

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 391 612**

51 Int. Cl.:
B62D 57/032 (2006.01)
B25J 19/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 96 Número de solicitud europea: **09757624 .3**
96 Fecha de presentación: **05.06.2009**
97 Número de publicación de la solicitud: **2321170**
97 Fecha de publicación de la solicitud: **18.05.2011**

54 Título: **Pie para robot humanoide**

30 Prioridad:
05.06.2008 FR 0853713

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
28.11.2012

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
28.11.2012

73 Titular/es:
BIA (100.0%)
Z.A Les Boutriers 8 rue de l'HAUTIL
78700 Conflans Ste Honorine, FR

72 Inventor/es:
ALFAYAD, SAMER;
BEN OUEZDOU, FATHI y
NAMOUN, FAYÇAL

74 Agente/Representante:
CARPINTERO LÓPEZ, Mario

ES 2 391 612 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

Pie para robot humanoide

La invención se refiere a un pie y un robot humanoide que aplica el pie. La invención encuentra una utilidad particular en la realización de robots humanoides que se acercan en mayor medida a la morfología humana.

5 Un modelo matemático que modeliza esta morfología ha sido desarrollado en los años 1960 en los Estados Unidos por Aerospace Medical Research Laboratories situado en Dayton, Ohio. Este modelo, bien conocido bajo el nombre de modelo Hanavan, describe de manera paramétrica, con relaciones a una altura y una masa humanas dadas, las dimensiones de todas las partes del cuerpo. Por lo general, el pie es descrito como que comprende una suela y dedos unidos entre sí mediante una articulación con un grado de libertad en rotación en un plano sagital del pie.

10 Por ejemplo, para un adolescente de 14 años, con una altura de 1,60 metro y un peso de 50 kilos, el pie está compuesto por un conjunto de paralelepípedos rectángulos. La longitud total del pie es de 243 mm, el ancho es de 80 mm, la altura de talón es de 62 mm y la distancia entre la parte posterior del pie y la unión de los dedos es de 207 mm.

15 Actualmente, se han desarrollado numerosos robots humanoides, pero ninguno respeta el modelo de Hanavan. Además, los robots conocidos tienen pies anchos y macizos, bien sin ninguna movilidad, o bien con una movilidad pasiva al nivel de los dedos del pie. Tales pies degradan la fluidez del andar del robot y lo alejan sensiblemente de la manera de andar del ser humano.

20 Un cálculo dinámico, muestra que para andar a una velocidad de 1,2 m/s, y siempre para un robot de 1,60 m y 50 kg, la unión entre la suela y los dedos necesita un par del orden de 20 N.m, con una potencia de 30 W, y un desplazamiento articular de 0° a +60°.

La invención apunta a la mejora de la concordancia entre la realización de un robot y la anatomía humana, por ejemplo modelizada en el modelo de Hanavan. La invención apunta asimismo a la mejora de la fluidez de los movimientos del robot cuando anda, sin que por ello se reproduzca una modelización compleja del pie humano.

25 Para alcanzar estos objetivos, la invención propone la realización de un pie cuyos dedos son móviles respecto de la suela. Tal pie para robot humanoide es divulgado en el artículo "Toe Joints That Enhance Bipedal and Full body Motion of Humanoid Robots" publicado por el ETTT. La invención propone la aplicación de un par a la unión entre los dedos y la suela, sin que este par sea forzosamente dependiente del recorrido angular de los dedos en sus movimientos de rotación. En efecto, el hecho de aplicar tal par a la unión entre los dedos y la suela permite mejorar la fase propulsiva del pie del robot para acercarse a la que el pie humano asegura, con el fin de mejorar la fluidez del andar del robot.

