



①9



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

①1 Número de publicación: **2 355 447**

⑤1 Int. Cl.:
B25J 17/02 (2006.01)

①2

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

⑨6 Número de solicitud europea: **09157270 .1**

⑨6 Fecha de presentación : **19.10.2001**

⑨7 Número de publicación de la solicitud: **2105264**

⑨7 Fecha de publicación de la solicitud: **30.09.2009**

⑤4 Título: **Robot industrial.**

③0 Prioridad: **24.10.2000 SE 0003912**

④5 Fecha de publicación de la mención BOPI:
25.03.2011

④5 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
25.03.2011

⑦3 Titular/es: **ABB AB.**
721 83 Västerås, SE

⑦2 Inventor/es: **Brogardh, Torgny**

⑦4 Agente: **Ungría López, Javier**

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**CAMPO TÉCNICO**

La presente invención se refiere a un robot industrial según el preámbulo de la reivindicación 1.

Tal robot se conoce por US-A-6 099 217.

ANTECEDENTES DE LA INVENCION

Un manipulador que incluye más de un brazo y donde al menos dos brazos forman una cadena de uniones entre los accionadores del manipulador y la plataforma que se ha de manipular, se denomina un manipulador cinemático paralelo. Para un manipulador cinemático paralelo completamente montado para movimiento de una plataforma con tres grados de libertad (por ejemplo, en las direcciones x, y y z en un sistema de coordenadas cartesianas), se requieren tres brazos de funcionamiento en paralelo, y si los seis grados de libertad de la plataforma han de ser manipulados, se requieren seis brazos de funcionamiento en paralelo. En muchas aplicaciones industriales donde actualmente se usan manipuladores lineales del denominado tipo puente, normalmente se requieren cuatro grados de libertad, lo que significa que un manipulador cinemático paralelo correspondiente tendrá cuatro brazos paralelos.

Para obtener un sistema de brazos rígidos con gran capacidad de carga y bajo peso, los brazos inferiores del manipulador cinemático paralelo más próximos a la plataforma manipulada tendrán un total de seis articulaciones que solamente transmiten fuerzas de compresión y de tracción. Para un manipulador para cuatro grados de libertad y cuatro brazos, esto implica que los cuatro brazos inferiores deben compartir las seis articulaciones entre ellos y esto solamente se puede hacer con algunas combinaciones, tales como, por ejemplo, 2/2/1/1 o 3/1/1/1. Si una de las articulaciones se usa para transmitir par además de fuerzas de compresión y de tracción, también se obtienen las siguientes combinaciones posibles para un manipulador cinemático paralelo con cuatro grados de libertad: 3/2/1, 2/2/2. Estas combinaciones también se pueden usar cuando solamente se han de manipular tres grados de libertad en la plataforma manipulada.

Cuando se requiere un rango de trabajo rectangular en aplicaciones de manipulador, hoy día se usan los denominados manipuladores puente. Estos manipulan una plataforma normalmente con cuatro grados de libertad: x, y, z y rotación alrededor del eje z. Para ello, estos manipuladores están compuestos de un eje de rotación y tres recorridos lineales conectados en serie, en los que las unidades móviles se mueven en las direcciones x, y y z. La primera unidad móvil, que es movida a lo largo de un primer recorrido lineal de un accionador, soporta un segundo recorrido lineal montado perpendicular al primer recorrido lineal. En el segundo recorrido lineal, hay entonces una segunda unidad móvil que, a su vez, soporta un tercer recorrido lineal, que está montado perpendicular a ambos recorridos lineales primero y segundo. En el tercer recorrido lineal hay una tercera unidad móvil, que soporta un eje de rotación cuando el manipulador tiene cuatro grados de libertad.

La conexión serie de los recorridos lineales con sus unidades móviles y accionadores asociados impone varias restricciones en los manipuladores puente actuales.

- * El manipulador es muy pesado, lo que limita su velocidad de acción y da lugar a una necesidad de accionadores caros y que consumen energía (motores).
- * El manipulador es débil y cuando se mueven objetos o herramientas, se obtiene una oscilación indeseada del manipulador en caso de movimiento a lo largo del recorrido donde se haya de efectuar el movimiento, y especialmente cuando el movimiento se haya de parar, se obtienen los denominados sobredisparos.
- * El manipulador es elástico cuando la plataforma ha de generar fuerzas entre herramientas y objetos, a no ser que se usen soluciones muy caras y complejas para los recorridos de calza.
- * Para los accionadores móviles con sus sensores de medición asociados, se precisa cableado móvil, que hace pobre la fiabilidad de los manipuladores puente.
- * Es difícil obtener alta exactitud del manipulador sin proporcionar soluciones caras que implican, por ejemplo, cojinetes neumáticos, que al mismo tiempo dan al manipulador limitada velocidad de acción.
- * Se usan normalmente dos recorridos lineales paralelos para soportar el segundo recorrido lineal en la cadena cinemática en serie. Esto da origen a un efecto similar al de un cajón de una cómoda que se acuña cuando es empujado, y cuya gestión requiere soluciones especiales costosas.

Todas estas limitaciones al usar manipuladores puente pueden ser eliminadas por un manipulador cinemático paralelo que sea movido por recorridos lineales de funcionamiento en paralelo, que no necesitan soportarse uno a otro, pero donde todos los recorridos pueden estar montados en una estructura de bastidor fija. Un ejemplo de tal robot cinemático paralelo es Hexaglide, desarrollado en el Technical Institute of Technology ETH en Zurich. La cinemática de esto es clara por la figura 1, que se describe en la sección DESCRIPCIÓN DE LAS REALIZACIONES PREFERIDAS. Aquí, se usan seis unidades móviles en tres recorridos lineales para guiar seis grados de libertad de la plataforma manipulada con la ayuda de seis articulaciones paralelas. Este manipulador tendrá un sistema de brazos con un peso muy bajo, será rígido, puede lograr grandes fuerzas de herramienta sin deformación, no tiene cableado móvil y puede tener exactitud muy alta. Sin embargo, este manipulador tiene un rango de trabajo demasiado pequeño para sustituir los manipuladores puente que se usan actualmente en varias aplicaciones industriales. Además, este robot cinemático paralelo requiere seis accionadores también cuando solamente se han de manipular cuatro grados de libertad, lo que da lugar a un precio innecesariamente alto del manipulador. Finalmente, los programas de control que han de vigilar el movimiento del manipulador son amplios.

RESUMEN DE LA INVENCION

La presente invención incluye una nueva estructura base para manipuladores cinemáticos paralelos basados en accionadores movidos linealmente y que resuelven los problemas que surgen en el manipulador cinemático paralelo descrito anteriormente. Con las realizaciones para manipuladores cinemáticos paralelos en base a la nueva estructura base descrita en esta invención, la mayor parte de los actuales requisitos industriales de los manipuladores con rangos de trabajo rectangulares se pueden resolver a un costo más bajo y con un rendimiento más alto comparado con las estructuras puente cinemáticas en serie corrientes. Ejemplos de manipuladores puente que pueden ser sustituidos por una estructura cinemática paralela según la invención son:

- * Máquinas de medición de coordenadas para medición de alta precisión de componentes y productos prefabricados en la industria de ingeniería.
- * Máquinas herramientas para rectificado, taladrado, fresado, desbarbado y otro maquinado.
- * Máquinas de prueba en fabricación de semiconductores, donde las placas de semiconductores se han de mover a una estación de sonda y presionarse con gran fuerza contra una matriz de contactos para medir la calidad del material semiconductor.
- * Máquinas de montaje para electrónica, donde los componentes electrónicos se han de mover con gran velocidad y alta precisión a una posición correcta, por ejemplo, en una placa de circuitos impresos.
- * Robots de manipulación para aplicaciones farmacéuticas, por ejemplo para mover microplacas durante el screening.
- * Robots de manipulación para mover componentes y productos en la industria de ingeniería, por ejemplo durante el montaje de coches.

Consiguientemente, la invención proporciona un robot industrial como el definido en la reivindicación 1, así como un uso de dicho robot.

Realizaciones preferidas se definen en las reivindicaciones dependientes.

El objeto principal de la invención ha de sugerir formas y medios de fabricar un manipulador con cuatro grados de libertad de colocación (x, y, z) de la plataforma manipulada. Se obtienen ventajas adicionales realizando la rotación de la plataforma manipulada alrededor de un eje (el eje z) sin originar simultáneamente la rotación de la plataforma manipulada alrededor de cualquier otro eje (el eje x o z). Esta manipulación se ha de realizar con solamente cuatro unidades móviles en recorridos lineales paralelos y se deberá hacer con solamente esfuerzos de compresión y tracción en las seis bielas articuladas que conectan la plataforma manipulada directa o indirectamente a las unidades móviles.

Así, según la invención, las bielas articuladas se montan en la plataforma manipulada con la ayuda de uniones, de modo que se formen dos pares de articulaciones. Para cada par, se forma una línea matemática a través del centro de las uniones de los pares de articulaciones, definiéndose el centro por el punto matemático en la unión donde los ejes de rotación de la unión (para pivotar la articulación) se cruzan uno con otro. Para lograr el objeto principal de la invención, ahora se requiere que las dos líneas matemáticas para las uniones de los dos pares de articulaciones sean paralelas. De especial interés es el caso donde estas líneas matemáticas también coinciden. Comenzando en esta estructura básica de un manipulador cinemático paralelo con un rango de trabajo a modo de puente, la invención incluye varias realizaciones ventajosas.

La invención incluye conectar al menos una de las unidades móviles a la plataforma manipulada mediante solamente una de las seis bielas articuladas. De esta forma, no se imponen requisitos a la orientación en cualquier dirección del brazo en la que la articulación en cuestión está montada mediante una unión. Esto proporciona muchas posibilidades de introducir brazos inferiores pivotables para aumentar el rango de trabajo del manipulador en la dirección z. Esto es de especial importancia cuando se haya de diseñar un manipulador con solamente tres grados de libertad (x, y, z).

Para obtener un rango de trabajo grande en el plano xy, es decir, en el plano en el que al menos dos de los recorridos de calza están montados, según una realización ventajosa de la invención dos de los recorridos lineales con unidades móviles asociadas están montados de tal manera que al menos cuatro de las seis articulaciones sean capaces de moverse libremente entre los dos recorridos lineales. Esto hace posible que la articulación realice grandes movimientos en la dirección y mientras realiza simultáneamente grandes movimientos en la dirección z, dado que el sistema de brazos en el medio del rango de trabajo entre los recorridos lineales tendrá su mayor movilidad en todas las direcciones. Esta configuración de los recorridos lineales es la óptima también desde el punto de vista de la rigidez del manipulador si los recorridos lineales están montados de tal manera que los vectores normales a las superficies de montaje de las unidades móviles para uno de los recorridos lineales sean paralelos, pero se dirijan opuestas a las superficies de montaje de las unidades móviles para el otro recorrido lineal.

La invención también incluye lograr la rotación de la plataforma manipulada alrededor de un, y solamente un, eje de rotación por medio de una biela articulada conectada a una de las unidades móviles, en cuyo caso un brazo de palanca puede ser usado en una disposición de plataforma para transformar un movimiento de traslación de la articulación relevante a un movimiento rotacional de la plataforma. Para obtener ángulos de rotación grandes de la plataforma manipulada, la invención también incluye el uso de una de las bielas articuladas en una transmisión universal, montándose las uniones universales en ambos extremos de la biela articulada en cuestión y usando una rueda dentada y una

cremallera para transmitir un movimiento relativo entre dos unidades móviles en un recorrido lineal a un movimiento rotacional de la transmisión universal. Además, la invención incluye el uso de un tercer recorrido lineal montado entre otros dos recorridos lineales y con dos unidades móviles para manipular la rotación y el movimiento de la plataforma en la dirección z, en cuyo caso se pueden usar ambas realizaciones indicadas para generar el movimiento rotacional de la plataforma.

La invención también incluye diseños diferentes para obtener un rango de trabajo extendido de la plataforma manipulada con la ayuda de brazos de palanca. Estos diseños se basan en movimientos relativos entre dos o más unidades móviles, con la ayuda de acoplamientos articulados entre las unidades móviles, originando oscilaciones de los brazos montados en las unidades móviles. De esta forma, los movimientos lineales de las unidades móviles darán origen a grandes movimientos circulares de las uniones que conectan las bielas articuladas a los brazos oscilantes, y se obtienen grandes movimientos de la plataforma manipulada.

