 18, 15. Un segundo eje de rotación 181 está definido por el centro del primer árbol de conexión 29 y debe cruzar los ejes de rotación 188 y 187. El segundo eje de rotación 181 es paralelo al primer eje de rotación 180. El eje 188 se denomina quinto eje de rotación y el eje 187 se denomina sexto eje de rotación.

El varillaje de brazo exterior comprende un primer eslabón exterior 23. El primer eslabón exterior 23 está conectado en un extremo al primer árbol de conexión 29 a través de un primer cojinete de conexión 31, y por el otro extremo está conectado a una herramienta 44 a través de una palanca de conexión de herramienta 41 y una barra de montaje de herramienta 43. La barra de montaje de herramienta 43 también puede denominarse eje de orientación de la herramienta 44. El varillaje de brazo exterior está dispuesto de forma pivotante para rotar alrededor del segundo eje de rotación 181 que está alineado con el primer árbol de conexión 29.

El varillaje de brazo interior y el varillaje de brazo exterior conectados con el primer árbol de conexión 29 forman una primera cadena cinemática del primer actuador 1 a la herramienta 44, lo que proporciona un primer grado de libertad para posicionar la herramienta 44.

Cuando el primer actuador 1 hace rotar el árbol de salida 4, el primer eslabón interior 15 rotará correspondientemente hacia arriba y hacia abajo alrededor del eje central del árbol de salida 4, por tanto, el primer eje de rotación 180. Este movimiento provoca un desplazamiento en la dirección Z_w . Una rotación del primer eslabón interior 15 provocará una rotación correspondiente del segundo eslabón interior 18, ya que están conectados a través del primer árbol de conexión 29. Por tanto, el primer actuador 1 está configurado para hacer rotar el varillaje de brazo interior alrededor del primer eje de rotación 180. Por tanto, el primer eslabón interior 15 y el segundo eslabón interior 18 están configurados para rotar alrededor de un eje de rotación 180 que está fijo en relación con la base 13.

El segundo actuador 2 del brazo robótico 500 está configurado para hacer rotar el varillaje de brazo exterior alrededor del segundo eje de rotación 181, formando de este modo una segunda cadena cinemática del segundo actuador 2 a la herramienta 44. Esto proporciona un segundo grado de libertad para posicionar la herramienta 44. La segunda cadena cinemática comprende un mecanismo de palanca y un eslabón 20. El eslabón 20 está conectado entre el mecanismo de palanca y el varillaje de brazo exterior. El eslabón 20 conecta el mecanismo de palanca con el varillaje de brazo exterior. El segundo actuador 2 está configurado para rotar el brazo exterior accionando el mecanismo de palanca. Para más detalles, el segundo actuador 2 comprende un árbol de salida 5. El segundo actuador 2 está fijado a la base 13. El árbol de salida 5 está conectado a una palanca interior 19, que, a su vez, está conectada a un extremo del eslabón 20 mediante una junta 21. El eslabón 20 está conectado en su otro extremo al primer eslabón exterior 23 del varillaje de brazo exterior. Cuando el segundo actuador 2 hace rotar el árbol de salida 5, el varillaje de brazo exterior rotará alrededor del segundo eje de rotación 181 del primer cojinete de conexión 31, que se monta en el extremo superior del primer eslabón exterior 23. Por tanto, el mecanismo de palanca comprende al menos la palanca interior 19. En la Figura 1, el centro del árbol 5 está montado de forma que coincida con el eje de rotación 180, lo cual es una ventaja, pero no es necesario.

El tercer actuador 3 está configurado para rotar su árbol de salida 6 alrededor del cuarto eje de rotación 185, aquí un

eje vertical. El cuarto eje de rotación 185 cruza aquí el primer eje de rotación 180 y estos ejes de rotación 180, 185 son perpendiculares entre sí. El árbol de salida 6 está montado en el primer eslabón interior 15, y cuando el árbol de salida 6 rota alrededor del cuarto eje de rotación 185, el primer eslabón interior 15 rotará también alrededor del cuarto eje de rotación 185. Como el primer eslabón interior 15 y el segundo eslabón interior 18 están conectados, la rotación del primer eslabón interior 15 provocará también una rotación del segundo eslabón interior alrededor del tercer eje de rotación 182. La rotación provocada de este modo del primer eslabón interior 15 alrededor del cuarto eje de rotación 185 y la rotación del segundo eslabón interior 18 alrededor del tercer eje de rotación 182 da como resultado una reconfiguración geométrica del varillaje del brazo interior. También se produce un movimiento en la dirección Yw. Por tanto, el primer brazo interior 15 y el segundo brazo interior 18 se accionan para rotar simultáneamente alrededor de un eje geométrico de rotación común, por tanto, el primer eje de rotación 180. Los brazos interiores 15, 18 pueden accionarse simultáneamente para rotar alrededor de un eje geométrico de rotación respectivo 182, 185 en los extremos interiores de los brazos interiores 15, 18. Estos ejes geométricos de rotación respectivos 182, 185 son paralelos entre sí, y perpendiculares al primer eje de rotación 180. Por tanto, el primer eslabón interior 15 está en un extremo interior dispuesto para rotar alrededor de un cuarto eje de rotación 185. El segundo eslabón interior 18 está en un extremo interior dispuesto para rotar alrededor de un tercer eje de rotación 182. Las rotaciones dan lugar a una reconfiguración geométrica del varillaje de brazo interior. El primer eslabón interior 15 y el segundo eslabón interior 18 son en esta realización partes de un primer paralelogramo cinemático 183. Este primer paralelogramo cinemático 183 está definido por los puntos de cruce de los ejes de rotación de las fijaciones de los extremos exterior e interior de los eslabones interiores 15, 18. El varillaje exterior 23, como se monta, rota alrededor de un eje paralelo o alineado con el eje de rotación definido como la línea entre los puntos de cruce de los ejes de rotación en los extremos exteriores de los dos eslabones interiores 15, 18, a continuación, la herramienta 44 se desplazará siempre sin rotación alrededor de su eje vertical y sin inclinación alrededor de un eje paralelo al eje horizontal perpendicular al eje de rotación del varillaje exterior 23. En esta realización, el primer eslabón interior 15 y el segundo eslabón interior 18 son paralelos. Durante la reconfiguración geométrica, permanecen paralelos. Por tanto, los movimientos paralelos en la dirección Yw se obtienen mediante un primer paralelogramo 183 que está conectado al menos al primer actuador 1 y al tercer actuador 3. Además, un primer plano formado por el primer paralelogramo 183 se acciona para rotar alrededor del eje de un primer actuador 1, por tanto, el primer eje de rotación 180. En otras palabras, el paralelogramo cinemático 183 está configurado para rotar alrededor del primer eje de rotación 180. Asimismo, el tercer actuador 3 está dispuesto para hacer oscilar el primer eslabón interior 15 y el segundo eslabón interior 18 en el primer plano del primer paralelogramo 183, cambiando de este modo la forma del paralelogramo. Cuando el varillaje de brazo interior se mueve en la dirección Yw, el varillaje de brazo exterior y el primer árbol de conexión 29 se moverán en consecuencia, ya que el varillaje de brazo interior está conectado al varillaje de brazo exterior a través del primer árbol de conexión 29. Por tanto, el tercer actuador 3 está configurado para mover el varillaje de brazo exterior accionando el varillaje de brazo interior geoméricamente reconfigurable, dando lugar a un movimiento del segundo eje de rotación 181 en torno al cual el varillaje de brazo exterior se dispone para rotar, formando de este modo una tercera cadena cinemática del tercer actuador 3 a la herramienta. La tercera cadena cinemática proporciona un tercer grado de libertad para posicionar la herramienta 44.

El brazo robótico 500 comprende también un mecanismo de transmisión que junto con el varillaje de brazo interior y el varillaje de brazo exterior está dispuesto para lograr una orientación controlada de la herramienta 44. Debe entenderse que el brazo robótico 500 puede comprender más mecanismos de transmisión que el ilustrado. El mecanismo de transmisión ilustrado comprende una cadena cinemática o eslabón conectado entre la base 13 y la herramienta 44. Para más detalles, una tercera conexión 25a se conecta a la primera conexión 24a. Una cuarta conexión 25b se conecta a la tercera conexión 25a. En la cuarta conexión 25b se monta una junta 32. Como alternativa, la tercera conexión 25a se monta directamente en la base 13. La junta 32 está montada en un extremo en un eslabón interior 33. En el otro extremo, el eslabón interior 33 está montado en una junta 34. La junta 34 está conectada a una primera palanca 35 que comprende un primer eslabón de palanca 35a y un segundo eslabón de palanca 35b. El primer eslabón de palanca 35a y el segundo eslabón de palanca 35b están montados a 90 grados respecto a cada uno. Un segundo cojinete de conexión 36 está montado en el primer árbol de conexión 29. El primer eslabón de palanca 35a y una segunda palanca 37 están montados a 90 grados uno respecto del otro en el segundo cojinete de conexión 36. La segunda palanca 37 está conectada a un eslabón 39 a través de un cojinete 38. El eslabón 39 está conectado a un extremo de una palanca de conexión de herramientas 41 por medio del cojinete 42. La palanca de conexión de la herramienta 41 está en su otro extremo conectada al primer eslabón exterior 23 mediante un cojinete 40. Los ejes de rotación de los cojinetes 31, 36, 38, 40 y 42 son paralelos entre sí y con el segundo eje de rotación 181. Las juntas 32 y 34 se dibujan como juntas de receptáculo, pero, como alternativa podrían usarse extremos de varilla, juntas universales o juntas cardán. La herramienta 44 está montada en una barra de montaje de herramienta vertical 43, que está montada en el eslabón de conexión de herramienta 41.

Para obtener movimientos paralelos también en una segunda dirección, la dirección de coordenada Xw, un segundo paralelogramo cinemático 184, incluido el primer eslabón exterior 23 y el segundo eslabón exterior 39, se usa. Por tanto, la junta exterior 39 y el varillaje de brazo exterior son partes de un segundo paralelogramo cinemático 184. En la Figura 1 el plano del segundo paralelogramo cinemático 184 está siempre a 90 grados con respecto al plano del primer paralelogramo 183. La configuración del segundo paralelogramo 184 está controlada por el segundo actuador 2. Por tanto, el segundo paralelogramo es reconfigurable. El segundo paralelogramo 184 incluye la segunda palanca 37, el primer eslabón exterior 23, el segundo eslabón exterior 39 y el eslabón de conexión de herramienta 41. El ángulo de la segunda palanca 37 se controla mediante la primera palanca 35 y el eslabón interior 33, que está conectado a

la base 13, a través de la junta 32 y las conexiones 25a, 25b y 24a. Para obtener un ángulo de inclinación constante de la herramienta 44, la longitud cinemática del eslabón interior 33 es la misma que la longitud cinemática del primer eslabón interior 18 entre sus ejes de rotación, respectivamente. El segundo paralelogramo cinemático 184 define un segundo plano. El segundo plano es perpendicular al primer plano. Por tanto, el varillaje de brazo exterior está configurado para rotar con un grado de libertad en el segundo plano perpendicular al primer plano del primer paralelogramo cinemático 183.

Con el diseño del brazo robótico 500 de la Figura 1, se obtiene la siguiente funcionalidad:

- 10 - El primer actuador 1 moverá la herramienta 44 hacia arriba y hacia abajo (principalmente en la dirección Zw) con la barra de montaje de herramienta 43 con su eje central 186 siempre perpendicular al plano horizontal XwYw.
- El segundo actuador 2 moverá la herramienta 44 dentro y fuera (principalmente en la dirección Xw) con la barra de montaje de herramienta 43 con su eje central 186 siempre perpendicular al plano horizontal XwYw.
- 15 - El tercer actuador 3 moverá la herramienta 44 lateralmente (principalmente en la dirección Yw) con la barra de montaje de herramienta 43 con su eje central 186 siempre perpendicular al plano horizontal XwYw.
- En todos los movimientos la herramienta 44 nunca rotará alrededor del eje 186.

Los siguientes requisitos cinemáticos son ventajosamente necesarios para obtener la funcionalidad arriba indicada:

- 20 - El segundo eje de rotación 181 es paralelo al primer eje de rotación 180.
- El primer eje de rotación 180 es el centro de rotación tanto del primer eslabón interior 15 como del segundo eslabón interior 18.
- El tercer eje de rotación 182 es paralelo al cuarto eje de rotación 185.
- El quinto eje de rotación 188 es paralelo al sexto eje de rotación 187
- 25 - La distancia entre el punto de cruce entre los ejes 180 y 182 y el punto de cruce entre el primer eje de rotación 180 y el cuarto eje de rotación 185 es igual a la distancia entre el punto de cruce entre el segundo eje de rotación 181 y el quinto eje de rotación 188 y el punto de cruce entre el segundo eje de rotación 181 y el sexto eje de rotación 187.
- La distancia en ángulo recto entre el centro de rotación del primer cojinete de conexión 31 y el centro de rotación del cojinete 40 es igual a la distancia en ángulo recto entre el centro de rotación del cojinete 38 y el centro de rotación del cojinete 42.
- 30 - La distancia en ángulo recto entre el centro de rotación del primer cojinete de conexión 31 y el centro de rotación del cojinete 38 es igual a la distancia en ángulo recto entre el centro de rotación del cojinete 40 y el centro de rotación del cojinete 42.
- 35 - Todos los centros de rotación de los cojinetes 31, 38, 40 y 42 son paralelos
- El eje de rotación del primer cojinete de conexión 31 coincide con el eje de rotación del segundo cojinete de conexión 36, pero podría ser posible montar el segundo cojinete de conexión 36 directamente en cualquiera de los brazos 15 y 18 (véase Figura 3) o en extensiones de dichos brazos.
- 40 - La distancia entre los centros de las juntas 32 y 34 es la misma que la distancia entre el punto de cruce del primer eje de rotación 180 y el tercer eje de rotación 182 y el punto de cruce del segundo eje de rotación 181 y el quinto eje de rotación 188.

En comparación con el documento WO2019138025, el brazo robótico 500 de la presente divulgación no necesita ningún paralelogramo en absoluto en el sistema de brazo exterior para obtener movimientos paralelos de la herramienta 44 en una dirección, y sólo un paralelogramo 184 en el sistema de brazo exterior para obtener movimientos paralelos de la herramienta 44 en otra dirección. Las disposiciones de eslabón del documento WO2019138025 se utilizan en el sistema de brazo exterior para implementar las transmisiones configuradas para rotar e inclinar la herramienta. Estas disposiciones necesitan espacio del mismo modo que el tercer paralelogramo para obtener movimientos paralelos de la herramienta en una segunda dirección.

El concepto de robot de acuerdo con el documento WO2014187486 requiere una muñeca de dos DOF, incluso en operaciones simples de recogida y colocación sobre una superficie horizontal. Sin embargo, dicha muñeca añadirá un peso sustancial y el robot no presentará un sistema de brazos tan ligero como, por ejemplo, un robot Delta. Es más, se necesitará cableado para transmitir potencia y controlar los actuadores de la muñeca. El brazo robótico 500 de la presente divulgación no tiene estas deficiencias.

Una solución de este tipo no es posible en las estructuras del documento WO2014187486, ya que entonces el efector final perdería una restricción y no sería controlable con un grado de libertad adicional entre el primer brazo y la primera varilla. En la Figura 4 del documento WO2014187486 hay una estructura que no es delgada y que requiere un gran espacio para el sistema de brazos, pero que puede tener una junta que puede tener tres DOF entre el primer brazo y la primera varilla. Sin embargo, no es posible obtener una estructura de robot compacta y delgada con la solución propuesta en la Figura 4 del documento WO2014187486 porque los movimientos verticales, en ese caso, solo pueden realizarse mediante una cadena cinemática separada conectada directamente a la plataforma del efector final como en el caso del robot delta y, por lo tanto, requiere mucho espacio para la estructura del brazo. La estructura de robot de acuerdo con el documento WO2014187486 solo puede controlar tres DOF con los actuadores fijados al soporte.

También debe mencionarse que el espacio de trabajo de la estructura de robot del documento WO2015188843 es mucho menor que el de las distintas variantes del brazo robótico aquí descritas.

5 A continuación se describirá una pluralidad de realizaciones diferentes del brazo robótico haciendo referencia a las Figuras 2-22. Todas estas realizaciones comprenden una primera, una segunda y una tercera cadena cinemática, de forma similar a la primera realización. Estas cadenas cinemáticas no se volverán a explicar en detalle, excepto donde difieren de la primera realización, o para facilitar la comprensión. Las realizaciones que se explicarán a continuación comprenden también uno o dos mecanismos de transmisión.

10 La Figura 2 ilustra un brazo robótico 500 de acuerdo con una segunda realización de la divulgación. Esta realización tiene sustancialmente los mismos componentes que la primera realización. Sin embargo, el mecanismo de transmisión comprende aquí los eslabones 33 y 39, que se acciona por medio de un cuarto actuador 46. En la primera realización, el mecanismo de transmisión está fijado a una base. En mayor detalle, el brazo robótico 500 de acuerdo con esta
 15 segunda realización comprende la opción de controlar el ángulo de inclinación de la herramienta 44 alrededor de un eje de rotación paralelo al eje Yw del sistema de coordenadas mundial 55. Este eje de rotación puede considerarse como un primer eje de rotación de la herramienta 44. Por tanto, la junta 32 del eslabón interior 33 está ahora montada en una tercera palanca accionada 47, que está configurada para rotar alrededor del centro de rotación del cuarto actuador 46. La tercera palanca 47 está montada en el árbol de salida 45 del cuarto actuador 46. En la Figura 2, el árbol de salida 45 está montado de forma que su eje de rotación coincide con el primer eje de rotación 180. Como
 20 alternativa, el eje de rotación del cuarto actuador 46 no coincide con el primer eje de rotación 180. La funcionalidad obtenida en la Figura 2 es que cuando el cuarto actuador 46 hace rotar el árbol de salida 45, a continuación, la tercera palanca 47 rotará alrededor del eje de rotación del árbol de salida 45 y el eslabón interior 33 y el segundo eslabón exterior 39 conectados a través de la primera palanca 35 (primer eslabón de palanca 35a, segundo eslabón de palanca 35b) y la segunda palanca 37 hará rotar la palanca de conexión de la herramienta 41 alrededor del cojinete 40 y por
 25 consiguiente inclinará la barra 43 y la herramienta 44. Por tanto, el cuarto actuador 46 hace rotar la herramienta 44 alrededor de un segundo eje de rotación 510 de la herramienta. El eje de rotación 510 está definido por el cojinete 40. En comparación con la primera realización de la Figura 1, los nuevos componentes son el cuarto actuador 46, el árbol de salida 45 y la tercera palanca accionada 47. El resto de los componentes son los mismos que se describen en la Figura 1. Sin embargo, los requisitos de la cinemática del primer eslabón exterior 23, el eslabón interior 33, la segunda
 30 palanca 37, el segundo eslabón exterior 39, la palanca de conexión de la herramienta 41 y la primera palanca 35 ya no necesitan cumplir con que la herramienta esté siempre perpendicular al plano horizontal. Por ejemplo, el primer eslabón exterior 23 y el segundo eslabón exterior 39 ya no necesitan ser paralelos, y la longitud cinemática del eslabón interior 33 no necesita ser igual a la longitud cinemática del segundo eslabón interior 18. El único requisito que aún debe cumplirse con respecto a estos componentes es que todos los centros de rotación de los cojinetes 31, 38, 40 y 42 sean paralelos. La transmisión 33-39 incluye el segundo cojinete de conexión 36 con su eje de rotación coincidente con el segundo eje de rotación 181.

La Figura 2 ilustra también con líneas discontinuas la posibilidad de implementar el mecanismo de transmisión entre el segundo actuador 2 y el primer eslabón exterior 23 por encima del paralelogramo 183. En esta configuración, el
 40 árbol 5 está conectado al eslabón 20u a través de la palanca 19u y la junta 21u. A continuación, el eslabón 20u se une al primer eslabón exterior 23 mediante la junta 22u y una cuarta palanca 360.

En aplicaciones para operaciones de recogida y colocación de componentes cuando la recogida se realiza de componentes inclinados o colgados y la colocación consiste en depositar los componentes, el intervalo de inclinación de la herramienta 44 debe ser de al menos +/- 45 grados para recoger e inclinar componentes o de +/- 90 grados para recoger y colgar componentes. Con el diseño de la Figura 2, la inclinación de la herramienta +/- 45 grados será posible en la mayor parte del espacio de trabajo del brazo robótico 500. Sin embargo, si se necesita una inclinación de la herramienta de +/- 90 grados o incluso un ángulo de inclinación de la herramienta mayor en todo el espacio de trabajo, a continuación, se pueden usar mecanismos de retrocarga y/o engranaje como en la Figura 3.

50 La Figura 3 ilustra un brazo robótico 500 de acuerdo con una tercera realización. Un mecanismo de transmisión adicional está dispuesto aquí en el lado opuesto del brazo robótico 500, visto desde el primer cojinete de conexión 31. En mayor detalle, el brazo robótico 500 comprende adicionalmente un mecanismo de transmisión dispuesto para hacer rotar la herramienta 44 alrededor de un segundo eje de rotación 700 de la herramienta 44. Por tanto, el cuarto actuador 46 hace rotar la herramienta 44 alrededor de un segundo eje de rotación 700. Todos los ejes de rotación de la herramienta que son horizontales como el eje de rotación 700 de la herramienta 44 pueden denominarse como un segundo eje de rotación de la herramienta 44. Por tanto, un segundo eje de rotación inclinará la herramienta en una dirección dada por la dirección del segundo eje de rotación. El primer eje de rotación de la herramienta está definido por la línea 186 de la Figura. En la Figura 7 se muestra cómo se puede accionar la herramienta para que rote alrededor de este eje de rotación. Aquí, una transmisión por retrocarga está situada entre la tercera palanca accionada 47 y la primera palanca 35. La transmisión de la retrocarga puede realizarse de diferentes maneras para obtener un ángulo de rotación mayor de la primera palanca 35 que de la tercera palanca 47 cuando la tercera palanca 47 es accionada para ser rotada por el árbol de salida 45, accionado por el cuarto actuador 46. En la Figura 3, un primer eslabón de retrocarga 56 está montado entre la tercera palanca accionada 47 y una quinta palanca intermedia 50. La quinta palanca intermedia 50 está montada mediante el cojinete 51 en el segundo eslabón interior 18 para oscilar alrededor del eje de rotación del cojinete 51. El primer eslabón de retrocarga 56 está montado en la tercera palanca 47 con la

junta 32 y en la quinta palanca intermedia 50 con la junta 48. Un segundo brazo de retrocarga 57 está montado entre la quinta palanca intermedia 50 y la primera palanca 35. El segundo brazo de la retrocarga 57 está montado en la quinta palanca 50 con la junta 49 y en la primera palanca 35 con la junta 34. Para obtener un aumento angular, el radio de rotación del centro de la junta 49 alrededor del cojinete 51 debe ser mayor que el radio de rotación correspondiente del centro de la junta 48. Es más, el radio de rotación del centro de la junta 49 alrededor del cojinete 51 debe ser mayor que el radio de rotación del centro de la junta 34 alrededor del eje del segundo cojinete de conexión 36. Por tanto, las cadenas cinemáticas adicionales comprenden dos transmisiones por retrocarga 50, 57, 56 configuradas para aumentar el movimiento de rotación del cuarto actuador 46 a un aumento correspondiente de la rotación del eje de rotación 700 de la herramienta 44. Para aumentar aún más la rotación basculante de la herramienta 44 alrededor del eje de rotación 700, la primera rueda dentada 52 y la segunda rueda dentada 53 están montadas en el primer brazo exterior 23 mediante cojinetes (no mostrados en la Figura). El eslabón de conexión de herramienta 41, que actúa ahora como palanca, se monta en la primera rueda dentada 52 de tal manera que cuando se acciona la segunda palanca 37 para subir y bajar, la primera rueda dentada 52 rotará y mediante el engranaje también rotará la segunda rueda dentada 53. La herramienta 44 está montada en la segunda rueda dentada 53 a través del árbol 54 y la barra de montaje de herramienta 43, y la herramienta 44 rotará con la rotación de la segunda rueda dentada 53. Por tanto, la herramienta 44 está dispuesta para rotar alrededor de un segundo eje de rotación 700 de la herramienta. Para obtener una rotación de la herramienta 44 mayor que la de la rotación del eslabón de conexión de herramienta 41, el diámetro de la primera rueda dentada 52 debe ser mayor que el diámetro de la segunda rueda dentada 43. La palanca de conexión de la herramienta 41 está conectada a la rueda dentada 52 a través de la junta 38, el segundo eslabón exterior 39, la junta 42 y el eslabón de conexión de herramienta 41, que está montado en la primera rueda dentada 52. Las juntas 38 y 42 podrían realizarse alternativamente como simples cojinetes con ejes de rotación paralelos al segundo eje de rotación 181. Cabe mencionar que el segundo eslabón exterior 39 junto con las ruedas dentadas 52 y 53 se utilizan para aumentar la capacidad de rotación de la herramienta 44, puede sustituirse por uno o más engranajes de retrocarga correspondientes al que se muestra entre la tercera palanca 47 y la primera palanca 35. En este caso, las juntas 51 y el segundo cojinete de conexión 36 de la quinta palanca 50 y la primera palanca 35, respectivamente, están montadas en el primer eslabón exterior 23 con ejes de rotación paralelos al segundo eje de rotación 181. En consecuencia, es posible usar las transmisiones por ruedas dentadas en el primer eslabón interior 15 en lugar de una transmisión por retrocarga. A continuación, la rueda dentada 53 se monta en el segundo cojinete de conexión 36 y la segunda rueda dentada 53 se monta en el segundo eslabón interior 18 por medio de un cojinete como el cojinete 201. El cojinete 201 está montado entre el eslabón 200 y el primer eslabón exterior 23. Como alternativa, las transmisiones por engranajes pueden usarse tanto en el segundo eslabón interior 18 como en el primer eslabón exterior 23 y también pueden usarse soluciones de retrocarga en ambos casos. El segundo cojinete de conexión 36 está montado aquí en el primer eslabón interior 15, pero como alternativa, puede estar montado en el primer árbol de conexión 29, tal como en la Figura 2. El segundo cojinete de conexión 36 junto con el cojinete 51 también podrían montarse en el segundo eslabón interior 18. Cabe decir también que es posible usar engranajes de piñón y cremallera para aumentar la capacidad de rotación de la herramienta 44. Para la descripción de otros componentes en esta Fig., véase el texto de la Figura 1.

La Figura 4 ilustra un brazo robótico de acuerdo con una cuarta realización de la divulgación. La cuarta realización ilustra un modo alternativo de accionar la estructura básica de la Figura 1. El objetivo aquí es que todos los actuadores estén fijados a la base 13, lo que significa que todos los actuadores están cargados con una inercia de masa mínima. Un plano formado por el primer paralelogramo 183, que incluye el primer eslabón interior 15 y el segundo eslabón interior, se acciona para rotar alrededor del eje 180 de un primer actuador 1. El tercer actuador 3 hace oscilar el primer eslabón interior 15 y el segundo eslabón interior 18 en el plano del primer paralelogramo 183, cambiando de este modo la forma del paralelogramo. Para obtener movimientos paralelos también en una segunda dirección, por tanto, la dirección X_w , un segundo paralelogramo 184, que incluye el primer eslabón exterior 23 y el segundo eslabón exterior 39 se usa. El plano del segundo paralelogramo 184 está siempre a 90 grados en relación con el plano del primer paralelogramo 183. El primer paralelogramo 183 comprende el primer eje de rotación 180, por tanto, el eje de rotación del árbol 4 del primer actuador 1, el primer eslabón interior 15, el segundo eslabón interior 18 y el primer árbol de conexión 29. El segundo paralelogramo 184 comprende la segunda palanca 37 y el primer eslabón exterior 23, el segundo eslabón exterior 39 y el eslabón de conexión de herramienta 41. El eslabón exterior 39 es paralelo al primer eslabón exterior 23 del varillaje de brazo exterior. El eslabón interior 33 es paralelo al primer eslabón interior 15 y al segundo eslabón interior 18. El ángulo de la segunda palanca 37 se controla mediante la primera palanca 35 y el eslabón interior 33. El eslabón interior 33 tiene la misma longitud cinemática entre sus ejes de rotación 504, 599 que la longitud cinemática del primer eslabón interior 15 entre sus ejes de rotación 185, 187. El eslabón interior 33 se monta aquí en la base 13 a través de la junta 32. La estructura del robot se acciona mediante los tres actuadores rotativos 1, 2 y 3. El primer actuador 1 está conectado al primer eslabón interior 15 a través del árbol de salida rotativo 4 del primer actuador 1 y a través de la junta 14 que incluye dos cojinetes y un soporte conectado al segundo eslabón interior 15. Esta junta 14 de la Figura 4 es el mismo tipo de junta 14 que se ilustra en las Figuras 1-3, sin embargo allí se implementó para el segundo eslabón interior 18. En la Figura 4, cuando el primer actuador 1 hace rotar el árbol de salida 4, el primer eslabón interior 15 rotará así hacia arriba y hacia abajo alrededor del eje central del árbol de salida 4. El segundo actuador 2 tiene el árbol rotativo de salida 5, que pasa por el primer actuador 1 que es hueco, y por el árbol de salida 4 que también es hueco. El árbol de salida 5 está conectado a una palanca interior 19, que, a su vez, está conectado a un extremo a un eslabón 20 mediante una junta 21. El eslabón 20 está unido en su otro extremo al primer eslabón exterior 23 del segundo paralelogramo 184 mediante la junta 22. Por tanto, cuando el segundo actuador 2 hace rotar el árbol de salida 5, el primer eslabón exterior 23 rotará alrededor del eje del primer cojinete de conexión

31, que se monta en el extremo superior del primer eslabón exterior 23. El tercer actuador 3 hace rotar su árbol de salida 6, que se monta a través del primer actuador 1 y el segundo actuador 2 con sus correspondientes árboles de salida 4 y 5. En el extremo del árbol de salida 6 se monta un engranaje de 90 grados. Este engranaje comprende una primera rueda dentada 7 y una segunda rueda dentada 8, con la primera rueda dentada 7 montada en el extremo del eje 6 y la segunda rueda dentada 8 montada sobre un cojinete 9, que, a su vez, está montado en otro cojinete 11 mediante una fijación mecánica 10. Las ruedas dentadas 7, 8 y los cojinetes 9, 11 están montados de tal manera que el eje central común de los árboles 4, 5 y 6 coincide con los ejes de rotación de la primera rueda dentada 7 y del cojinete 11 y que el eje de rotación de la primera rueda dentada 8 coincide con el eje de rotación del cojinete 9 y que este eje de rotación está en ángulo de 90 grados en relación con el eje central de los ejes 4, 5 y 6 y que el eje de rotación de la rueda dentada 8 cruzará el eje de rotación de la primera rueda dentada 7. El segundo eslabón interior 18 está montado en la segunda rueda dentada 8 y, por tanto, una rotación del tercer actuador 3 hará rotar el segundo eslabón interior 18 alrededor del eje de rotación del cojinete 9. El cojinete 11 está montado en la base 13 a través de la barra 12. Los actuadores 1, 2 y 3 también están montados en la base 13, lo que significa que no se necesitan actuadores en el sistema de brazos, lo que permite diseñar un robot extremadamente ligero.