30 Con este fin, la invención tiene por objeto un pie para robot humanoide, que puede conectarse a una pierna mediante un tobillo, caracterizado porque comprende:

- una suela (11),
- dedos (12),
- 35 • una unión (13) motorizada, independiente del tobillo, en rotación entre la suela (11) y los dedos (12), pudiendo los dedos (12) desplazarse según un recorrido angular alrededor de un eje (14) de la unión (13),
- un accionador (19) que permite la motorización de la unión (13),
- y medios para controlar el accionador (19) de manera autónoma, permitiendo estos medios la elección de un estado entre:
 - 40 – una rigidez completa de la unión,
 - un par de retorno en función del recorrido angular de la unión,
 - una amortiguación de la rotación de la unión,
 - un aporte energético durante la rotación de la unión.

45 La invención tiene asimismo por objeto un robot humanoide caracterizado porque comprende al menos un pie según la invención.

Se ha intentado aplicar a los dedos un par dependiente de su recorrido angular. Este par es aplicado mediante un resorte como por ejemplo un resorte de torsión colocado en la unión entre los dedos y la suela. Se ha constatado que tal par no daba resultados significativos en cuanto a la mejora de la fase propulsiva del pie.

50 La invención se entenderá mejor y otras ventajas se pondrán de manifiesto en la descripción detallada de un modo de realización ofrecida a título de ejemplo, descripción ilustrada por los dibujos adjuntos en los cuales:

- la figura 1 representa en perspectiva un pie conforme a la invención;
- la figura 2 representa el pie en corte en un plano sagital;
- la figura 3 representa el pie 10 en vista superior;

la figura 4 representa la articulación de un gato respecto de la suela;
la figura 5 representa la articulación de dedos respecto de la suela;
la figura 6 representa la articulación de los dedos respecto del gato;

Por motivos de claridad, los mismos elementos llevarán las mismas referencias en las diferentes figuras.

- 5 La figura 1 representa un pie 10 que comprende una suela 11 y dedos 12 articulados respecto de la suela 11 mediante una unión 13 que posee un grado de libertad en rotación en un plano sagital del pie 10 alrededor de un eje 14. En el ejemplo representado, los dedos 12 son solidarios y están realizados en una sola pieza mecánica monobloque. Los dedos tienen dos extremos 15 y 16. El extremo 15 está situado en el eje 14 y el extremo 16 forma la punta del pie 10. La unión 13 permite el desplazamiento de los dedos con un movimiento angular de aproximadamente 60° alrededor del eje 14. La figura 1 representa los dedos 12 en una primera posición de extremo en su movimiento de rotación alrededor del eje 14. En esta posición los dedos 12 están en la prolongación de la suela 11. Dicho de otro modo, la suela se extiende principalmente según un plano 17 y un eje 18 que pasa por los dos extremos 15 y 16 está situado en el plano 17 de la suela 11. La figura 2 representa el pie 10 en corte en un plano sagital perpendicular al plano 17 y la figura 3 representa el pie 10 en vista superior.
- 10
- 15 Una segunda posición de extremo de los dedos 12 es alcanzada cuando los dedos 12 están levantados al máximo, dicho de otro modo cuando el eje 18 que contiene los dos extremos 15 y 16 forma un ángulo de 60° con el plano 17 de la suela 11.

20 Durante el caminar del robot equipado con pies 10 que comprenden dedos 12 articulados, se puede aplicar un amortiguador como accionador. Tal accionador aplica a los dedos 12 un par que no depende del recorrido angular de los dedos 12 sino de su velocidad angular. En general, cuanto más importante es la velocidad angular, más importante es el par ejercido por el amortiguador. El uso de un amortiguador permite variar el par aplicado a la unión 13 en función de la velocidad a la cual el robot se desplaza andando. Cuando el robot corre, un amortiguador permite aplicar a la unión un par más importante que cuando anda. Evidentemente es posible complementar el par ejercido por el amortiguador con un par puramente proporcional a la carrera.

25 El accionador puede asimismo ser un motor para aplicar un par motor a la unión 13. Este par permite pasar los dedos 12 de la segunda posición de extremo a la primera posición de extremo. Este par, aplicado a los dedos 12, mejora la propulsión del robot generada por el pie 10 y reduce en aproximadamente el 30% la energía necesaria para caminar.