En una realización ventajosa de la invención, al menos cuatro de las uniones entre la plataforma manipulada y las seis bielas articuladas están montadas a lo largo de una línea simétrica común, que corresponde a las líneas matemáticas previamente mencionadas coincidentes. Si, además, se monta una quinta unión para manipular la plataforma en la dirección z en esta línea de simetría, la plataforma estará constituida por una biela o un eje, que entonces se puede girar alrededor por la sexta biela articulada mediante un brazo de palanca o mediante una transmisión universal. Esto da una plataforma muy compacta, que es fácil de fabricar con alta precisión. Además, esta plataforma proporciona una posibilidad de usar simplemente cojinetes de bolas o rodillos ordinarios para implementar las uniones en cuestión.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

La invención se explicará con más detalle mediante la descripción de una realización con referencia a los dibujos acompañantes, donde

La figura 1 es un manipulador diseñado según la técnica anterior, con recorridos lineales paralelos incluyendo seis unidades móviles con seis articulaciones entre estas unidades y la plataforma que ha de ser movida y girada por el manipulador.

La figura 2 es un manipulador que no es parte de la presente invención, para manipular la posición de una plataforma bajo oscilación y orientación constantes, usando solamente tres unidades móviles en solamente dos recorridos lineales paralelos mediante seis articulaciones.

La figura 3 es una modificación del manipulador según la figura 2 que no es parte de la presente invención, con la finalidad de manipular, además de la posición de la plataforma, también la orientación de la plataforma, usando una unidad móvil adicional en solamente dos recorridos lineales paralelos.

La figura 4 es un manipulador según la invención, donde solamente cuatro unidades móviles en solamente dos recorridos lineales manipulan la posición y orientación de la plataforma alrededor de solamente un eje.

Las figuras 5a y 5b son implementaciones ventajosas de la disposición de unión del manipulador según la figura 4.

La figura 6 son otras implementaciones ventajosas de la disposición de unión del manipulador según la figura 4, y después en particular cuando la plataforma se somete a grandes fuerzas y pares.

La figura 7 es una modificación del manipulador en la figura 4 con tres unidades móviles para manipular la posición de la plataforma solamente, mientras que su inclinación y orientación se mantienen constantes.

La figura 8 es un manipulador montado en pared del mismo tipo que el manipulador según la figura 4.

La figura 9 es un manipulador montado en pared modificado para obtener un mayor rango de trabajo para la colocación de la plataforma.

La figura 10 es una configuración ventajosa de los recorridos lineales para obtener un rango de trabajo grande del manipulador en el plano horizontal en el caso de montaje en el suelo.

La figura 11 es una primera realización del manipulador para obtener un rango de trabajo grande también en el plano vertical con una configuración de los recorridos lineales según la figura 10.

La figura 12 es el rango de trabajo en el plano horizontal que se obtiene con una configuración de los recorridos lineales según las figuras 10 y 11.

La figura 13 es una variante de la realización del manipulador en la figura 11 para obtener un rango de trabajo grande también en el plano vertical.

La figura 14 es una realización del manipulador según la figura 13 para obtener un rango de trabajo grande también en el caso de rotación de la plataforma alrededor de un eje.

La figura 15 es una realización alternativa con un tercer recorrido lineal para obtener un rango de trabajo grande también en el caso de rotación de la plataforma.

La figura 16 es una realización alternativa ventajosa del manipulador para obtener un rango de trabajo grande de la plataforma manipulada, tanto con respecto a la colocación como a la rotación alrededor de un eje, usando dos recorridos lineales y cuatro unidades móviles.

La figura 17 es una variante de una realización del manipulador en la figura 16 cuando un diseño simple es más importante que un rango de trabajo grande para rotación de la plataforma.

Y la figura 18 es una disposición diferente de un manipulador que no es parte de la presente invención, para ilustrar los problemas que surgen cuando se alcanza el objeto principal de la invención.

DESCRIPCIÓN DE LAS REALIZACIONES PREFERIDAS

La figura 1 representa la técnica anterior para manipular, en recorridos lineales 10, 11 y 15, una plataforma 1 por medio de articulaciones 13-18, que solamente transmiten esfuerzos de compresión y de tracción. Las seis articulaciones 13-18 están provistas en cada extremo de uniones 13a-18a y 13b-18b, respectivamente. Las uniones tienen dos o tres grados de libertad y las articulaciones están montadas, mediante las uniones 13a-18a, en la plataforma 1 que ha de ser manipulada. Con las uniones 13b-18b, las articulaciones están montadas en las unidades móviles 2, 3, 4, 5, 26, 27 con una articulación para cada unidad móvil. Las unidades móviles son controladas por accionadores 6, 7, 8, 9, 29 y 28 y se pueden colocar a lo largo de los recorridos lineales 10, 11, 25 independientemente una de otra. Realizando esta colocación en una cierta configuración dada por la cinemática del manipulador, se puede hacer que la plataforma se mueva en las direcciones x, y y z y obtener rotaciones alrededor del eje z (V_z). También es posible obtener rotaciones alrededor de los ejes x y y, pero no hay necesidad de ello en la mayoría de las aplicaciones puente que se están utilizando hoy día.

La figura 2 representa cómo un manipulador con tres accionadores lineales puede ser usado para manipular la posición de un objeto 12, obteniéndose los movimientos más grandes en la dirección y (la dirección y según el sistema de coordenadas expuesto en la figura). El objeto 12 se coloca en una plataforma 1, que es retenida por las seis articulaciones 13-18. Las articulaciones 13-15 están montadas en sus extremos inferiores en la unidad móvil 2, que se hace que se mueva a lo largo del recorrido lineal 11 con la ayuda del dispositivo de accionamiento 7. De forma correspondiente, el extremo inferior de la articulación 16 está montado en la unidad 3, que en el recorrido 10 está conectada al dispositivo de accionamiento 6. Además, las articulaciones 17 y 18 están montadas en la unidad 4 con el dispositivo de accionamiento 8. Cada articulación tiene, en ambos extremos, uniones 13a-18a y 13b-18b, respectivamente, teniendo cada una dos grados de libertad (por ejemplo, una unión universal) o tres grados de libertad (por ejemplo, una unión de rótula). Las articulaciones 13, 14, y 15 tienen la misma longitud y son mutuamente paralelas y están montadas de tal manera que las uniones 13a, 14a, 15a y 13b, 14b, 15b, respectivamente, formen triángulos. Las articulaciones 17 y 18 también son mutuamente paralelas y tienen la misma longitud. Por otra parte, las articulaciones 13, 14, 15 no tienen que tener la misma longitud que las articulaciones 17, 18, ni la misma longitud que la articulación 16, y la articulación 16 no tiene que tener la misma longitud que las articulaciones 17 y 18. Para alta precisión y alta rigidez, las articulaciones se hacen adecuadamente de tubos epoxi reforzados con fibra de carbono, que se encolan a soportes para las uniones. Las unidades 2, 3, 4 pueden ser movidas por tornillos de bola con motores 6, 7, 8 en los extremos de las unidades lineales 10, 11. Como alternativa, se puede usar transmisiones de correa y si se requiere una rigidez y exactitud muy altas, también es posible utilizar motores lineales. En el caso de motores lineales, el devanado se deberá colocar en la parte estacionaria para evitar el cableado móvil, pero esto implica que se necesitan dos motores lineales paralelos para el recorrido lineal 10 con dos unidades móviles. Se deberá señalar que los recorridos lineales 10 y 11 en la realización representada en la figura están adyacentes uno a otro (en la dirección x) y a diferentes niveles (en la dirección z). La razón de que el recorrido 10 esté a un nivel más alto que el recorrido 11 es que la distancia entre las unidades móviles 3 y 4 es entonces menor y que estas unidades no tienen que ser movidas en la misma extensión para obtener una transferencia dada de la plataforma 1, lo que permite hacer el recorrido lineal 10 más corto que si todas las articulaciones fuesen de igual longitud.

Para la mayoría de las aplicaciones donde actualmente se usan los denominados manipuladores puente, se requiere un cuarto grado de libertad que también sea capaz de girar la plataforma 1 alrededor del eje z. Una posibilidad de hacerlo con la estructura según la figura 2 como base es conectar las articulaciones 17 y 18 a diferentes unidades móviles, lo que se representa en la figura 3. Así, la articulación 18 se ha conectado aquí a una nueva unidad móvil 5 mediante una biela 6, de tal manera que las articulaciones 17 y 18 puedan ser manipuladas independientemente una de otra. La unidad móvil 5 es movida en el recorrido lineal 11 por la unidad de accionamiento 9. Con esta modificación del manipulador original en la figura 2, se puede obtener una rotación de la plataforma 1 ajustando la relación entre las posiciones de las unidades móviles 4 y 5. Esto da origen a una rotación pura alrededor de la dirección z (V_z) cuando las articulaciones 13, 14 y 15 son perpendiculares a la unidad móvil 1, pero si el ángulo de estas articulaciones con relación a la unidad móvil 1 se desvía de 90 grados, la rotación de la plataforma 1 irá acompañada de un cambio de la inclinación de la plataforma. Cuanto más grande sea la desviación a partir de 90 grados, mayor será el cambio de inclinación en función de la rotación de la plataforma, y por lo tanto el manipulador en la figura 3 tiene un uso limitado.

La figura 4 representa una estructura que no implica la desventaja de que una rotación de la plataforma 1 puede dar origen a un cambio de la inclinación de la plataforma. Aquí, la plataforma 1 está montada en una biela de plataforma vertical (1a-1f), en la que están montadas las uniones 13a, 14a, 17a, 15a y 16a. La biela de plataforma también incluye un brazo horizontal de palanca 1g, en cuyo extremo está montada la unión 18. Las uniones 13a y 14a conectan las articulaciones paralelas e igualmente largas 13 y 14 a la biela de plataforma vertical y en sus otros extremos estas articulaciones están conectadas mediante las uniones 13b y 14b a la biela 2B, que es paralela a la biela de plataforma y que está montada en la unidad móvil 2. De la misma forma, las uniones 15a y 16a conectan las articulaciones paralelas e igualmente largas 15 y 16 a la biela de plataforma. En sus otros extremos, las articulaciones paralelas 15 y 16 están montadas en la biela 3B mediante las uniones 15b y 16b. La biela 3B es paralela a la biela de plataforma y está montada en la unidad móvil 3. La unión 17b se usa para la articulación 17, que, mediante la unión 17b, es manipulada por la

unidad móvil 5. Las articulaciones 13-17 bloquean todos los grados de libertad de la biela de plataforma excepto la rotación alrededor de su eje de simetría. Para bloquear (y manipular) este grado de libertad, se usa la articulación 18 que, mediante la unión 18a y el brazo de palanca 1 g, puede girar la biela de brazo de palanca y por lo tanto la plataforma 1. En su otro extremo, la articulación 18 está montada, mediante la unión 18b, en la unidad móvil 4, que así controla la orientación de la plataforma 1 sin influir en la inclinación de la plataforma (determinándose la inclinación por las bielas 2B y 3B mediante las articulaciones 13, 14, 15 y 16).

Las uniones en la biela de plataforma pueden ser implementadas como uniones universales, rótulas o con cojinetes de bolas adecuadamente dispuestos. La figura 5a representa una implementación usando rótulas. Las bolas para las uniones 13a, 14a, 15a, 16a y 17a tienen un agujero vertical a través del que se extiende un eje 20 que conecta la plataforma 1 al brazo de palanca 1g. Entre la bola de la unión 13a y la plataforma 1 está montado un manguito 1a, y entre las bolas de las uniones 14a-16a están montados los manguitos 1a-le, y debajo de la bola a la unión 16a está montado el manguito 1f. Con la tuerca 21 en el eje 20, las bolas 13a-17a con los manguitos intermedios están fijadas en la plataforma 1, formando así una biela de plataforma. En el eje 10, el brazo de palanca 1g está fijamente montado de tal manera que un movimiento de la articulación 18 dé origen a una rotación de la biela de plataforma, que está articulada en las uniones 13a-17a. El diseño de las uniones 13a-17a se representa en la figura 4b, ejemplificadas por la unión 17a. La unión se ve en sección transversal desde arriba con el eje 20 dentro de la bola perforada. En la articulación 17 se ha montado un soporte de unión 22. El soporte de unión presiona el ángulo 23 contra un lado de la bola y la chapa 24 contra el otro lado de la bola. El ángulo 23 da al menos tres superficies de contacto con la bola y la chapa 24 al menos una superficie de contacto. El diseño de unión correspondiente también puede ser implementado en las bielas 2B y 3B en la figura 4.

