

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 747 781**

51 Int. Cl.:

B64G 1/22 (2006.01)

B64G 1/66 (2006.01)

F16C 11/12 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **03.11.2016 PCT/IB2016/056604**

87 Fecha y número de publicación internacional: **11.05.2017 WO17077469**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **03.11.2016 E 16810046 (9)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **11.09.2019 EP 3371061**

54 Título: **Pivote flexible de gran ángulo**

30 Prioridad:

06.11.2015 EP 15193517

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

11.03.2020

73 Titular/es:

**ALMATECH SA (100.0%)
EPFL Innovation Park Bâtiment D
1015 Lausanne, CH**

72 Inventor/es:

**BLECHA, LUC;
HUMPHRIES, MARTIN y
PUYOL, YOEL**

74 Agente/Representante:

SÁEZ MAESO, Ana

ES 2 747 781 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

Pivote flexible de gran ángulo

5 Campo de la invención

La presente invención se refiere en general a un pivote flexible que comprende una primera plataforma que comprende una primera estructura de interfaz y una segunda plataforma que comprende una segunda estructura de interfaz en alineación axial con la primera estructura de interfaz, estando dispuesto el pivote flexible para fijarse a una base por una de las estructuras de interfaz y para transportar una carga unida a la otra interfaz, el pivote flexible comprende un primer cilindro que forma parte de la primera plataforma, un segundo cilindro en alineación axial con el primer cilindro y que forma parte de la segunda plataforma, y un conjunto de miembros de conexión flexibles para conectar la primera y la segunda plataforma, cada miembro de conexión flexible que comprende un par de patas y un miembro transversal que une las patas, cada pata se extiende en una dirección transversal al eje de los cilindros, y las patas se unen al primer y segundo cilindros respectivamente.

Antecedentes de la invención

20 Muchas aplicaciones espaciales requieren controlar activamente la orientación de ciertos dispositivos en un satélite o una nave espacial. Un ejemplo es controlar la orientación de una antena de manera que permanezca apuntada en la dirección de una ubicación fija en la superficie de la Tierra. Otro ejemplo es controlar la orientación de un espejo que se usa para escanear la superficie de un cuerpo celeste. Tal control de orientación requiere puntería fina cíclica. Además, esto implica una gran cantidad de ciclos en el rango de exploración, en órbita. Los mecanismos espaciales también están sujetos a la microvibración que se genera por el equipo circundante. Por lo tanto, requieren soportes que desacoplan el sistema óptico de las micro perturbaciones externas para maximizar el rendimiento óptico.

Un satélite se coloca en órbita solo una vez, y luego normalmente permanece desatendido durante toda su vida útil. Para garantizar su capacidad de resistir este estrés repetido, los montajes de pivote para aplicaciones espaciales deben hacerse extremadamente robustos y resistentes. Por ejemplo, algunos montajes de pivote deben ser capaces de soportar hasta 600,000,000 de ciclos. Otros requisitos comunes para los montajes de pivote son una gran resistencia mecánica (para soportar las fuerzas externas y los momentos de flexión ejercidos sobre el eje montado), alta rigidez transversal, guía de alta precisión de tolerancia cero, una amplitud de rotación de varias décimas de grado en ambas direcciones y un bajo par resistivo.

35 Los rodamientos convencionales que usan elementos deslizantes o rodantes (por ejemplo, rodamientos de bolas) necesitan una lubricación efectiva y generan partículas de desgaste. La generación de partículas de desgaste es un problema para los mecanismos en general y para las aplicaciones ópticas en particular. De hecho, las partículas de desgaste pueden atascar el mecanismo y también migrar a componentes ópticos, lo que afecta directamente el rendimiento óptico de los instrumentos. Si bien existen opciones para la lubricación tanto en húmedo como en seco (aceites y grasas especialmente desarrollados), estas soluciones tienen inconvenientes importantes que se convierten en un problema cada vez mayor a medida que aumenta el tiempo de vida útil y el tiempo de almacenamiento en la Tierra. Por ejemplo, muchas misiones hoy en día requieren una vida en órbita más de tres veces mayor que la vida en órbita requerida hace dos décadas. Lo mismo es cierto para la vida de almacenamiento. Otro inconveniente de los rodamientos convencionales es el ruido que generan, lo que reduce drásticamente el rendimiento de puntería fina de cualquier sistema óptico. Otro problema más es la dependencia termoelástica del comportamiento mostrado por los rodamientos de bolas. Los pivotes flexibles son, por lo tanto, la opción preferida en el contexto de aplicaciones de larga duración, limpias y precisas en el espacio.