30 De manera más general, el pie comprende medios para controlar el accionador 19 de manera autónoma, es decir independientemente de cualquier otra articulación del robot. Por ejemplo, los movimientos de la unión 13 son independientes de los movimientos del tobillo del robot o de la fase de andar del robot. Los medios para controlar el accionador 19 permiten elegir un estado entre:

- una rigidez completa de la unión 13,
 - un par de retorno en función del recorrido angular de la unión 13,
 - una amortiguación de la rotación de la unión 13,
 - un aporte energético durante la rotación de la unión 13.
- 35

Es posible realizar esta motorización mediante un motor rotativo que actúa entre la suela 11 y los dedos 12 al nivel de la unión 13. Este tipo de motor correría el riesgo de salirse del formato definido por el modelo de Hanavan. Otra alternativa consiste en realizar esta motorización mediante un gato lineal 19 apoyado por uno de sus extremos 20 en los dedos 12 al nivel de su extremo 16 y por otro de sus extremos 21 a un montante 22 solidario a la suela 11. El montante 22 se eleva perpendicularmente al plano 17 de la suela 11.

40

El apoyo del gato 19 en el montante 22 está situado por encima de un plano 17 en el cual la suela 11 se extiende principalmente de manera a mantener concurrente el eje 23 del gato 19 y el eje 18 que conecta la unión 13 y el apoyo del gato 19 sobre los dedos 12. Dicho de otro modo, el extremo 21 del gato 19 se engancha al montante 22 en su parte superior por encima del plano 17 para evitar que el eje 18 no se encuentre alineado con un eje 23 del gato, eje que une los extremos 20 y 21 cualquiera que sea la posición de los dedos 12 durante su movimiento. Tal alineación impediría la aplicación de un par sobre la unión 13. La altura del montante 22 debe sin embargo estar limitada para reducir el volumen del pie 10.

45

La inclinación del gato 19 respecto del plano de la suela 11 permite un desplazamiento angular de los dedos 12 que puede extenderse por una y otra parte del plano de la suela 11. Más precisamente, el desplazamiento angular permite principalmente levantar los dedos 12 respecto del plano de la suela 11. La inclinación del gato 19 permite asimismo bajar ligeramente los dedos 12 por debajo del plano de la suela 11. Incluso sin bajar los dedos 12, esta inclinación del gato 19 permite aumentar el par aplicado por el gato 19 a los dedos 12. Este movimiento permite mejorar la fase propulsiva del andar del robot.

50

La suela 11 se extiende desde un talón 24 hasta la unión 13 situada en la parte delantera de la suela 11. El montante 22 está fijado hacia la parte delantera de la suela 11, liberando de este modo la parte posterior de la suela 11 permitiendo la fijación de un tobillo del robot, no representado.