Un primer árbol de conexión 29 está montado entre el primer eslabón interior 15 y el segundo eslabón interior 18 por medio de dos juntas. Cada una de estas juntas 27, 28 comprende respectivamente un soporte, montados en los extremos del primer árbol de conexión 29. Un primer soporte de la primera junta 27 incluye un par de cojinetes montados con ejes de rotación perpendiculares al segundo eslabón interior 18. Para compensar un desplazamiento 26 en el engranaje a 90 grados, una extensión mecánica 18b que incluye una parte cilíndrica 24 se usa para un montaje desplazado 18b del cojinete para el soporte 27. Un segundo soporte de una segunda junta 28 incluye también un par de cojinetes, pero éstos están montados directamente en el primer eslabón interior 18. El primer y segundo soportes están montados de tal manera en el segundo eslabón interior 18 y en el primer eslabón interior 15, respectivamente, que el eje central del primer árbol de conexión 29, aquí el segundo eje de rotación 181, es paralelo al primer eje de rotación 180 de los árboles 4 - 6. El montaje desplazado 18b da un desplazamiento 25 con respecto a la línea central común del segundo eslabón interior 18, correspondiente al desplazamiento 26 entre el primer eje de rotación 180 que es el centro de rotación de los árboles 4 - 6 y la línea central común del segundo eslabón interior 18.

Un segundo cojinete de conexión 36 está montado sobre el primer árbol de conexión 29 y dos palancas, una primera palanca 35 y una segunda palanca 37 están montadas a 90 grados una respecto de la otra en el segundo cojinete de conexión 36. La primera palanca 35 está conectada a la base 13 a través del eslabón interior 33, que se monta en la base 13 con la junta 32 y en la primera palanca 35 con la junta 34. La segunda palanca 37 está unida al segundo eslabón exterior 39 mediante el cojinete 38. A continuación, el segundo eslabón exterior 39 se conecta a un extremo de la palanca de conexión de herramientas 41 mediante el cojinete 42, y la palanca de conexión de herramientas 41 se conecta en su otro extremo al primer eslabón exterior 23 mediante el cojinete 40. Los ejes de rotación de los cojinetes 31, 36, 38, 40 y 42 son paralelos entre sí y al primer eje de rotación 180, por tanto, el eje central de los árboles 4, 5 y 6. Las juntas 32 y 34 se dibujan como juntas de receptáculo, pero también podrían usarse extremos de varilla, juntas universales o juntas cardán. La herramienta 44 está montada en una barra de montaje de herramienta vertical 43, que está montada en el eslabón de conexión de herramienta 41, que aquí es horizontal. Con este diseño se obtiene la misma funcionalidad que el brazo robótico de acuerdo con la primera realización de la Figura 1, y se cumplen los mismos requisitos cinemáticos.

Otra forma de obtener grandes ángulos de inclinación de la herramienta 44 es usar un mecanismo de transmisión adicional que comprende transmisiones por correa. Esto se ejemplifica en la Figura 5A, donde se ilustra un brazo robótico de acuerdo con una quinta realización de la divulgación. En la quinta realización, la transmisión por correa comprende dos etapas: una primera etapa con una transmisión interior a lo largo del segundo eslabón interior 18 (como alternativa, a lo largo del primer eslabón interior 15) y una segunda etapa con una transmisión exterior a lo largo de una barra 81 de la transmisión por correa. Aquí, la transmisión interior 66 es paralela al primer eslabón interior 15 y al segundo eslabón interior 18. La transmisión exterior 65 es paralela al primer eslabón exterior 23 del varillaje de brazo exterior. La barra 81 de la transmisión por correa forma parte aquí del varillaje de brazo exterior. Como alternativa, solo una etapa también se puede usar, cuando la transmisión por correa en esa etapa pueda combinarse con una transmisión por retrocarga o por engranajes en la otra etapa. A continuación, la transmisión por correa puede realizarse a lo largo del segundo eslabón interior 18 o a lo largo del primer eslabón interior 15 o a lo largo de la barra 81 de la transmisión por correa. Con la transmisión por correa de dos etapas, se obtiene una rotación infinita. Por tanto, las transmisiones por correa 66-65 están dispuestas para hacer rotar la herramienta 44 alrededor de un segundo eje de rotación 700 de la herramienta 44 sin límites angulares de rotación. El tercer actuador 3 con el árbol de salida 6 está montado en el árbol de salida 4 del primer actuador 1 a través de una conexión mecánica 87. Por tanto, el árbol de salida 4 está conectado a un soporte de junta de la junta 14 para hacer oscilar el primer eslabón interior 15 en el plano 183 del primer paralelogramo. Como en figuras anteriores, el primer actuador 1 hace rotar el árbol de salida 4 para hacer oscilar hacia arriba y hacia abajo el primer eslabón interior 15, y el segundo actuador 2 hace rotar el árbol de salida 5 para hacer oscilar la palanca interior 19. Un árbol de salida 45, rotado por un cuarto actuador 46, se conecta ahora a una rueda de correa de entrada de una primera transmisión por correa 66 a través de una primera junta cardán 67 (representada como una esfera). Por tanto, la primera transmisión por correa 66 está conectada en serie con la primera junta cardán 67. La rueda de correa de salida de la primera transmisión por correa 66 está conectada a un segundo árbol de conexión 77 a través de una segunda junta cardán 76. Por tanto, la primera transmisión por correa 66 está conectada en serie también con la segunda junta cardán 76. El segundo árbol de conexión 77 está montado

entre los cojinetes 80a y 80b de las primeras juntas 27 y la segunda junta 28, respectivamente. La rueda de correa de entrada de la segunda transmisión por banda 65 está montada en el segundo árbol de conexión 77 para ser rotada. La barra 81 de la transmisión por correa está conectada al segundo árbol de conexión 77 a través del cojinete 79. La rueda de correa de salida de la segunda transmisión por correa está conectada a la barra de montaje de herramienta 44 a través del árbol 83, que puede rotar en el cojinete 82, montado en la barra 81 de la transmisión por correa.

Para evitar que la primera transmisión de correa 66 con las juntas cardán 67 y 76 se incline, se introduce un cojinete 88 entre la primera transmisión por correa 66 y el cojinete 92. Por tanto, el anillo exterior del cojinete 89 está montado en la barra de transmisión por correa 71 a través de la interfaz mecánica 89 y el anillo interior del cojinete 89 está montado en el anillo exterior del cojinete 92 a través del árbol 90 y una interfaz mecánica 91. El centro de rotación del cojinete 88 debe cruzar el centro de la primera junta cardán 67. Una disposición similar con un cojinete como el cojinete 88 puede realizarse entre la barra de transmisión por correa 71 y el cojinete 80.

Las transmisiones por correa aquí descritas ahorran espacio, lo que permite obtener un sistema de brazo exterior delgado incluso cuando se controla tanto la rotación como la inclinación de la herramienta 44. El ahorro de espacio es importante en el sistema de brazo exterior, pero en, por ejemplo, el documento WO2019138025, el sistema de brazo exterior es menos adecuado para las correas, ya que los movimientos cinemáticos necesarios requerirían ruedas de correa que se movieran axialmente/lateralmente o necesitarían una serie de juntas cardán adicionales, ambas opciones son complejas y voluminosas. En la presente divulgación, las juntas de bisagra que giran con los ejes paralelos facilitan el uso de las transmisiones por correa que ahorran espacio.

La Figura 5B ilustra la posibilidad de usar una transmisión por retrocarga para aumentar el intervalo del ángulo de trabajo de la barra 81 de la transmisión por correa. Utilizando una transmisión con gran capacidad de rotación es posible controlar la rotación o inclinación de la herramienta 44 incluso cuando el barra 81 de la transmisión por correa realiza grandes rotaciones y, por ejemplo, rota de una dirección descendente a una ascendente en la Figura 5B, un movimiento denominado flexión hacia atrás para robots industriales. La retrocarga de la Figura 5B se obtiene mediante los eslabones conectados en serie 350 y 355. El eslabón 350 está montado con las juntas 21 y 351 entre las palancas 19 y 352 y el eslabón 355 está montado entre la palanca 352 y la barra 81 de transmisión por correa. La palanca 352 se monta a través del cojinete 350 en el primer eslabón interior 15 y se acciona para oscilar en el plano XwZw. Para obtener un aumento angular, la distancia entre la junta 14 y el centro del primer eslabón interior 15 debe ser mayor que la distancia entre la junta 351 y el centro del cojinete 353 y la distancia entre la junta 354 y el centro del cojinete 353 debe ser mayor que la distancia entre la junta 22 y el centro del segundo árbol de conexión 77. Por supuesto, también podría utilizarse un mecanismo de engranaje para obtener grandes ángulos de rotación para el eslabón exterior (véase el mecanismo de engranaje en la herramienta de la Figura 3) e incluso podría utilizarse una transmisión por correa junto con juntas cardán. Como alternativa, el árbol 5 del segundo actuador 2 puede conectarse con el eslabón exterior 81 mediante una transmisión por correa con juntas cardán o mediante un eslabón combinado con un engranaje.

La Figura 6 ilustra de forma aislada un mecanismo de transmisión por correa de acuerdo con algunas realizaciones. Más específicamente, la Figura 6 ofrece algunos detalles más sobre las transmisiones por correa de la Figura 5. El árbol de salida 45 accionado transmite la rotación a través de la primera junta cardán 67 al árbol de entrada 68 de la transmisión por correa. El árbol de entrada 68 de la transmisión por correa rota en el cojinete 69, que está montado en la barra 71 de la transmisión por correa. El árbol de entrada 68 de la transmisión por correa está conectado a una rueda de correa de entrada 70 y, por lo tanto, la rotación se transmite del árbol de salida 45 a la rueda de correa de entrada 70. La rotación de la rueda de correa de entrada 70 hará que la rueda de correa de salida 73 rote debido a la correa 72, conectando las ruedas de correas de entrada y salida. La rueda de correa de salida 73 está montada en el árbol de salida 75 de la transmisión por correa, que está conectado al segundo árbol de conexión 77 a través de la segunda junta cardán 76. El árbol de salida 75 de la transmisión por correa rota dentro del cojinete 74, montado en la barra 71 de la transmisión por correa. El segundo árbol de conexión 77 es el árbol de entrada de la transmisión por correa para la transmisión por correa 65 y está conectado a la ruda de correa de entrada 78 de la segunda transmisión por correa 65. En este caso, la barra 81 de la transmisión por correa también tiene la función de la barra de transmisión por banda y, por lo tanto, el segundo árbol de conexión 77 rota en el cojinete 79 de la barra 81 de la transmisión por correa (véase Figura 5), que en este caso es también la junta exterior del brazo robótico 500. Como puede verse en la Figura 4, el segundo árbol de conexión 77 también rota en los cojinetes 80a y 80b, cuyo cojinete 80b se muestra en la Figura 5. Por tanto, la rotación del segundo árbol de conexión 77 hace rotar la rueda de correa de entrada 78 y, a través de la correa 84, rotará la rueda de salida 85. La rueda de correa de salida 85 está conectada al árbol de salida 83 de la transmisión por correa, rotando en el cojinete 82 y rotando, por tanto, la herramienta 44 de acuerdo con la Figura 4. La primera junta cardán 67 antes de la rueda de correa de entrada 70 y la segunda junta cardán 76 después de la rueda de correa de salida 73 de la primera transmisión por correa 66 son necesarias ya que los árboles de salida 45 y el segundo árbol de conexión 77 están incluidos en el primer paralelogramo con el primer eslabón interior 15 y el segundo eslabón exterior 18. Puesto que no se necesita ningún paralelogramo para los movimientos laterales de la barra 81 de la transmisión por correa, no se necesitan juntas cardán antes de la rueda de entrada 78 y después de la rueda de salida 85 de la segunda transmisión por correa 65. Una descripción del diseño de las juntas cardán 67 y 76 puede recuperarse del texto relacionado con la Figura 13, que muestra un tipo de junta cardán doble. Para el diseño de un tipo de junta cardán simple como para las juntas cardán 67 y 76, se puede usar la junta cardán interior con una cruz de conexión o la junta cardán exterior con un anillo de conexión como se muestra en la Figura 13. Para aumentar

la precisión de la transmisión, el diámetro de las ruedas dentadas de salida puede ser mayor que el diámetro de las ruedas dentadas de entrada. Esto es posible porque las transmisiones tienen una capacidad de rotación infinita. También hay que decir que es fácil encapsular las transmisiones por correa. A continuación se necesitan juntas circulares entre los encapsulados y los árboles 68, 75, 77 (ambos lados) y 83.

5 En la Figura 5, las transmisiones por correa 65 y 66 se utilizan para realizar la inclinación de la herramienta 44. Sin embargo, también es posible usar las transmisiones por correa 65 y 66 para obtener la rotación de la herramienta 44. Utilizando esta posibilidad en el diseño básico de tres ejes que se muestra en la Figura 4, se obtiene un brazo robótico 500 con ángulos de inclinación de la herramienta constantes y ángulo de rotación de la herramienta infinito controlado de acuerdo con la Figura 7.

La Figura 7 ilustra un brazo robótico de acuerdo con una sexta realización de la divulgación. La sexta realización comprende dos mecanismos de transmisión, además de las tres cadenas cinemáticas que controlan la posición de la herramienta 44. Los dos mecanismos de transmisión pueden denominarse cuarto mecanismo de transmisión y quinto mecanismo de transmisión, cada uno configurado para controlar un eje de rotación diferente 186, 511 de la herramienta 44. En esta sexta realización, un primer actuador 1 controla la oscilación arriba/abajo del primer eslabón interior 15 y del segundo eslabón interior 18, como en la cuarta realización ilustrada en la Figura 4. El segundo actuador 2 controla la oscilación hacia dentro y hacia fuera del primer eslabón exterior 23 y el tercer actuador 3 controla la oscilación lateral del primer eslabón interior 15 y del segundo eslabón interior 18. En el caso de la primera conexión interior 15, la oscilación lateral se produce a través de la primera y segunda juntas 27 y 28 y el primer árbol de conexión 29. Ahora se ha añadido un cuarto actuador 46 en relación con la Figura 4, y su árbol de salida 45 hace rotar un árbol de entrada de la transmisión por correa 66 a través de la primera junta cardán 67. El árbol de salida de la transmisión por correa 66 hace rotar el árbol de entrada de una segunda transmisión por correa 65 a través de la segunda junta cardán 76. En comparación con la Figura 5, la barra 81 de la transmisión por correa está ahora separada y ya no coincide con el primer eslabón exterior 23. El anillo interior del cojinete 69, que se monta en la barra 81 de la transmisión por correa con su anillo exterior, se monta ahora en el segundo eslabón interior 18. Para compensar esto, en el árbol 83 se utiliza una tercera junta cardán 83a. En realidad, la tercera junta cardán 83a hace innecesaria la realización de la segunda junta cardán 76 y esta junta se dibuja con líneas discontinuas. El árbol de salida 61 de la transmisión por correa de la segunda transmisión por correa 65 se monta a través de la tercera junta cardán 83a con un cojinete (no mostrado) en el tubo 60. Este tubo puede rotar en relación con el eje 61 y con el primer eslabón exterior 23. El eje 61 hace rotar el engranaje de entrada del conjunto de engranaje de 90 grados 62, de modo que el engranaje de salida de 62 haga rotar el eje de montaje de herramienta 63 y, por tanto, la herramienta 44 alrededor del primer eje de rotación 186 de la herramienta. Por tanto, el cuarto actuador 46 hace rotar la herramienta 44 alrededor del primer eje de rotación 186 de la herramienta. Todos los ejes de rotación de la herramienta que son paralelos a este eje de rotación pueden denominarse primer eje de rotación de la herramienta 44. El eje de montaje de herramienta 63 rota en un cojinete (no mostrado) en la parte mecánica 64, que está conectado a una palanca de conexión de herramientas 41 del segundo paralelogramo que incluye el primer eslabón exterior 23 y el segundo eslabón exterior 39. La palanca de conexión de la herramienta 41 está conectada al tubo 60 y controla la rotación de la parte mecánica 64 de tal manera que el eje de montaje de herramienta 63 estará siempre perpendicular al plano horizontal. Esta cadena cinemática adicional está conectada a la base 13 a través de la tercera palanca 47. La separación de la barra 81 de la transmisión por correa y el primer eslabón exterior 23 permite utilizar otras soluciones para la realización de las juntas 24 y 28. Por tanto, los soportes de estas juntas se montan ahora en el primer árbol de conexión 29 en lugar del eslabón 18 y la pieza de eslabón 17 y los cojinetes 80a y 80b se montan en cambio en el eslabón 18 y la pieza de eslabón 17 respectivamente.

45 La Figura 8 ilustra un brazo robótico de acuerdo con una séptima realización de la divulgación. En detalle, la séptima realización es un diseño alternativo al de la Figura 7 con el objetivo de obtener una rotación infinita de la herramienta simultáneamente con un ángulo de inclinación de la herramienta constante. Por tanto, esta séptima realización comprende también dos mecanismos de transmisión para controlar la orientación de la herramienta 44, además de tres cadenas cinemáticas que controlan la posición de la herramienta 44. En este diseño, la transmisión por correa exterior se sustituye por un árbol rotativo 228, que simultáneamente es el primer eslabón exterior del brazo robótico 500. Por tanto, la salida de la segunda junta cardán 76 acciona ahora un engranaje 62 de 90 grados. La salida de este engranaje 62 está conectada al eje 228, que rota en el cojinete 230 y oscila mediante el primer cojinete de conexión 31. El primer cojinete de conexión 31 está montado en el primer árbol de conexión 29 y el cojinete 230 está conectado al primer cojinete de conexión 31 a través de la barra 231, de tal manera que el eje de rotación del cojinete 230 es perpendicular al segundo eje de rotación 181 del primer cojinete de conexión 31. El eje 228 se hace rotar alrededor del segundo eje de rotación 181 mediante el primer eslabón exterior 23 conectado al eje 228 a través de la junta 229. La junta 229 tiene un cojinete cuyo eje de rotación coincide con el eje de rotación del eje 228 y un par de cojinetes con un eje de rotación común perpendicular al eje de rotación del eje 228. En el extremo inferior del eje 228 hay una cuarta junta cardán 227, que transmite la rotación del eje 228 al eje 63. El eje 63 rota dentro del árbol hueco 223 con cojinete interior (no visto en la Figura) y hace rotar la herramienta 44. Por tanto, el cuarto actuador 46 hace rotar la herramienta 44 alrededor del primer eje de rotación 186 de la herramienta. Se utiliza un cojinete 224a para limitar la inclinación de la cuarta junta cardán 227 alrededor del eje horizontal 227. El cojinete está montado entre el árbol hueco 223 y el cojinete 224b. por medio de las conexiones mecánicas 221 y 222. El eje 228 rota dentro del cojinete 224b y el eje de rotación 226 del cojinete 224a es vertical y cruza el centro de la cuarta junta cardán 227. Para mantener constante el ángulo de inclinación de la herramienta 44 en el espacio de trabajo del brazo robótico 500, el árbol hueco 223 está conectado a una palanca 220, que a su vez está conectada a una transmisión por eslabones 39, 33 tal como en la

Figura 9A. Dado que esta transmisión por eslabones tiene un desplazamiento en la dirección Yw con respecto al eje 228, entre la palanca 220 y el cojinete 42 del eslabón 39 se necesita una barra de compensación 219.

La Figura 9A ilustra un brazo robótico de acuerdo con una octava realización de la divulgación. La octava realización incluye la posibilidad de combinar dos mecanismos de transmisión diferentes para obtener la cinemática de un brazo robótico 500 de 5 DOF, que puede tanto rotar la herramienta alrededor de ejes paralelos al eje Zw como inclinar la herramienta 44 alrededor de ejes paralelos al eje Yw del sistema de coordenadas 55. Esto es lo que se necesita para coger o colocar objetos colgantes e inclinados y rotar simultáneamente los objetos. Por tanto, la octava realización comprende también dos mecanismos de transmisión que pueden denominarse cuarto mecanismo de transmisión y quinto mecanismo de transmisión, cada uno configurado para controlar un eje de rotación diferente 186, 501 de la herramienta 44. Por tanto, el cuarto actuador 46 hace rotar la herramienta 44 alrededor del segundo eje de rotación 501 de la herramienta. El quinto actuador 98 hace rotar la herramienta 44 alrededor del primer eje de rotación 186 de la herramienta. El paralelogramo que incluye el primer eslabón interior 15 y el segundo eslabón interior 18 está diseñado del mismo modo que en la Figura 4. El mecanismo de transmisión para hacer rotar la herramienta 44 es el mismo que en la Figura 7. Este mecanismo de transmisión está accionado por un quinto actuador 98 (cuarto actuador 46 en la Figura 5) y comprende el árbol de salida rotativo 97, (árbol de salida 45 en la Figura 5), la primera junta cardán 67, la transmisión por correa 66, la segunda junta cardán 76, la segunda transmisión por correa 65, una quinta junta cardán 61a (que sustituye a la segunda junta cardán 76), el árbol rotativo 61, el conjunto de engranaje de 90 grados 62 y el eje de montaje de herramienta rotativa 63. El mecanismo de transmisión para inclinar la herramienta 44 es una combinación de los mecanismos de transmisión de las Figuras 2 y 3. Como en la Figura 2, el mecanismo de transmisión de la tercera palanca 47 a la segunda palanca 37 comprende la junta 32, el eslabón 33, la junta 34 y un anillo exterior del segundo cojinete de conexión 36. A continuación, el mecanismo de transmisión de la segunda palanca 37 a la herramienta 44 comprende la junta 38, el eslabón 39, la junta 42, el eslabón de conexión de herramienta 41, la rueda dentada 52, la rueda dentada 53, el componente mecánico 64 y el eje de montaje de herramienta 63. Con este diseño se obtiene un brazo robótico con capacidad de rotación infinita de la herramienta e inclinación de la herramienta de al menos +/- 90 grados.

La Figura 9B ilustra la posibilidad de montar la herramienta 44 horizontalmente, de modo que una disposición de cinco DOF para aplicaciones como pintura, soldadura de arco, soldadura y corte por láser se obtiene.

La Figura 10 ilustra un brazo robótico de acuerdo con una novena realización de la divulgación. La novena realización comprende dos mecanismos de transmisión, que permiten tanto la inclinación infinita de la herramienta como su rotación obtenida mediante el uso de dos transmisiones por correa paralelas. Aquí, las juntas cardán 67 y 76 de la Figura 9A han sido sustituidas por juntas cardán dobles 103 y 104 para permitir el accionamiento en paralelo de dos transmisiones por correa 66 y 101, y la salida de dos árboles concéntricos para el accionamiento de las dos transmisiones por correa 65 y 100 paralelas. Por tanto, un sexto actuador 106 rota el árbol de salida 105, que está conectado a un árbol de entrada de la transmisión por correa (no mostrado) de la transmisión por correa 66 a través de la junta cardán interior de la junta cardán doble 103 (véase Figura 13 para el diseño de una junta cardán doble). El tercer actuador 3 hace rotar su árbol de salida 6, que está conectado al árbol de entrada de la transmisión por correa 107 a través de la junta cardán exterior de la junta cardán doble 103. Por tanto, el árbol 105 rota dentro del eje 6 y el árbol de entrada de la transmisión por correa para la transmisión por correa 6 rota dentro del árbol de entrada de la transmisión por correa para la transmisión por correa 101. El árbol de salida de transmisión por correa de la transmisión por correa 66 rota dentro del árbol de salida 108 de la transmisión por correa de la transmisión por correa 101 y, a través de la junta cardán interior de la junta cardán doble 104, se conecta al árbol de entrada 109 de la transmisión por correa de la transmisión por correa 100. El árbol 109 también está montado dentro del cojinete 110 de la junta 28. El árbol de salida de la transmisión por correa 108 de la transmisión por correa 101 es hueco y rota fuera del árbol de salida de la transmisión por correa 66. Está conectado al segundo árbol de conexión 77 de la segunda transmisión por correa 65 a través de una junta cardán exterior de la junta cardán doble 104. El segundo árbol de conexión 77 también está montado dentro del cojinete 102 de la junta 24. El árbol de salida 61 de la transmisión por correa de la segunda transmisión por correa 65 está conectado al conjunto de engranaje de 90 grados 62 y hace rotar la herramienta 44 a través del eje de montaje de herramienta 63. El árbol de salida 60 de la transmisión por correa 100 hace rotar el componente mecánico 64, que inclina la herramienta 44. Por tanto, el tercer actuador 3 rotará la herramienta 44 alrededor del eje de montaje de herramienta 63, por tanto un primer eje de rotación 186, mientras que el sexto actuador 106 inclinará la herramienta alrededor de un segundo eje de rotación 700 de la herramienta.

El concepto con transmisiones por correas paralelas se muestra con más detalle en la Figura 11. En este mecanismo alternativo de transmisión por correa, las transmisiones por correa paralelas se han separado para mostrar la entrada de la transmisión por correa y los árboles de salida de todas las transmisiones por correa. Los componentes de las transmisiones por correa ya se han descrito en relación con la Figura 6 y no se repetirán aquí. Sin embargo, siguiendo las transmisiones de salida a entrada, se obtiene lo siguiente:

- El árbol rotativo 105 inclinará la herramienta 44 a través de la junta cardán interior de la junta cardán doble 103, árbol de entrada 105 de la transmisión por correa, árbol de salida 114 de la transmisión por correa, junta cardán interior de la junta cardán doble 104, árbol de entrada 109 de la transmisión por correa y árbol de salida 60 de la transmisión por correa.
- El árbol rotativo 6 hará rotar la herramienta 44 a través de la junta cardán exterior de la junta cardán doble 103,

árbol de entrada 107 de la transmisión por correa, árbol de salida 108 de la transmisión por correa, junta cardán exterior de la junta cardán doble 104, segundo árbol de conexión 77, árbol de salida 61 de la transmisión por correa y conjunto de engranajes 62.

5 La Figura 12 ilustra de forma aislada un mecanismo de transmisión por correa adicional de acuerdo con algunas realizaciones. En mayor detalle, la Figura 12 muestra una forma alternativa de usar dos transmisiones por correa. Aquí se han utilizado dos juegos de las transmisiones por correa ilustradas en la Figura 8. La ventaja en relación con la Figura 11 es que no se necesitan juntas cardán dobles, pero simultáneamente las transmisiones por banda necesitarán más espacio. Las notaciones son las mismas que en la Figura 8, añadiendo "a" a las notaciones del lado izquierdo y "b" a las notaciones del lado derecho de la Figura. El árbol 86a hace rotar la herramienta 44 a través del cojinete de 10 90 grados 62 y el árbol 86b inclina el eje a través del brazo 64. Por tanto, el otro actuador 3a hace rotar la herramienta 44 alrededor de un primer eje de rotación 186 de la herramienta. El otro actuador 3b hace rotar la herramienta 44 alrededor de un segundo eje de rotación 700 de la herramienta. Los ejes 86a y 86b giran alrededor de un eje común 190. Otro tercer actuador 3a acciona el árbol 45a y otro tercer actuador 3b acciona el árbol 45b. Otro diseño posible pero menos compacto es montar las transmisiones de correa derechas "b" en el lado izquierdo y las transmisiones de correa izquierdas "a" en el lado derecho. A continuación, el árbol 86a se montará detrás de la rueda de correa 85a y el árbol 86b delante de la rueda de correa 85b. A continuación, el árbol 86b se conectará al engranaje 62 y el árbol 86a al brazo 64.

20 La Figura 13 ilustra una junta cardán doble de acuerdo con algunas realizaciones de la divulgación. La junta cardán doble comprende una junta cardán interior y una junta cardán exterior con centros de junta coincidentes. Un árbol interior 106 está conectado a un soporte 131 de la junta cardán interior. El soporte 131 está montado sobre los anillos exteriores de los cojinetes 132 y 133. Los anillos interiores de los cojinetes 132 y 133 tienen centros de rotación coincidentes y están montados sobre los árboles 134 y 135, que son partes de una cruz. Los otros árboles de la cruz, 25 129 y 130 (130 oculto en la figura) están montados dentro de los anillos interiores de los cojinetes 127 y 128 (128 oculto en la figura). Un soporte 126 está montado sobre los anillos exteriores de los cojinetes 127 y 128 y está conectado a un árbol 114. Por tanto, al rotar el árbol 109 se rotará el árbol 114. Un cojinete (no se muestra en la Figura) se utiliza entre el segundo árbol de conexión 77 que es hueco y el árbol 109 y otro cojinete (no se muestra en la Figura) se utiliza entre el árbol hueco 115 y el árbol 114. Los árboles 77 y 115 están a su vez montados dentro de los cojinetes 102 y 74, respectivamente. El segundo árbol de conexión 77 está conectado a un soporte 122 de la junta cardán exterior. El soporte 122 se monta en los anillos exteriores de los cojinetes 123 y 124. Los anillos interiores de los cojinetes 123 y 124 tienen centros de rotación coincidentes y están montados sobre los árboles 125a y 125b, que están montados en un anillo 136 con ejes centrales coincidentes. Otros dos árboles 120 y 121 con ejes centrales coincidentes están montados en el anillo 136 de tal manera que el eje central común de los árboles 120 y 121 cruza el eje central común de los árboles 125a y 125b y que el eje central común de los árboles 120 y 121 está en el mismo plano que los ejes centrales comunes de los árboles 125a y 125b. Los árboles 120 y 121 están montados dentro de los cojinetes 118 y 119 respectivamente y los anillos exteriores de los cojinetes 118 y 119 están montados en el soporte 117. El soporte 117 está a su vez montado en el árbol 108. Por tanto, al rotar el segundo árbol de conexión 77 se rotará el árbol 108 independientemente de la conexión entre los árboles 109 y 114. Por supuesto, los árboles 129, 35 130, 134 y 135 también podrían montarse como los árboles 125a, 125b, 120 y 121 en un anillo.