La realización de las uniones según las figuras 5a y 5b es adecuada primariamente para aplicaciones donde no se han de aplicar fuerzas demasiado grandes a la plataforma 1. En los casos donde fuerzas más grandes influyen en la plataforma 1, se puede usar uniones universales o cojinetes de bolas o rodillos angularmente ajustados según la figura 6. La figura ejemplifica la disposición de unión con las articulaciones 15 y 16. La implementación de las uniones propiamente dicha se explica comenzando en la unión 16b. En la biela 3B está montado un soporte 16bIII, y en ambos lados de este soporte están montados otros dos cojinetes 16bII y 16bI. En la figura, el eje de rotación para el soporte 16bIII es vertical y para los cojinetes 16bI y 16bII horizontal. En los cojinetes 16bI y 16bII está montado un puente 16B (representándose más claramente el puente 16A en el otro extremo de la articulación 16), y en este puente está montada la articulación 16. Con este diseño, la biela de plataforma interconecta las uniones montando simplemente los cojinetes con un eje vertical de rotación en las bielas, y las partes 1d, 1e, etc, de la biela son así en este caso un eje continuo.

El manipulador de la figura 4 manipula la plataforma 1 con cuatro grados de libertad. Para no olvidar nada, la figura 7 representa la estructura base para manipulación con tres grados de libertad. Las articulaciones 13, 14, 15, 16 y 17 están montadas exactamente de la misma forma que en la figura 4. La única diferencia es que la articulación 18 está montada ahora en la unidad móvil 3 y que la unidad móvil 4 con el accionador asociado 9 se ha quitado. La articulación 18 se elige con la misma longitud que las articulaciones 15 y 16 y está montada de manera que sea paralela a estas articulaciones. Para ello, la unidad móvil 3 está provista de un brazo 3C, que juntamente con el brazo de palanca 1g asegura que la articulación 18 sea paralela a las articulaciones 15 y 16. Alternativamente, la articulación 18 está montada en la unidad móvil 2 o 5 y es paralela a las articulaciones 13, 14 y 17, respectivamente. Moviendo las unidades 2, 3 y 5 se puede controlar ahora la posición en las direcciones x, y y z de la plataforma 1.

En las figuras 4 y 7, la biela de plataforma es perpendicular a la superficie, que está fijada por los recorridos lineales 10 y 11. Sin embargo, la biela de plataforma puede recibir un ángulo diferente con relación a los recorridos lineales inclinando las bielas 2B y 3B, a condición, sin embargo, de que las bielas 2B y 3B todavía sean paralelas. En un caso extremo, las bielas 2B y 3B se eligen de modo que sean paralelas al plano que está fijado por los recorridos lineales, y tal configuración se representa en la figura 8. Aquí, los recorridos lineales están montados en pared uno encima de otro y aproximadamente en el mismo plano, lo que, sin embargo, no es necesario. Los ángulos de basculamiento de la plataforma 1 son bloqueados por las articulaciones 13, 14, 15 y 16, que también controlan sustancialmente el movimiento de la plataforma en el plano xy. La articulación 17 controla sustancialmente el movimiento de la plataforma en la dirección z, y la articulación 18 controla la rotación de la plataforma alrededor del eje z (Vz). De la misma forma que en la figura 7, la rotación de la plataforma alrededor del eje z se puede mantener constante montando la articulación 18 en la unidad 2 o la unidad 3 o la unidad 5. En los tres casos, la articulación 18 está montada paralela a la(s) articulación(es) que ya está(n) en la plataforma en cuestión y se hace de la misma longitud que esta(s) articulación(es).

La figura 9 representa una disposición que tiene la ventaja de que el manipulador puede recibir un mayor rango de trabajo con relación a la longitud de los recorridos lineales 10 y 11. Esto se logra dotando al manipulador de un conjunto extra de brazos 62, 68 y 72 con la tarea de impartir a las articulaciones 13, 14 y 15, 16 y 17, respectivamente, movimientos mayores que en realizaciones anteriores donde estas articulaciones están montadas directamente en las unidades móviles de los recorridos lineales. Sin embargo, esta ventaja implica la desventaja de que la mecánica es más compleja y de que el manipulador es mecánicamente menos rígido. Las articulaciones 13 y 14 están montadas aquí, mediante las uniones 13b y 14b, en una viga vertical 61 que se puede pivotar en el plano horizontal montándose fijamente en el brazo basculante 62. Este brazo basculante está montado, mediante la unión 65 (1 grado de libertad), en el bloque 66 que está montado en la unidad móvil 66. De forma correspondiente, las articulaciones 15 y 16 están montadas en la viga 67, que está fijada al brazo basculante 68. Este brazo basculante está montado en la unidad móvil 2 mediante la unión 70 y el bloque 71. Entre los brazos basculantes 62 y 68 hay una barra 64, que está conectada de forma articulada a los brazos basculantes a través de uniones 63 y 69. Esta barra hace que un movimiento relativo entre

las unidades móviles 2 y 3 dé origen a un movimiento de pivote de los brazos basculantes 68 y 69, lo que, a su vez, implica un movimiento en la dirección y de la plataforma 1. Para obtener movimientos hacia arriba y hacia abajo de la plataforma 1, la articulación 17 está montada, mediante la unión 17a, en un brazo basculante 72; que está adaptado sustancialmente para bascular en el plano vertical. El brazo 72 está conectado, mediante la unión 73, al bloque 74 en la unidad móvil 2. El brazo 72 se hace bascular por el movimiento relativo entre la unidad móvil 2 y la unidad móvil 4. Esto es posible a través de la articulación 75, que conecta la unidad móvil 4 al brazo basculante 72 por medio de las uniones 75b y 75a. La rotación de la plataforma 1 se obtiene de la misma forma que en la figura 8 con la ayuda del brazo de palanca 1e y la articulación 18.

La figura 10 representa una configuración alternativa para obtener un rango de trabajo más grande. Los recorridos lineales 10 y 11 están situados aquí en el lado, mirando uno a otro, y son mutuamente paralelos (perspectiva distorsionada en la figura). Los pares de articulaciones 13, 14 y 15, 16 están montados en las unidades móviles 2 y 3, respectivamente, la única articulación 17 está montada en la unidad móvil 5 y la articulación 18, que es responsable de la rotación de la plataforma 1 alrededor del eje z, está montada en la unidad 4. Conectando la unidad 18 a la unidad 2, 3 o 5 como se ha descrito previamente, la plataforma 1 se puede poner en un ángulo o rotación constantes.

La configuración con los pares de articulaciones 13, 14 y 15, 16 manipuladas entre los recorridos lineales 10 y 11 abre nuevas posibilidades de obtener un manipulador puente cinemático paralelo con un rango de trabajo muy grande. Para tener éxito al hacerlo, sin embargo, se requiere una disposición de articulación 17 diferente de la de la figura 10. Un ejemplo de tal disposición se representa en la figura 11. La articulación 17 es aquí manipulada por la unidad móvil 5 mediante la unión 17b, la articulación 17D y la unión 17e. Cuando la unión 17e sea movida por la unidad móvil 5 a lo largo del recorrido lineal 11, la unión 17b basculará alrededor de un eje, que se extiende entre las uniones 17c y 17d. Esta oscilación da origen a grandes movimientos verticales de la unión 17a, dando lugar a que la plataforma 1 sea manipulada con un rango de trabajo grande en la dirección z. La unión 17b está conectada a las uniones 17c y 17d con la ayuda de las articulaciones 17B y 17C y la plataforma 1 será manipulada en la dirección z tan pronto como cualesquiera de las unidades móviles 2, 3 y 5 sean movidas una con relación a otra. En otros aspectos, el manipulador en la figura 11 es idéntico al representado en la figura 10.

Como se ha mencionado anteriormente, un robot puente cinemático paralelo con articulaciones paralelas que operan entre los recorridos lineales tendrá un rango de trabajo muy grande. Esto se ilustra en la figura 12, que es una proyección simplificada del manipulador según la figura 11, visto desde arriba. Solamente las unidades móviles 2 y 3, que determinan el rango de trabajo en el plano xy, se representan conjuntamente con las articulaciones superiores asociadas 13 y 15 así como una de las uniones (13a) en la biela de plataforma y las uniones 13b y 15b en las unidades móviles. Si las articulaciones 13 y 15 se hacen más largas que la distancia entre los recorridos lineales paralelos, el rango de trabajo del manipulador en el plano xy será capaz de cubrir una superficie casi tan grande como la superficie entre los recorridos lineales. Con una disposición adecuada para manipulación de la plataforma 1 en la dirección z, este rango de trabajo en el plano xy se aplicará también a una profundidad relativamente grande en la dirección z, aunque el rango de trabajo siempre será más estrecho debajo y encima del plano formado por los recorridos lineales 10 y 11.

Una disposición algo más simple para obtener un rango de trabajo grande en la dirección z se representa en la figura 13. Aquí, la articulación 17 está montada en el brazo 36 mediante la unión 17b (con dos o tres grados de libertad), estando conectado, a su vez, el brazo 36 a la unidad móvil 4 a través de la unión 35 (con un grado de libertad). El brazo 36 se hace bascular alrededor del eje de la unión 35 cuando las unidades móviles 3 y 4 se mueven una con relación a otra. Esta función se logra por el hecho de que el brazo 36 tiene un brazo de palanca 34, que, mediante la unión 33, está conectado a la unidad móvil 3 mediante el brazo 32. El brazo 32 está fijamente montado en la unidad móvil 3 con la ayuda de la unión 31, que permite bascular el brazo 32 en el plano vertical. Las articulaciones 13-16 están dispuestas de la misma forma que en las figuras 10 y 11. Por otra parte, la articulación 18 está configurada para mantener un ángulo de rotación constante de la plataforma 1. Esto se logra dejando que la articulación 18 forme un paralelogramo con las articulaciones 13 y 14, lo que se logra con el brazo 2A fijamente montado en la unidad móvil 2. Como alternativa, la articulación 18 puede estar montada de forma correspondiente en la unidad móvil 3.

En varios casos es deseable girar la plataforma 1 al menos un giro completo alrededor del eje z. La figura 14 representa una forma de hacerlo. La articulación 17 tiene aquí una unión universal en cada extremo, por lo que la articulación funcionará como una transmisión de eje de accionamiento universal. La unión universal 17b está conectada al piñón 38 mediante el eje 37. El eje 37 se mantiene articulado en eje único por el brazo 36, que también sujeta la corredera 40 de la cremallera 39. A su vez, la cremallera 39 está montada en la unidad móvil 5 mediante la unión 41, la horquilla 42, el brazo 43 y la unión 44. El dispositivo para controlar el brazo 36 es el mismo que en la figura 13. Cuando la unidad móvil 5 sea movida con relación a la unidad móvil 4, la cremallera 39 se moverá en la corredera 40 y por lo tanto girará en el piñón 38, lo que, a su vez, da lugar a que la transmisión universal 17b, 17 y 17a imparta a la biela de plataforma 1a-1e, y por lo tanto a la plataforma 1, un movimiento rotacional alrededor del eje z.

La disposición con los brazos 36 y 43 en la figura 14 puede originar algunos problemas con respecto a la rigidez de la plataforma a fuerzas en la dirección z y par alrededor del eje z. Una forma de incrementar la rigidez con respecto a estos componentes es introducir otro recorrido lineal 47 según la figura 15. Los recorridos lineales 10 y 11 solamente tienen ahora las unidades móviles 2 y 3 mientras que las unidades móviles 4 y 5 están situadas en el recorrido lineal 47. Se deberá señalar aquí que un recorrido lineal puede constar de dos pistas separadas, una para cada unidad móvil. Sin embargo, nunca hay necesidad de que las unidades móviles pasen una por otra, de modo que la solución más económica es permitir que dos unidades compartan la misma pista, pero tengan diferentes transmisiones de accionamiento tales como, por ejemplo, tornillos de bola y correas. El recorrido lineal 47 es responsable de los movimientos

de la plataforma en la dirección z y su rotación alrededor del eje z. El movimiento en la dirección z se logra por el movimiento de la unidad móvil 4, por lo que la articulación 17 mueve la biela de plataforma 1a-1e arriba o abajo. La rotación alrededor del eje z se logra moviendo la unidad móvil 5 con relación a la unidad móvil 4. Esto hará que la cremallera 39 gire el piñón 38, que, a su vez, gira la transmisión universal 17b, 17, 17a, dando lugar a que la biela de plataforma y por lo tanto la plataforma 1 giren. El piñón 38 está fijamente articulado en la unidad móvil 4 y la cremallera 39 está fijada en la unidad móvil 5 por medio de la unión 41. La corredera 40 para sujetar la cremallera 39 contra el piñón 38 está montada en la unidad móvil 4.