55

- El gato 19 puede ser eléctrico, también puede ser accionado por un fluido hidráulico. Con este fin, el gato 19 comprende un pistón 30 que puede desplazarse en un cilindro 31 según el eje 23. El pistón 30 es solidario a un vástago 32 fijado a una mordaza 33 que forma el extremo 20 del gato 19. En el interior del cilindro 31, el pistón 30 delimita dos cámaras 34 y 35 en las cuales el fluido hidráulico puede entrar a presión mediante racores, respectivamente 36 y 37. Una diferencia de presión entre las cámaras 34 y 35 permite desplazar el vástago 32 para mover los dedos 12. Unas juntas aseguran la estanqueidad de las cámaras 34 y 35. Los dedos 12 se levantan o bajan en función del signo de la diferencia de presión entre las cámaras 34 y 35. El fluido hidráulico que alimenta las dos cámaras 34 y 35 puede ser proporcionado por una bomba montada a bordo del robot. Cuando el robot comprende varios accionadores, en particular para sus dos pies, se puede prever una bomba dedicada a cada pie.
- Es posible colocar un resorte en una de las cámaras 34 o 35 para devolver los dedos 12 a la prolongación de la suela 11. La función de amortiguación se puede realizar asimismo calibrando un caudal de fluido que pasa de una cámara a la otra a través de la bomba. En este caso, el control de la bomba permite utilizar el gato 19 bien como motor o bien como amortiguador en función de la necesidad. Sería de este modo ventajoso variar parámetros de amortiguación por ejemplo mientras el robot camina. Según la invención el mismo accionador puede tener una función de amortiguador o una función de motor. Pudiendo combinarse ambas funciones.
- Para asegurar un andar antropomórfico, el empuje del gato 19 en extensión es primordial. Es posible realizar la motorización con la ayuda de un gato de efecto simple en el que solo la cámara 34 es susceptible de ser alimentada con fluido a presión. Para asegurar el retorno del gato, se coloca entonces un resorte en la cámara 35 que se mantiene a presión atmosférica.
- Los extremos 20 y 21 del gato 19 están articulados respectivamente respecto de los dedos 12 y respecto del montante 22. Cada articulación presenta un grado de libertad en rotación alrededor de ejes paralelos al eje 14.
- La figura 4 representa la articulación del gato 19 respecto del montante 22. Esta articulación comprende un árbol 40 solidario a una horquilla 41 del gato 19. La horquilla 41 forma el extremo 21 del gato 19. El árbol 40 se extiende según el eje 42 paralelo al eje 14. La fijación del árbol 40 a la horquilla 41 está por ejemplo asegurada mediante tornillo 43. El árbol 40 puede girar, en el interior de un escariado 44 de eje 42 realizado en el interior del montante 22. Se pueden disponer cojinetes 45 y 46 entre el escariado 44 y el árbol 40 para reducir las fricciones durante la rotación del árbol 40 en el escariado 44. La horquilla 41 impide cualquier traslación del gato 19 respecto del montante 11 según el eje 42.
- La figura 5 representa la articulación de los dedos 12 respecto de la suela 11. Esta articulación, que forma la unión 13, puede realizarse como la articulación del gato 19 sobre el montante 22. La suela 11 comprende una horquilla 50. Un árbol 51 de eje 14 está fijado a una mordaza 52 que pertenece a los dedos 12 mediante tornillo 53. El árbol 51 puede deslizarse en los escariados 54 y 55 de la horquilla 50. Unos cojinetes 56 y 57 pueden interponerse entre el árbol 51 y los escariados, respectivamente 54 y 55.
- Para conocer la posición angular de los dedos 12 alrededor del eje 14, se puede disponer al nivel del cojinete 57, un potenciómetro 58 que proporciona una información eléctrica en función de la posición angular del árbol 51 solidaria a los dedos 12 respecto de la suela 11. Esta información puede ser utilizada para tener el control sobre el mando del gato 19.
- La figura 6 representa la articulación de los dedos 12 respecto del gato 19. Esta articulación se puede realizar también como las dos anteriores. El extremo 16 de los dedos 12 tiene la forma de una horquilla en la cual un árbol 60 de eje 61 está fijado mediante tornillos 62 y 63. El árbol 60 puede girar en un escariado 64 de la mordaza 33. Se pueden disponer cojinetes 65 y 66 entre el escariado 64 y el árbol 60 para reducir las fricciones durante la rotación del árbol 60 en el escariado 64.

REIVINDICACIONES

1.- Pie para robot humanoide, que puede conectarse a una pierna mediante un tobillo que comprende:

- una suela (11),
- dedos (12),
- una unión (13) motorizada, independiente del tobillo, en rotación entre la suela (11) y los dedos (12), pudiendo los dedos (12) desplazarse según un recorrido angular alrededor de un eje (14) de la unión (13),
- un accionador (19) que permite la motorización de la unión (13), **caracterizado porque** comprende, además, medios para controlar el accionador (19) de manera autónoma que permiten elegir un estado entre:

- una rigidez completa de la unión (13),
- un par de retorno en función del recorrido angular de la unión (13),
- una amortiguación de la rotación de la unión (13),
- un aporte energético durante la rotación de la unión (13).

2.- Pie según la reivindicación 1, **caracterizado porque** la unión (13) permite una rotación de los dedos (12) respecto de la suela (11) en un plano sagital del pie (10).