Se han demostrado diferentes tipos de mecanismos de transmisión para obtener la rotación y la inclinación de la herramienta 44. Los tipos de transmisión aquí ilustrados son transmisión por eslabón único, transmisión por eslabones, incluida una transmisión por retrocarga, transmisión por eslabones, incluido un conjunto de engranajes y transmisión por correa. Estos tipos de transmisión pueden combinarse de distintas maneras. Se muestra un ejemplo de esto en la Figura 11, que incluye una transmisión por eslabón único, una transmisión por eslabones que incluye un engranaje y dos transmisiones por correa.

En la Figura 14, que ilustra un brazo robótico de acuerdo con una décima realización de la divulgación, se ha hecho otra combinación, que resulta útil para operaciones de recogida y colocación de objetos colgados/inclinados/colocados, donde la rotación de la herramienta no necesita ser infinita. La décima realización comprende dos mecanismos de transmisión. En la décima realización, la inclinación de la herramienta se realiza con la misma segunda parte del mecanismo de transmisión basándose en engranajes que se utilizó para la inclinación de la herramienta en la Figura 3, y la rotación de la herramienta se realiza con el mismo mecanismo de transmisión que se utilizó para la primera parte de los mecanismos de transmisión para la inclinación de la herramienta en la Figura 3. Los componentes de los mecanismos de transmisión que controlan la rotación de la herramienta 44 tienen la misma numeración que el mecanismo de transmisión idéntico utilizado para la inclinación de la herramienta 44 de la Figura 3, sólo se ha añadido la letra b a los números. Para montar el mecanismo de transmisión de la rotación de la herramienta, la extensión 145 se introduce entre el segundo eslabón interior 18 y el cojinete 51b, la extensión 144 entre el segundo eslabón interior 18 y el cojinete 36b, la extensión 141 entre el primer eslabón exterior 23 y el cojinete 143 y la extensión 142 entre la extensión 141 y el cojinete 140. El quinto actuador 98 acciona la transmisión para la rotación de la herramienta a través del árbol rotativo 97, sobre el que se monta una sexta palanca 47b. Por tanto, el quinto actuador 98 hace rotar la herramienta 44 alrededor de un primer eje de rotación 186 de la herramienta y el actuador 46 hace rotar la herramienta alrededor de un segundo eje de rotación 700.

La Figura 10 ilustra cómo obtener tanto la rotación infinita de la herramienta como su inclinación mediante cuatro

medios de transmisión por correa. La Figura 15 ilustra un brazo robótico de acuerdo con una undécima realización de la divulgación. En la Figura 15 se obtiene el mismo resultado que en la Figura 10, con cuatro transmisiones por correa pero con una sola junta cardán doble. Por tanto, la undécima realización comprende dos mecanismos de transmisión. La estructura del brazo robótico de la Figura 15 es algo diferente de la de la Figura 10 y, por lo tanto, se describirá en detalle. Por tanto, el eje 6 del tercer actuador 3 hace rotar ahora el primer actuador 1, un séptimo actuador 148 y un octavo actuador 150, ya que están conectados al eje 6 mediante la estructura de soporte 147. El primer actuador 1 rota el segundo eslabón interior 18, que está montado en el árbol 4 del primer actuador 1, arriba y abajo. El séptimo actuador 148 hace rotar el árbol de entrada 149 de la transmisión por correa de la transmisión por correa 101 y el octavo actuador 150 hace rotar el árbol de entrada 151 de la transmisión por correa de la transmisión por correa 66. Ya que no se necesita una junta cardán doble, el árbol de entrada 151 de la transmisión por correa puede conectarse en el lado opuesto de la transmisión por correa 66. Tampoco es necesaria una junta cardán doble en las juntas de salida de la transmisión por correa 108 y 172. El árbol de salida 172 de la transmisión por correa de la transmisión por correa 66 rota dentro del árbol de salida 108 de la transmisión por correa de la transmisión por correa 101 y es la entrada de transmisión por correa de la transmisión por correa 100, conectado rígidamente a la rueda de correa de entrada de la transmisión por correa 100, y está en su extremo rotando en el cojinete 156, que está montado con su anillo exterior en el segundo eslabón interior 18. El árbol de salida 172 de la transmisión por correa de la transmisión por correa 66 es la entrada de la transmisión por correa de la segunda transmisión por correa 65 y está conectado rígidamente a la rueda de correa de entrada de la segunda transmisión por correa 65. El segundo actuador 2 hace rotar el árbol 5, de modo que haga rotar la palanca interior 19. El segundo actuador 2 y el tercer actuador 3 están montados rígidamente sobre un soporte, como la base 13 de la Figura 3. La palanca interior 19 está conectada a una barra 160, que a su vez está conectada a los eslabones paralelos 20 y 146 a través de las juntas 21 y 147, respectivamente. El eslabón 20 está conectado a la barra de transmisión 173 de la transmisión por correa 100 a través de la junta 22 y el eslabón 146 está conectado a la barra de extensión 161. La barra de extensión 161 está montada en el eslabón 159, que se monta para rotar alrededor del árbol 58 mediante el cojinete 158. El árbol 58 está montado en la extensión 157, que está montado en el anillo exterior del cojinete 155. El anillo interior del cojinete 155 está montado sobre el árbol 154, que se monta en el eslabón 18 a través de las barras de extensión 152 y 153. Los árboles de salida de la transmisión por correa de las transmisiones por correa 65 y 100 están conectados a una junta cardán doble 621. El árbol interior 61 de la junta cardán doble 621 rota dentro del eje exterior 60 de la junta cardán doble 621 y está conectado al cojinete de 90 grados 62. El eje exterior 60 de la junta cardán doble 621 está montado en el anillo interior del cojinete 622 y hace rotar el componente mecánico 64. Por tanto, la transmisión por correa 100 transmitirá la rotación para inclinar la herramienta 44 y la segunda transmisión por correa 65 transmitirá la rotación para hacer rotar la herramienta 44. Por tanto, el séptimo actuador 148 hace rotar la herramienta 44 alrededor de un primer eje de rotación 186 de la herramienta. El octavo actuador 150 hace rotar la herramienta 44 alrededor de un segundo eje de rotación 700 de la herramienta. Para obtener una funcionalidad adecuada del brazo robótico, deben aplicarse las siguientes normas de montaje:

- Una línea recta 162 a través de las juntas 22 y 145 debe ser horizontal y paralela a la línea 165 a través de las juntas 21 y 165 y también paralela al eje de rotación 166 del árbol 5.
- El eslabón 20 debe tener la misma longitud cinemática que el eslabón 146
- La línea 167 debe pasar por el centro de la junta cardán doble 621, de la junta 22 y el punto de intersección de los ejes de rotación de los cojinetes 155 y 158.

La Figura 16 ilustra una configuración alternativa del orden de actuación de los ejes de junta para una de las juntas actuadas del brazo robótico. En esta configuración, un engranaje de 90 grados con rueda dentada de entrada 237 y rueda dentada de salida 236 hace rotar el árbol 235 alrededor de un eje vertical fijo 182. Por tanto, el cojinete 234 se monta en una base fija (no mostrada) a través de la barra 233. La rotación del eje 6 hará oscilar el segundo eslabón interior 18 en el plano del primer paralelogramo. El segundo eslabón interior 18 también puede oscilar hacia arriba y hacia abajo, mediante el cojinete 239 que está montado en el eje 238, que a su vez está montado en ángulo recto con el árbol 235. El eje de rotación del cojinete 239 coincide con el primer eje de rotación 180. El segundo eslabón interior 18 está montado en el cojinete 238 a través del cojinete 16, y de las extensiones mecánicas 241 y 240. El cojinete 16 es necesario para obtener la cinemática de trabajo del brazo robótico. En la Figura 16 se esbozan únicamente los componentes dependientes del cambio del orden de rotación de los ejes de rotación para los ejes 180 y 182. Esta solución simplificará el control del engranaje de 90 grados, pero añadirá el cojinete 16. Cabe mencionar que en lugar de un engranaje de 90 grados y una transmisión con el eje 6 desde el tercer actuador 3 a través del primer actuador 1 y el segundo actuador 2, puede usarse un tercer actuador 3 montado verticalmente en la base fija 13. El árbol de salida 6 del tercer actuador 3 será también entonces el árbol 235. La Figura 16 muestra también que no es necesario montar el primer eslabón exterior 23 en el primer árbol de conexión 29. Por tanto, también es posible montar el primer eslabón exterior 23 en un eje separado 331 a través del primer cojinete de conexión 31. Sin embargo, un eje de rotación 330 del primer cojinete de conexión 31 debe ser paralelo al segundo eje de rotación 181. En la Figura 16, el árbol 331 está montado en el primer árbol de conexión 29 mediante la barra de extensión 620.

La Figura 17A ilustra otra alternativa en la que se ha sustituido una transmisión por correa por una transmisión por árbol. El eje de transmisión es paralelo al paralelogramo 183. Aquí se ha omitido el engranaje de 90 grados de la Figura 4 y el tercer actuador 3 que acciona el engranaje de 90 grados de la Figura 4 está montado en la base 13 cerca del extremo interior del segundo eslabón interior 18. Por tanto, el segundo eslabón interior 18 está montado en el eje 6 mediante un soporte 240 y un par de cojinetes 239a y 239b. El eje de rotación común de los cojinetes 239a y 239b

forma un ángulo recto con el árbol 180 y coincide con el árbol 182. Un cuarto actuador 46 con árbol de salida 45 hace rotar la entrada de la primera junta cardán 67 alrededor del árbol 180. El árbol de salida 68 de la primera junta cardán 67 se acopla en la junta de 90 grados 260 y está montado en el cojinete 69. El engranaje de 90 grados 260 está conectado al engranaje de 90 grados 262 a través de un eje 261 (cojinetes para el árbol, montado en la barra 71, no mostrados en la figura). La salida del engranaje de 90 grados 262 hace rotar el árbol 75, que se monta en el cojinete 74. Los cojinetes 69 y 74 están montados en cada extremo de la barra 71. El árbol 75 está conectado a la segunda junta cardán 76, que a su vez está conectado al segundo árbol de conexión 77. La línea 263 entre los centros de las juntas cardán 67 y 76 debe ser paralela a la línea 264 entre el cruce de las líneas 266 y el segundo eje de rotación 181 y los cruces entre el primer eje de rotación 180 y el tercer eje de rotación 182. Al rotar el árbol 45 del cuarto actuador 46, rotará el segundo árbol de conexión 77. El segundo árbol de conexión 77 puede conectarse a continuación, por ejemplo, a la rueda de entrada de una transmisión por correa o a una transmisión por árbol, como en la Figura 8. El mecanismo con el cojinete 88 como en la Figura 5 para constreñir la transmisión de la junta cardán es necesario también en la Figura 19, pero no está incluido. Por supuesto, los dos engranajes de 90 grados 260 y 262 junto con el eje 261 pueden sustituirse por una transmisión por correa.

La Figura 17B ilustra una variante de la Figura 17A. En la Figura 17B, el cuarto actuador 46 está montado en el segundo brazo interior 18, lo que aumentará la inercia para el tercer actuador 3, pero simultáneamente la primera junta cardán 67 de la Figura 17A ya no es necesaria. Esta posibilidad de montar un actuador para controlar la rotación o la inclinación de la herramienta 44 puede usarse para todos los mecanismos de transmisión, aunque en los casos en que no se necesiten juntas cardán.

La Figura 17C ilustra otra variante de la realización de la Figura 17A. En la Figura 17C, se ilustra la posibilidad de montar el cuarto actuador 46 para el control de rotación o inclinación de la herramienta 44 en la junta 27. Como alternativa, el mismo puede realizarse en la junta 28 y puede utilizarse para accionar todos los tipos de mecanismos de transmisión conectados al eslabón exterior 23. En la Figura 17C el cuarto actuador 46 está montado mediante conexiones mecánicas 340a y 340b en los árboles 341a y 341b de la junta 27. Los árboles 341a y 341b giran en los cojinetes de junta 342a y 342b y, de este modo, el cuarto actuador 46 obtendrá la dirección del segundo árbol de conexión 77, que es también el árbol de salida 45 del cuarto actuador 46. Por supuesto, no es necesario usar los cojinetes 342a y 342b con los ejes 341a y 341b para conectar el cuarto actuador 46 al segundo brazo interior 18. En su lugar puede usarse un cojinete separado con el centro de rotación alineado con el eje 266 para conectar el cuarto actuador 46 con el segundo brazo interior 18.

La Figura 18 ilustra un diseño alternativo a la realización de la Figura 16. En mayor detalle, la realización de la Figura 18 ilustra una modificación del diseño de la Figura 16 con respecto al accionamiento del segundo eslabón interior 18 alrededor del árbol 182. En la Figura 18, la rotación alrededor del árbol 182 se obtiene mediante un husillo de bolas. Por tanto, un noveno actuador 249 hace rotar una tuerca 247 por medio de una rueda dentada 248, de modo que un husillo mueva el cojinete 245. El movimiento del cojinete 245 se transfiere al movimiento del cojinete 243 a través de un eslabón 244 y dado que el cojinete 243 está montado en una palanca 242, un árbol 235 rotará alrededor del eje de rotación vertical 182. El árbol 235 está montado en cojinetes 234a y 234b con un eje de rotación común que coincide con el tercer eje de rotación 182. Los cojinetes 234a y 234b están montados en una base (no mostrada) a través de las barras 233a y 233b. El segundo brazo interior 18 está montado sobre cojinetes 239a y 239b como en la Figura 19, y los cojinetes 239a y 239b están a su vez montados sobre un árbol 235 a través de los árboles 238a y 238b. Los cojinetes 239a y 239b tienen un eje de rotación común, que es perpendicular al tercer eje de rotación 182. Hay que decir que se necesita un cojinete lineal para el husillo de bolas 246. Las razones para usar una solución con un actuador de husillo de bolas son las posibles soluciones de ingeniería inteligentes y los componentes de bajo coste.

La Figura 19 ilustra un diseño alternativo a la realización de la Figura 18 con respecto al accionamiento de un segundo eslabón interior 18 alrededor del tercer eje de rotación 182. En la Figura 18, el husillo de bolas hace rotar el segundo eslabón interior 18 alrededor de un tercer eje de rotación 182 fijo, pero en la Figura 19 el husillo de bolas rota el segundo eslabón interior 18 alrededor del tercer eje de rotación 182 cuando el tercer eje de rotación 182 rota alrededor del primer eje de rotación 180. De este modo, el cojinete 16 de la Figura 18 no es necesario. Por tanto, el noveno actuador 249 hace rotar una tuerca 247 por medio de una rueda dentada 248, de modo que un husillo mueva el cojinete 245a. El movimiento del cojinete 245a se transfiere al movimiento del cojinete 245c a través de un eslabón 245b y dado que el cojinete 245c está montado en una palanca 245d, un árbol 243 rotará alrededor del tercer eje de rotación 182. El árbol 243 está montado en un cojinete 242a y hace rotar el segundo eslabón interior 18 alrededor del tercer eje de rotación 182. Los cojinetes 234a y 234b están montados en una base fija (no mostrada) a través de unas barras 233a y 233b. El segundo brazo interior 18 está montado sobre los cojinetes 239a y 239b y los cojinetes 239a y 239b están a su vez montados sobre el árbol 235 a través de los árboles 238a y 238b. El cojinete 242a se monta en el cojinete 242c a través de la fijación 242b. El primer eje de rotación 180 es el eje de rotación también para el cojinete 242c y el cojinete 242c está montado en el árbol 5 del segundo actuador 2 a través del árbol 242d. Por supuesto, el cojinete 242c también podría montarse directamente en la base fija (no mostrada) del brazo robótico. También puede ser posible usar un cojinete 242c de mayor diámetro y colocarlo a la izquierda del cojinete 242a y hacer que el husillo de bolas pase por dentro del cojinete 242c. Las razones para usar una solución con un actuador de husillo de bolas son las posibles soluciones de ingeniería inteligentes y los componentes de bajo coste.

La Figura 20 ilustra un brazo robótico de acuerdo con una duodécima realización de la divulgación. La duodécima

- realización ilustra la posibilidad de usar una solución con un husillo de bolas también para accionar un mecanismo de transmisión que incluye una transmisión por retrocarga y una transmisión de engranajes. Por tanto, la Figura 20 es una copia de la realización de la Figura 3, donde el cuarto actuador 46, el árbol 45 y la tercera palanca 47 se han sustituido por un husillo de bolas. La junta 32 se monta aquí directamente en el husillo de bolas, que se acciona mediante la rotación de la tuerca 247. Un noveno actuador 249 hace rotar la tuerca 247 mediante un engranaje 248. El mismo concepto de accionamiento con un husillo de bolas se puede utilizar si el mecanismo de engranaje 52 a 53 está montado en el primer eslabón interior 15 o si se utiliza una transmisión por eslabón único tal como en la Figura 2. En esta Figura, el actuador 249 hace rotar la herramienta 44 alrededor de un segundo eje de rotación 700.
- La Figura 21 ilustra un brazo robótico de acuerdo con una realización trece de la divulgación. Esta realización ilustra más posibilidades para usar un concepto de cojinete de rodamiento para el accionamiento del brazo robótico. La Figura 21 se basa en la Figura 4. En la Figura 21, tanto el primer actuador 1 como el segundo actuador 2 se sustituyen por conceptos de husillo de bolas como los mostrados en las Figuras 18 a 20. Un husillo de bolas 246 se conecta así para hacer rotar un árbol 4 a través de una palanca 250 y un eslabón 244. Cuando el noveno actuador 249 hace rotar un engranaje 248, una tuerca 247 rotará, el tornillo de rótula moverá una junta 245, el eslabón 244 transferirá este movimiento a una junta 243 y la palanca 250 hará rotar el árbol 4 alrededor del primer eje de rotación 180. Un décimo actuador 254 hará rotar un engranaje 253, que hace rotar una tuerca 252, que mueve un husillo de bolas 251 y una junta 21 moverá un eslabón 20, que hace que el primer eslabón exterior 23 rote alrededor del primer cojinete de conexión 31. El mecanismo de palanca comprende un husillo de bolas 251.
- La Figura 22 ilustra un diseño alternativo a la realización de la Figura 19. En mayor detalle, la Figura 22 ofrece un ejemplo más de cómo los extremos interiores del primer eslabón interior 15 y del segundo eslabón interior 18 pueden montarse en relación con una base mediante cojinetes y actuadores rotativos. Hay muchas posibilidades para montar los extremos interiores de los eslabones interiores 15, 18 en la base con respecto al eje de rotación 180, 182 y 185. Para obtener el rendimiento cinemático deseado, las posibilidades de orden de montaje del primer eje de rotación 180 y del tercer eje de rotación 182 implementados en serie, y del primer eje de rotación 180 y del sexto eje de rotación 185 implementados en serie, sin embargo, limitadas. Por tanto, es necesario que, o bien el primer eje de rotación 180 se implemente más cerca de la base que el tercer eje de rotación 182, y/o bien el primer eje de rotación 180 se implemente más cerca de la base que el sexto eje de rotación 185. Tanto el tercer eje de rotación 182 como el sexto eje de rotación 185 no pueden implementarse como más cercanos a la base. En las Figuras 1 - 14, 17, 19 y 21, el primer eje de rotación 180 se implementa mediante cojinetes o actuadores que se montan en la base tanto para el primer eslabón interior 15 como para el segundo eslabón interior 18. En las Figuras 16 y 18, el primer eje de rotación 180 se implementa en la base sólo para el primer eslabón interior 15. En este caso se necesita un cojinete 16, de lo contrario no será posible mantener el paralelismo del segundo eje de rotación 181 y del primer eje de rotación 180 en el espacio de trabajo.
- Para obtener la funcionalidad deseada, es también ventajosamente que un actuador esté conectado al extremo interior del primer eslabón interior 15 y/o al extremo interior del segundo eslabón interior 18 para hacer rotar los eslabones interiores 15, 18 alrededor del primer eje de rotación 180. Con respecto al primer eje de rotación 180, un actuador puede estar conectado al extremo interior del primer eslabón interior 15 o al extremo interior del segundo eslabón interior 18, o el actuador puede tener un árbol que llegue a ambos extremos interiores del primer eslabón interior 15 y del segundo eslabón interior 18. Con respecto al tercer eje de rotación 182 y al sexto eje de rotación 185, un actuador está conectado al extremo interior del primer eslabón interior 15 o al extremo interior del segundo eslabón interior 18. Por supuesto, también se puede conectar un actuador tanto al extremo interior del primer eslabón interior 15 como al extremo interior del segundo eslabón interior 18 mediante, por ejemplo, una transmisión por correa.
- En la Figura 22, el primer actuador 1 hace rotar el segundo eslabón interior 18 alrededor del primer eje de rotación 180 mediante el árbol 4 y las extensiones 240a y 240b. Puesto que el tercer eje de rotación 182 se implementa como fijo a la base por medio del árbol 235, el cojinete 234 y la extensión 233a, se necesita un cojinete 16 para el segundo eslabón interior 18. El tercer actuador 3 hace rotar el primer eslabón interior 15 alrededor del sexto eje de rotación 185 y el primer eslabón interior 15 rota alrededor del primer eje de rotación 180 por medio del cojinete 239, que se fija a la base mediante el eje 238 y la extensión 233b. El tercer actuador 3 está montado en el cojinete 239 a través de las extensiones 241b y 240b.
- La Figura 23A ilustra un brazo robótico de acuerdo con una decimocuarta realización de la divulgación. En mayor detalle, la Figura 23A ilustra una alternativa a la Figura 3 para aumentar el intervalo de inclinación de la herramienta 44. En la Figura 3 se utiliza un tren de engranajes para aumentar el intervalo de inclinación de la herramienta y en la Figura 23A se ha sustituido el mecanismo de engranajes por un mecanismo de varillaje, que tiene las ventajas de que no necesita lubricación de la caja de engranajes y de que la inclinación de la herramienta se combina con un movimiento de la misma para aumentar su accesibilidad. En la Figura 3 también hay una transmisión por retrocarga y, por supuesto, un mecanismo de este tipo también puede usarse en la Figura 23A. La estructura de base de la Figura 23A con el primer eslabón interior 15 y el segundo eslabón interior 18 y el primer árbol de conexión 29 es la misma que en la Figura 2. El eslabón 20 se monta ahora por encima del paralelogramo formado por los eslabones 15 y 18 y, por tanto, la palanca interior 19 trabaja hacia arriba y el primer eslabón exterior 23 se conecta a una junta 501a mediante una séptima palanca 501. Esto aumentará la accesibilidad del primer eslabón exterior 23 con respecto al entorno. El mecanismo con la cinemática mostrada en la Figura 23B está montado en el extremo del primer eslabón

exterior 23. Este mecanismo es accionado por un undécimo actuador 320 con un árbol de salida 321, sobre el que se monta una palanca 322 de ocho brazos. La junta 32 está montada en la palanca de ocho 322 y mediante el eslabón interior 33, la junta 34, la primera palanca 35a-35b y el segundo cojinete de conexión 36, la segunda palanca 37 rotará hacia arriba y hacia abajo alrededor del segundo eje de rotación 181 cuando la octava palanca 322 rote alrededor del primer eje de rotación 180. El segundo cojinete de conexión 36 está montado en el primer árbol de conexión 29. La rotación hacia arriba y hacia abajo de la segunda palanca 37 hará que una palanca basculante 300 también rote hacia arriba y hacia abajo alrededor de un primer árbol de barra 312a. El primer árbol de barra 312a puede montarse en diferentes direcciones en función de la dirección en la que se necesite la inclinación en la aplicación. En la figura, la dirección de la línea central del primer árbol de barra 312a está en el plano X_w/Y_w entre los ejes X_w e Y_w del sistema de coordenadas mundial. Una barra basculante 302 está conectada a un primer cojinete de barra 301, que está montado en el primer árbol de barra 312a. La barra basculante 302 también está conectada a la palanca basculante 300. Girando la palanca basculante 300, por ejemplo, hacia abajo, rotará por tanto la barra basculante 302 alrededor del primer eje de la barra 312a hacia la derecha. Un segundo cojinete de barra 303 está montado en el extremo inferior de la barra basculante 302 y un segundo árbol de barra 304 está montado en el segundo cojinete de barra 303. El segundo árbol de barra 304 está conectado a una barra 305 a través de una novena palanca 309, un primer cojinete de barra 310, un eslabón 307 y un segundo cojinete de barra 306. Este diseño de varillaje entre la barra 305 y el segundo árbol de barra 304 dará al segundo árbol de barra 304 una rotación en la misma dirección que la rotación de la barra basculante 302 cuando se rote la palanca basculante 300. Y como consecuencia, la herramienta 44 con un portaherramientas o un árbol de herramienta 311 rotará aproximadamente el doble del ángulo de rotación de la palanca basculante 300, ya que la rotación de la herramienta 44 será la suma de la rotación de la barra basculante 302 y la rotación del segundo árbol de barra 304. La barra 305 está montada en el primer eslabón exterior 23. El árbol 312, a través del primer árbol de barra 312a, se monta también en el primer eslabón exterior 23. El mecanismo basculante está configurado para transferir un movimiento basculante de la palanca basculante 300 a un movimiento basculante correspondientemente incrementado de la herramienta 44. Los movimientos basculantes son en la misma dirección. Por tanto, el mecanismo de junta amplía el movimiento de la palanca basculante 300 al movimiento del árbol de herramienta 311. El primer cojinete de barra 310 y el segundo cojinete de barra 306 están dispuestos en lados diferentes de un plano definido por el eje de rotación del segundo árbol de barra 304 y el primer árbol de barra 312a. En esta figura el undécimo actuador 320 rota la herramienta 44 alrededor de dos ejes de rotación 502/503 de la herramienta, donde ambos ejes están situados en el plano horizontal y, por tanto, son del tipo de un segundo eje de rotación. La rotación total de la herramienta 44 es la suma de las rotaciones alrededor de los ejes 502 y 503.

La Figura 23B ilustra la cinemática del mecanismo basculante para la rotación de la herramienta de la Figura 23A. Las líneas continuas muestran el estado de la cinemática cuando el portaherramientas o el árbol de herramienta 311 está en orientación vertical. Las líneas discontinuas muestran la cinemática tras una rotación de la palanca basculante 300. La numeración de los componentes es la misma que en la Figura 23A. La figura superior muestra cuando la palanca basculante 300 rota hacia arriba un ángulo 390. Como resultado, el eslabón 307 rotará el mismo ángulo y un segundo cojinete de barra 303 se desplazará a la posición 303r. Debido a la barra basculante 302, la novena palanca 309 rotará con respecto al eslabón 307 hacia arriba y el cojinete 310 se desplazará a la posición 310r. Esto significa que la herramienta 44 rotará y se moverá a lo largo de la línea 391 para obtener la orientación y la posición 44r. La figura inferior de la Figura 23B muestra la cinemática correspondiente cuando la palanca basculante 300 rota hacia abajo el ángulo 392. A continuación, la herramienta 44 rotará y se desplazará a lo largo de la línea 393 a 44r. La rotación y el movimiento combinados de la herramienta 44 pueden utilizarse para alcanzar espacios restringidos con la herramienta 44, por ejemplo, en aplicaciones de alimentación de máquinas. A continuación, será posible adaptar las relaciones de longitud entre el portaherramientas o el árbol de herramienta 311, el eslabón 307 y el eslabón 23 y el eslabón 324 para adaptarse a la geometría de la máquina que se va a tender.

La Figura 24 ilustra parte de un brazo robótico de acuerdo con una decimocuarta realización de la divulgación, que incluye un mecanismo basculante similar al de la Figura 23B. La Figura 24 ilustra cómo la cinemática de la mecánica de la Figura 23B puede usarse también en el caso de que el primer eje de rotación 180 sea vertical (paralelo al eje Z_w) y de que el primer cojinete de barra 301 esté montado directamente en la palanca interior 19. Ahora una barra basculante 632, similar a la barra basculante 302 de la Figura 23, sustituye al primer eslabón exterior 23 en la Figura 23A y el segundo actuador 2 se utiliza para rotar la barra basculante 632 a través de la palanca interior 19, la junta 21, el eslabón 20, la junta 22 y la séptima palanca 501. Un eje central 181b del portaherramientas o árbol de herramienta 311b se monta para estar en paralelo con el primer eje de rotación 180 y por lo tanto, siempre será paralelo con el eje Z_w como para un robot tipo SCARA. La cinemática del mecanismo controlado por la séptima palanca 501 es la misma que se describe en la Figura 23B, lo que significa que la herramienta puede, por ejemplo, buscar objetos detrás de un pilar o una pared compleja. Si la séptima palanca 501 está montada en la barra basculante 302 (en la figura en el anillo exterior del primer cojinete de barra 301, que está montado en la barra basculante 632) como en la Figura 23B, el robot tendrá una función llamada de flexión hacia atrás, lo que significa que la herramienta 44 puede buscar objetos tanto a la izquierda como a la derecha del plano definido por los eslabones 15 y 18.