En principio, la transmisión universal para transmitir un movimiento rotacional a la plataforma 1 puede ser implementada por cualquiera de las articulaciones incluidas en el manipulador. La figura 16 ilustra este hecho. Aquí, la articulación 16 se usa para la transmisión universal, y para obtener la dirección correcta del movimiento rotacional a la plataforma 1 se usa un par de engranajes cónicos con las ruedas 48 y 49. La plataforma 1 está montada aquí en un eje 1a, que está montado en un soporte en el soporte de piñón 58. La orientación y la posición del soporte de piñón 58 las determinan las articulaciones 13-18, donde la articulación 16 se usa al mismo tiempo para transmitir el movimiento rotacional. La unión universal 16a está en conexión directa con el engranaje cónico 49 mediante el eje 50 que está fijamente articulado al soporte de piñón 58, moviendo a su vez el engranaje cónico 49 el engranaje cónico 48 y por lo tanto la plataforma 1. En su otro extremo la articulación 16 está en conexión directa, mediante la unión universal 16b, con el piñón 38 por medio del eje 37, piñón 38 que está articulado en la unidad móvil 3. De la misma forma que en la figura 15, el piñón es movido por una cremallera 39, que está fijada a la unidad móvil 4 con la unión 41. En la unidad móvil 3, la cremallera 39 es empujada contra el piñón 38 por un soporte 40, por lo que un movimiento relativo entre las unidades móviles 3 y 4 da origen a una rotación del piñón 38. Para la manipulación en la dirección z, la articulación 17 está conectada en su otro extremo, mediante la unión 17b, al brazo 53 que, por medio de la unión 52, está montado en un soporte de ángulo 51 en la unidad móvil 2. La articulación 56 hace que el brazo 53 bascule alrededor de la unión 52 cuando la unidad móvil 5 se mueva con relación a la unidad móvil 2.

La figura 16 también representa las dos líneas matemáticas 80 y 81. Éstas se definen por puntos centrales para las uniones 13a, 14a y 15a, 16a, respectivamente. Común a los manipuladores descritos hasta ahora y que caracterizan la invención es que estas líneas matemáticas (80, 81) son paralelas. En las figuras 4, 5, 7, 8, 9, 10, 11, 13, 14 y 15, estas líneas son, además, coincidentes.

Es necesario que las líneas matemáticas 80 y 81 sean paralelas para que la plataforma 1 sea capaz de girar sin obtener un cambio simultáneo de la inclinación. Esto se ejemplifica en las figuras 17 y 18. En la figura 17, las líneas 80 y 81 son paralelas y la plataforma 1 recibe un movimiento rotacional puro cuando la unidad móvil 4 se mueve con relación a la unidad móvil 3. En la figura 18, sin embargo, las líneas 80 y 81 no son paralelas y cuando la unidad móvil 4 se mueva con relación a la unidad móvil 3 en este caso, la inclinación de la plataforma 1 se cambiará al mismo tiempo, lo que no es deseable en la mayoría de las aplicaciones.

La figura 17 es una variante de la estructura básica en la figura 16. La rotación de la plataforma 1 se lleva a cabo en la figura 17 por la articulación 18 en lugar de por medio de la transmisión universal y el par de engranajes cónicos como en la figura 16. Esto proporciona un diseño más simple del manipulador, pero a costa de realizar un menor número de rotaciones de la plataforma.

En la figura 18, la plataforma 1 tiene forma de un bastidor de tal manera que la línea matemática 80 sea vertical y la línea matemática 81 sea horizontal. Las articulaciones 17 y 18 se montan de modo que las uniones 17a y 18a formen una línea matemática en el plano horizontal, que puede no ser paralelo a la línea 81. Las articulaciones 17 y 18 son manipuladas por la unidad móvil 4 en el recorrido lineal 47 montado horizontalmente en el rango de trabajo, la articulación 15 es manipulada por la unidad móvil 4 y la articulación 16 por la unidad móvil 4, ambas en el recorrido verticalmente inclinado 11, y las articulaciones 13 y 14 son manipuladas por la unidad móvil 2 en el recorrido verticalmente inclinado opuesto 10. Para obtener las relaciones geométricas deseadas entre los puntos de montaje de la articulación 17 y 18, se usa una viga inclinada 4B en la unidad móvil 4. Si las articulaciones 15 y 16 se mantienen paralelas a condición de que sean de igual longitud, la plataforma 1 puede ser manipulada con una inclinación constante.

REIVINDICACIONES

1. Un robot industrial para movimiento de un objeto (12) en espacio incluyendo una plataforma (1, 1a-1g) dispuesta para transportar el objeto, un primer brazo dispuesto para influir en la plataforma en un primer movimiento e incluyendo un primer accionador con un primer carro linealmente móvil (2) y dos articulaciones (13, 14), cada una de las cuales incluye una unión exterior (13a, 14a) dispuesta en la plataforma y una unión interior (13b, 14b) dispuesta en el primer carro, donde las dos uniones interiores están dispuestas desplazables en paralelo, un segundo brazo dispuesto para influir en la plataforma en un segundo movimiento e incluyendo un segundo accionador con un segundo carro linealmente móvil (3) y dos articulaciones (15, 16), cada una de las cuales incluye una unión exterior (15a, 16a) dispuesta en la plataforma y una unión interior (15b, 16b) dispuesta en el segundo carro, donde las dos uniones interiores están dispuestas desplazables en paralelo, y un tercer brazo dispuesto para influir en la plataforma en un tercer movimiento e incluyendo un tercer accionador con un tercer carro linealmente móvil (5) y una articulación (17), que incluye una unión exterior (17a) dispuesta en la plataforma y una unión interior (17b) dispuesta en el tercer carro, donde la unión interior está dispuesta linealmente desplazable, teniendo todas las uniones dos o tres grados de libertad, una primera línea (80) definida pasando a través de los puntos centrales de las dos uniones exteriores de las dos articulaciones del primer brazo, dicho punto central respectivo se define por el punto matemático en la unión donde los ejes de rotación de la unión se cruzan uno con otro, y una segunda línea (81) definida pasando a través de los puntos centrales de las dos uniones exteriores de las dos articulaciones del segundo brazo, dicho punto central respectivo se define por el punto matemático en la unión donde los ejes de rotación de la unión se cruzan uno con otro, caracterizado porque la primera línea (80) y la segunda línea (81) son paralelas.
2. Un robot industrial según la reivindicación 1, caracterizado porque las articulaciones del primer brazo, el primer carro y la plataforma forman un primer paralelogramo, y porque las articulaciones del segundo brazo, el segundo carro y la plataforma forman un segundo paralelogramo.
3. Un robot industrial según cualquiera de las reivindicaciones 1-2, caracterizado porque el primer accionador incluye un primer motor y un primer recorrido dispuesto en un primer plano y porque el primer carro es linealmente móvil a lo largo del primer recorrido, porque el segundo accionador incluye un segundo motor y un segundo recorrido dispuesto en un segundo plano y porque el segundo carro es linealmente móvil a lo largo del segundo recorrido.
4. Un robot industrial según la reivindicación 1-3, caracterizado porque el tercer accionador incluye un tercer motor y un tercer recorrido dispuesto en un tercer plano y porque el tercer carro es linealmente móvil a lo largo del tercer recorrido.
5. Un robot industrial según la reivindicación 3 o la reivindicación 4, caracterizado porque al menos dos de los planos están dispuestos en paralelo.
6. Un robot industrial según la reivindicación 3 o la reivindicación 4, caracterizado porque al menos dos de los planos coinciden.
7. Un robot industrial según cualquiera de las reivindicaciones 3-6, caracterizado porque el tercer plano no coincide con los planos primero y segundo.
8. Un robot industrial según cualquiera de las reivindicaciones 3-7, caracterizado porque el tercer recorrido está dispuesto entre el primer recorrido y el segundo recorrido.
9. Un robot industrial según cualquiera de las reivindicaciones 3-8, caracterizado porque el tercer plano forma un ángulo con el primer plano y el segundo plano.
10. Un robot industrial según cualquiera de las reivindicaciones 3-7 o 9, caracterizado porque dos de los recorridos están integrados en uno y el mismo recorrido, por lo que dos carros son individualmente móviles a lo largo del recorrido integrado.
11. Un robot industrial según cualquiera de las reivindicaciones 3-10, caracterizado porque dichas articulaciones están dispuestas para operar entre los recorridos lineales.
12. Un robot industrial según cualquiera de las reivindicaciones 3-11, caracterizado por que dichos recorridos son paralelos.
13. Un robot industrial según alguna de las reivindicaciones precedentes, caracterizado porque el primer brazo incluye una articulación adicional con una unión interior dispuesta en el primer carro y una unión exterior dispuesta en la plataforma, por lo que todas las articulaciones del primer brazo están dispuestas en paralelo.
14. Un robot industrial según cualquiera de las reivindicaciones 1-13, caracterizado porque la primera línea y la segunda línea coinciden.
15. Un robot industrial según cualquiera de las reivindicaciones 1-13, caracterizado porque la primera línea y la segunda línea no coinciden.
16. Uso de un robot industrial según cualquiera de las reivindicaciones 1-15, para montaje en la industria de fabricación.
17. Uso de un robot industrial según cualquiera de las reivindicaciones 1-15, para transporte de objetos en la industria de transporte.

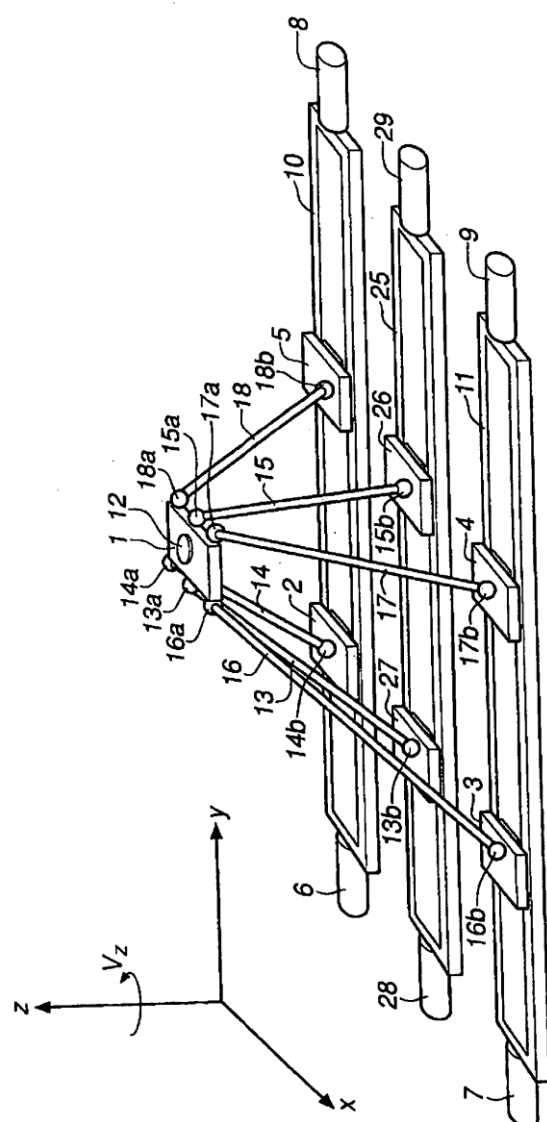
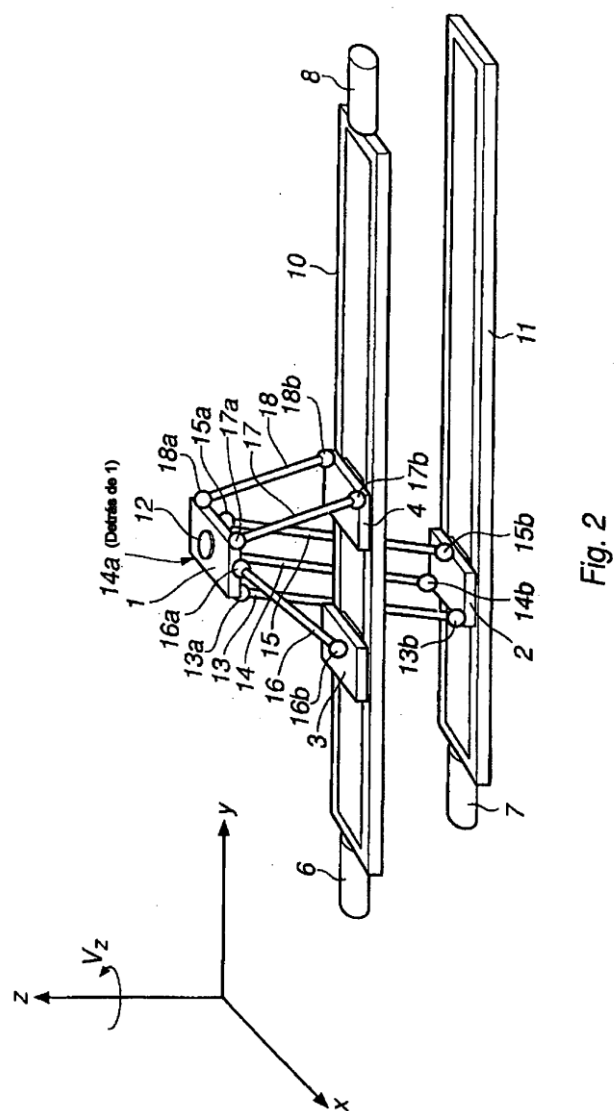