3.- Pie según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** el accionador está formado por un gato lineal (19) que se apoya sobre un montante (22) solidario a la suela (11) y sobre los dedos (12), **porque** el gato (19) efectúa un movimiento según un eje (23) contenido en un plano sagital del pie.

4.- Pie según una de la reivindicación 3, **caracterizado porque** cuando los dedos (12) están alineados respecto de la suela (11), el eje (23) del gato está inclinado respecto de un plano principal de la suela (11) para permitir el descenso de los dedos (12) por debajo del plano principal de la suela 11.

5.- Pie según una cualquiera de las reivindicaciones 3 o 4, **caracterizado porque** el apoyo del gato (19) sobre el montante (22) está situado por encima de un plano (17) en el cual la suela (11) se extiende principalmente para mantener concurrente el eje (23) del gato (19) y un eje (18) que une la unión (13) y el apoyo del gato (19) sobre los dedos (12).

6.- Pie según una cualquiera de las reivindicaciones 3 a 5, **caracterizado porque** el gato (19) es eléctrico o hidráulico.

7.- Pie según una cualquiera de las reivindicaciones 3 a 6, **caracterizado porque** el gato (19) es un gato de doble efecto que permite bajar o levantar los dedos (12).

8.- Pie según una cualquiera de las reivindicaciones 3 a 6, **caracterizado porque** el gato (19) es un gato de efecto simple destinado a empujar los dedos (12) para bajarlos.

9.- Robot humanoide, **caracterizado porque** comprende al menos un pie (10) según una de las reivindicaciones anteriores.