50 Se conocen pivotes flexibles. Uno de estos pivotes se ilustra en las figuras 8 y 9 del documento de patente publicado EP 2 256 039. La Figura 1 de la presente solicitud es una copia duplicada de la Figura 8 mencionada anteriormente. El pivote flexible ilustrado de la técnica anterior cumple con la definición dada en el párrafo introductorio del "Campo de la invención" de la presente solicitud. De hecho, como se puede observar en la Figura 1, el pivote comprende un primer cilindro central 1 que forma parte de una primera plataforma y dos segundos cilindros 2a, 2b en alineación axial con el cilindro central y que forma parte de una segunda plataforma. Los segundos cilindros están dispuestos simétricamente a cada lado del primer cilindro 1. El primer cilindro central 1 está dispuesto para servir como una primera estructura de interfaz que puede, por ejemplo, transportar una carga, mientras que los dos cilindros 2a, 2b están dispuestos para servir conjuntamente como una segunda estructura de interfaz que puede conectarse a una base fija que no se ha representado. La primera y la segunda plataforma se conectan por tres miembros de conexión flexibles que hacen que el pivote muestre una simetría rotacional de 3 veces. Cada miembro de conexión flexible comprende un par de patas 7, 8a, 8b y un miembro transversal (3a, 3b y 3c respectivamente) que une las patas, cada pata se extiende en una dirección transversal al eje de los cilindros, y las patas se unen al primer cilindro 1 y a los segundo cilindros 2a, 2b respectivamente.

65 Aunque el pivote flexible de la técnica anterior descrito anteriormente proporciona el doble de la capacidad angular de un pivote flexible que tiene una sola plataforma, existe la necesidad en la técnica de pivotes flexibles que tengan un rango de rotación aún mayor. Para abordar esta necesidad, el documento de patente de la técnica anterior mencionado anteriormente propone hacer pivotes con más de dos plataformas. A este respecto, la Figura 2 de la presente solicitud es

una copia duplicada de la figura 10b de dicho documento de la técnica anterior. Esta figura muestra una sección transversal de un pivote flexible de la técnica anterior que comprende cuatro plataformas. En principio, este segundo pivote flexible de la técnica anterior debería proporcionar el doble del rango de rotación del pivote que se muestra en la Figura 1. Como se puede observar en la Figura 2, el pivote flexible comprende un primer cilindro central 1 que forma parte de una primera plataforma y dos segundos cilindros 2a, 2b en alineación axial con el cilindro central y que forman parte de una cuarta plataforma. Los segundos cilindros están dispuestos simétricamente a cada lado del primer cilindro 1, y dos cilindros adicionales 4a, 4b se intercalan adicionalmente entre el cilindro central y los segundos cilindros a cada lado. Los cilindros adicionales 4a y 4b unen la segunda y la tercera plataforma y cada uno es parte de ambas plataformas. Cada plataforma se conecta a la siguiente plataforma mediante miembros de conexión flexibles similares a los representados en la Figura 1. Cada miembro de conexión flexible comprende un par de patas y un miembro transversal que une las patas. Como se puede observar en la Figura 2, el miembro de conexión flexible que une la primera y la segunda plataforma comprende el miembro transversal 3 dispuesto para unir las patas 7, 8a y 8b. Hay dos miembros de conexión flexibles para unirse a la segunda y tercera plataforma. Estos miembros de conexión flexibles particulares comprenden, por un lado, el cilindro 4a que une las patas 8a y 9a, y por otro lado, el cilindro 4b que une las patas 8b y 9b. Hay otros dos miembros de conexión flexibles para unirse a la tercera y cuarta plataforma. Estos miembros de conexión flexibles particulares comprenden, por un lado, el miembro transversal 5 que une las patas 9a y 11a, y por otro lado, el miembro transversal 6 que une las patas 9b y 11b.