Fig. 1



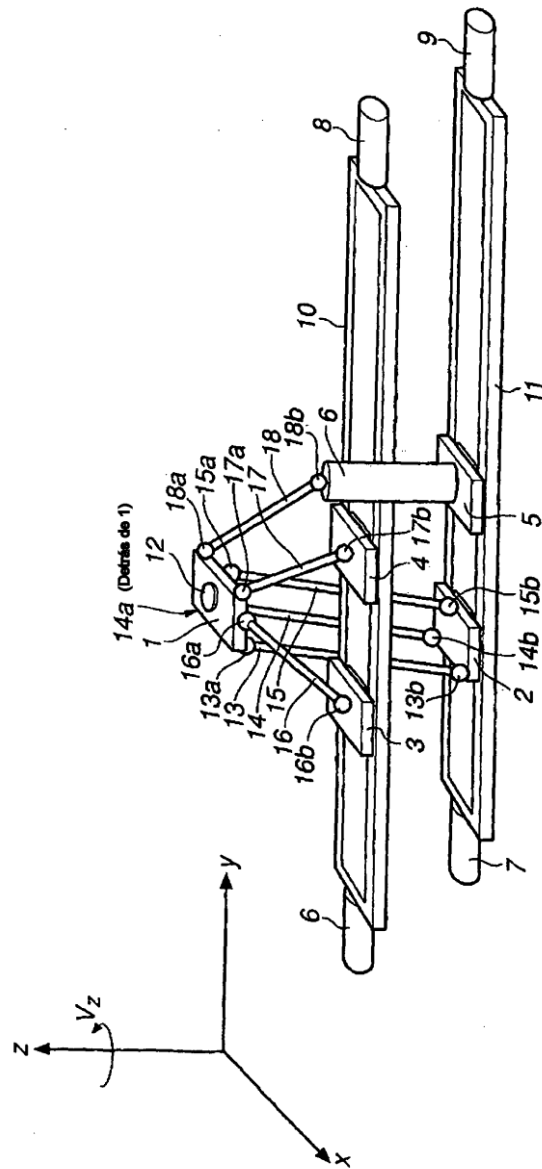


Fig. 3

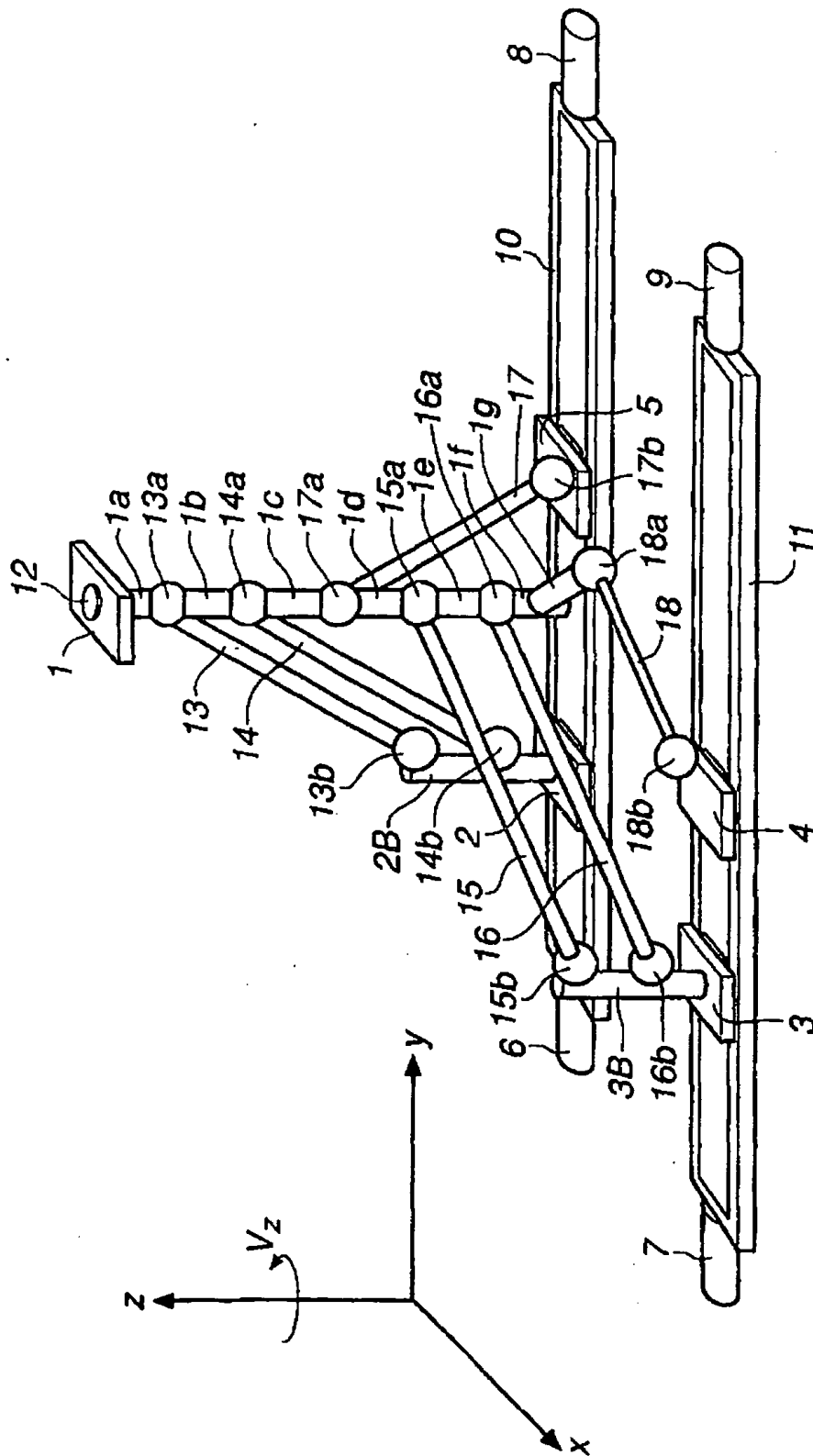


Fig. 4

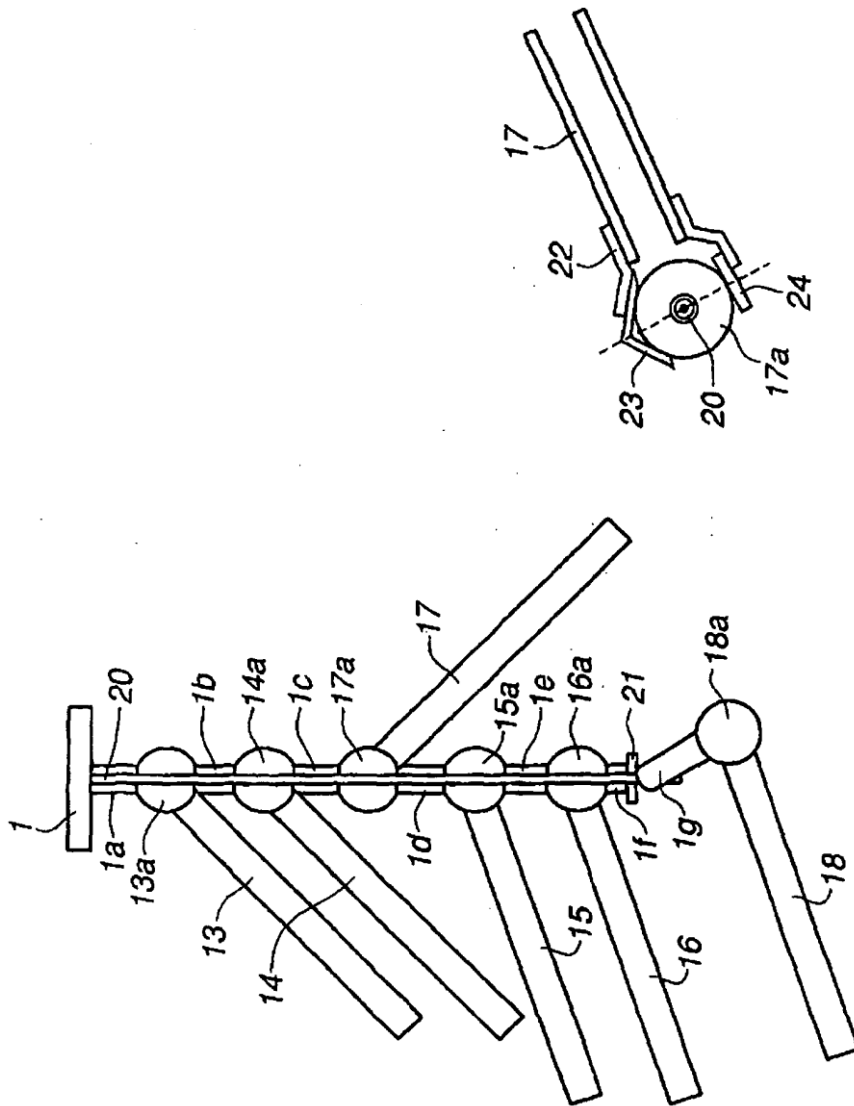


Fig. 5