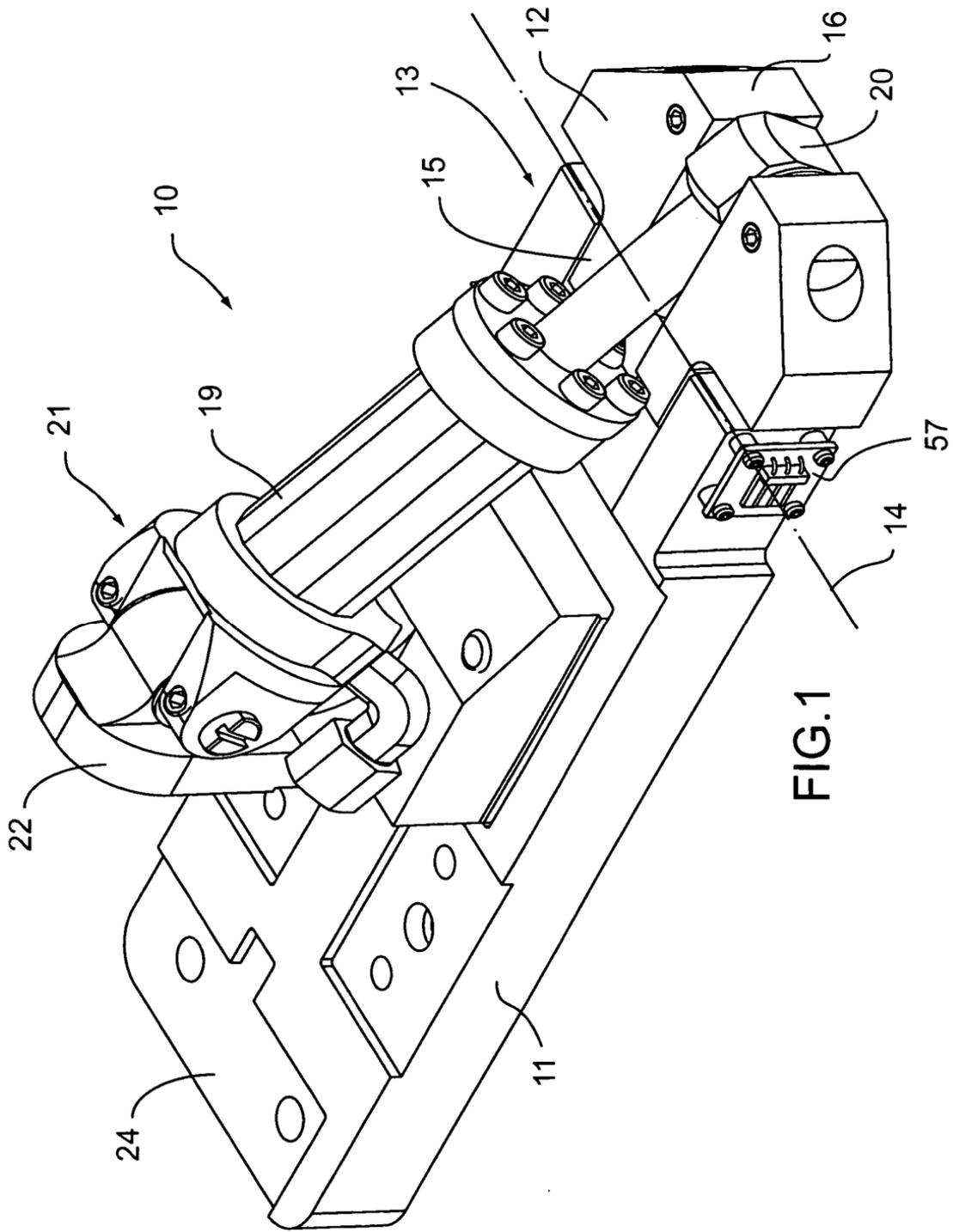
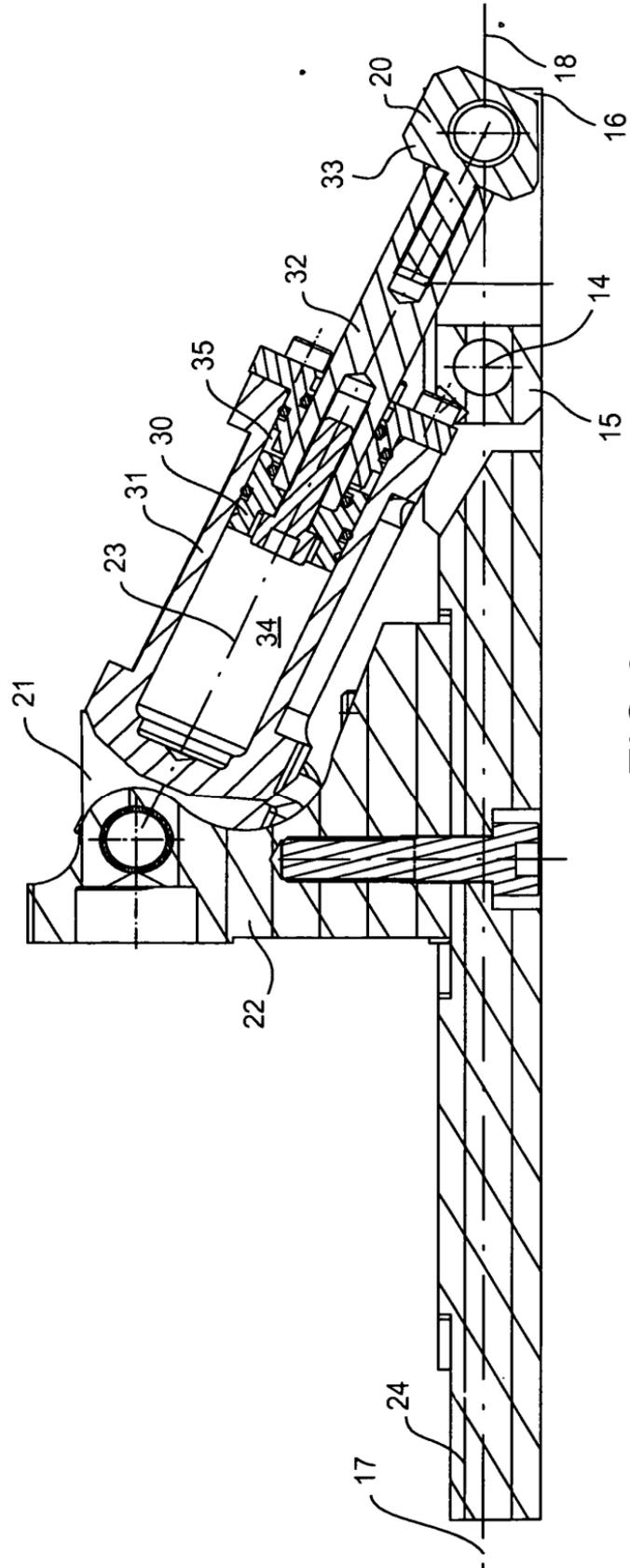