Como se explicó anteriormente, el pivote flexible de la técnica anterior que se acaba de describir debería proporcionar, en principio, el doble del rango de rotación del pivote de la técnica anterior que se muestra en la Figura 1. El dispositivo de la técnica anterior que se acaba de describir tiene ciertos inconvenientes. En particular, se puede observar que el pivote de cuatro plataformas también tiene el doble de longitud en la dirección axial que el pivote flexible de dos plataformas de la Figura 1. El experto en la técnica no tendrá problemas para comprender que aumentar la longitud del pivote en la dirección axial puede ser perjudicial en lo que respecta a la rigidez axial. Finalmente, las plataformas en un pivote flexible de varias plataformas como el que se representa en la Figura 2, se separan por espacios y tienen baja rigidez radial cuando se accionan. En caso de carga radial, el efecto que se conoce como "desplazamiento central" puede ocurrir debido a la baja rigidez radial en cada plataforma. Por lo tanto, en presencia de una fuerza orientada radialmente, un mayor número de plataformas también debería implicar, en principio, un desplazamiento central total mayor, lo que no es deseable. En otras palabras, con el pivote flexible descrito en el documento de patente de la técnica anterior que se describe anteriormente, el precio a pagar por aumentar el rango de movimiento rotacional es reducir la rigidez radial y axial. En otras palabras, se observa una covarianza entre la rigidez rotacional, radial y axial de los pivotes flexibles de la técnica anterior. El experto en la técnica comprenderá que esta covarianza es la causa de una serie de problemas potenciales. En particular, aumentar el rango de rotación puede terminar haciendo que sea difícil desacoplar los modos de vibración del pivote flexible de los de otros componentes del satélite o la nave espacial.

Se conoce otro pivote flexible a partir de EP 0 974 761.

Resumen de la invención

Por lo tanto, un objeto de la presente invención es resolver los problemas mencionados anteriormente de pivotes flexibles de plataformas múltiples de la técnica anterior proporcionando un pivote flexible de acuerdo con la reivindicación 1 adjunta.

Debe entenderse que una "dirección transversal a un eje" significa una dirección en un plano que es perpendicular al eje en cuestión.

De acuerdo con la invención, el primer y el segundo cilindro se conectan a través de medios de conexión flexibles a las estructuras de interfaz primera y segunda, respectivamente. Por lo tanto, los medios de conexión flexibles dispuestos entre cada uno de los dos cilindros y la estructura de interfaz correspondiente contribuyen a la capacidad angular del pivote flexible. Además, el primer cilindro y la primera estructura de interfaz son concéntricos y los medios de conexión flexibles que los conectan se implementan en forma de un conjunto de radios que se intercalan entre los miembros de conexión flexibles. Los radios están dispuestos sustancialmente en el mismo plano que las patas flexibles de los miembros de conexión que se unen al primer cilindro. Por lo tanto, una primera ventaja de la invención es que la presencia de los radios provoca un aumento del rango de rotación del pivote flexible sin aumentar la longitud del pivote en la dirección axial.

Una segunda ventaja de la invención es que permite determinar independientemente la rigidez radial, axial y rotacional del pivote flexible durante la fase de diseño. Una tercera ventaja de la invención es que la presencia de los radios y de los medios de conexión flexibles permite mejorar el centrado del eje, y así reducir drásticamente el desplazamiento central.