La Figura 25A ilustra un brazo robótico de acuerdo con una decimosexta realización. En mayor detalle, la Figura 25A ilustra la posibilidad de obtener tanto la inclinación como la rotación de la herramienta 44 al usar el mecanismo descrito en la Figura 23B. Para mayor claridad del dibujo, el eslabón 20 trabaja ahora por debajo del plano definido por los eslabones 15 y 18, por lo demás, la estructura de base es la misma que en la Figura 23A. La estructura del undécimo actuador 320 hasta la segunda palanca 37 es también la misma que en la Figura 23A. Sin embargo, se han introducido

nuevos conceptos para controlar el mecanismo basculante de la Figura 23B. Por tanto, la palanca basculante 300 está ahora conectada a la segunda palanca 37 mediante un eslabón 329, un mecanismo de árbol 326 (326a - 326b) y el eslabón 324. El árbol 312 del mecanismo basculante está montado mediante un soporte 398 en un tubo 343, que es rotado por un primer amplificador de rotación 342. La Figura 25C ilustra un mecanismo basculante de acuerdo con algunas realizaciones de la divulgación. El mecanismo de árbol 326 se muestra en la Figura 25C. El mismo comprende dos partes de árbol, una primera parte de árbol 326a y una segunda parte de árbol 326b, conectadas por un cojinete 348 cuyo centro de rotación coincide con los centros coincidentes de las partes de árbol 326a y 326b. Las partes de árbol 326a y 326b están montadas para deslizarse dentro del tubo 343 mostrado a la derecha en la Figura 25C. La primera parte de árbol 326a tiene un corte 349 a lo largo de su superficie y el tubo 343 tiene un macho 350 diseñado para pasar por el corte 349. Como alternativa, en su lugar podría haber un corte a lo largo de la parte inferior del tubo 343 y un macho en la primera parte de árbol 326a. Con esta disposición, la primera parte de árbol 326a rotará con el tubo 343. Sin embargo, la segunda parte de árbol 326b no rotará y, por lo tanto, podrá fijarse al eslabón 324. Si el eslabón 324 no podrá evitar que la segunda parte de árbol 326b tenga alguna rotación, por encima del tubo 343 puede añadirse un mecanismo de cerradura de rotación para la segunda parte de árbol 326b. En este momento, observando la Figura 25A, la segunda parte de árbol 326b está conectada a la segunda palanca 37 a través de una junta 325, el eslabón 324 y una junta 323 y la primera parte de árbol 326a está conectada a la palanca basculante 300 mediante un pasador 327, una junta 328, el eslabón 329, una junta 359 y una décima palanca 356. Por tanto, el undécimo actuador 320 rotará la palanca basculante 300 alrededor del árbol 312 e inclinará la herramienta 44 de acuerdo con la cinemática de la Figura 23B. Por tanto, el undécimo actuador 320 hace rotar la herramienta 44 alrededor de dos ejes de rotación 502/503 del tipo de un segundo árbol de herramienta, compárese con la Figura 23A. Un duodécimo actuador 335 hace rotar un árbol 336, que hace rotar una undécima palanca 337, que hará rotar una duodécima palanca 341 a través de una junta 338, un eslabón 339 y una junta 340. Cuando la duodécima palanca 341 rota, el primer amplificador de rotación 342, que incluye una transmisión como, por ejemplo, el mecanismo de engranajes de la Figura 25B para hacer que el tubo 343 rote en un ángulo mayor que la palanca 341, rotará el tubo 343 y el mecanismo basculante rotará ya que está montado en el tubo 343 a través del soporte 398. Dado que la primera parte de árbol 326a rotará con el tubo 343 de acuerdo con el mecanismo descrito con respecto a la Figura 25C, la transmisión 327-328-329-359-356 seguirá la rotación del mecanismo basculante y la inclinación será independiente de la rotación. El concepto demostrado en la Figura 25C permitirá obtener un rendimiento basculante completo de acuerdo con la Figura 23B en todas las direcciones. Será muy útil para coger o colocar objetos colgados o inclinados. El amplificador de rotación 342 puede basarse en diferentes conceptos que incluyen engranajes y/o estructuras de eslabón. Un ejemplo de estructura de eslabón amplificador de rotación es un mecanismo de retrocarga, por ejemplo, de acuerdo con la solicitud de patente internacional PCT/EP2020/063573. Por tanto, el duodécimo actuador 335 hace rotar la herramienta 44 alrededor de un primer eje de rotación 505 de la herramienta (véase 505 en la Figura 26). Por supuesto, se pueden usar distintos conceptos de engranaje. La Figura 25B ilustra esquemáticamente un ejemplo de engranaje compacto de acuerdo con algunas realizaciones de la divulgación. La duodécima palanca 341 está montada sobre un anillo 395. El interior del anillo tiene dientes de engranaje, que engranan un engranaje interior 397, montado en el tubo 343.

La Figura 26 ilustra un brazo robótico de acuerdo con una decimoséptima realización de la divulgación. En mayor detalle, la Figura 26 ilustra la misma estructura principal que la de la Figura 23A, pero aquí el mecanismo de basculación de la Figura 23B ha sido sustituido por un segundo amplificador de rotación 332, que puede ser idéntico al primer amplificador de rotación 342. Por tanto, la décima palanca 356, que engrana el segundo amplificador de rotación 332 está conectado mediante el eslabón 329 a la primera parte de árbol 326a. Al rotar la segunda palanca 37 se rotará la décima palanca 356 como se hace de acuerdo con la descripción de la Figura 25A y Figura 25C. La rotación de la décima palanca 356 producirá una rotación amplificada de un árbol 333 y de este modo de la herramienta 44. El segundo amplificador de rotación 332 está montado en el tubo 343 mediante un soporte 345. Al rotar la duodécima palanca 341, se rotará el primer amplificador de rotación 342 y debido al mecanismo de acuerdo con la Figura 25C, el primer árbol de conexión 29 y la décima palanca 356 seguirán la rotación y la herramienta 44 podrá rotar independientemente alrededor del árbol 333 y del tubo 343. Por tanto, el undécimo actuador 320 hace rotar la herramienta 44 alrededor de un segundo eje de rotación 504. El duodécimo actuador 335 hace rotar la herramienta 44 alrededor de un primer eje de rotación 505. Una ventaja de este diseño en relación con el diseño de la Figura 25A es que se puede obtener una mayor amplificación de la rotación

La Figura 27 ilustra un brazo robótico de acuerdo con una decimotercera realización de la divulgación. En mayor detalle, la Figura 27 muestra una forma más de usar el concepto de la Figura 25C para obtener la inclinación y la rotación de la herramienta 44 independientes entre sí. Aquí se utiliza una solución de cremallera y piñón con una cremallera 400 montada directamente en una parte del eje 226a y un piñón 401 montado en un árbol 401/402, que se monta sobre un cojinete 403. El cojinete 403 está conectado al tubo 343 a través de un soporte 404. Al rotar el tubo 343 rotarán tanto la cremallera como el piñón, y la herramienta 44 podrá inclinarse en cualquier dirección mediante la disposición de cremallera y piñón. Esta figura muestra también un concepto diferente para acoplar el primer amplificador de rotación 342. El duodécimo actuador 335 hace rotar ahora un árbol 405 paralelo al segundo eslabón interior 18. El duodécimo actuador 335 está montado en el segundo eslabón interior 18 y el árbol 405 está soportado por un cojinete 406, que también está montado en el segundo eslabón interior 18. Una decimotercera palanca 407 está montada en el árbol 405 en ángulo, por ejemplo, 90 grados, para obtener un movimiento de vaivén de la decimotercera palanca 407. La decimotercera palanca 407 engrana el primer amplificador de rotación 342 haciendo rotar la palanca 341. La decimotercera palanca 407 está conectada a la duodécima palanca 341 mediante una junta 408, un eslabón 409 y la

junta 340. Por supuesto, este concepto para acoplar el primer amplificador de rotación 342 puede utilizarse también en los casos ilustrados en la Figura 24A y en la Figura 26. Por tanto, el undécimo actuador 320 hace rotar la herramienta 44 alrededor de un segundo eje de rotación 506. El duodécimo actuador 335 hace rotar la herramienta 44 alrededor de un primer eje de rotación 505.

5 La Figura 28 ilustra un brazo robótico de acuerdo con una decimonovena realización de la divulgación. En las Figuras 25A a 27, el DOF de rotación es cinemáticamente anterior al DOF de inclinación. La Figura 28 muestra un ejemplo del caso contrario con inclinación antes de la rotación. Un primer amplificador de rotación 361 hace rotar un segundo amplificador de rotación 380 a través de un árbol 362. El primer amplificador de rotación 361 está montado en un eslabón 23a y un eslabón 384 a través de una barra 382 y una barra 383. El eslabón 384 es paralelo al eslabón 23a y está montado en el primer árbol de conexión 29 con un cojinete 399. La finalidad del eslabón 384 es hacer más rígido el montaje de las estructuras basculante y rotación de la herramienta. El undécimo actuador 320 hará rotar la segunda palanca 37 y a través de la junta 323, el eslabón 324 y la junta 325, otra palanca 358 rotará y de este modo el árbol 362 y el segundo amplificador de rotación 380. El segundo amplificador de rotación 380 está accionado por una decimocuarta palanca 379, que está conectada a una decimoquinta palanca 375 a través de una junta 378, un eslabón 377 y una junta de receptáculo 376. Cuando el primer amplificador de rotación 361 hace rotar el segundo amplificador de rotación 380 alrededor de un árbol 363 (eje de rotación del árbol 362), la junta 378 hará un círculo alrededor del árbol 363. Dado que la junta de receptáculo 376 está montada cerca del árbol 363, la dependencia del DOF de rotación con respecto al DOF de inclinación será débil. La decimoquinta palanca 375 está montada sobre un árbol 372, que rota en un cojinete 373 y otro cojinete 374. El cojinete 373 está montado en el eslabón 384 mediante una barra 385 y una barra 386 y el otro cojinete 374 está montado en el eslabón 384 mediante una barra 387 y una barra 388. El árbol 372 es rotado por un decimotercer actuador 364 a través de un árbol 365, una decimosexta palanca 366, una barra distanciadora 367, una junta 368, un eslabón 369, una junta 370 y una decimoséptima palanca 371. Por tanto, la rotación del árbol 365 hará rotar un portaherramientas 381 y la herramienta 44 casi independientemente de la inclinación obtenida al acoplar el primer amplificador de rotación 361 con el undécimo actuador 320. Por ende, el undécimo actuador 320 hace rotar la herramienta 44 alrededor de un segundo eje de rotación 363. El decimotercer actuador 364 hace rotar la herramienta 44 alrededor de un primer eje de rotación 507.

30 En las Figuras 25A, 26 y 17 el primer amplificador de rotación 342 se coloca con un desplazamiento desde el segundo eje de rotación 181, principalmente para facilitar la comprensión de las figuras. Con el fin de obtener un mayor intervalo de trabajo de la transmisión entre la rotación de la undécima palanca 337 y la duodécima palanca 341 con respecto al espacio de trabajo posicional de la herramienta 44, el amplificador de rotación debe estar lo más cerca posible del segundo eje de rotación 181. En la Figura 28, la decimoséptima palanca 371 se ha colocado más cerca del segundo eje de rotación 181. Sin embargo, la eficacia de transmisión entre la barra distanciadora 367 y la decimoséptima palanca 371 en la Figura 28 seguirá siendo baja en los límites del espacio de trabajo posicional de la herramienta 44.

40 La Figura 29 ilustra una parte de un brazo robótico de acuerdo con una vigésima realización de la divulgación. En mayor detalle, la Figura 29 ilustra una forma de perfeccionamiento de la transmisión a la decimoséptima palanca 371 mediante una sexta junta cardán 414 y una séptima junta cardán 420. La Figura 29 es prácticamente igual a la parte de la Figura 28, sobre la que se ha montado la solución de transmisión con las juntas cardán 414 y 420. Por tanto, el decimotercer actuador 364 está montado en el primer eslabón interior 15 a través de una barra distanciadora 410. El decimotercer actuador 364 hace rotar un eje de rotación 411, que se monta sobre un cojinete 412. El cojinete 412 también está montado en el primer eslabón interior 15 a través de una barra distanciadora 413. Para obtener la máxima eficacia de transmisión, el árbol 411 debe estar paralelo al primer eslabón interior 15. La sexta junta cardán 414 está montada en el extremo de la extremidad del árbol 411 de tal manera que el centro de la sexta junta cardán 414 está en un eje de rotación 419. El eje de rotación 419 es el eje de rotación de la junta 28. La salida de la sexta junta cardán 414 hace rotar un árbol 415, que se monta sobre un cojinete 416. El cojinete 416 está montado mediante las barras 417 y 418 en la parte de la junta 28 que está montada en el primer árbol de conexión 29. Como alternativa, las barras 417 y 418 pueden montarse directamente en el primer árbol de conexión 29. La séptima junta cardán 420 está montada en el árbol 415 y hace rotar un árbol 422. La séptima junta cardán 420 está montada de tal manera que su centro se encuentra sobre un eje de rotación 421. El eje de rotación 421 es el eje de rotación del primer cojinete de conexión 31, alrededor del cual rota el primer eslabón exterior 23. El árbol 422 está montado en un cojinete 423, que se monta en el primer eslabón exterior 23 mediante una barra 424. Una decimooctava palanca 425 está montada en ángulo recto sobre el árbol 422 y hace rotar el árbol 372 a través de una junta 426, un eslabón 427, la junta 370 y la decimoséptima palanca 371. El árbol 372 (compárese con la Figura 28) está montado en el cojinete 373, que a su vez está montado en el primer eslabón exterior 23 mediante una barra 428. El efecto de la sexta junta cardán 414 es que la rotación del árbol 411 se transmite a un árbol 415, de modo que la rotación del primer eslabón interior 15 con respecto al eje 29 alrededor del eje de rotación 419 no tendrá ninguna influencia sobre la rotación del árbol 415. Del mismo modo, la séptima junta cardán 420 hace que la transmisión de la rotación del árbol 415 al árbol 422 sea independiente de la rotación del primer eslabón exterior 23. Por tanto, la transmisión entre el árbol 422 y el árbol 372 es independiente de la posición de la herramienta 44 (véase Figura 28) y además utiliza una transmisión con un eslabón 427, puede usarse una transmisión de engranajes de 90 grados (véase, por ejemplo, la Figura 10). También hay que señalar que es posible usar una segunda transmisión del mismo tipo montada en el segundo eslabón interior 18 con una junta cardán correspondiente a la sexta junta cardán 414 que tiene su centro en el eje de rotación de la junta en el extremo del segundo eslabón interior 18. De esta forma es posible utilizar el concepto para controlar simultáneamente 2 DOF para la rotación de la herramienta.

La Figura 30 ilustra una parte de un brazo robótico de acuerdo con una vigesimoprimer realizaci3n de la divulgaci3n. En mayor detalle, la Figura 30 ilustra c3mo es posible obtener la misma funcionalidad de transmisi3n que en la Figura 29 con una sola junta card3n si se monta de tal manera que su centro est3 donde el eje de rotaci3n 419 cruza el eje de rotaci3n 421. Por tanto, el primer cojinete de conexi3n 31 se monta ahora de tal manera que su centro de rotaci3n coincide con el centro de una junta card3n de ocho dientes 438. El primer cojinete de conexi3n 31 se monta ahora en las barras 446 y 447, que se montan en el primer 3rbol de conexi3n 29 (oculto en la figura, v3ase, por ejemplo, la Figura 29, donde se ve el primer 3rbol de conexi3n 29). Un 3rbol 445 para el primer cojinete de conexi3n 31 est3 montado entre las barras 446 y 447, que se introducen para conseguir que el eje de rotaci3n 421 pase por el centro de la octava junta card3n 438. La octava junta card3n 438 est3 montada en el 3rbol 411 y acciona un 3rbol 440. El 3rbol 440 est3 montado sobre un cojinete 441, que se monta en el primer eslab3n exterior 23 a trav3s de las barras 442, 443 y 444. La segunda palanca 37 est3 montada en 3ngulo recto con respecto al 3rbol 440 y mueve el eslab3n 324 (comp3rese, por ejemplo, con la Figura 27) hacia arriba y hacia abajo a trav3s de la junta 323. Como en la Figura 29, el 3rbol 411 es rotado por el decimotercer actuador 364 y pasa por el cojinete 412. Tanto el decimotercer actuador 364 como el cojinete 412 est3n montados en el primer eslab3n interior 15 a trav3s de las barras distanciadoras 410 y 413 respectivamente. La ventaja de la soluci3n de la Figura 30 en relaci3n con la Figura 29 es, por supuesto, que s3lo se necesita una junta card3n, pero el espacio de trabajo ser3 algo m3s limitado cuando los eslabones 15 y 23 est3n simult3neamente en sus 3ngulos m3ximos. En cuanto al concepto de la Figura 29, tambi3n en este caso puede montarse una segunda transmisi3n del mismo tipo en el segundo eslab3n interior 18.

La Figura 31 ilustra un brazo rob3tico de acuerdo con una vigesimosegunda realizaci3n de la divulgaci3n. En mayor detalle, la Figura 31 ilustra c3mo el mecanismo basculante de las Figuras 23A y 23C puede utilizarse junto con el concepto de transmisi3n de la Figura 30 para obtener la inclinaci3n de la herramienta junto con la rotaci3n infinita de la herramienta. La estructura b3sica con el paralelogramo accionado formado por los eslabones 15 y 18 es la misma que la de la Figura 30. Del mismo modo que en la Figura 30, el decimotercer actuador 364 y el cojinete 412 est3n montados en el primer eslab3n interior 15 por medio de las barras distanciadoras 410 y 413, respectivamente, y la octava junta card3n 438 est3 montada en el 3rbol rotativo 411. La octava junta card3n 438 est3 montada con su centro de rotaci3n en el punto de cruce de los ejes de rotaci3n 419 y 421. El eje de rotaci3n 419 es el eje de rotaci3n de los cojinetes de la junta 28, que est3 montado entre el primer eslab3n interior 15 y el primer 3rbol de conexi3n 29 (no se ve en la figura, v3ase en su lugar la Figura 29). El eje de rotaci3n 421 es el eje de rotaci3n del primer cojinete de conexi3n 31, sobre el que est3 montado el primer eslab3n exterior 23. El primer cojinete de conexi3n 31 est3 montado con un desplazamiento respecto al segundo eje de rotaci3n 181 entre los extremos de los eslabones 15 y 18. Este desplazamiento se consigue mediante las barras 446 y 447, que se montan en las juntas 28 y 27 respectivamente. El primer cojinete de conexi3n 31 est3 montado sobre un 3rbol 445 entre las barras 446 y 447. El primer eslab3n exterior 23 puede oscilar libremente entre las barras. La octava junta card3n 438 acciona el 3rbol 440, que rota en el cojinete 441. El cojinete 441 est3 montado en el primer eslab3n exterior 23 a trav3s de las barras 444, 443 y 442. Un engranaje angular 463 est3 montado en el 3rbol 440 y hace rotar un 3rbol 466. El 3rbol 466 est3 montado en los cojinetes 464 y 467. El cojinete 464 est3 montado en el primer eslab3n exterior 23 a trav3s de las barras 465, 443 y 442. El cojinete 467 est3 montado en el primer eslab3n exterior 23 a trav3s de las barras 468, 469 y 470. Una novena junta card3n 471 est3 montada en el extremo inferior del 3rbol 466 y est3 montada de tal manera que su centro de rotaci3n est3 en el eje de rotaci3n 474 del primer cojinete de barra 301 del mecanismo basculante. La novena junta card3n 471 acciona un 3rbol 472, que se monta en el cojinete 473. El cojinete 473 est3 montado en la barra basculante 302 del mecanismo basculante. Dado que la barra basculante 302 del mecanismo basculante oscila como m3ximo +/- 50 grados (v3ase Figura 23B) en relaci3n con el primer 3rbol de barra 312a, que est3 montado en el eslab3n 23, el intervalo del 3ngulo de la junta card3n est3 dentro de su intervalo de trabajo. Una d3cima junta card3n 475 est3 montada en el extremo inferior al 3rbol 472 y acciona el 3rbol de herramienta 311. La d3cima junta card3n 475 est3 montada para tener su centro de rotaci3n en el eje de rotaci3n 477 del segundo cojinete de barra 303 del mecanismo basculante. El 3rbol de herramienta 311 est3 montado en el cojinete 476, que se monta en el segundo 3rbol de barra 304 del mecanismo basculante a trav3s de la barra 477. Dado que el segundo 3rbol de barra 304 del mecanismo basculante rota no m3s de +/- 50 grados (v3ase Figura 23B) en relaci3n con la barra basculante 302, el intervalo del 3ngulo de la junta card3n est3 dentro de su intervalo de trabajo. La herramienta 44 est3 montada en el extremo del 3rbol de herramienta 311 y por lo tanto puede ser controlada para rotar por el decimotercer actuador 364 sin ning3n l3mite de 3ngulo de rotaci3n.

Para accionar el mecanismo basculante se ha montado en el segundo eslab3n interior 18 una transmisi3n similar a la del primer eslab3n interior 15. Por tanto, un decimocuarto actuador 450 hace rotar un 3rbol 452, que se monta en el cojinete 453. El decimocuarto actuador 450 est3 montado en el segundo eslab3n interior 18 mediante la barra de desplazamiento 451 y el cojinete 453 est3 montado en el segundo eslab3n interior 18 con la barra de desplazamiento 454. Una und3cima junta card3n 455 se monta en el extremo izquierdo del 3rbol 452 de tal manera que el centro de la und3cima junta card3n 455 se encuentra en el punto de cruce entre los ejes de rotaci3n 421 y 456. El eje de rotaci3n 421 est3 definido por el eje de rotaci3n del primer cojinete de conexi3n 31 y el eje de rotaci3n 456 est3 definido por el eje de rotaci3n de la junta 27. La und3cima junta card3n 455 acciona el 3rbol 456, que rota en el cojinete 457. El cojinete 457 est3 montado en el primer eslab3n exterior 23 a trav3s de las barras 461, 462 y 442. Una decimonovena palanca 458 est3 montada en el 3rbol 456 y engrana el mecanismo basculante a trav3s de la junta 459, el eslab3n 460, la junta 325 y la palanca basculante 300. Al rotar el 3rbol 452 mediante el decimocuarto actuador 450, se activar3 el mecanismo basculante de acuerdo con la Figura 23B. Cuando el mecanismo basculante inclina la herramienta 44, el mecanismo de rotaci3n con las juntas card3n 471 y 475 transmitir3 una rotaci3n a la herramienta 44 independiente

del ángulo de inclinación. Por tanto, el decimocuarto actuador 450 hace rotar la herramienta 44 alrededor de dos ejes de rotación 474/477, que son del tipo de segundo eje de rotación de la herramienta. El decimotercer actuador 364 hace rotar la herramienta 44 alrededor de un primer eje de rotación 508 de la herramienta.

5 La Figura 32 ilustra un brazo robótico de acuerdo con una vigesimotercera realización de la divulgación. En mayor detalle, la Figura 32 ilustra la posibilidad de utilizar el concepto de transmisión de las Figuras 30 y 31 para hacer rotar una herramienta que tiene la estructura básica mostrada en la Figura 23A. La Figura 32 ilustra también la posibilidad de montar el árbol 411 debajo del primer eslabón interior 15, lo que dará más espacio alrededor de la junta 28. La estructura superior con el paralelogramo accionado formado por los eslabones 15 y 18 y la junta para controlar el ángulo de inclinación de la herramienta es la misma que en la Figura 23A. La inclinación de la herramienta se realiza alrededor de un eje de rotación 480, que es el eje de rotación de un cojinete 483, montado en el primer eslabón exterior 23 mediante una barra 484. El undécimo actuador 320 hace que la segunda palanca 37 rote alrededor del segundo eje de rotación 181 y a través de un eslabón 324 se accionan las barras 481, 482 y 485 para que roten (se inclinen) alrededor del árbol 480. Para rotar la herramienta 44 independientemente de la inclinación, se monta una junta cardán en el árbol 466 de tal manera que el centro de la junta está en el árbol 480. El décimo cardán 475 es accionado por el decimotercer actuador 364, montado en la barra distanciadora 410 por debajo del primer eslabón interior 15. El actuador hace rotar un árbol 411, que se monta sobre un cojinete 412. El cojinete 412 está montado en el lado inferior del eslabón con la barra distanciadora 413. La octava junta cardán 438 se monta en el extremo del árbol 411 con el centro de la octava junta cardán 438 situado en la cruz formada entre los ejes de rotación 187 y 421. El árbol 187 está definido por el eje de rotación de los cojinetes de la junta 28 y el árbol 421 está definido por el eje de rotación del primer cojinete de barra 301, sobre el que está montado el primer eslabón exterior 23. Como puede verse, el eje de rotación 421 está ahora por debajo del segundo eje de rotación 181 para hacer posible que el árbol 411 esté por debajo del primer eslabón interior 15 y, por lo tanto, la octava junta cardán 438 por debajo de la junta 28. Para tener el eje de rotación 421 por debajo del segundo eje de rotación 181, se introducen las barras verticales 493 y 494. Las mismas se montan en el primer árbol de conexión 29, que tiene un hueco entre los puntos de montaje de las barras 493 y 494 (como en la Figura 31, pero no es tan evidente en la Figura 31 como en la Figura 32). Si la junta 22 del eslabón 20 está montada directamente en el primer eslabón exterior 23 en lugar de en la palanca basculante 300 y si el eslabón trabaja a continuación preferentemente por debajo del paralelogramo que incluye los eslabones 15 y 18, el hueco en el primer árbol de conexión 29 no es necesario en el diseño de la Figura 32, lo que podría significar un diseño más rígido. Las barras 493 y 494 de acuerdo con la Figura 32 están por tanto en su extremo superior montadas sobre las partes del primer árbol de conexión 29 y en el otro extremo están montadas sobre un árbol 492, sobre el que rota el primer cojinete de barra 301. La octava junta cardán 438 acciona el engranaje angular 463. La rueda dentada de entrada está montada en el árbol 440, que rota en el cojinete 441. El cojinete 441 se monta en este lado del engranaje para que el árbol 466 esté lo más cerca posible del plano definido por los ejes de rotación 421 y 181, de modo que el intervalo de trabajo de la décima junta cardán 475 sea lo más simétrico posible alrededor de la dirección vertical del árbol de la herramienta 311. El cojinete 441 está montado en el primer eslabón exterior 23 a través de las barras 488, 489, 490 y 491. La rueda dentada de salida del engranaje angular 463 está montada en el árbol 466, que rota se monta en los cojinetes 464 y 467. El cojinete 464 está montado en el primer eslabón exterior 23 a través de las barras 490 y 491 y el cojinete 467 está montado en el primer eslabón exterior 23 a través de las barras 486 y 487. Por supuesto, el primer cojinete de barra 301 para el primer eslabón exterior 23 debe montarse cerca de la junta 187 para no necesitar las barras largas 485, 486 y 490. La barra 484 se utiliza para compensar el desplazamiento entre el árbol 466 y el plano definido por los ejes de rotación 181 y 421. En su lugar es posible montar un árbol 499 para inclinar hacia el plano de los ejes de rotación 181 y 421. Por supuesto, hay muchas formas de modificar el diseño, por ejemplo, el segundo cojinete de conexión 36 puede montarse en el árbol 492 en lugar del primer árbol de conexión 29. En este momento, al rotar el árbol 466 rotará la décima junta cardán 475, que a su vez hará rotar el árbol de herramienta 311. Cuando el eslabón 324 a través de la junta 325 hace rotar las barras 481, 482 y 485 alrededor del eje de rotación 480 del cojinete 483, el árbol de herramienta y, por lo tanto, la herramienta 44 se inclinarán mientras que la décima junta cardán 475 hará rotar la herramienta 44. Por supuesto, también en este caso como en la Figura 31, en lugar de la transmisión que incluye el eslabón interior 33 de esta figura, puede utilizarse una transmisión rotativa con el árbol 452 como en la Figura 31. Por tanto, el undécimo actuador 320 hace rotar la herramienta 44 alrededor de un segundo eje de rotación 480 de la herramienta. El decimotercer actuador 364 hace rotar la herramienta 44 alrededor de un primer eje de rotación 508 de la herramienta.

55 Cada uno de los ejes de rotación 186, 505, 507 y 508 puede denominarse primer eje de rotación de la herramienta 44. Cada uno de los ejes de rotación 226, 363, 474/477, 480, 501, 502/503, 504, 506, 509, 510, 511 y 700 puede denominarse segundo eje de rotación de la herramienta 44.

La presente divulgación no se limita a las realizaciones preferidas descritas anteriormente. Diversas alternativas, modificaciones y equivalentes pueden ser sin desviarse del alcance de las reivindicaciones adjuntas.