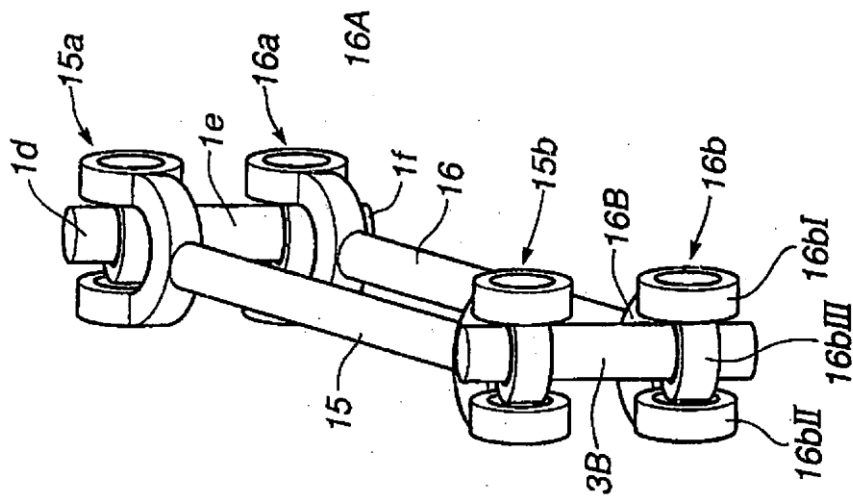


Fig. 6

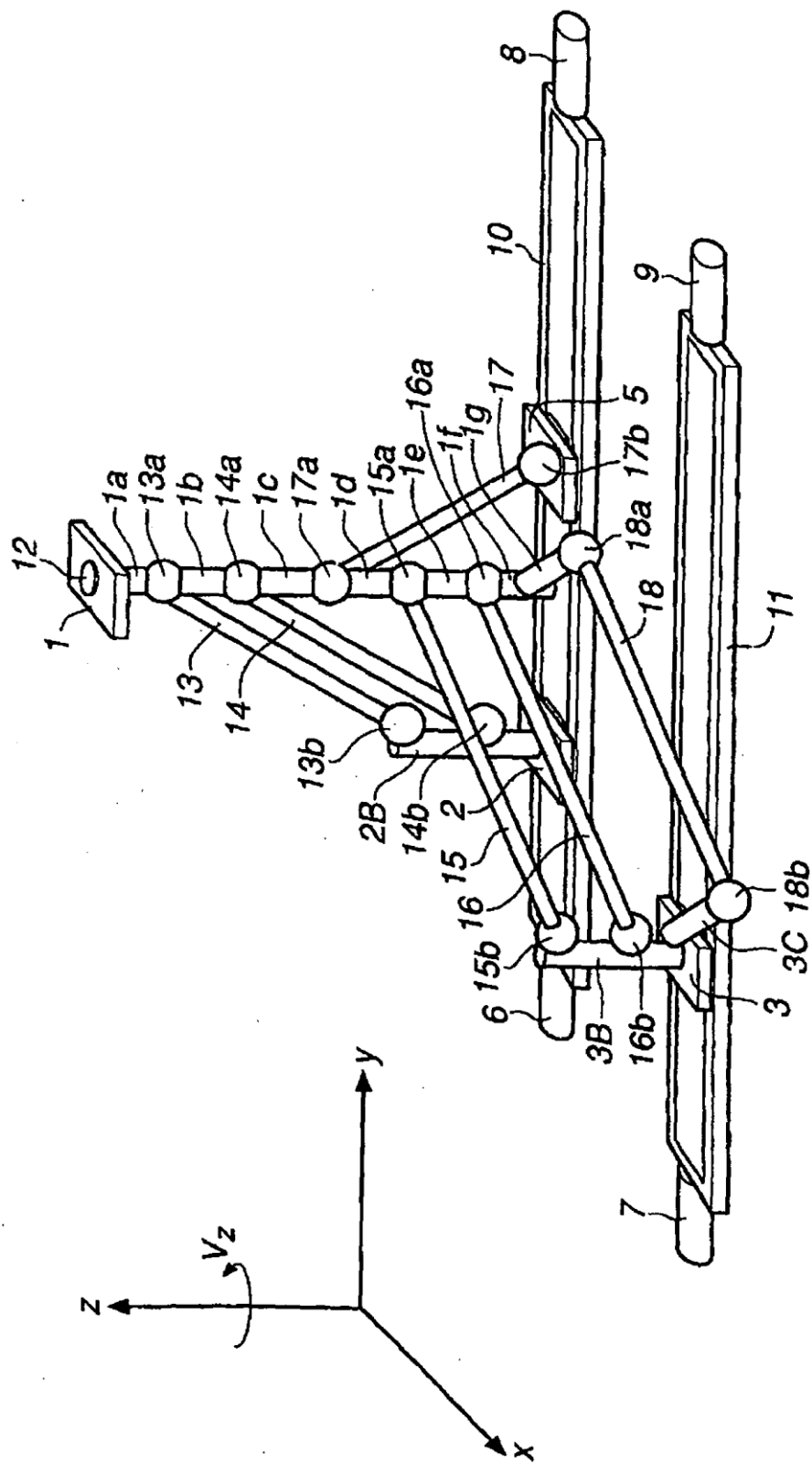


Fig. 7

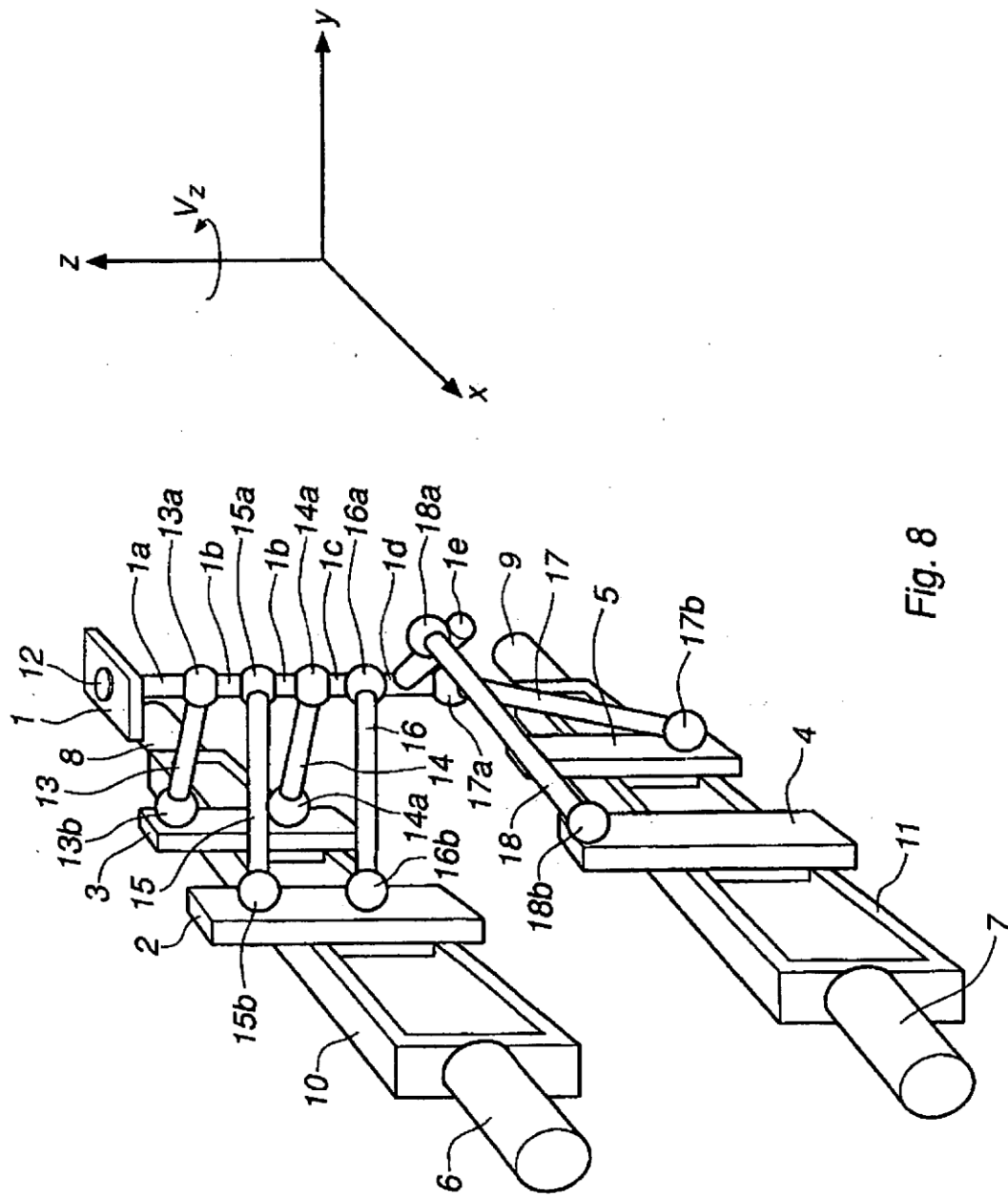
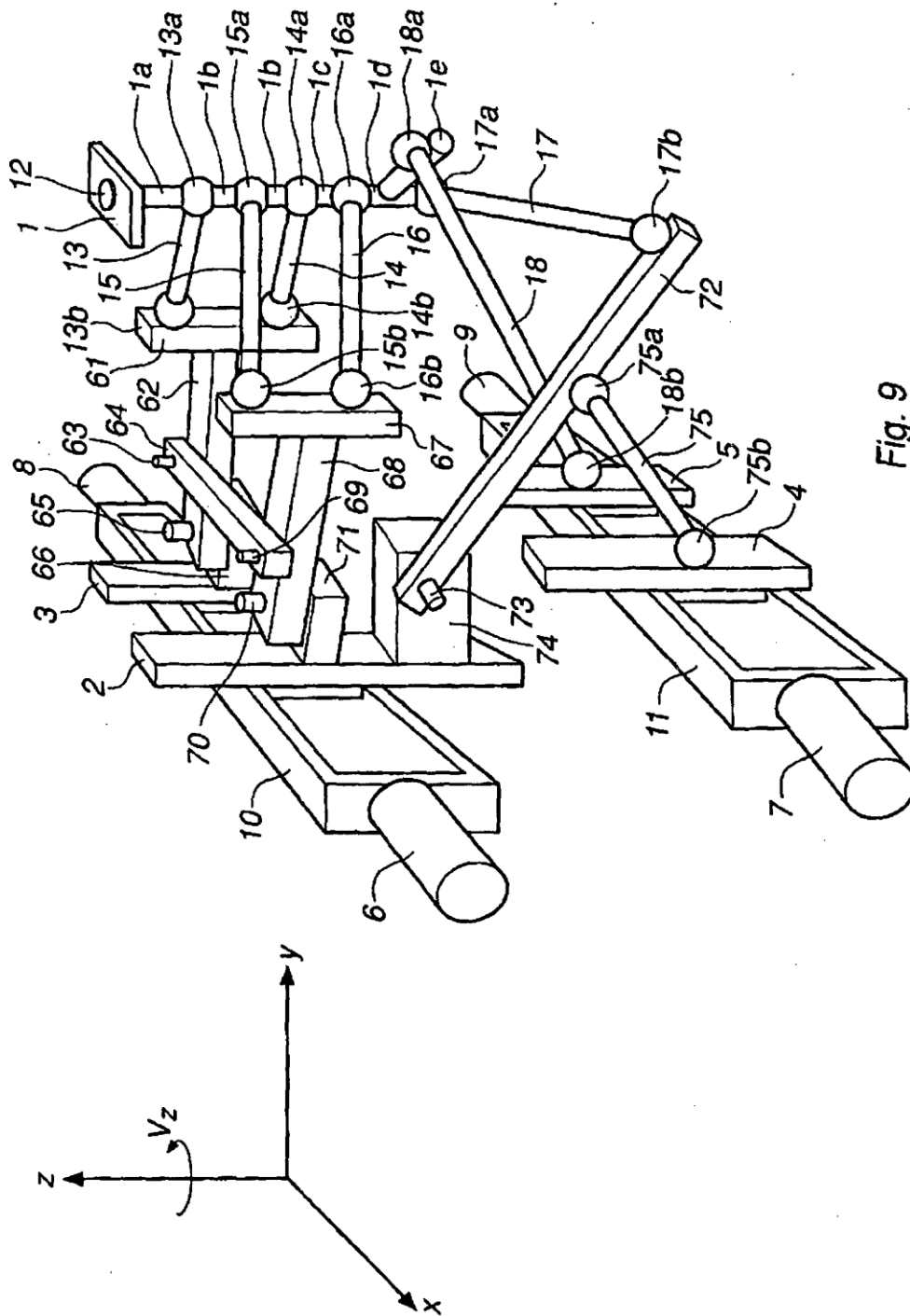