De acuerdo con varias modalidades particulares de la invención, al menos la primera plataforma del pivote flexible comprende preferentemente medios de fijación flexibles para unir el extremo exterior de cada uno de los radios flexibles en el conjunto a la primera estructura de interfaz o al primer cilindro (cualquiera que sea de los dos rodea al otro). Una ventaja de tener medios de fijación flexibles es que permite que la longitud efectiva de los radios varíe sustancialmente. Los medios de fijación flexibles se implementan preferentemente en forma de tiras delgadas que forman el extremo exterior de cada radio. Cada tira delgada se orienta en un ángulo con respecto al resto del radio, y al menos un extremo distal de la tira delgada se conecta integralmente a la primera estructura de interfaz o al primer cilindro. Se comprenderá

que la presencia del medio de fijación flexible permite que el pivote flexible se adapte a cualquier cambio en la curvatura de los radios. Además, el uso de medios de fijación flexibles también permite un ajuste personalizado de la rigidez radial independientemente de los otros grados de libertad, lo que permite desacoplar el eje del pivote de las microvibraciones externas en órbita. Otra aplicación de esta rigidez radial sintonizable es limitar el recorrido bajo cierta carga para mantener un cabezal codificador en el rango de lectura, por ejemplo, o para definir el espacio libre y su fuerza de cierre para un sistema de bloqueo de lanzamiento.

Breve descripción de las figuras

- 10 Otras características y ventajas de la presente invención aparecerán al leer la siguiente descripción, dada únicamente a modo de ejemplo no limitativo, y que se hace con referencia a los dibujos anexos, en los que:
- la Figura 1 es una vista en perspectiva de un pivote flexible de dos plataformas de la técnica anterior;
 - la Figura 2 es una vista en sección transversal del pivote flexible de cuatro plataformas de la técnica anterior;
 - 15 – la Figura 3A es una vista en perspectiva del pivote flexible correspondiente a una variante particular de una primera modalidad ilustrativa de la invención;
 - la Figura 3B es una vista en perspectiva parcial del pivote flexible de la figura 3A que ha sufrido una rotación de 45°, y que muestra en particular la unión entre un radio y la estructura de interfaz;
 - la Figura 4A es una vista esquemática de un pivote flexible correspondiente a una segunda variante de la primera modalidad ilustrativa de la invención;
 - 20 – la Figura 4B es una vista en planta parcial de un pivote flexible correspondiente a una tercera variante de la primera modalidad de la invención;
 - las Figura 5 y 6 son dos vistas (en perspectiva y en sección transversal respectivamente) de una segunda modalidad ilustrativa de la invención;
 - 25 – las Figura 7 y 8 son dos vistas (en perspectiva y en sección transversal, respectivamente) de una tercera modalidad ilustrativa de la invención;
 - las Figura 9 y 10 son dos vistas (en perspectiva y en sección transversal, respectivamente) de una cuarta modalidad ilustrativa de la invención.