REIVINDICACIONES

1. Un brazo robótico (500) para posicionar una herramienta (44) con orientación controlada, que comprende:

- 5 * una varillaje de brazo interior (15, 18, 29);
- * un varillaje de brazo exterior (23; 81; 173; 228; 632; 384);
- * un primer actuador (1; 249) configurado para hacer rotar el varillaje de brazo interior alrededor de un primer eje de rotación (180);

10 en donde el varillaje de brazo interior:

- 15 - incluye un primer eslabón interior (15) que en un extremo interior está dispuesto para rotar alrededor de un cuarto eje de rotación (185), y un segundo eslabón interior (18) que en un extremo interior está dispuesto para rotar alrededor de un tercer eje de rotación (182) diferente, en donde el tercer y cuarto ejes de rotación (182, 185) son perpendiculares al primer eje de rotación (180), y las rotaciones dan lugar a una reconfiguración geométrica del varillaje de brazo interior, en donde el primer eslabón interior (15) y el segundo eslabón interior (18) del varillaje de brazo interior son partes de un primer paralelogramo cinemático (183),
- 20 - incluye un árbol de conexión (29, 77) montado en un extremo exterior del primer eslabón interior (15) y en un extremo exterior del segundo eslabón interior (18), mediante juntas (27, 28) de al menos un grado de libertad, y
- se conecta al varillaje de brazo exterior a través del árbol de conexión (29, 77);

en donde el varillaje de brazo exterior:

- 25 - comprende un primer eslabón exterior (23), en donde el primer eslabón exterior (23) está conectado en un extremo al árbol de conexión (29) a través de un primer cojinete de conexión (31), y por el otro extremo está conectado a la herramienta (44) a través de una palanca de conexión de herramienta (41) y una barra de montaje de herramienta (43), y
- 30 - está dispuesto de forma que pueda pivotar para rotar alrededor de un segundo eje de rotación (181; 330) que es paralelo o está alineado con el árbol de conexión (29, 77),

formando de este modo una primera cadena cinemática del primer actuador a la herramienta, lo que proporciona un primer grado de libertad para posicionar la herramienta;

- 35 * un segundo actuador (2; 254) configurado para hacer rotar el varillaje de brazo exterior alrededor del segundo eje de rotación (181, 330), formando de este modo una segunda cadena cinemática del segundo actuador a la herramienta, lo que proporciona un segundo grado de libertad para posicionar la herramienta; y
- 40 * un tercer actuador (3) configurado para mover el varillaje de brazo exterior accionando el varillaje de brazo interior geoméricamente reconfigurable, dando lugar a un movimiento del segundo eje de rotación (181, 300) en torno al cual el varillaje de brazo exterior se dispone para rotar, formando de este modo una tercera cadena cinemática del tercer actuador a la herramienta, lo que proporciona un tercer grado de libertad para posicionar la herramienta,
- 45 * uno o más mecanismos de transmisión que junto con el varillaje de brazo exterior están dispuestos para lograr una orientación controlada de la herramienta, en donde el uno o más mecanismos de transmisión comprende:

- una o más palancas (35, 35a, 35b, 37, 37b, 41, 41b, 50, 300, 309, 341, 358, 360, 371, 375, 379, 425, 458, 501) configuradas para transformar una rotación en una traslación o una traslación en una rotación, incluyendo una segunda palanca (37),
- 50 - uno o más eslabones (33-39; 33, 57, 39; 33b, 57b, 39b, 307, 324, 326, 327, 339, 377, 427, 460), que comprenden

- un tercer eslabón interior (33) que tiene la misma longitud cinemática entre sus ejes de rotación que la longitud cinemática del primer eslabón interior (15) entre sus ejes de rotación (185, 187),
- 55 - un segundo eslabón exterior (39; 39b),

- un segundo cojinete de conexión (36) con su eje de rotación paralelo o alineado con el segundo eje de rotación (181)

60 en donde el segundo eslabón exterior (39; 39b) y el primer eslabón exterior (23) son partes de un segundo paralelogramo cinemático (184), en donde el segundo paralelogramo cinemático (184) comprende además la segunda palanca (37) y la palanca de conexión de herramienta (41).

65 2. El brazo robótico (500) de acuerdo con la reivindicación 1, en donde el primer paralelogramo cinemático (183) está configurado para rotar alrededor del primer eje de rotación (180).

3. El brazo robótico (500) de acuerdo con las reivindicaciones 1 o 2, en donde el varillaje de brazo exterior está

ES 3 013 618 T3

configurado para rotar con un grado de libertad en un segundo plano perpendicular a un primer plano del primer paralelogramo cinemático (183).

- 5 4. El brazo robótico (500) de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde la segunda cadena cinemática comprende un mecanismo de palanca (19; 251) y al menos un eslabón (20, 350, 352, 355), en donde el al menos un eslabón (20, 350, 352, 355) conecta el mecanismo de palanca (19, 251) al varillaje de brazo exterior y en donde el segundo actuador (2, 254) está configurado para rotar el varillaje de brazo exterior accionando el mecanismo de palanca (19; 251).
- 10 5. El brazo robótico (500) de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde uno del uno o más mecanismos de transmisión está dispuesto para hacer rotar la herramienta alrededor de un primer eje de rotación (186, 505, 507, 508) de la herramienta.
- 15 6. El brazo robótico (500) de acuerdo con la reivindicación 5, en donde otro del uno o más mecanismos de transmisión está dispuesto para hacer rotar la herramienta alrededor de un segundo eje de rotación (226, 363, 474/477, 480, 501, 502/503, 504, 506, 509, 510, 511, 700) de la herramienta que no es paralelo al primer eje de rotación (186, 505, 507, 508) de la herramienta.
- 20 7. El brazo robótico (500) de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que comprende uno o más actuadores (46; 98; 106; 148; 150; 320; 335; 364; 450) cada uno configurado para controlar un eje de rotación (186, 363, 474/477, 480, 501, 502/503, 504, 505, 506, 507, 508, 510, 700) de la herramienta (44) a través de uno o más mecanismos de transmisión, y en donde el uno o más mecanismos de transmisión comprenden una o más de una transmisión por eslabones, una transmisión por retrocarga, una transmisión por ruedas dentadas, una transmisión de correa, una transmisión por árbol rotativo y una transmisión por junta cardán, que conectan uno o más actuadores
25 con la herramienta (44).
8. El brazo robótico (500) de acuerdo con la reivindicación 7, en donde al menos una de las transmisiones por correa (66, 101, 66a, 66b) está conectada en serie con al menos una junta cardán (67, 76, 103, 104, 67a, 76a, 76b).
- 30 9. El brazo robótico (500) de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde el tercer eslabón interior o la transmisión interior de al menos uno del uno o más mecanismos de transmisión es paralelo al primer eslabón interior (15) y al segundo eslabón interior (18), y un eslabón exterior o una transmisión exterior de al menos uno del uno o más mecanismos de transmisión son paralelos a un brazo exterior del varillaje de brazo exterior.
- 35 10. El brazo robótico (500) de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde al menos uno del primer eslabón interior (15) y del segundo eslabón interior (18) está configurado para rotar alrededor de un eje que está fijado a una base (13) y está alineado con el primer eje de rotación (180).
- 40 11. El brazo robótico (500) de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde un tercer eslabón interior (33; 33b) de uno o más eslabones (33-39; 33, 57, 37, 39; 33b, 57b, 39b) se monta en una base (13) mediante una junta (32).
- 45 12. El brazo robótico (500) de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde el segundo eje de rotación (181, 330) es paralelo al primer eje de rotación (180).
- 50 13. El brazo robótico (500) de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde el uno o más mecanismos de transmisión comprenden una conexión (25a, 25b) conectada a una base (13), una primera junta (32) montada en la conexión (25a, 25b) y el tercer eslabón interior (33), una primera palanca (35), una segunda junta (34), en donde el tercer eslabón interior (33) está montado en la segunda junta (34), y la segunda junta (34) está conectada a la primera palanca (35), el segundo cojinete de conexión (36) está montado en el primer árbol de conexión (29), en donde el primer eslabón de palanca (35a) y la segunda palanca (37) están montados a 90 grados uno respecto del otro en el segundo cojinete de conexión (36), un tercer cojinete (38), en donde la segunda palanca (37) está conectada al segundo eslabón exterior (39) a través del tercer cojinete (38), un cuarto cojinete (42), en donde el segundo eslabón exterior (39) está conectado a un extremo de la palanca de conexión de la herramienta (41) por medio del cuarto cojinete (42), en donde el brazo robótico (500) comprende además un quinto cojinete (40), en donde la palanca de conexión de herramienta (41) está en su otro extremo conectada al primer eslabón exterior (23) por medio del cojinete (40), y en donde los ejes de rotación del primer, segundo, tercer, cuarto y quinto cojinetes (31, 36, 38, 40, 42) son paralelos entre sí y con el segundo eje de rotación (181).
- 55