Fig. 8



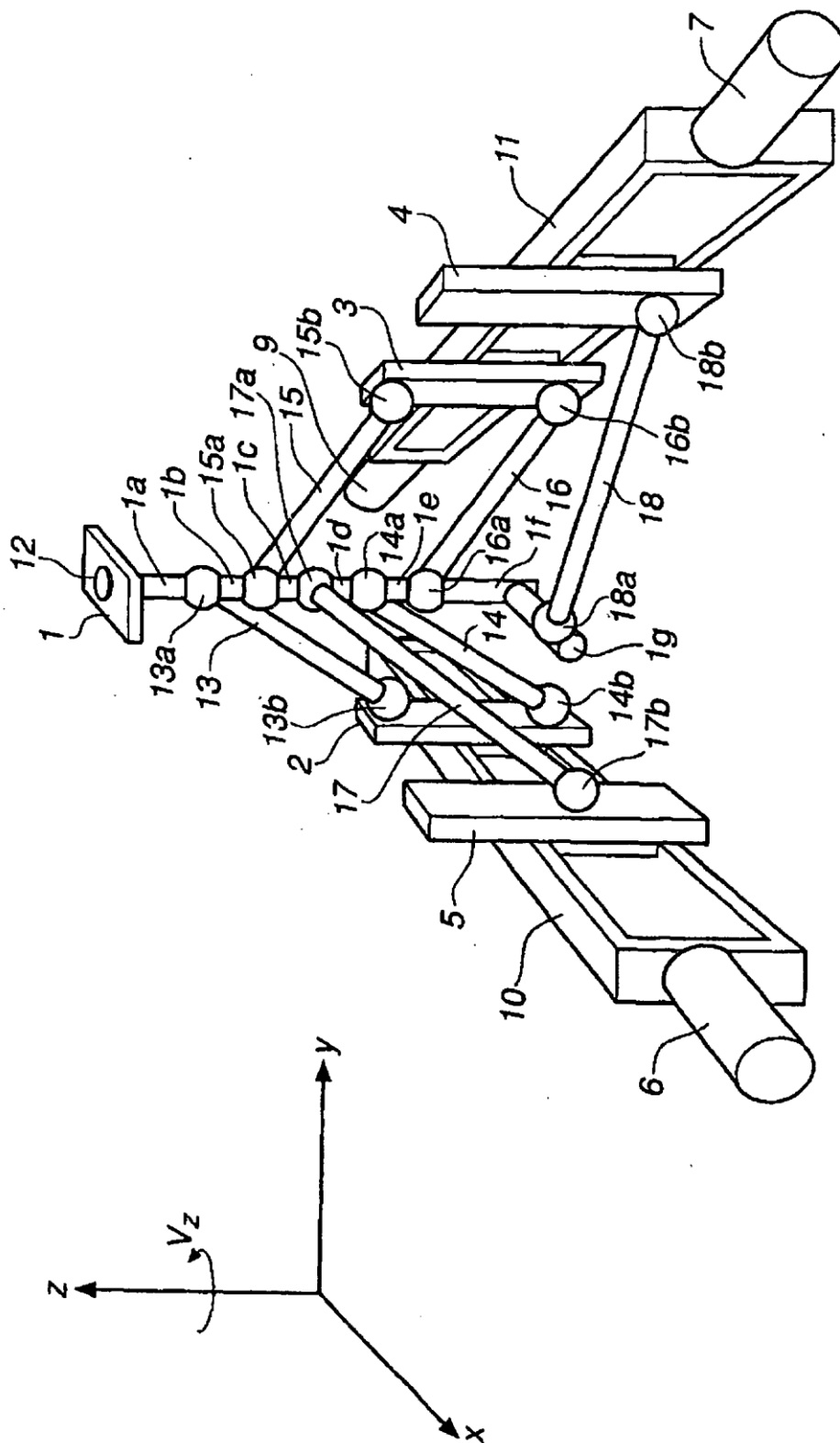
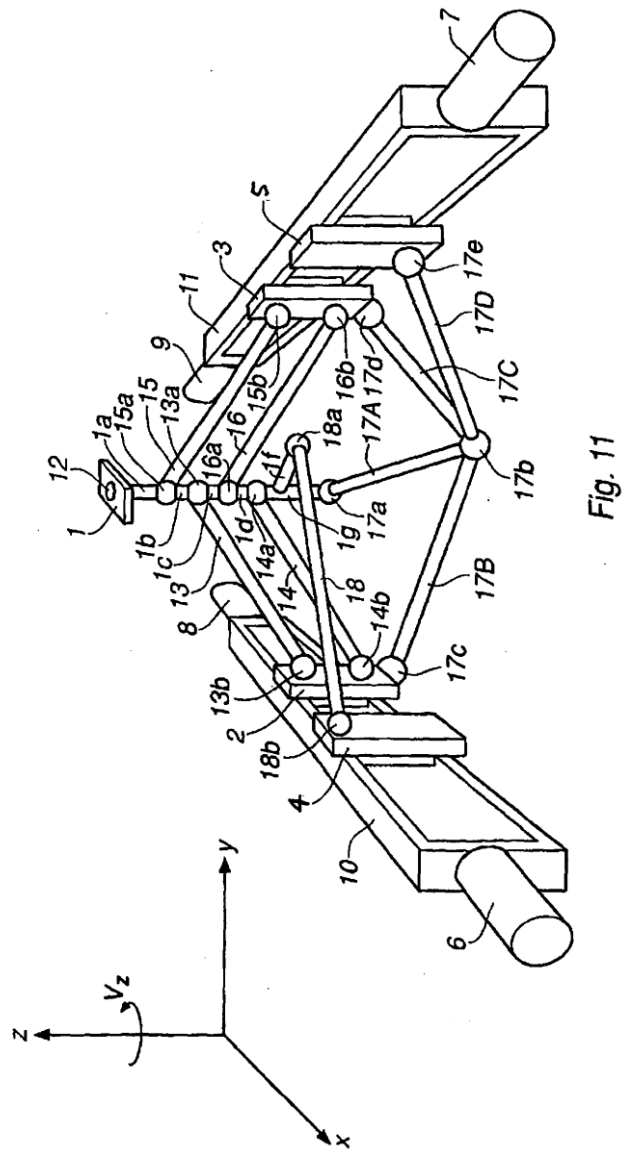


Fig. 10



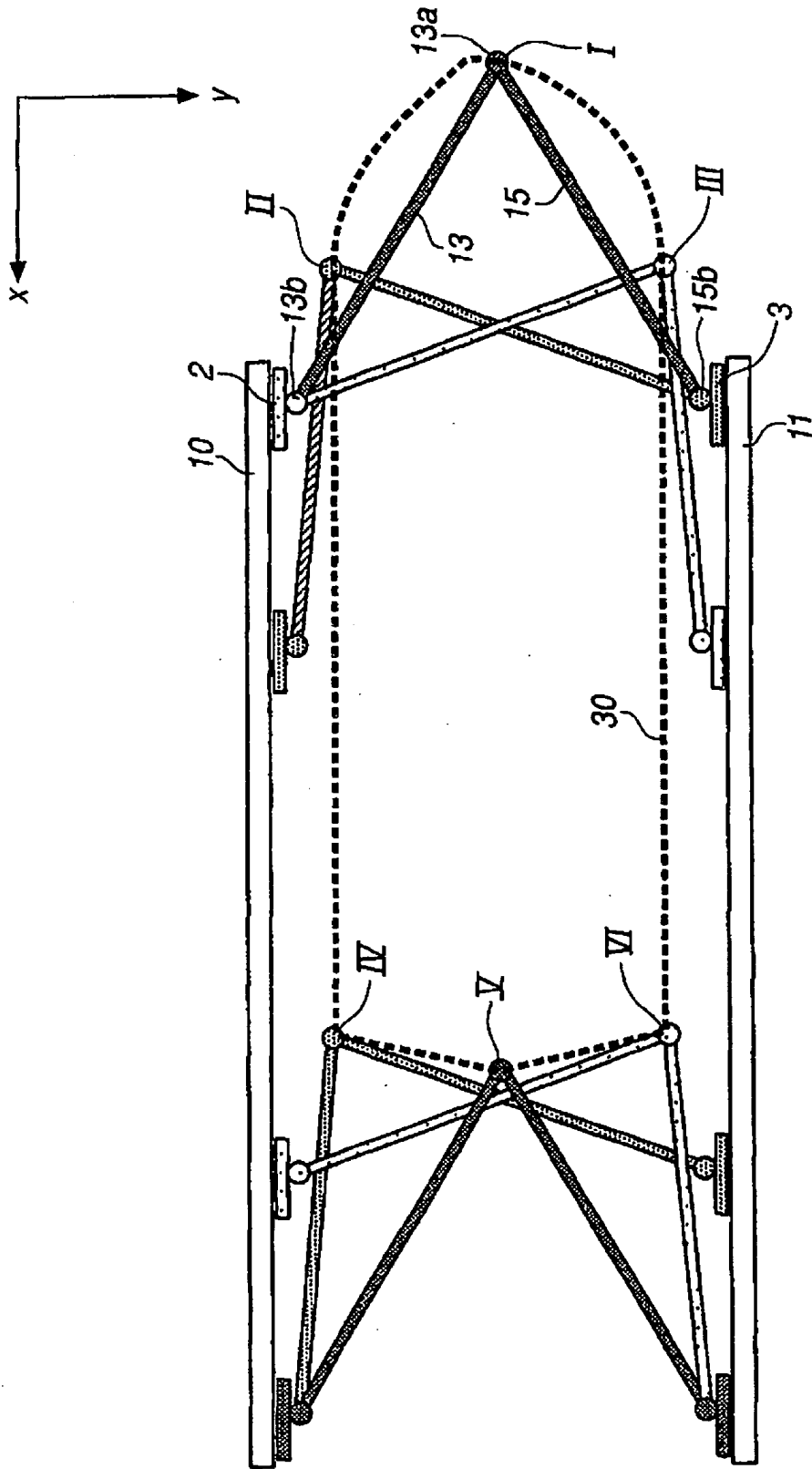


Fig. 12

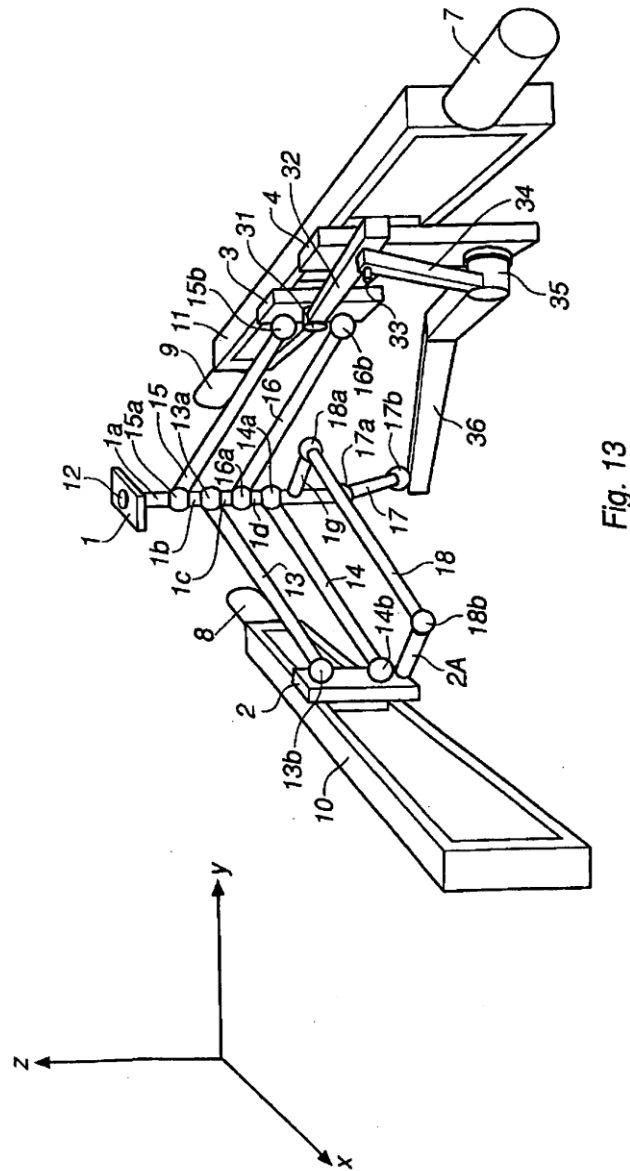
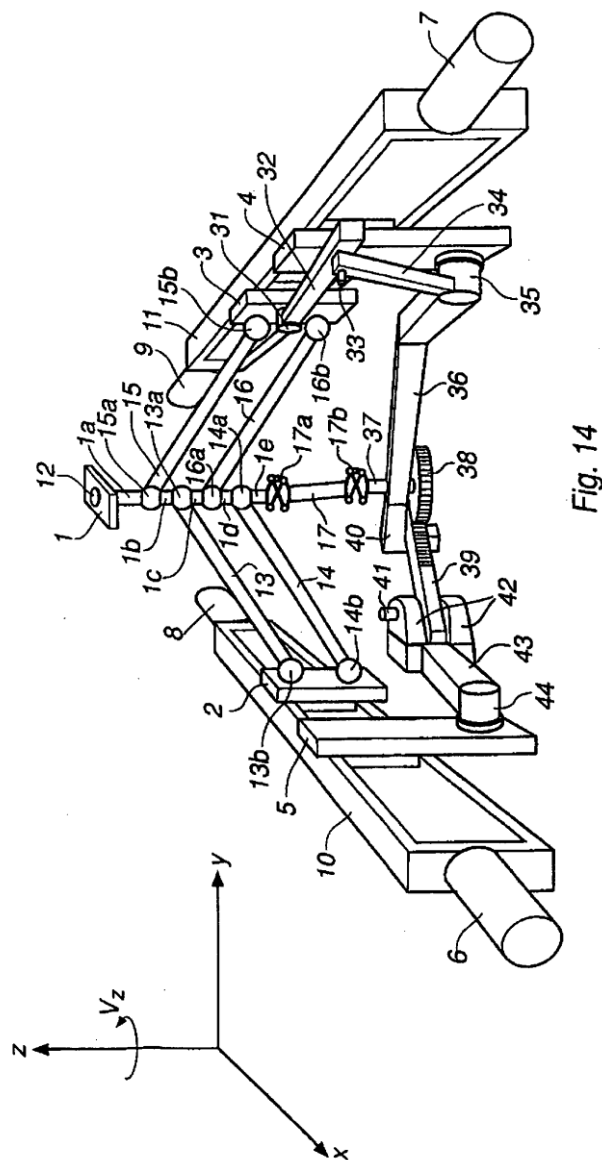