30 Descripción detallada de las modalidades ilustrativas

Las Figuras 3A y 4A muestran dos pivotes flexibles que corresponden respectivamente a dos variantes particulares de una primera modalidad ilustrativa de la invención. Los pivotes flexibles de la invención se forman preferentemente como una estructura integral fabricada de una sola pieza de material. Por ejemplo, el material podría ser titanio o acero y el pivote flexible podría fabricarse de una pieza de metal por electroerosión. El centro de ambos pivotes flexibles ilustrados se forma por dos porciones de cubo en alineación axial entre sí. Aunque las porciones de cubo ilustradas en la Figura 4A no son exactamente cilíndricas, todas las porciones de cubo se llamarán cilindros en la siguiente discusión. Por lo tanto, las Figuras 3A y 4A muestran un primer cilindro 21, un segundo cilindro 23 y cuatro miembros de conexión flexibles (referenciados 25, 27, 29 y 31 respectivamente) para conectar los dos cilindros. De acuerdo con las variantes particulares ilustradas en las Figuras 3A y 4A, los cuatro miembros de conexión flexibles están regularmente espaciados alrededor de los cilindros, ambos pivotes flexibles ilustrados exhiben en consecuencia una simetría rotacional de 4 veces. Sin embargo, se comprenderá que el pivote flexible podría exhibir una simetría rotacional diferente. Por ejemplo, cualquier simetría rotacional n-veces, donde "n" puede ser cualquier número entero igual o mayor que 2. De acuerdo con la invención, el pivote flexible podría incluso no presentar simetría rotacional. Además, cada miembro de conexión comprende un par de patas (33 y 35 respectivamente) y un miembro transversal 37. Se puede observar que las patas de los miembros de conexión están dispuestas radialmente alrededor del eje del pivote flexible a lo largo de un plano que es perpendicular a dicho eje, y que el miembro transversal se une a un extremo de cada pata de manera que brinda al miembro de conexión flexible la forma general de una U. Se puede observar además que los otros extremos de las dos patas de cada miembro de conexión en forma de U se unen al primer y al segundo cilindros, respectivamente. Sin embargo, debe entenderse que, de acuerdo con otras modalidades, en lugar de tener forma de U, los miembros de conexión podrían tener cualquier forma que se considere adecuada por una persona experta en la técnica. En particular, los miembros de conexión flexibles podrían tener forma de M como los miembros de conexión de la técnica anterior que se muestran en la Figura 1. Además, de acuerdo con otras modalidades adicionales, en lugar de extenderse a lo largo de una dirección radial, cada pata podría extenderse a lo largo de una dirección contenida en un plano perpendicular al eje del pivote, pero ligeramente inclinado con respecto a una dirección radial.

Los dos pivotes ilustrados comprenden además una primera estructura de interfaz y una segunda estructura de interfaz. En la Figura 3A, las estructuras de interfaz primera y segunda mostradas son cilíndricas y están referenciadas 38 y 39 respectivamente. En contraste, las estructuras de interfaz primera y segunda del pivote flexible que se representan en la Figura 4A tienen la forma de dos marcos cuadrados referenciados 48 y 49 respectivamente. De acuerdo con la invención, el pivote flexible se diseña para fijarse a una base (no mostrada) por una de las estructuras de interfaz y para transportar una carga (no mostrada) que se une a la otra estructura de interfaz. También de acuerdo con la invención, la primera y la segunda estructuras de interfaz se conectan a través de medios de conexión flexibles al primer y al segundo cilindros, respectivamente. Además, los medios de conexión flexibles que conectan la primera estructura de interfaz y el primer

cilindro consisten en un (primer) conjunto de radios flexibles 41 que se unen al primer cilindro 21 por un extremo y a la primera estructura de interfaz 38 por el otro extremo.

Todavía haciendo referencia a las Figuras 3A y 4A, se puede ver que, en los pivotes que se ilustran, las estructuras de interfaz primera y segunda son concéntricas con los cilindros primero y segundo respectivamente, con las estructuras de interfaz primera y segunda que rodean los cilindros primero y segundo. Se puede ver además que los medios de conexión flexibles que conectan la segunda estructura de interfaz con el segundo cilindro consisten en un segundo conjunto de radios flexibles 43. Además, los radios 41 que unen la primera estructura de interfaz con el primer cilindro, y los radios 43 que unen la segunda estructura de interfaz con el segundo cilindro, cada uno tiene la forma de una barra en T, cada barra en T 41 o 43 se compone de un vástago alargado, un extremo del cual lleva una tira delgada 53 que forma la barra transversal de la T. Se puede observar que, de acuerdo con la presente modalidad, todas las barras en T o radios 41, 43 están dispuestos con su vástago que se extiende radialmente alrededor del eje del pivote flexible a lo largo de un plano que es perpendicular a dicho eje. Sin embargo, debe observarse que, de acuerdo con otras modalidades (no mostradas), en lugar de extenderse a lo largo de una dirección radial, cada barra en T podría extenderse a lo largo de una dirección contenida en un plano perpendicular al eje del pivote, pero ligeramente inclinado en relación con una dirección radial.