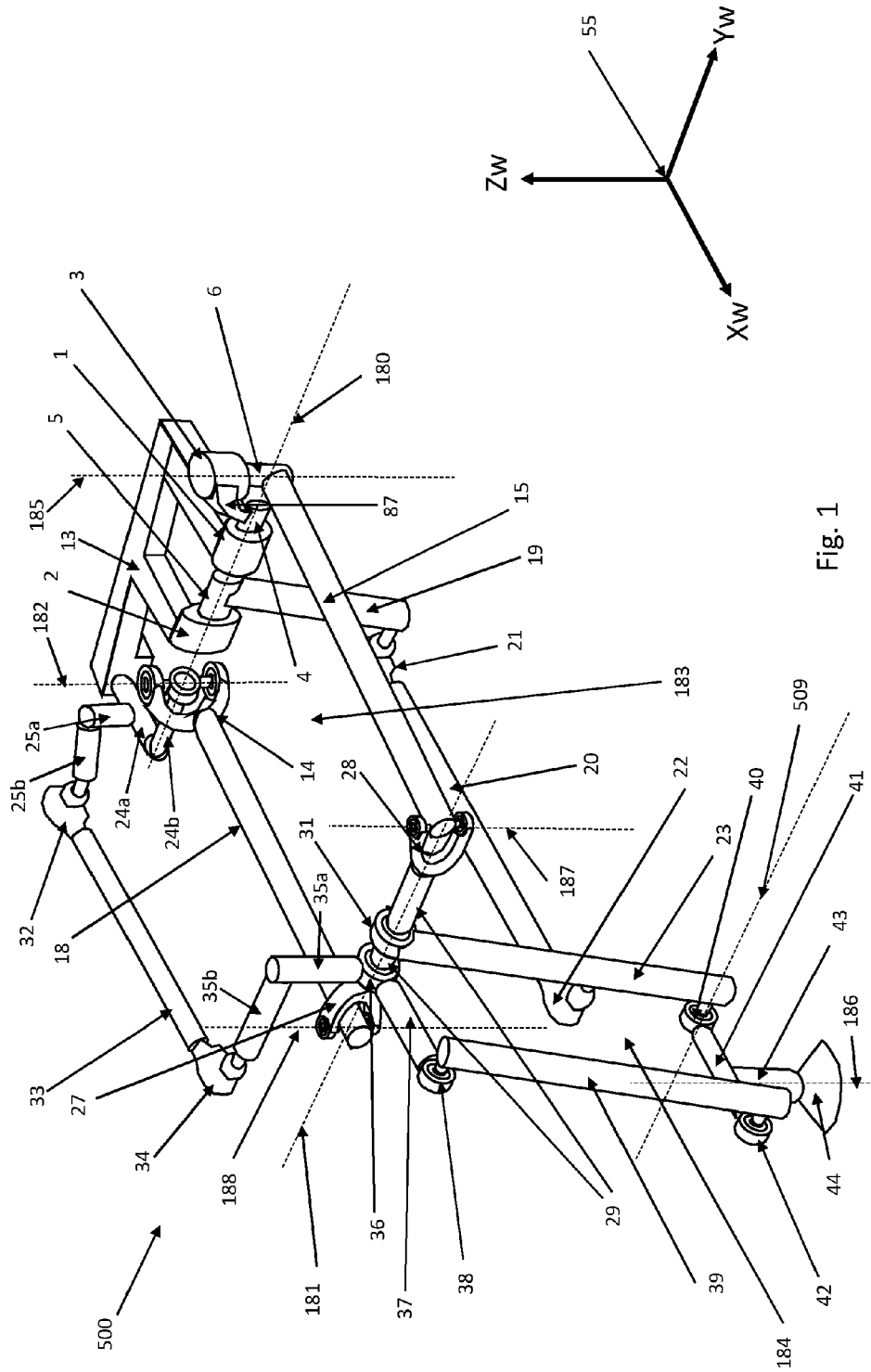


Fig. 1

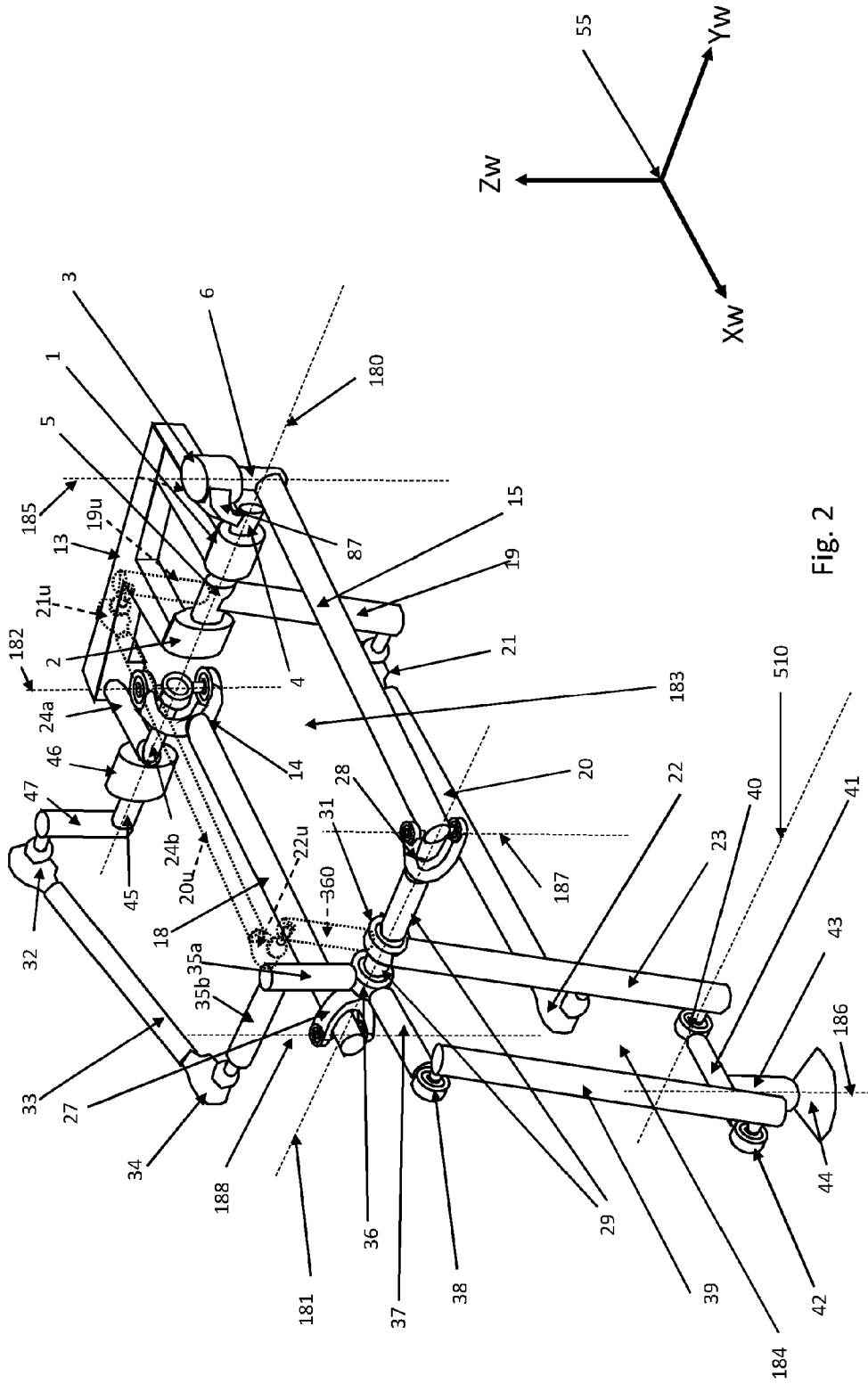


Fig. 2

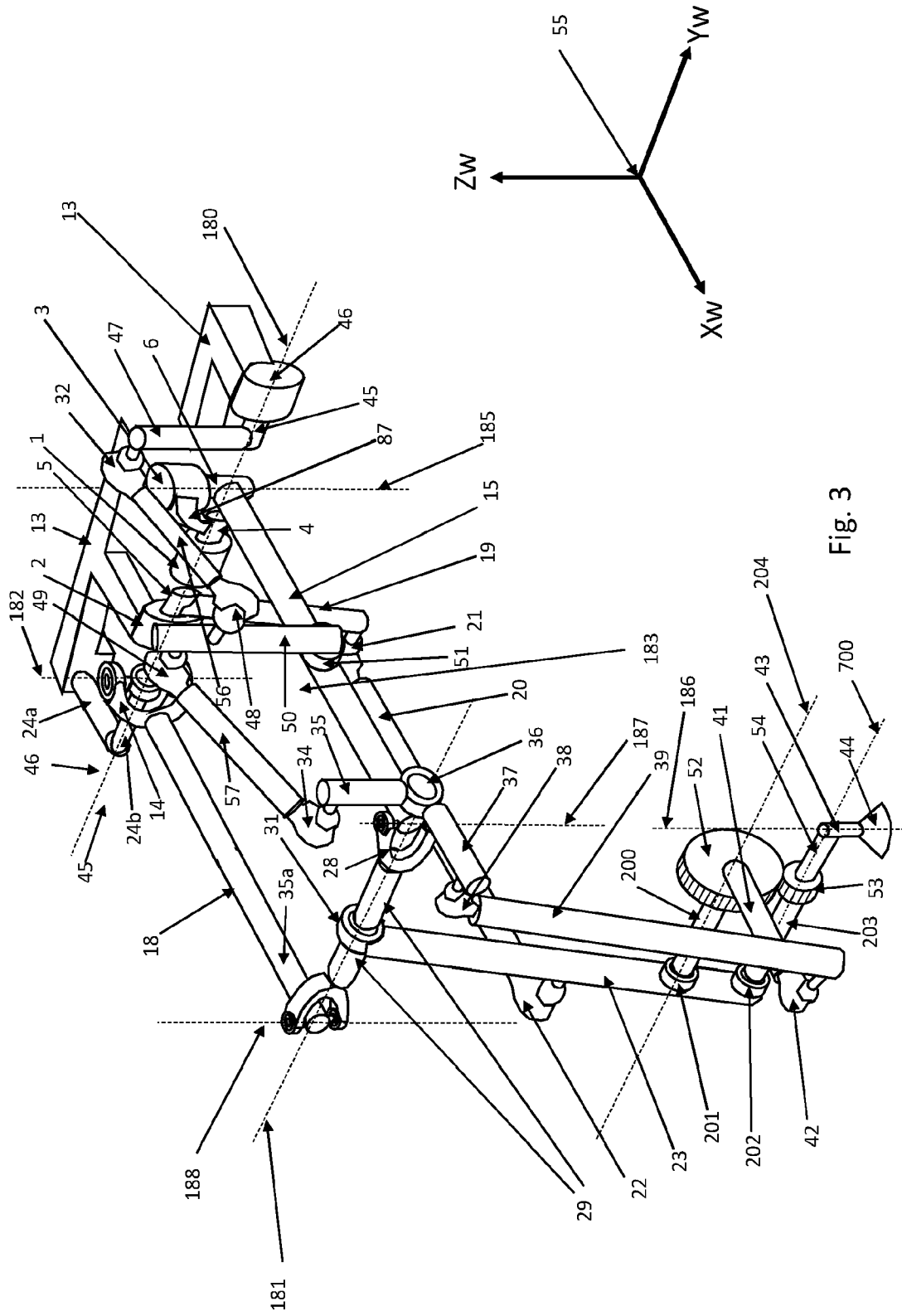


Fig. 3

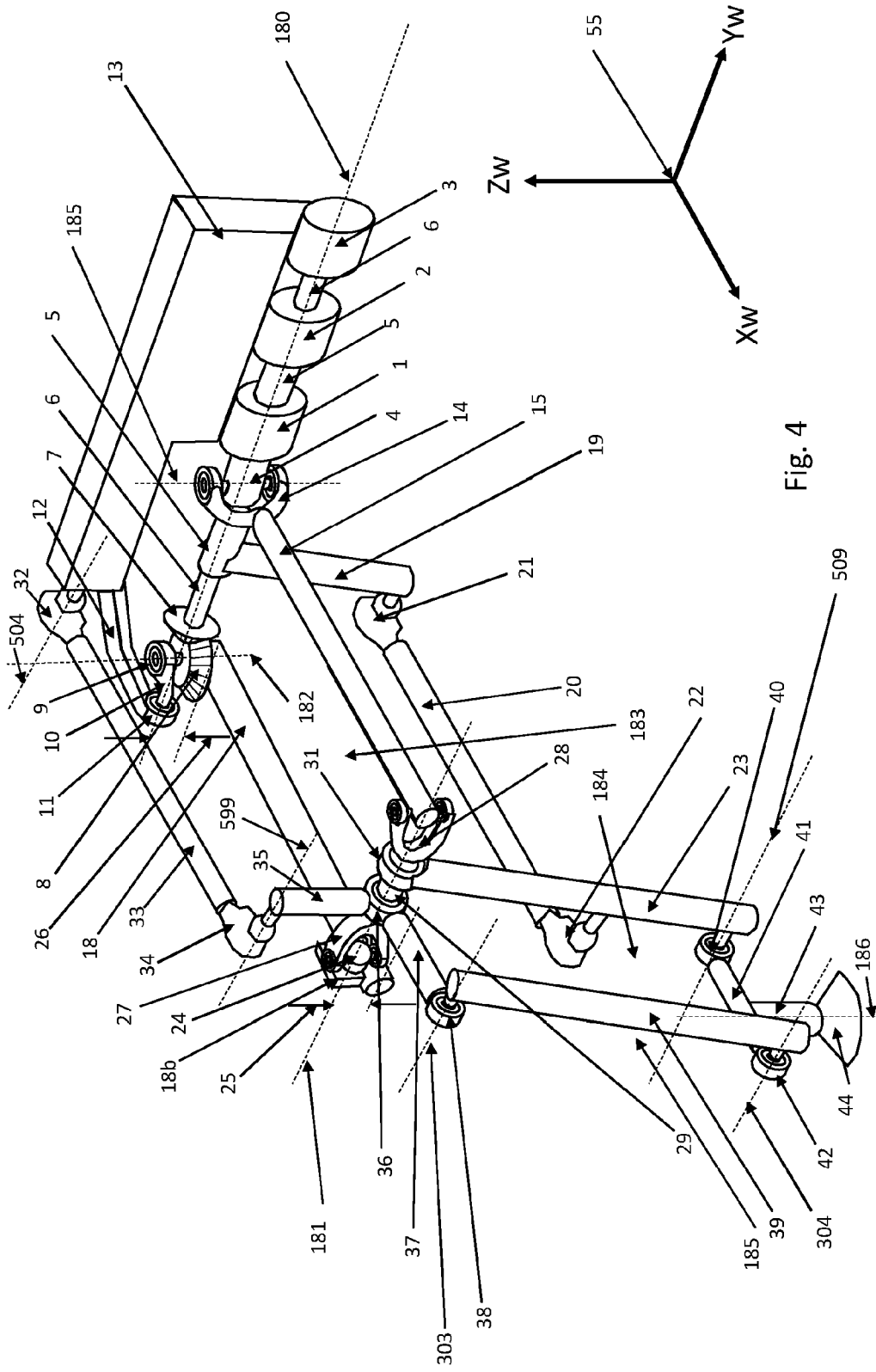


Fig. 4

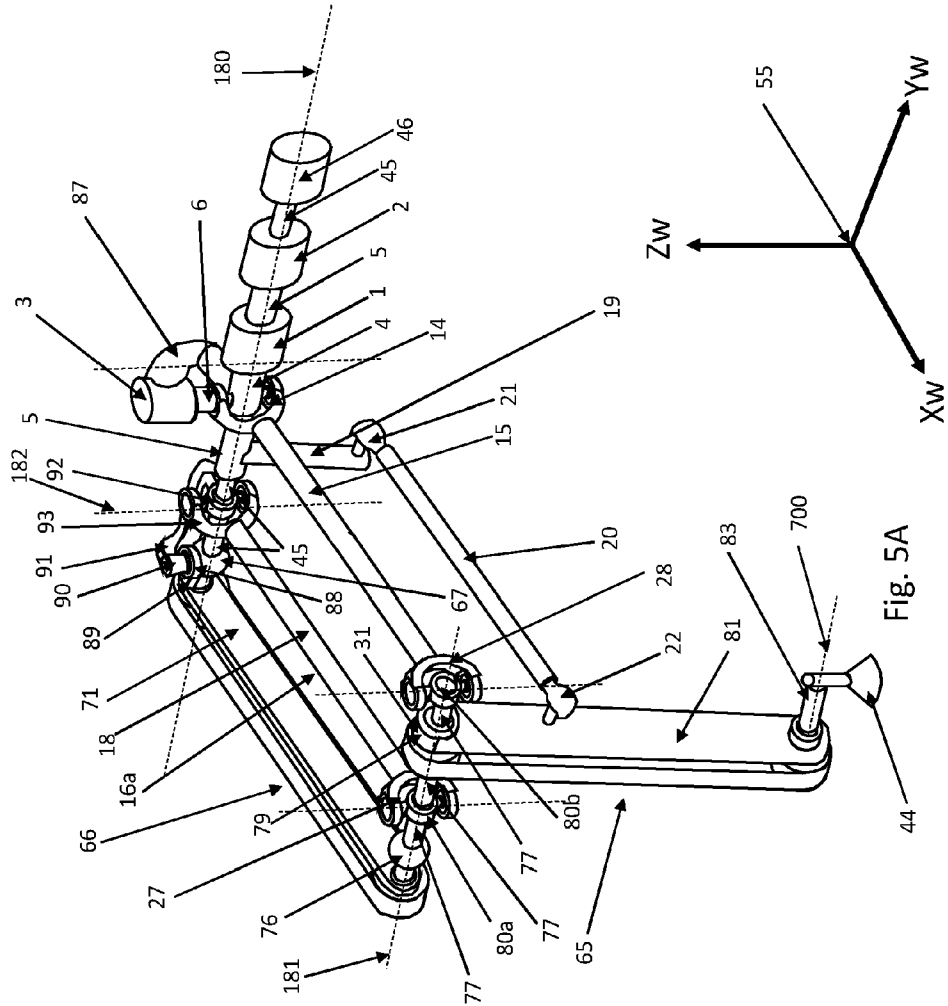


Fig. 5A

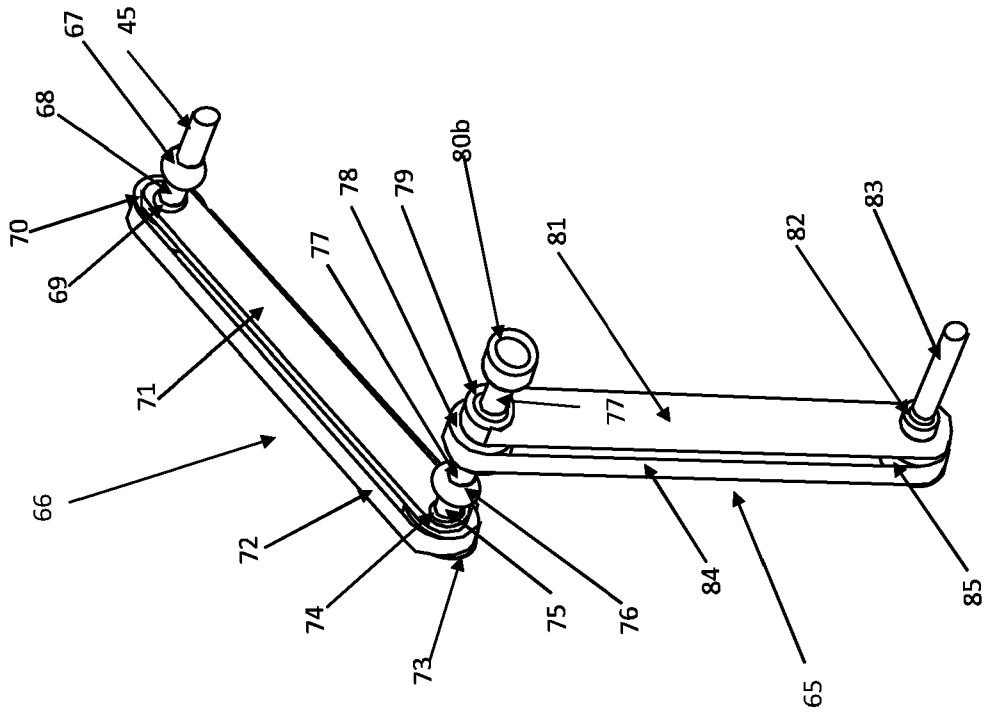


Fig. 6

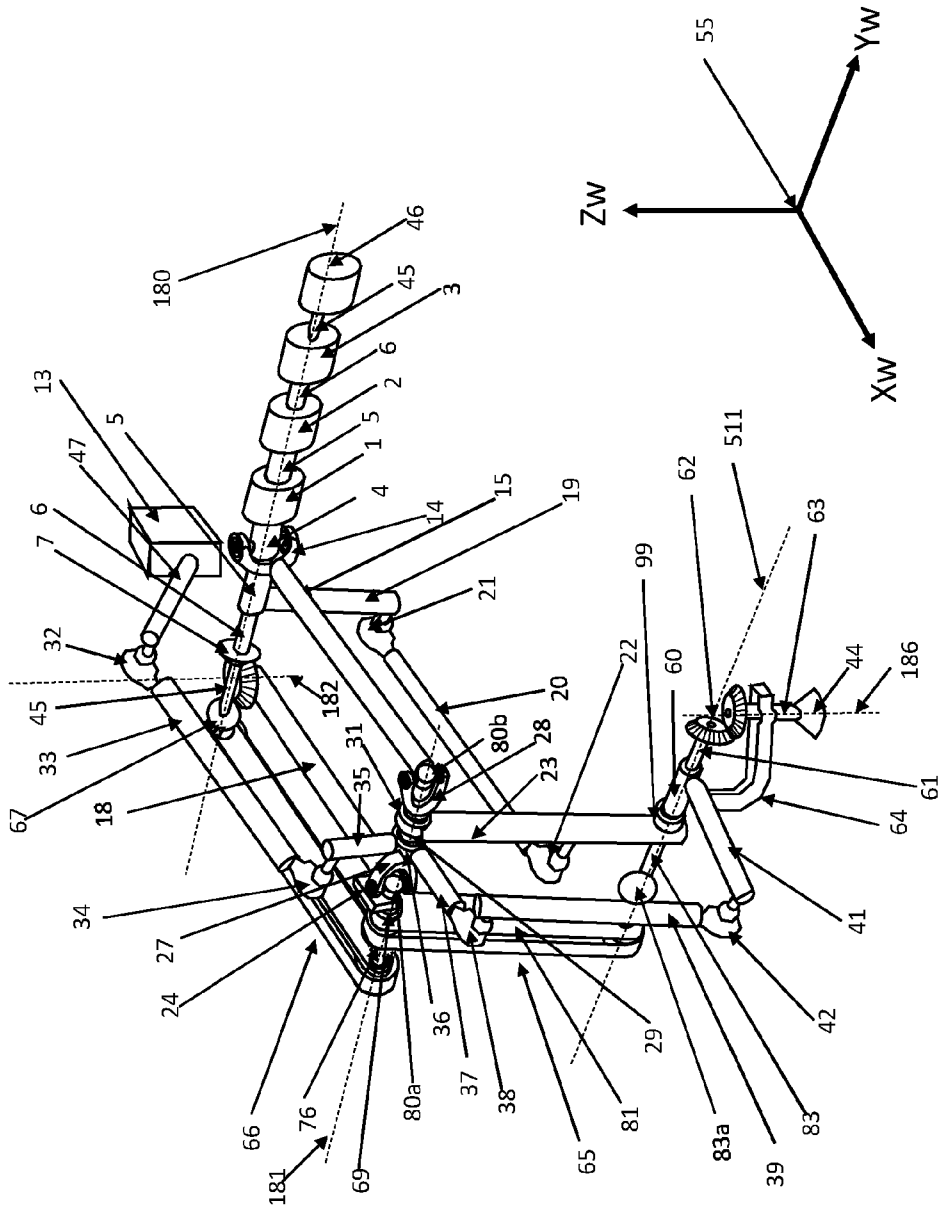


Fig. 7

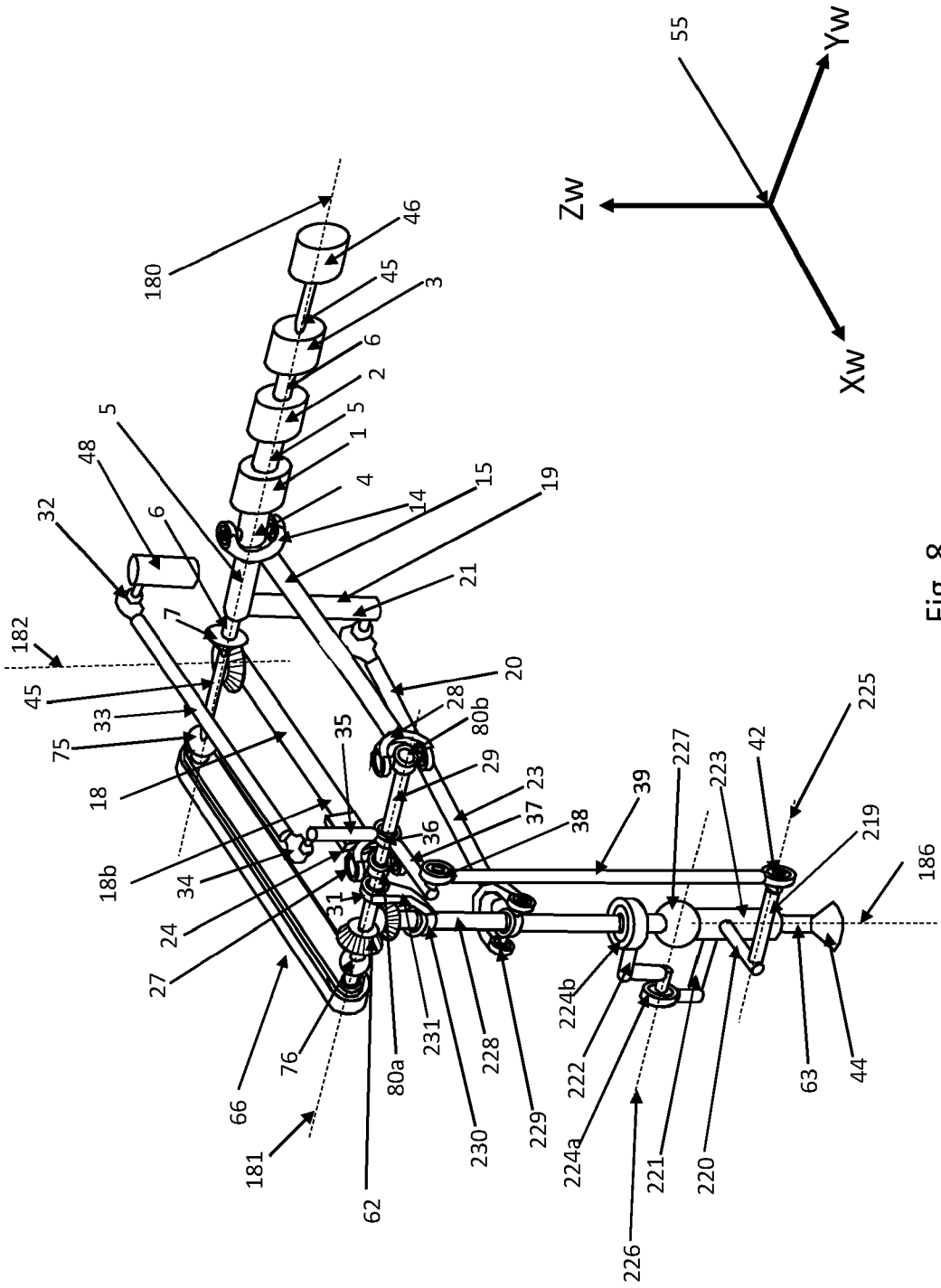
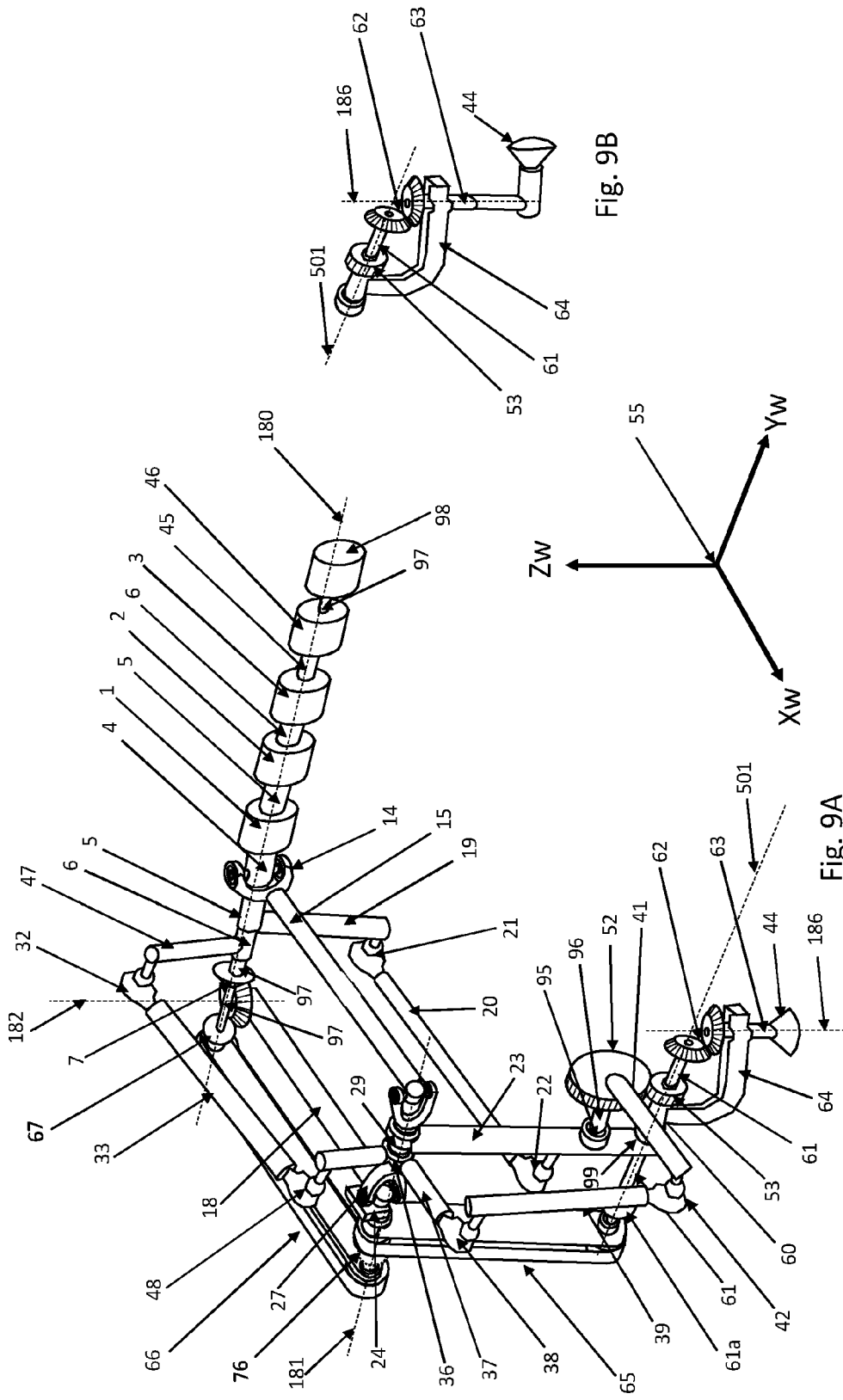