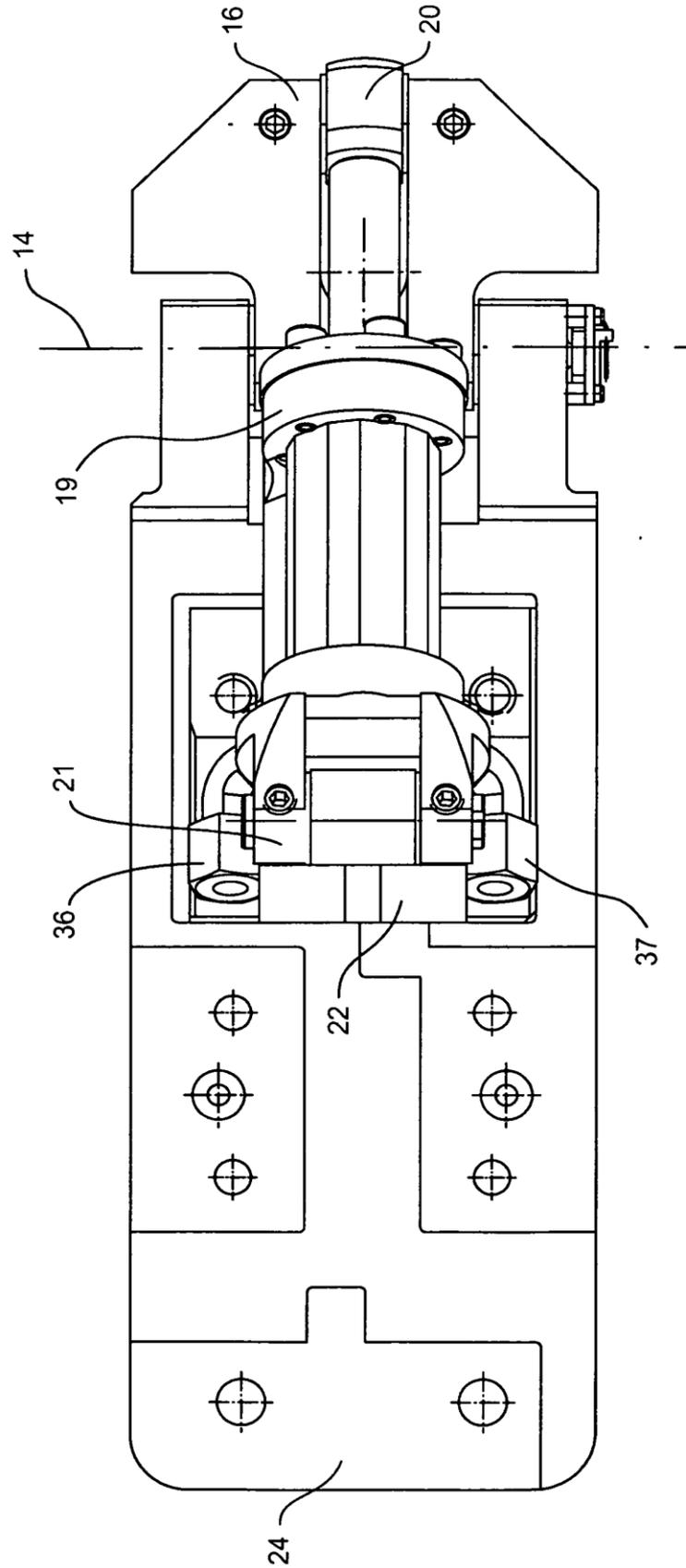