Aun haciendo referencia a las Figuras 3A y 4A, se puede observar además que las barras en T se orientan cada una con su barra transversal al extremo exterior. Por consiguiente, las cuatro barras en T flexibles que forman el primer conjunto de radios 41 tienen su extremo interior unido al primer cilindro 21 y tienen la tira delgada 53 que forma su extremo exterior unido a la primera estructura de interfaz 38 o 48. De manera similar, las cuatro barras en T flexibles que forman el segundo conjunto de radios 43 tienen su extremo interior unido al segundo cilindro 23 y tienen la tira delgada 53 que forma su extremo exterior unido a la segunda estructura de interfaz 39 o 49. Sin embargo, debe entenderse que, de acuerdo con modalidades alternativas de la invención, en lugar de rodear el primer y segundo cilindros, las estructuras de interfaz primera y segunda podrían disponerse concéntricamente dentro del primer y segundo cilindros, de manera que serían el primer y segundo cilindros los que rodearían las estructuras de interfaz primera y segunda respectivamente. El experto en la técnica comprenderá que, en el caso de dicha configuración, cada barra en T tendría su extremo interior que se une a la primera o la segunda estructura de interfaz, y tendría la tira delgada 53 que forma su extremo exterior que se une al primer o segundo cilindro.

La Figura 3B es una vista parcial en planta del pivote flexible de la Figura 3A que ha sufrido una rotación de 45°. Comparando las Figuras 3A y 3B, se puede observar que, como se muestra en la Figura 3B, la rotación de las estructuras de interfaz primera y segunda 38, 39, relativamente entre sí, ha causado que ambas patas 33, 35 de cada uno de los miembros de conexión flexibles 25, 27, 29, 31, así como los vástagos de los radios 41, 43 que forman los medios de conexión flexibles, para doblarse sustancialmente. Se comprenderá que la flexibilidad de los radios 41, 43, así como de las patas 33, 35 de los miembros de conexión flexibles contribuye al rango de rotación del pivote.

De acuerdo con la modalidad de la invención que se ilustra en las Figuras 3A, 3B y 4A, el pivote flexible comprende tanto el primer como el segundo medio de fijación flexible para permitir que la longitud efectiva de los radios en el primer y el segundo conjunto de radios varíe de una manera como para acomodar cualquier cambio en la curvatura de los radios. En particular, haciendo referencia ahora más particularmente a las Figuras 3A y 3B, se puede apreciar que las tiras delgadas 53 que forman el extremo exterior de cada uno de los radios en forma de barra en T en el primer conjunto de radios 41 se unen integralmente a la primera interfaz estructura 38 en cada extremo. Las tiras 53 son lo suficientemente delgadas para que puedan deformarse elásticamente, haciendo posible que el punto de unión del vástago con la tira delgada de cada barra en T se mueva ligeramente en una dirección radial con respecto al eje del pivote flexible. La elasticidad de las tiras finas también permite que la orientación del plano neutro de cada una de ellas, en el punto de unión con el vástago de la "T", se incline ligeramente de manera que se acomode a la curvatura del vástago durante la rotación del pivote completo. Se puede apreciar además que las tiras finas 53 que forman el extremo exterior de cada uno de los radios en forma de barra en T en el segundo conjunto de radios 43 se unen integralmente a la segunda estructura de interfaz 39 en cada extremo. Por lo tanto, debe entenderse que, de acuerdo con la modalidad actualmente descrita, los primeros medios de unión flexibles comprenden las tiras delgadas 53 de los radios en forma de barra en T 41 en el primer conjunto de radios, y que los segundos medios de unión flexibles comprenden las tiras delgadas 53 de los radios 43 en forma de barra en T en el segundo conjunto de radios.