Fig. 8



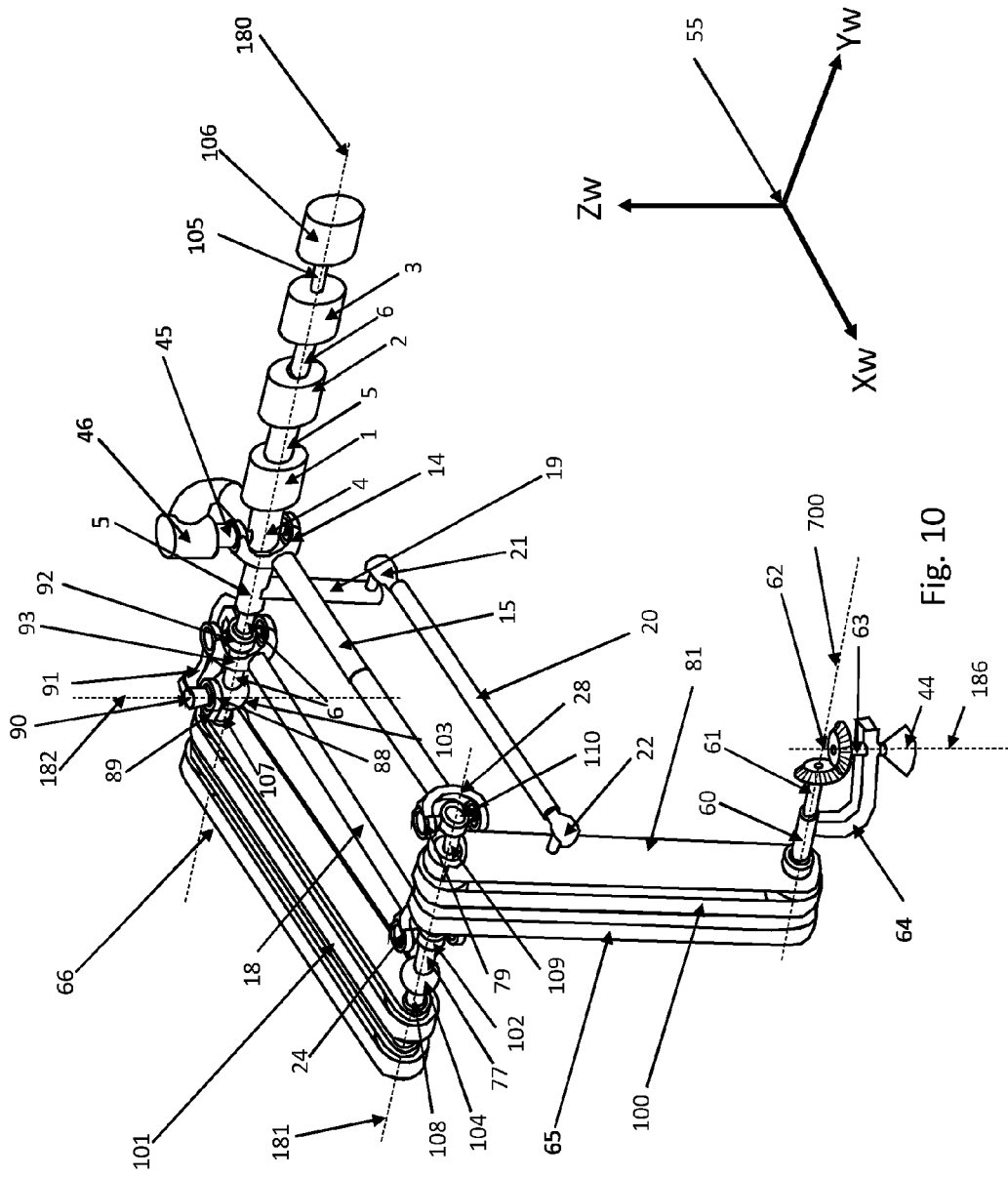


Fig. 10

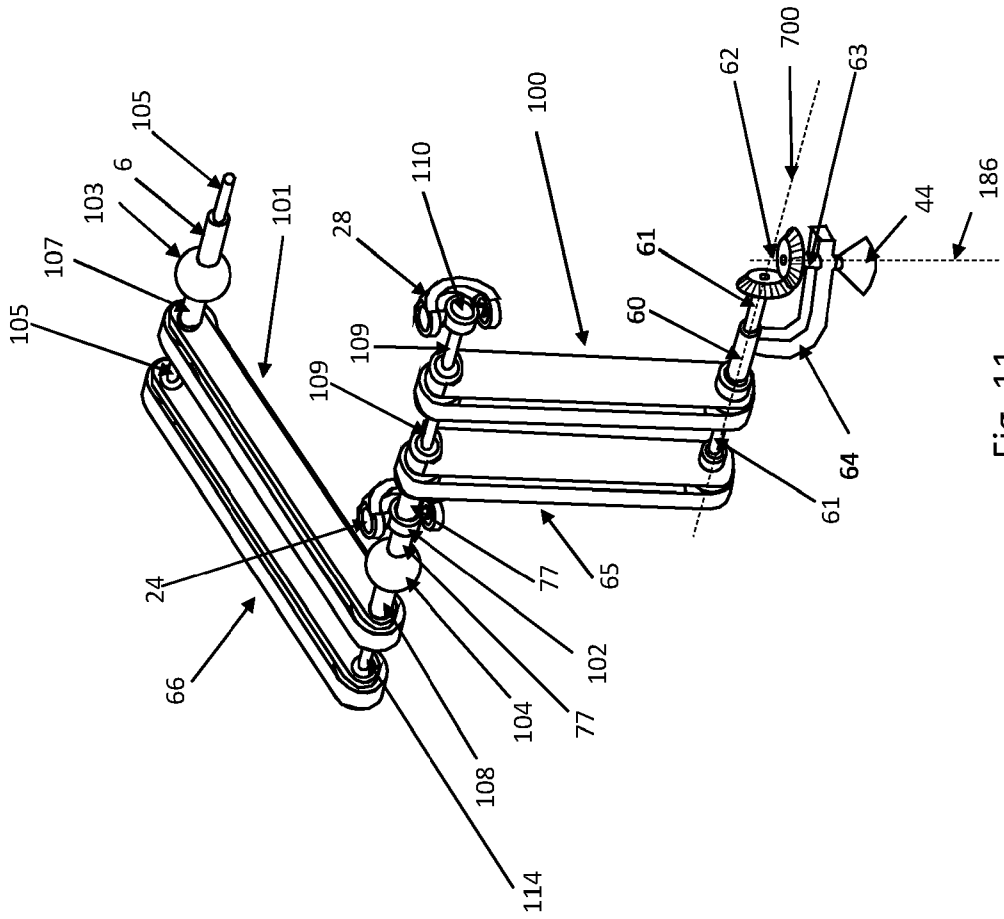


Fig. 11

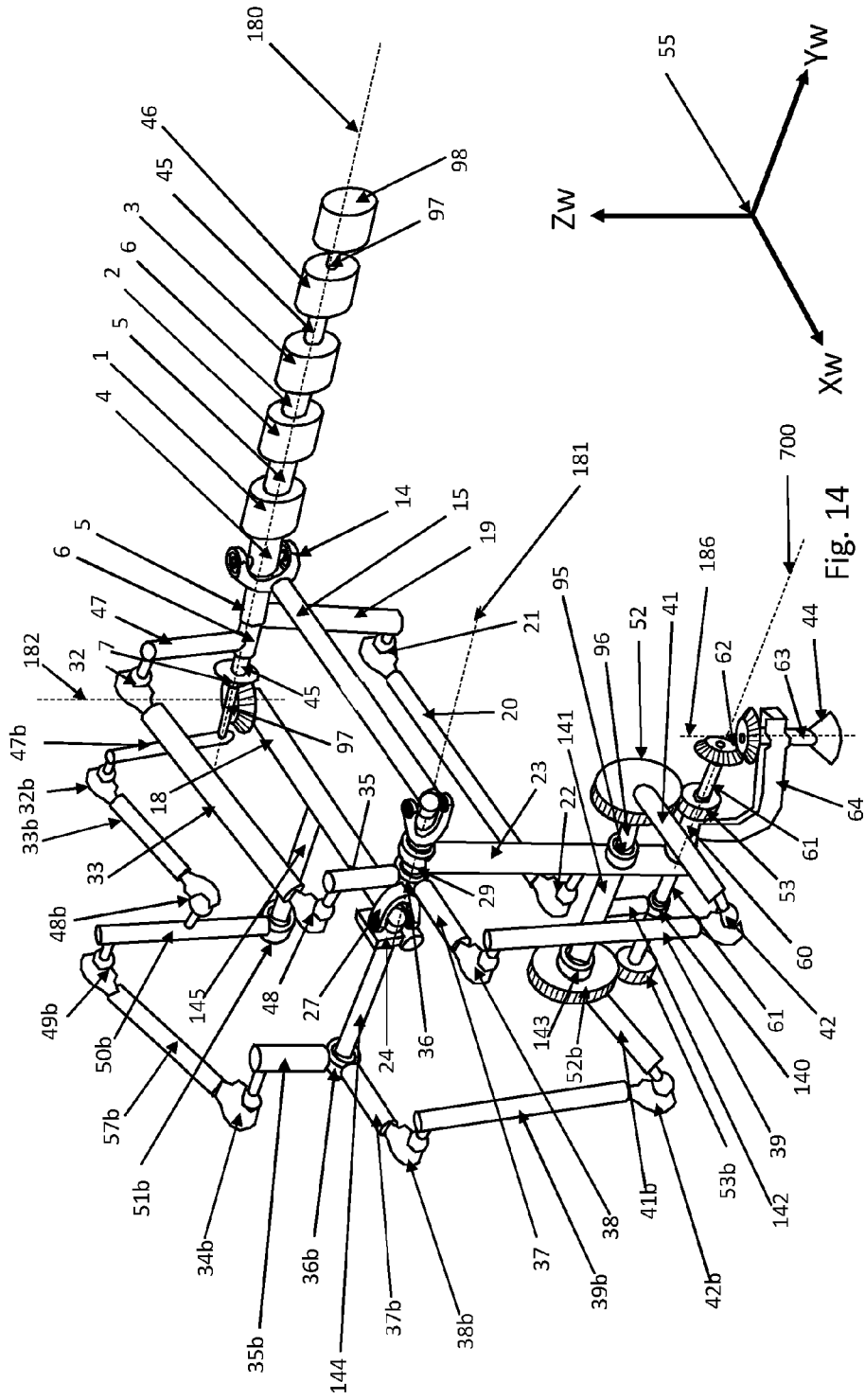


Fig. 14

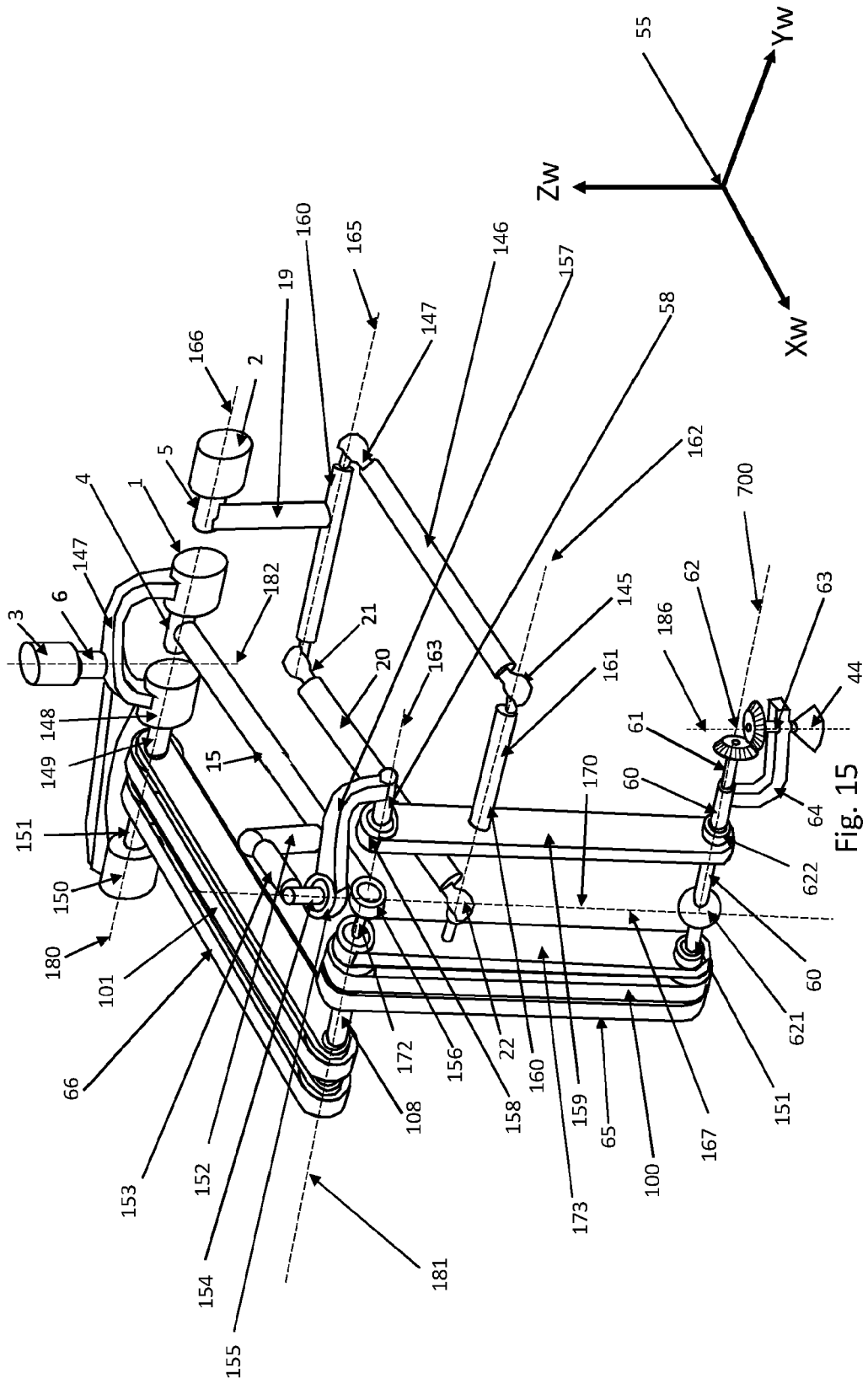


Fig. 15

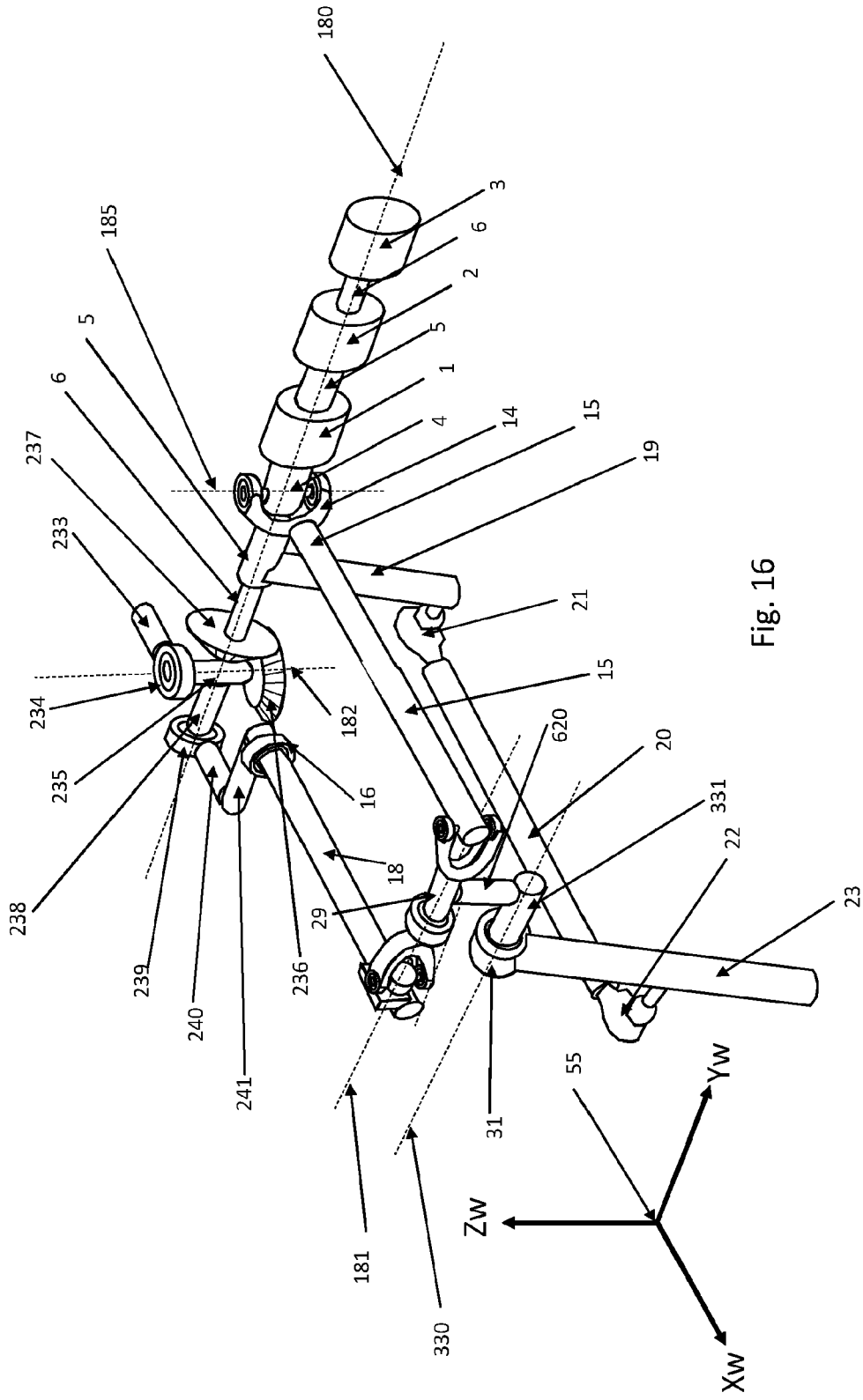


Fig. 16

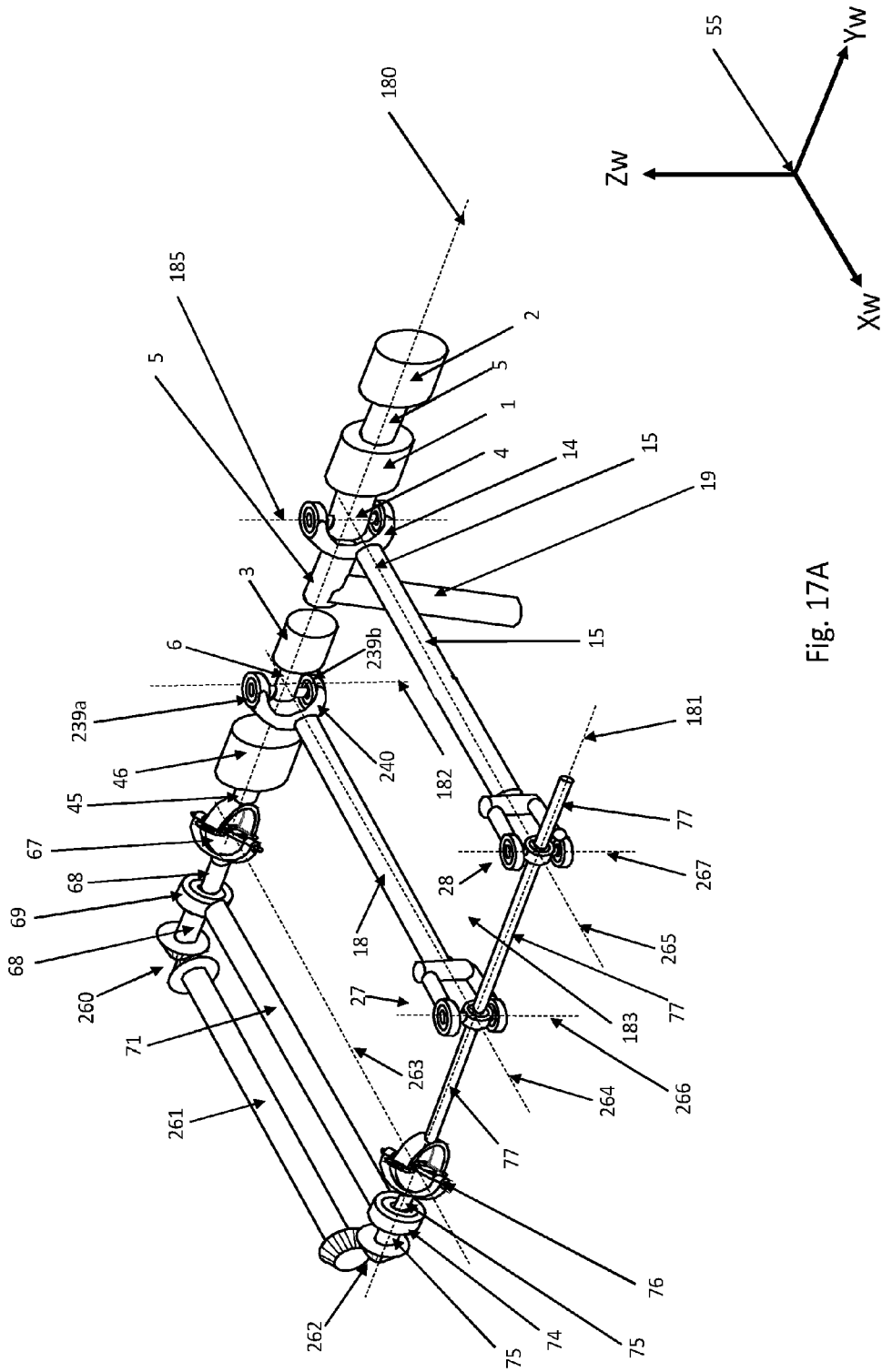


Fig. 17A

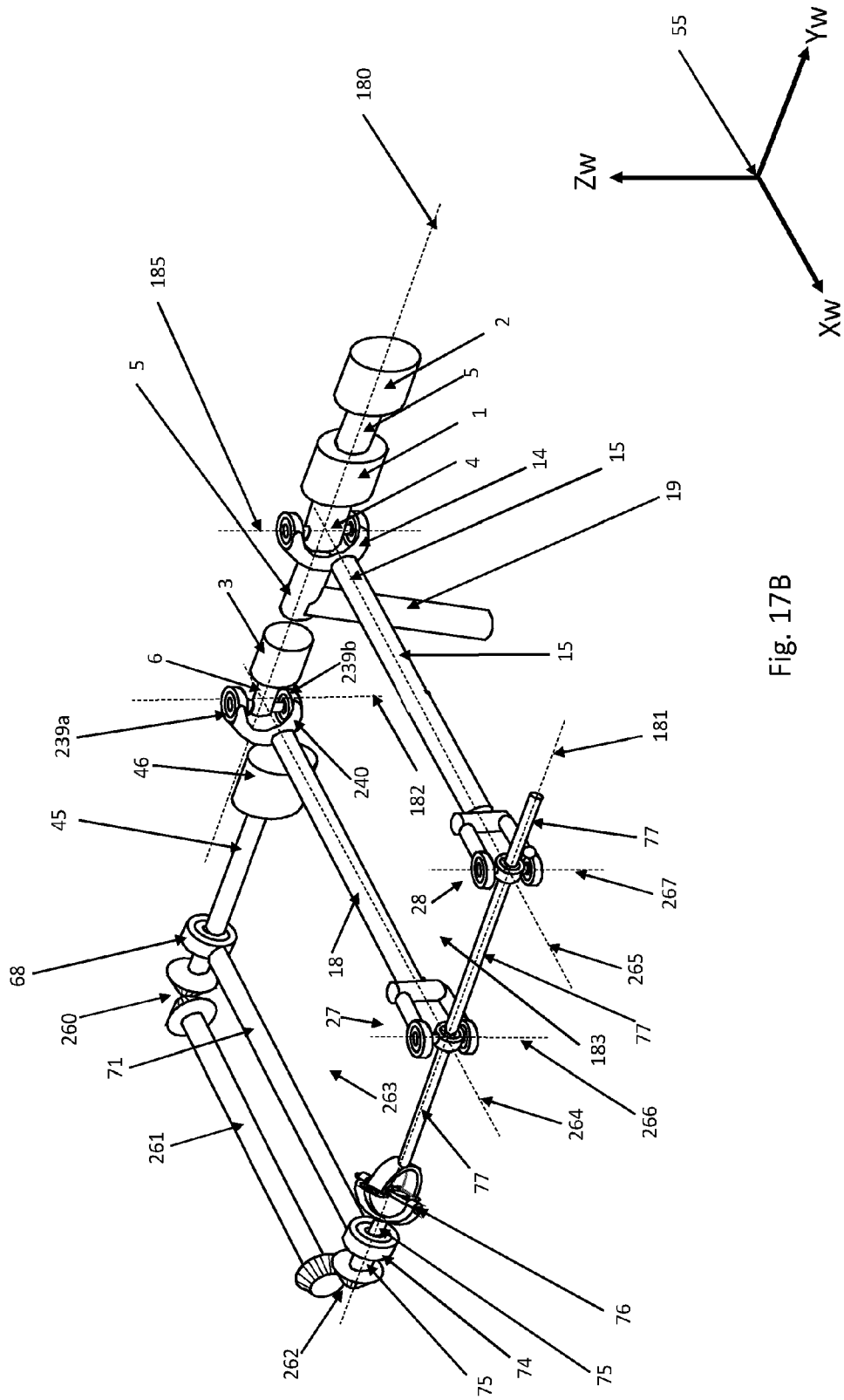


Fig. 17B

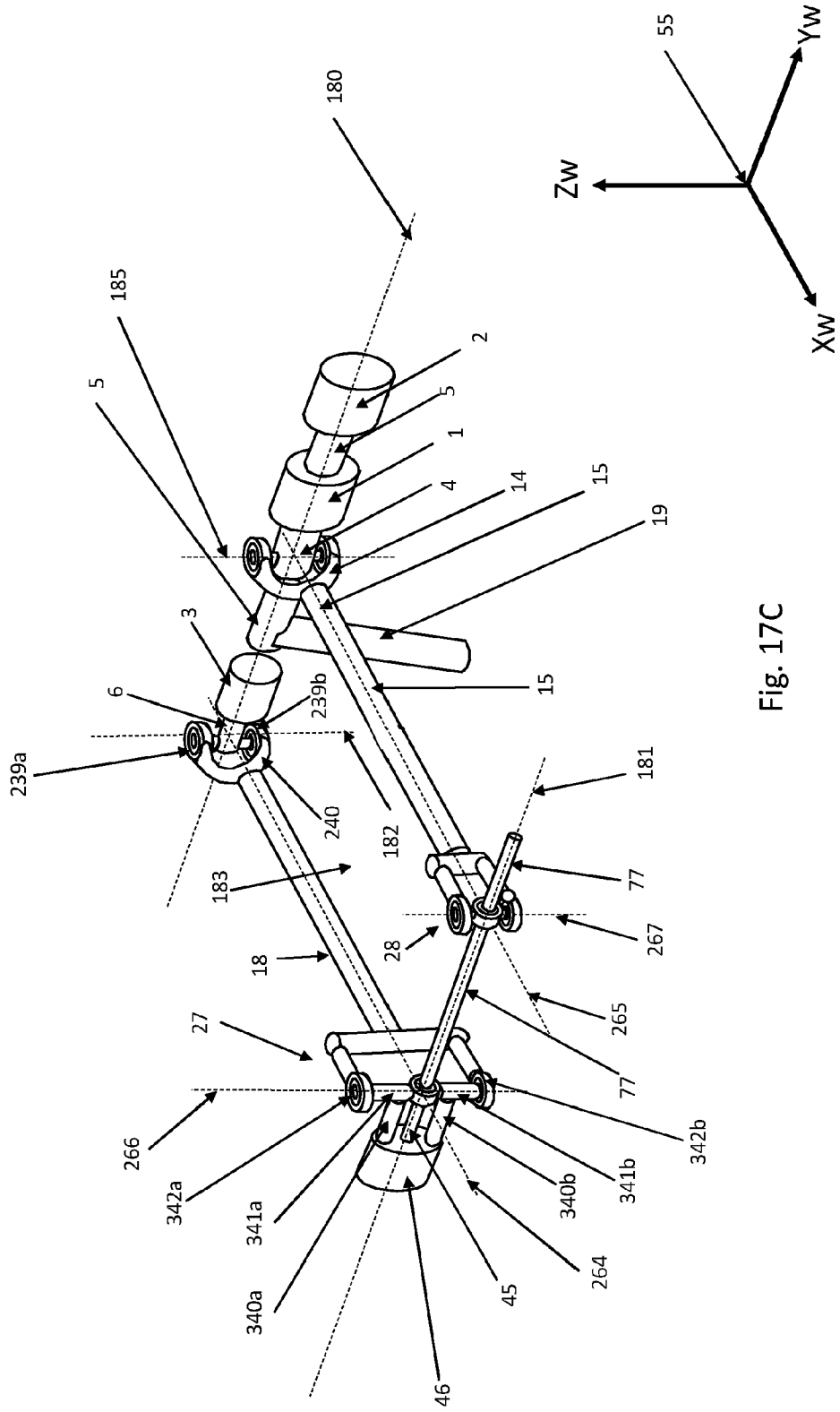


Fig. 17C

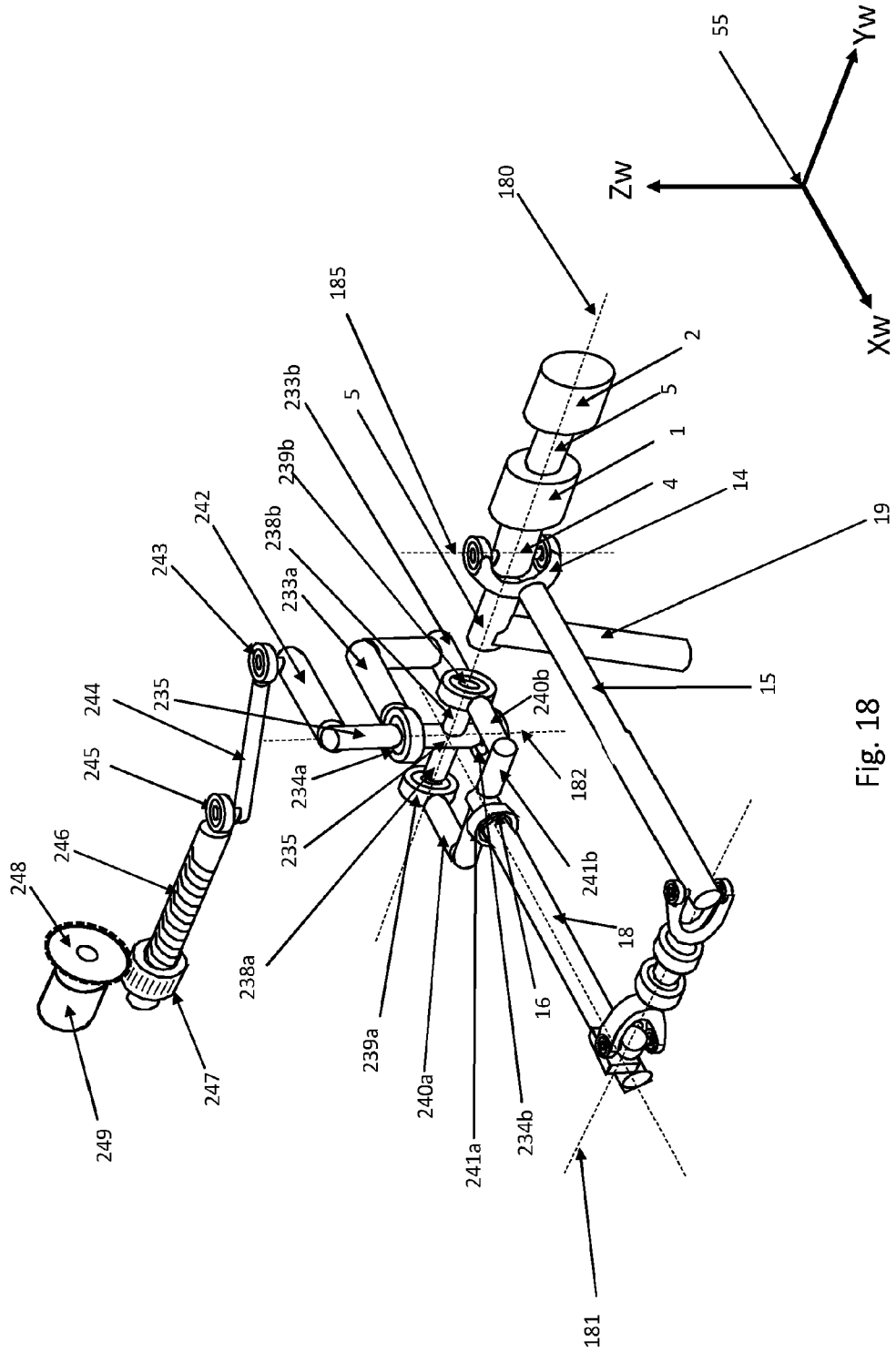


Fig. 18

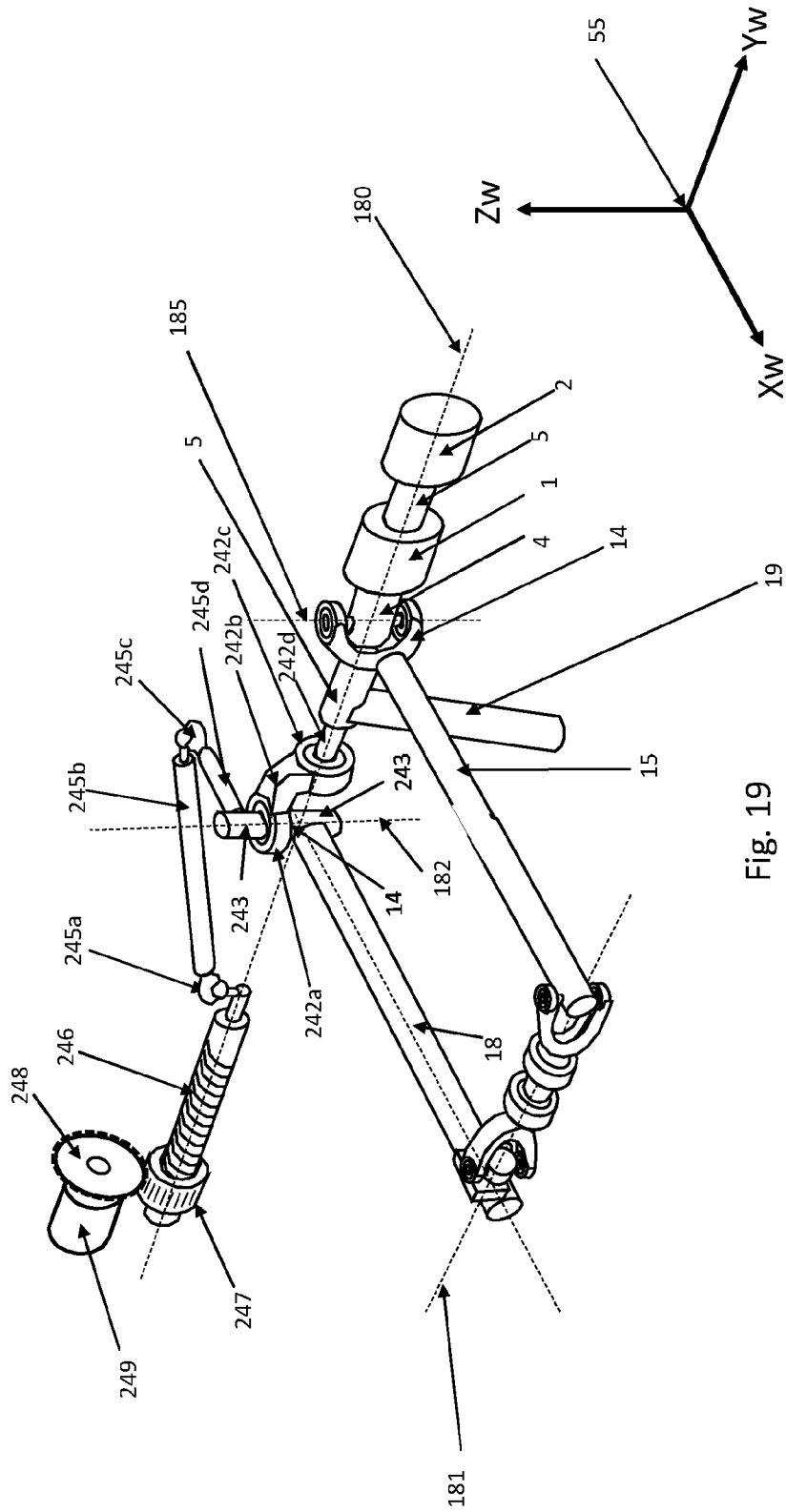


Fig. 19

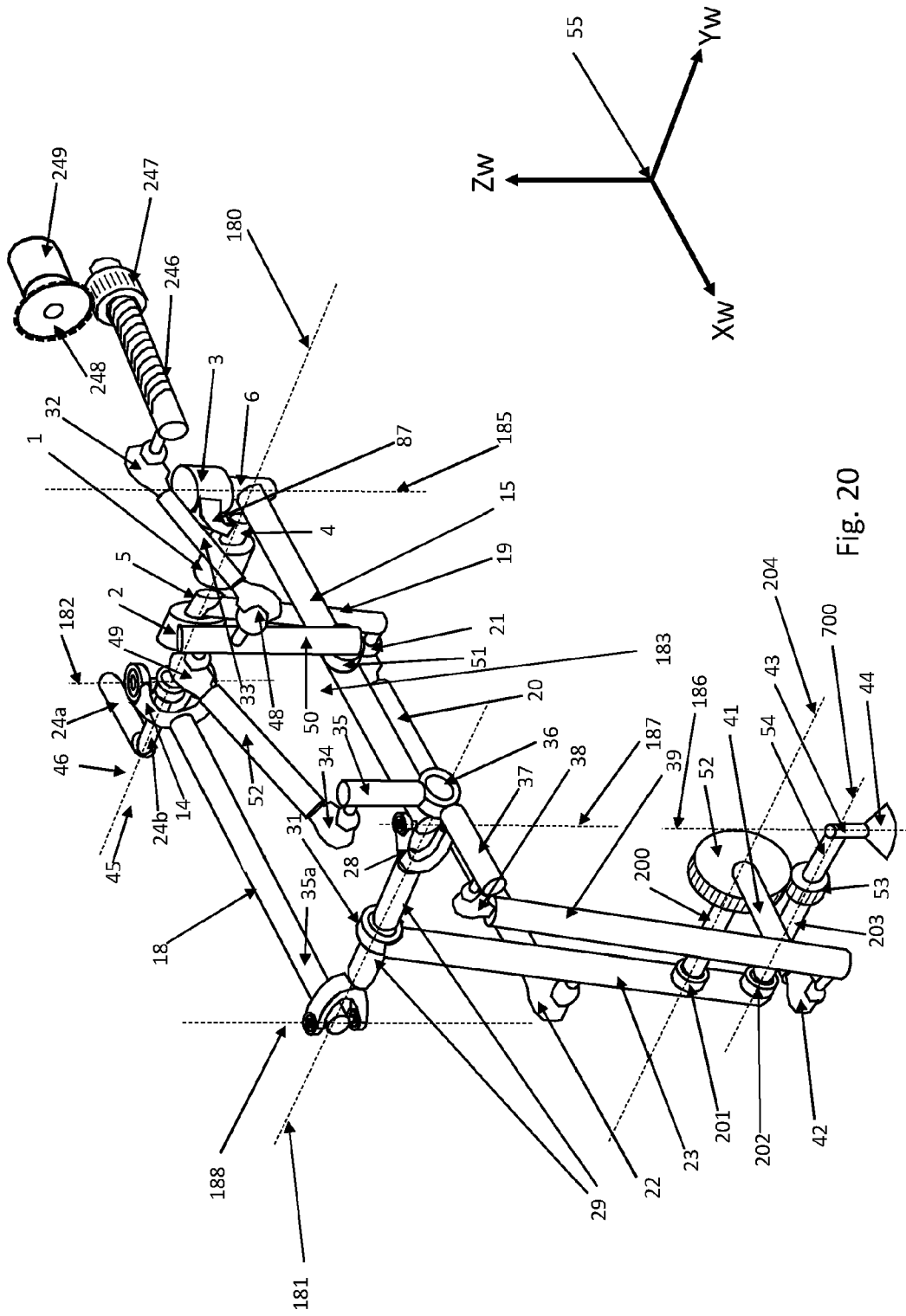


Fig. 20