FIG.1





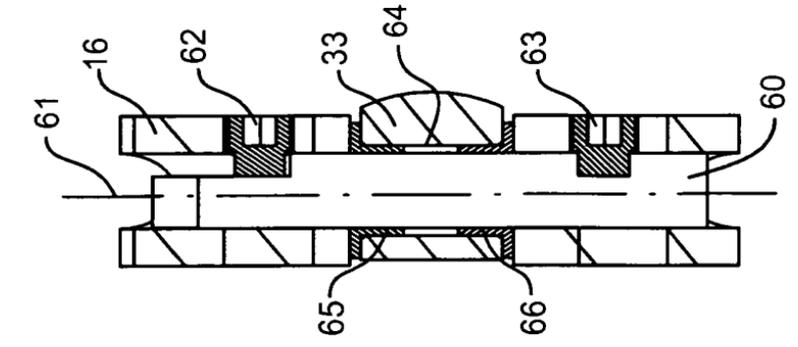


FIG.6

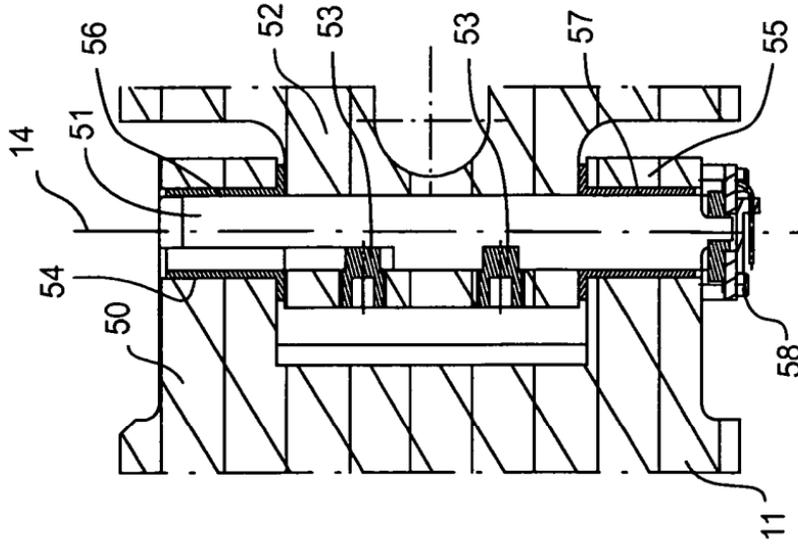


FIG.5

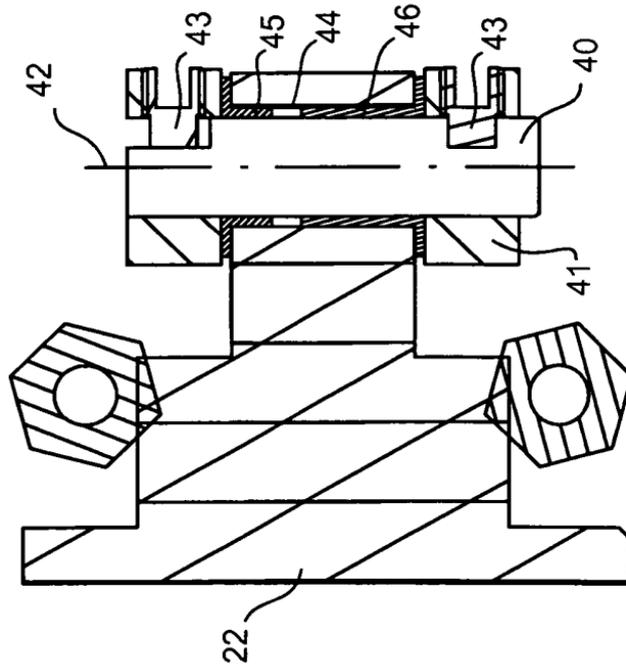


FIG.4