Fig. 13



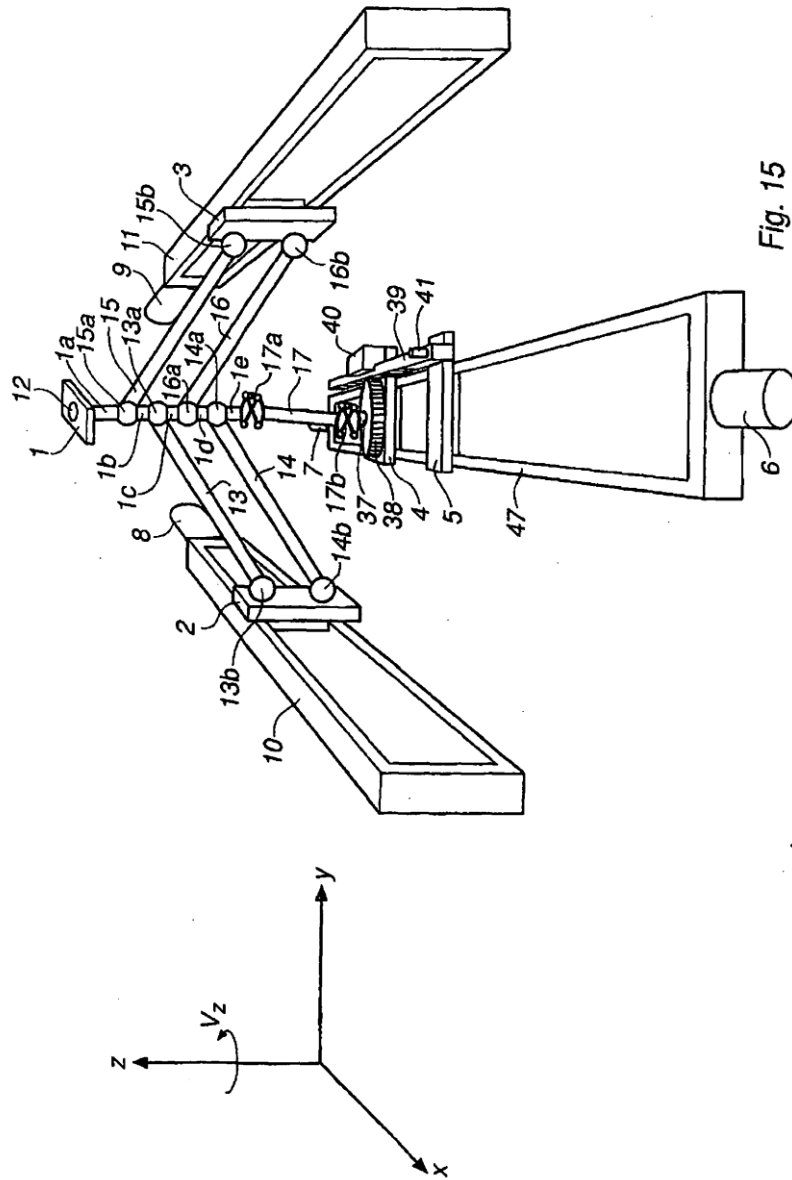


Fig. 15

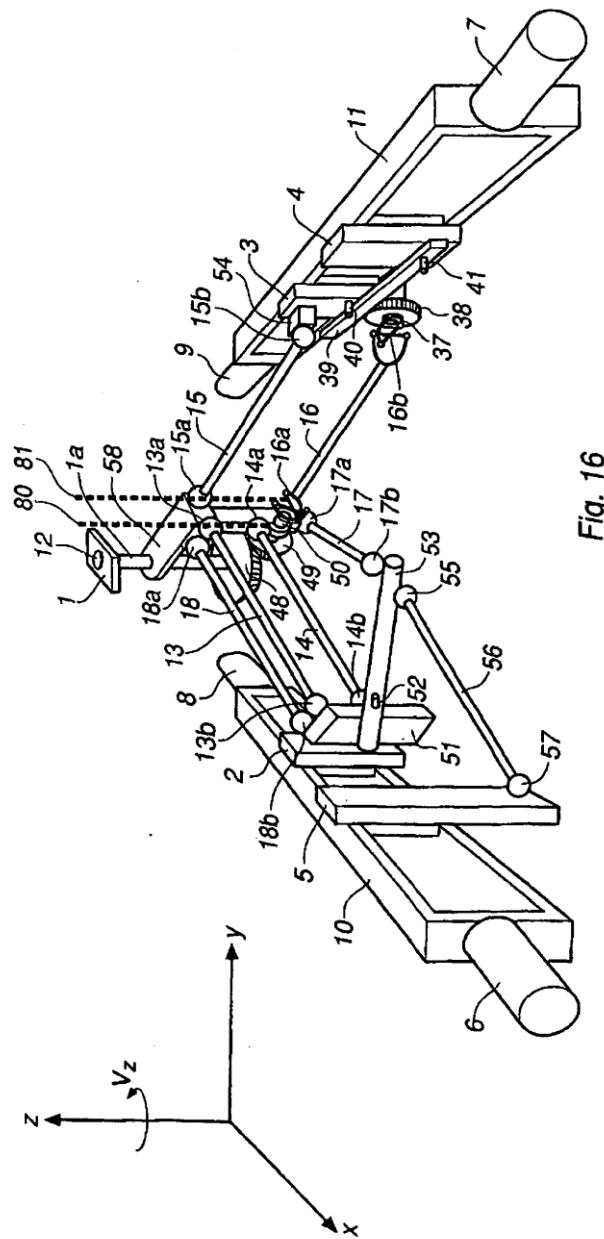


Fig. 16

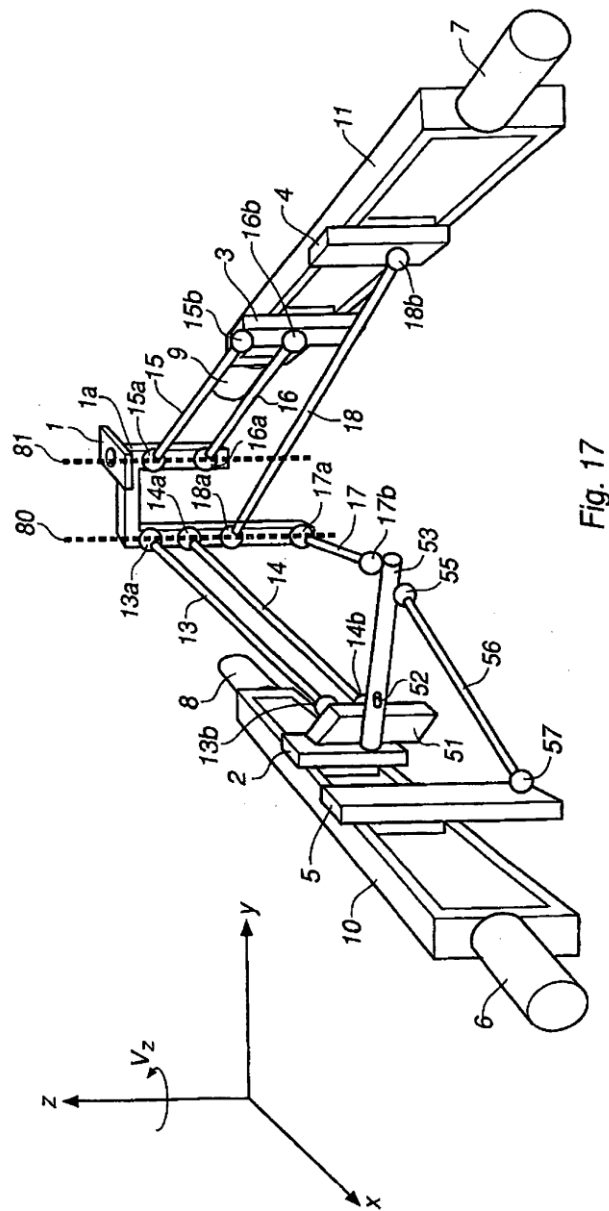


Fig. 17

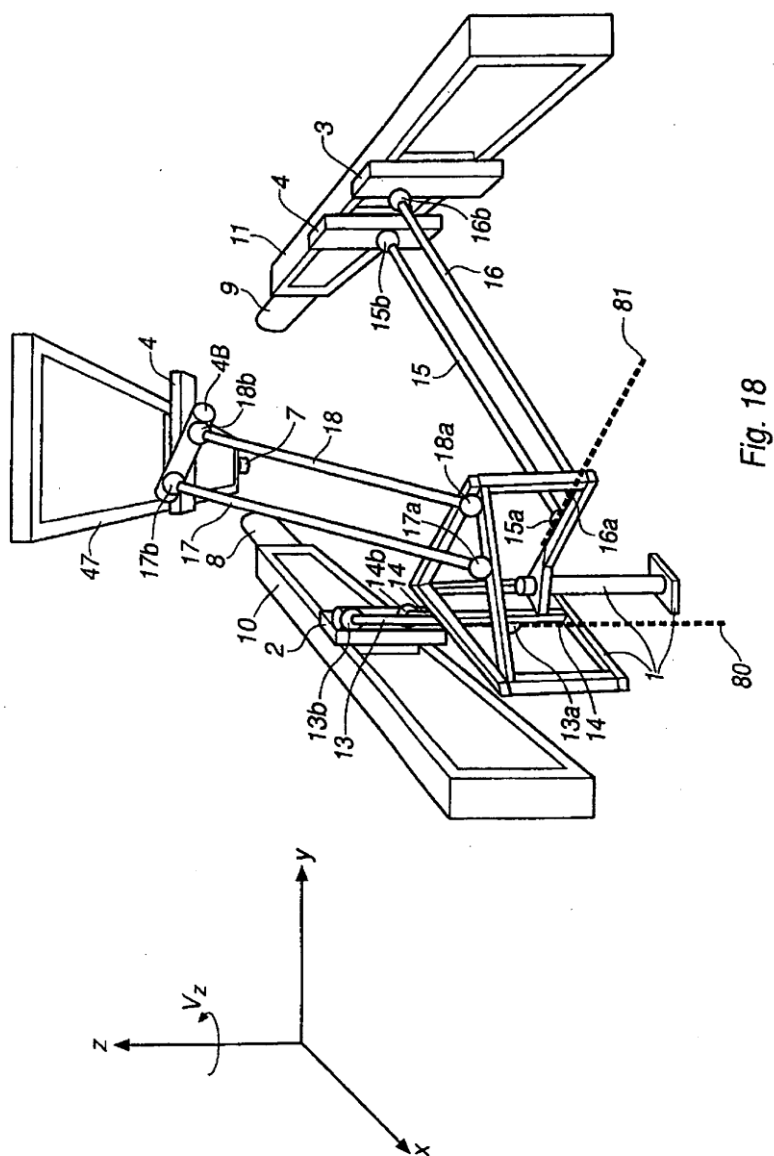


Fig. 18