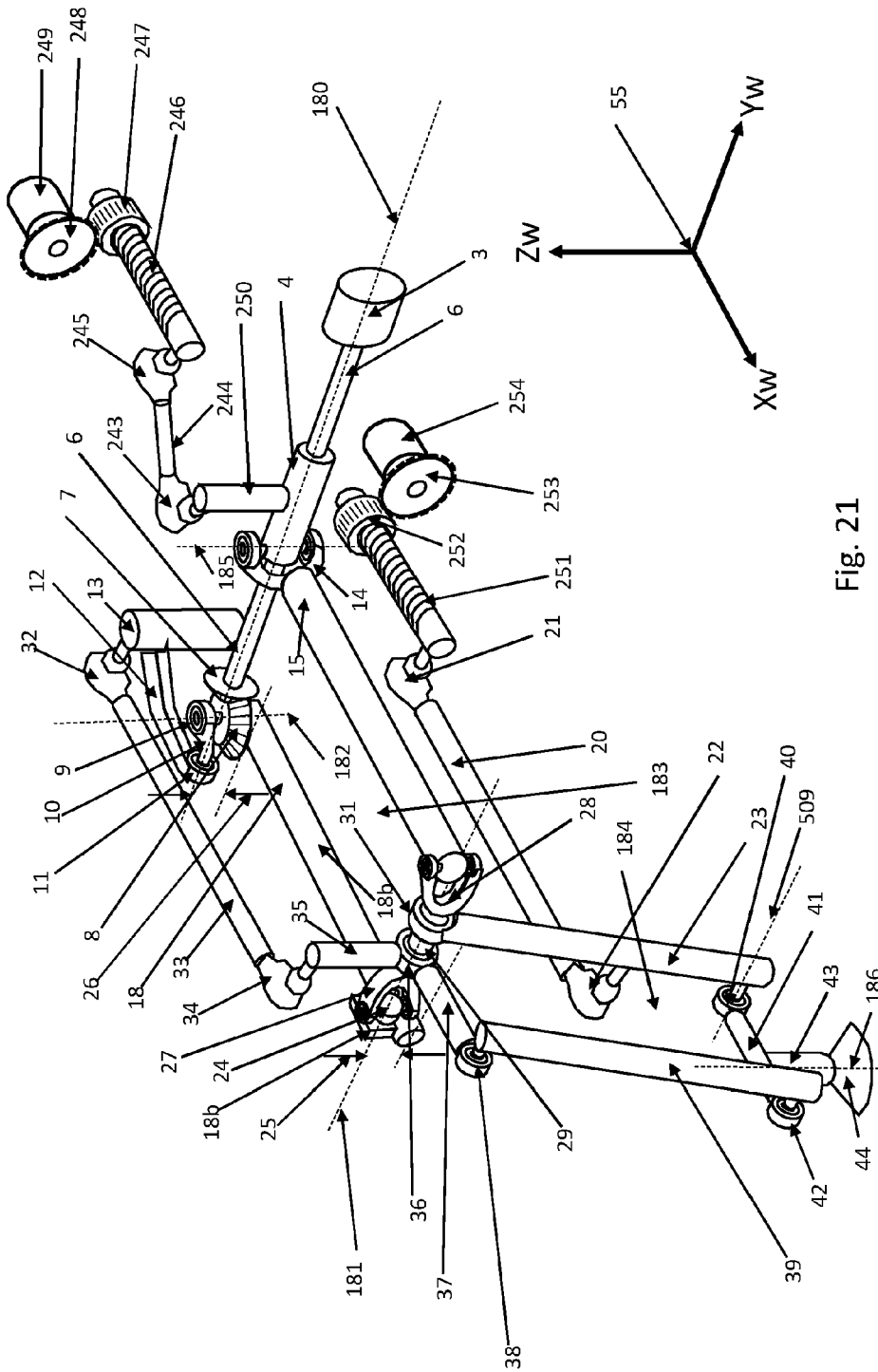


Fig. 21

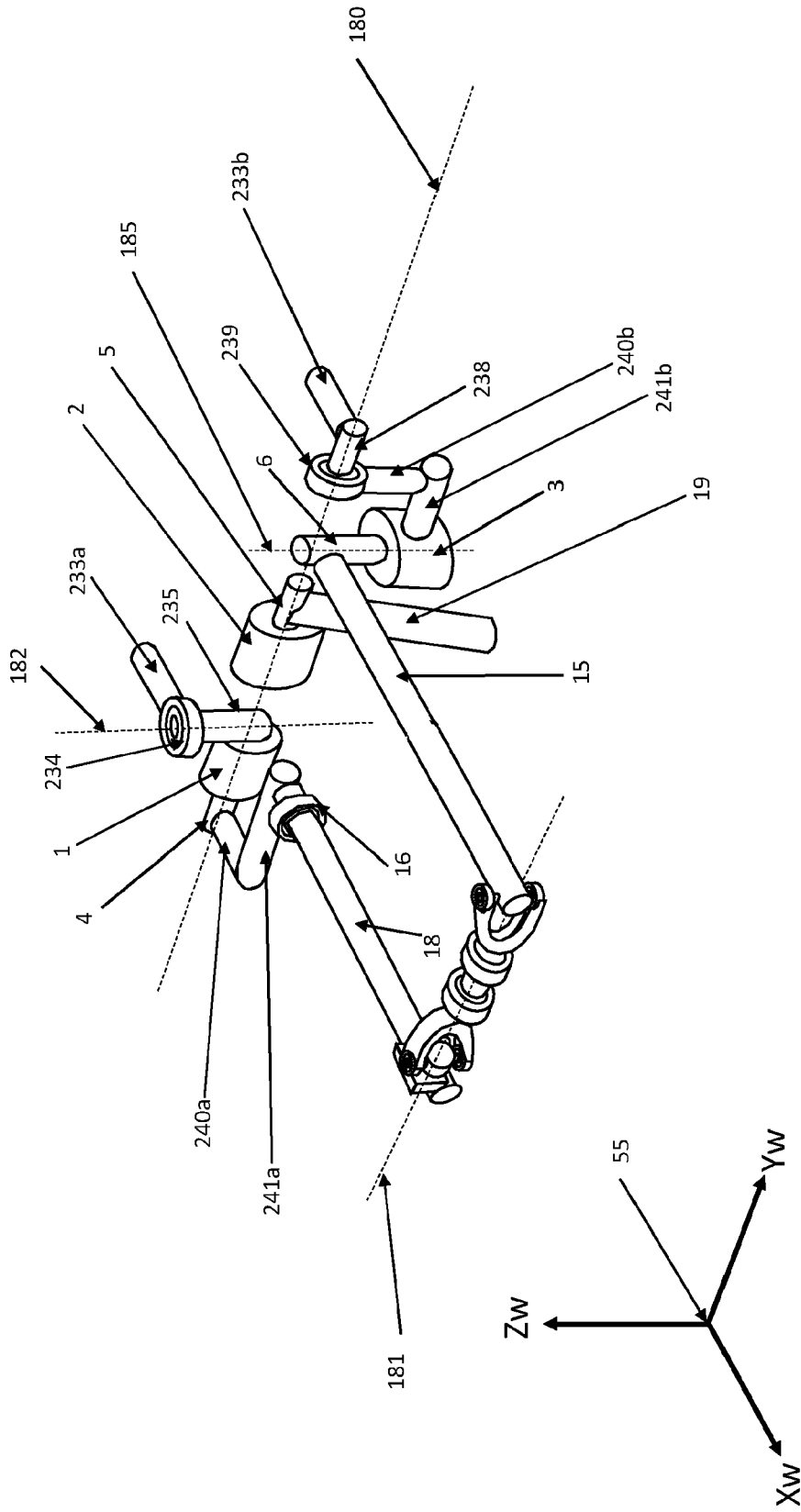


Fig. 22

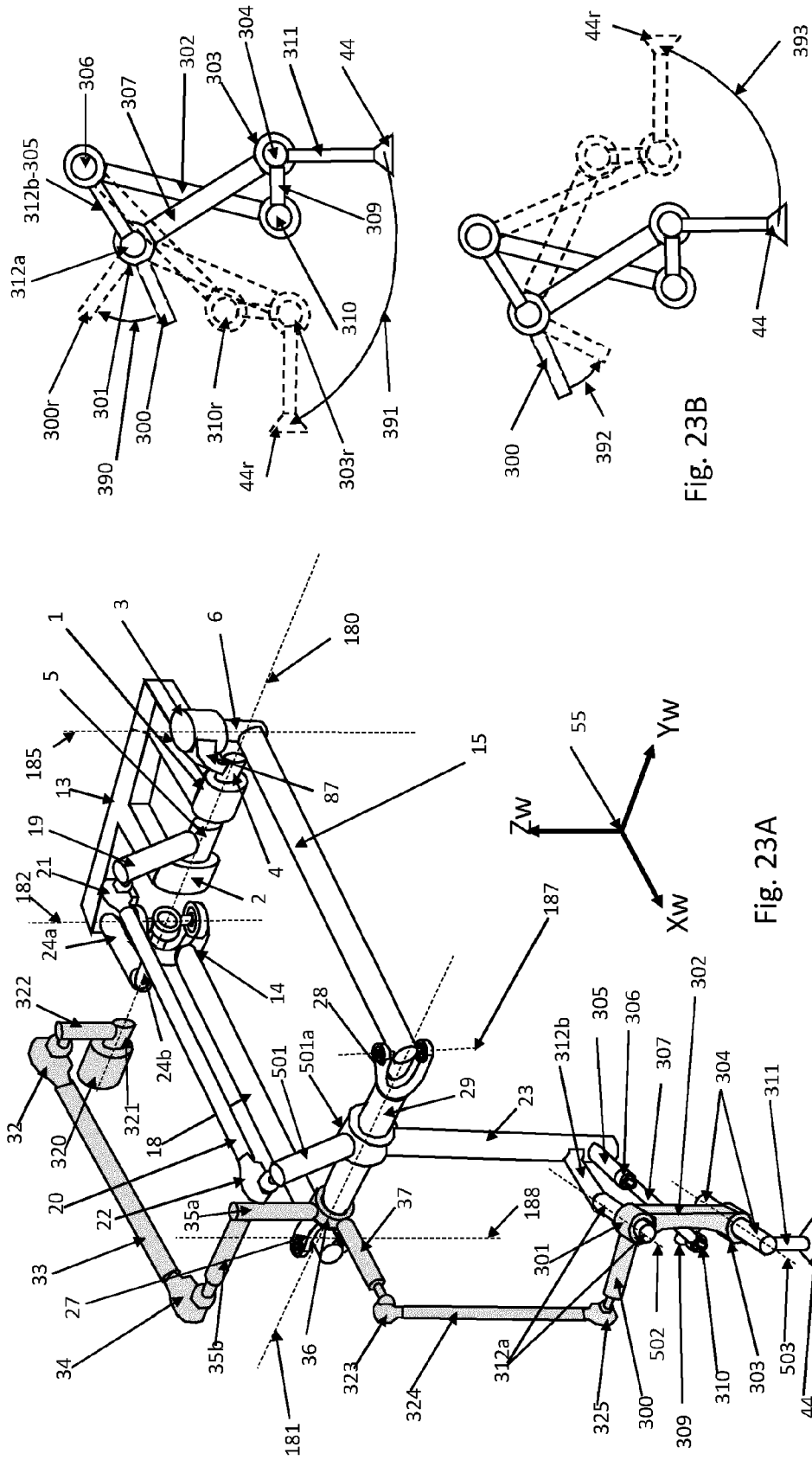


Fig. 23B

Fig. 23A

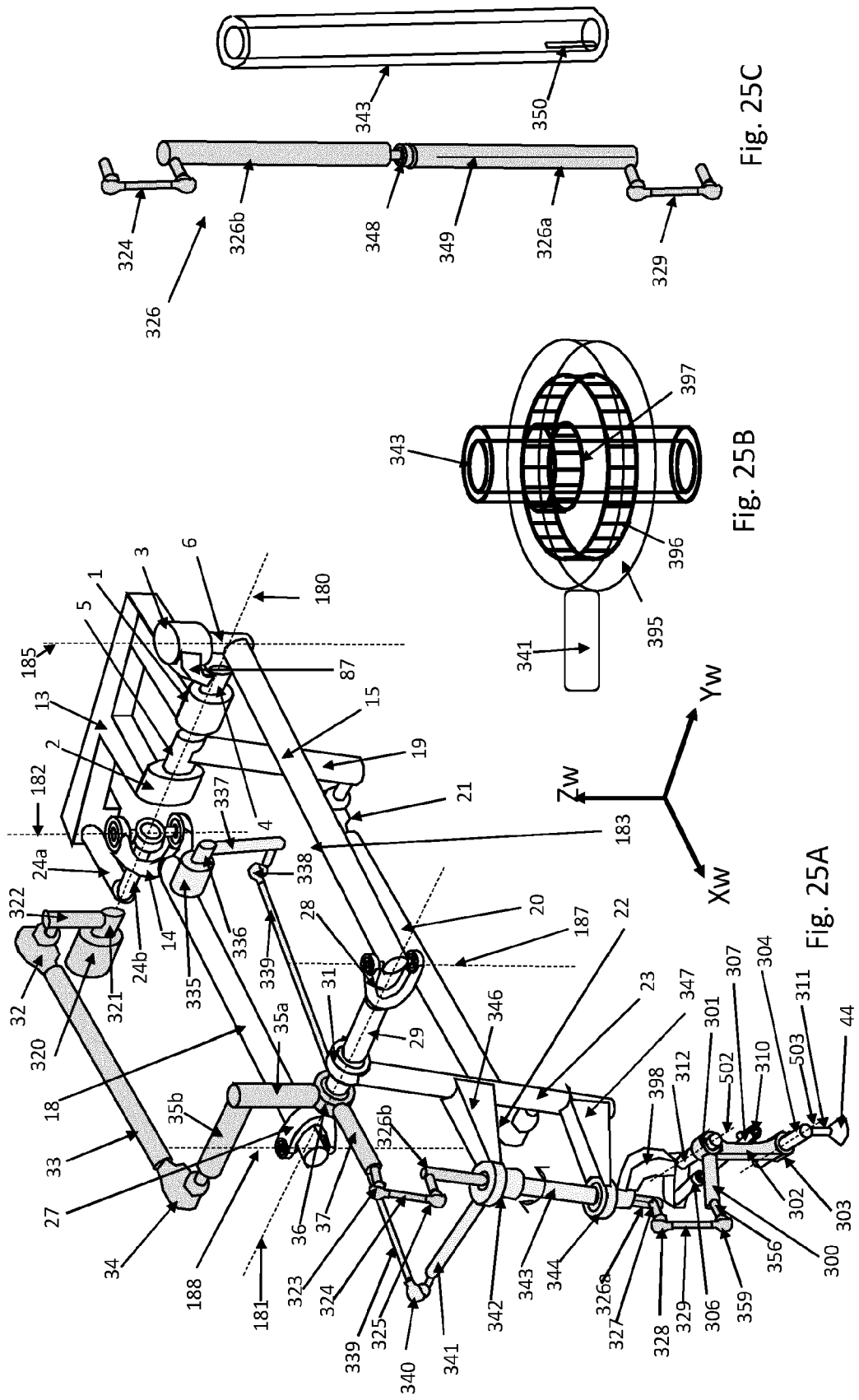


Fig. 25C

Fig. 25B

Fig. 25A

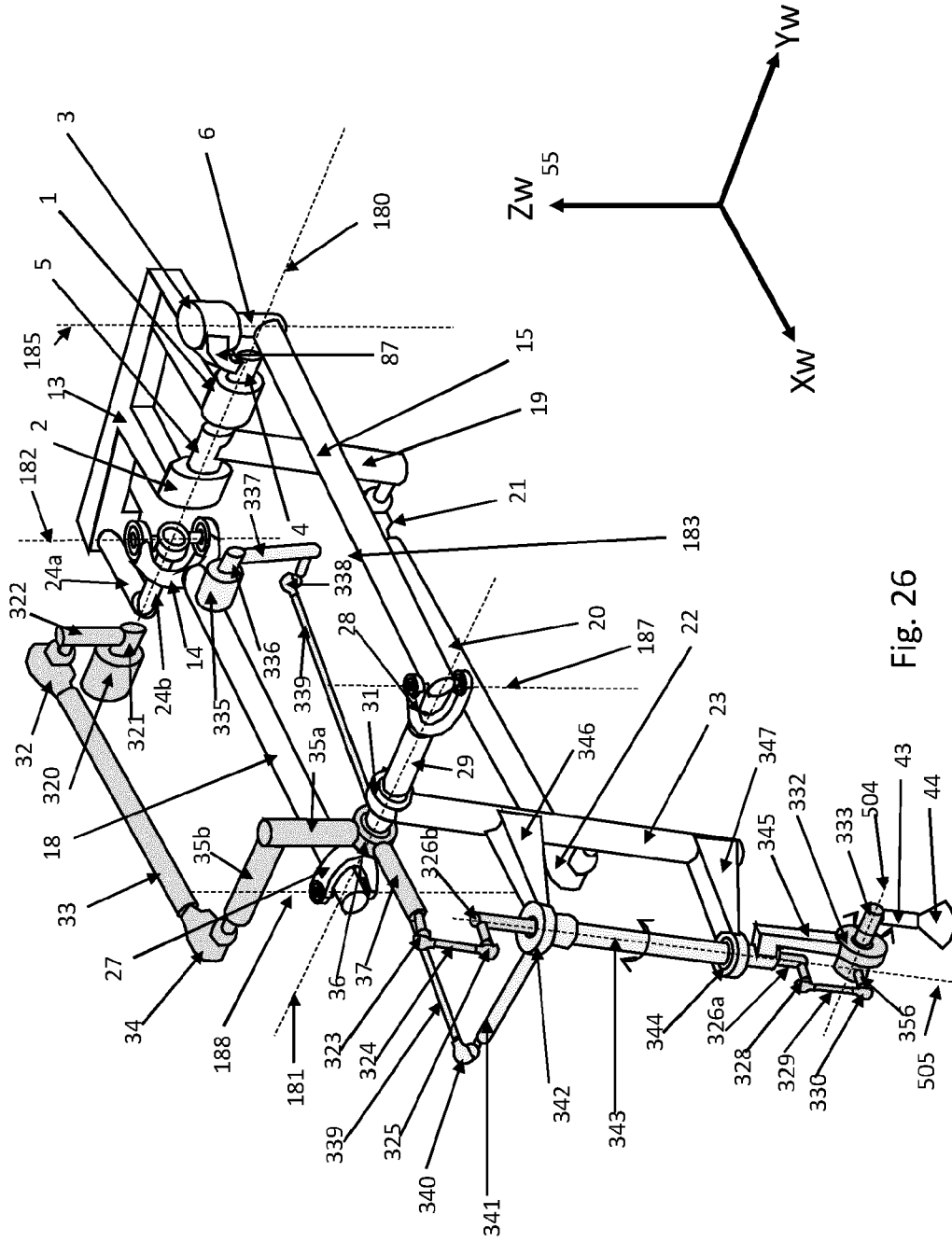


Fig. 26

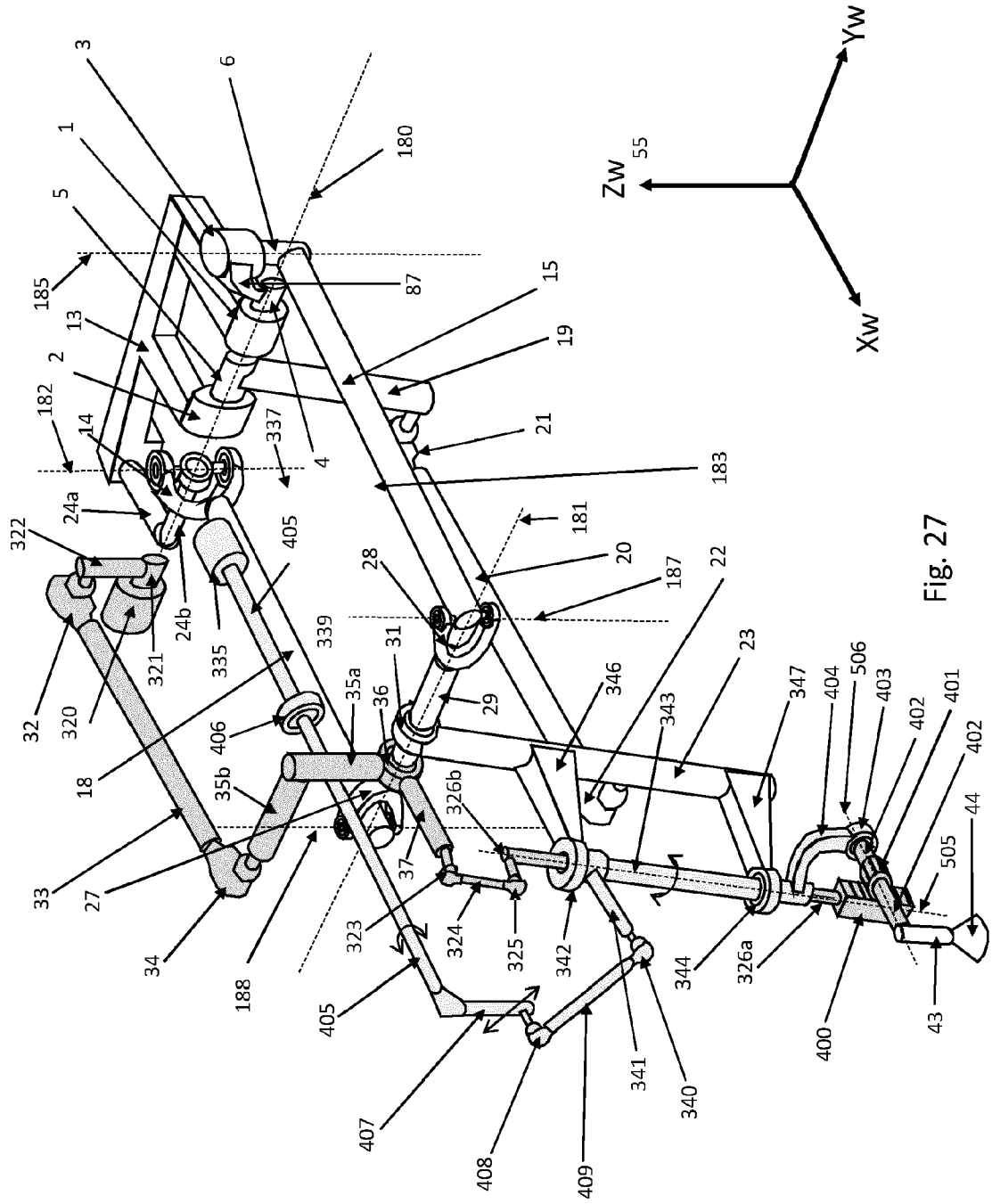


Fig. 27

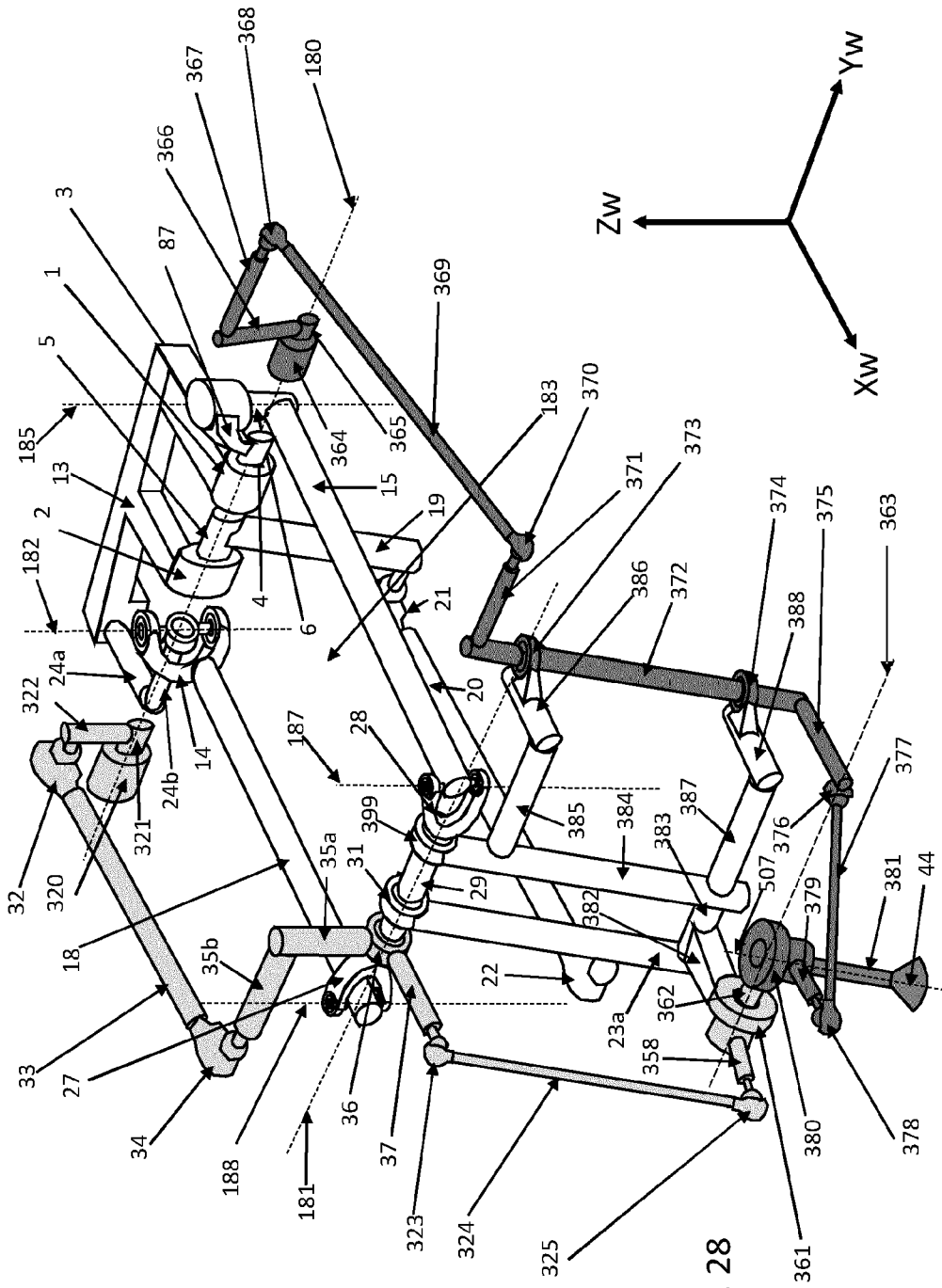


Fig. 28

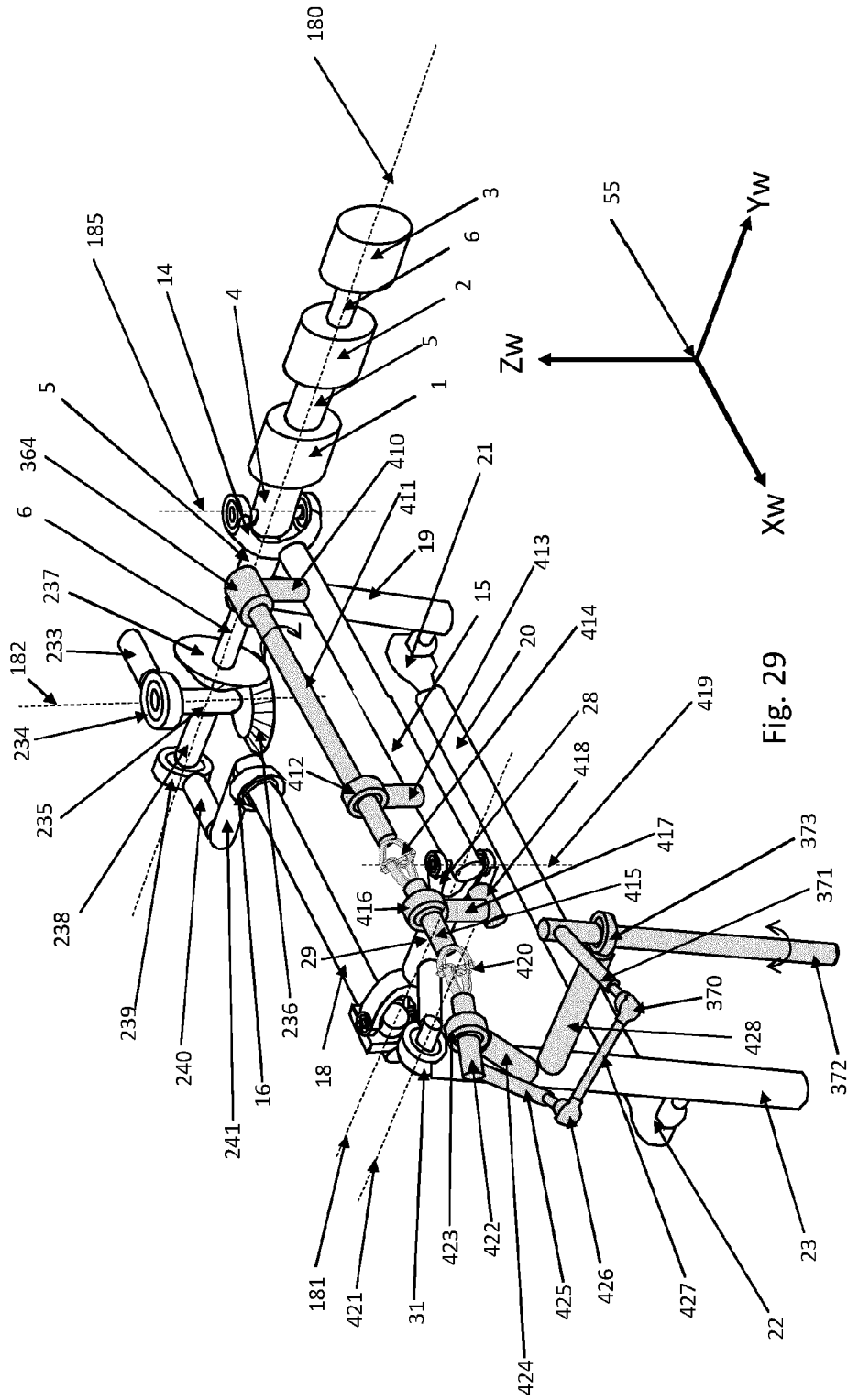


Fig. 29

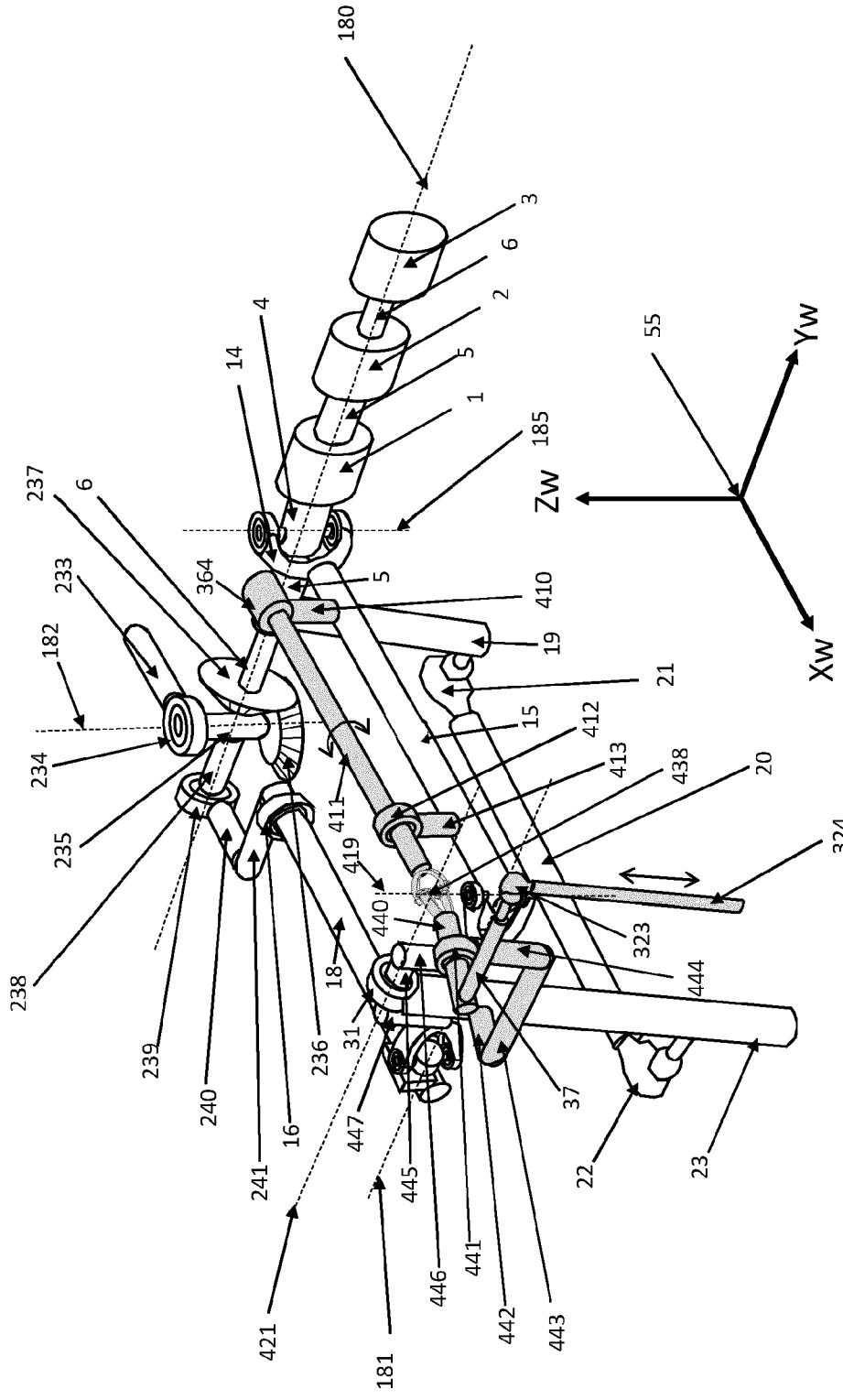


Fig. 30

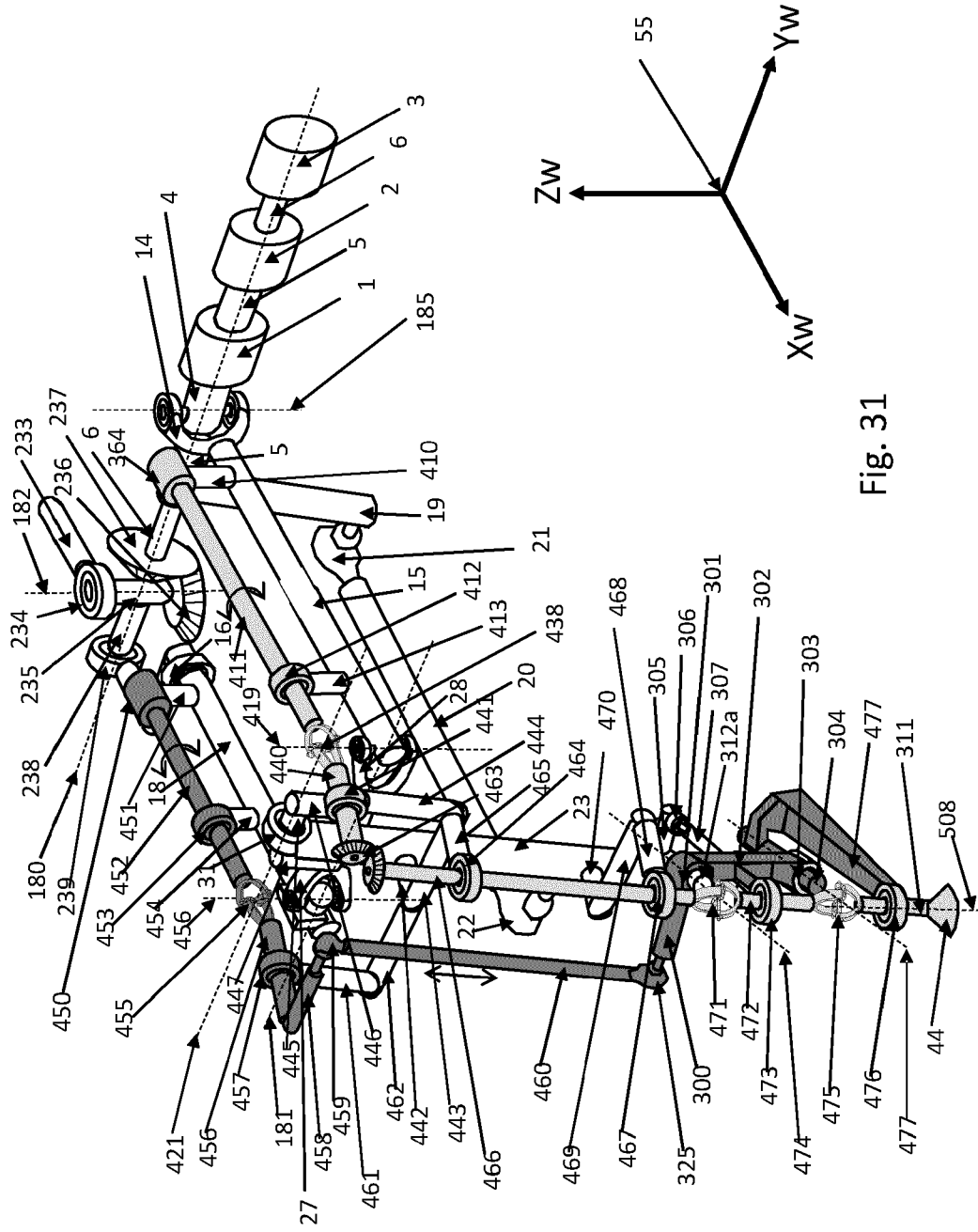


Fig. 31

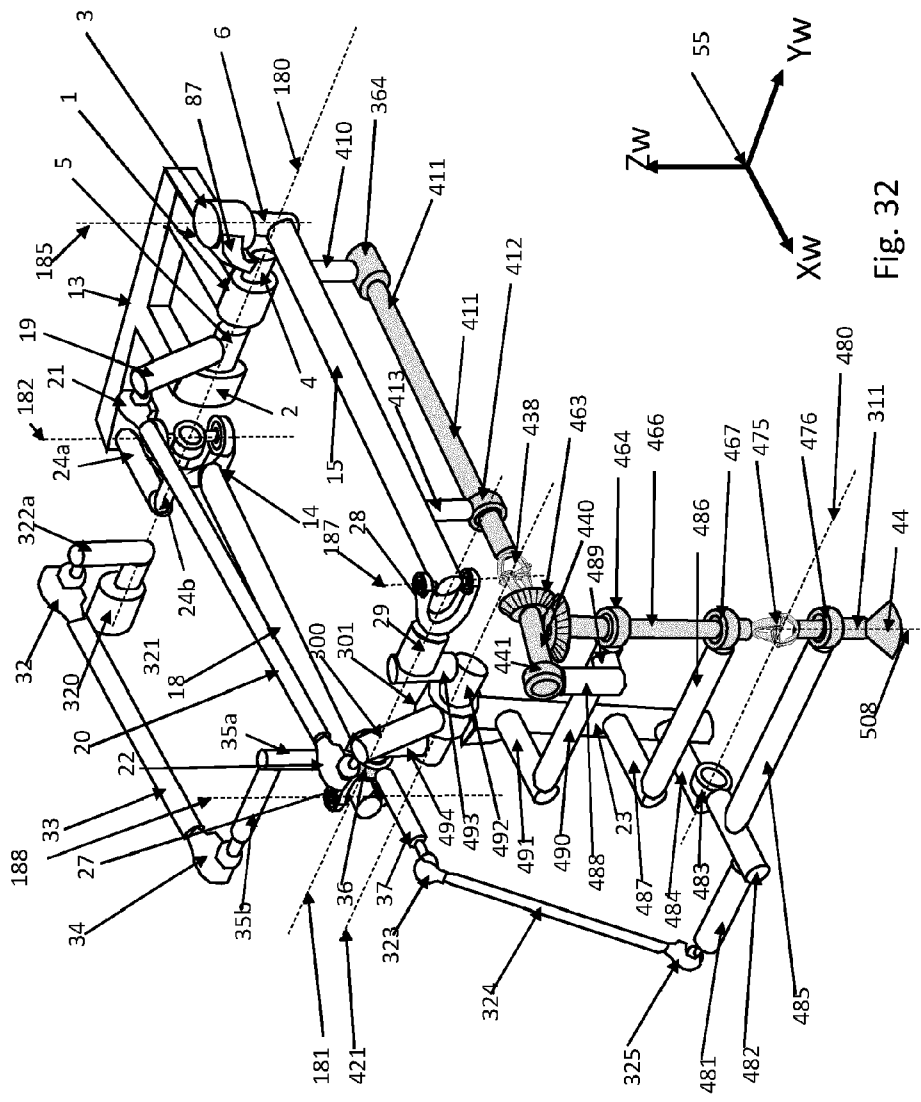


Fig. 32