Se entenderá que la estructura de barra en T que se acaba de describir corresponde a una de varias implementaciones posibles de los medios de fijación flexibles dispuestos para permitir que la longitud efectiva de los radios varíe de tal manera que se acomode a un aumento en la curvatura de los radios cuando el pivote flexible se gira desde su posición de reposo. Por ejemplo, de acuerdo con variantes alternativas, en lugar de consistir en radios en forma de barra en T, los medios de conexión flexibles para conectar las interfaces primera y segunda a los cilindros primero y segundo podrían consistir en dos conjuntos de barras en L. Con referencia ahora a la Figura 4B, se puede apreciar que los medios de conexión que conectan a la primera estructura de interfaz y el primer cilindro consisten en un primer conjunto de radios flexibles 141a, 141b que se unen al primer cilindro 121 por un extremo y a la primera estructura de interfaz 138 por el otro extremo. Además, cada radio del primer conjunto de radios tiene la forma de una barra en L, cada barra en L se forma por un vástago alargado, uno de cuyos extremos lleva una tira delgada 153a o 153b que forma la base de la L. Puede observarse además que, de acuerdo con la variante de la Figura 4B, la mitad de las barras L 141a se orientan hacia la derecha y la otra mitad 141b se orientan hacia la izquierda, y cada barra L se orienta hacia la derecha se empareja con una barra L que se orienta hacia la izquierda, de tal manera que forme cuatro pares de radios en forma de barra en L.

Además, se puede apreciar que el primer y segundo radios en cada par de radios 141a, 141b se posicionan simétricamente, de forma consecutiva. Finalmente, puede observarse que los cuatro pares de radios están dispuestos radialmente alrededor del eje del pivote flexible a lo largo de un plano que es perpendicular a dicho eje. O, para expresar las cosas con mayor precisión, cada par de barras en L 141a, 141b está dispuesta con el plano de simetría del par que se orienta radialmente alrededor del eje del pivote flexible, el vástago de cada barra en L realmente se extiende a lo largo de una dirección contenida en un plano perpendicular al eje del pivote, pero ligeramente inclinado con respecto a una dirección radial.

Todavía refiriéndonos a la Figura 4B, se puede observar además que cada una de las barras en L se orienta con su base en el extremo exterior. Por consiguiente, las ocho barras en L flexibles 141a o 141b que forman el primer conjunto de radios tienen su extremo interior que se une al primer cilindro 121 y tienen la tira delgada 153a o 153b que forma su extremo exterior que se une a la primera estructura de interfaz 138. Como ya se explicó en relación con las Figuras 3A, 3B y 4A, de acuerdo con modalidades alternativas de la invención (no mostradas), en lugar de rodear el primer y segundo cilindros, las estructuras de interfaz primera y segunda podrían disponerse concéntricamente dentro del primer y segundo cilindros, de manera que serían los cilindros primero y segundo los que rodearían las estructuras de interfaz primera y segunda respectivamente. El experto en la técnica entenderá que, en el caso de dicha configuración, cada barra en L tendría su extremo interior unido a la primera o la segunda estructura de interfaz, y tendría la tira delgada 153a o 153b formando su extremo exterior unido al primer o segundo cilindro.

Como ya era el caso con las modalidades de la invención que se ilustran en las Figuras 3A, 3B y 4A, el pivote flexible que se ilustra en la Figura 4B comprende medios de fijación flexibles para permitir que la longitud efectiva de los radios varíe de manera que se adapte a cualquier cambio en la curvatura de los radios. En particular, la Figura 4B muestra que las tiras finas 153a y 153b que forman el extremo exterior de cada uno de los radios en forma de barra en L 141a y 141b se unen integralmente a la primera estructura de interfaz 138 por su extremo distal. Las tiras delgadas 153a, 153b son lo suficientemente delgadas para que puedan deformarse elásticamente, haciendo posible que el punto de unión del vástago con la tira delgada de cada barra en L se mueva ligeramente en una dirección radial con respecto al eje del pivote flexible. La elasticidad de las tiras delgadas también permite que la orientación del plano neutro de cada una de ellas, en el punto de unión con el vástago de la "L", se incline ligeramente de manera que se acomode a la curvatura del vástago durante la rotación del pivote completo.

Las Figuras 5 y 6 son dos vistas (una vista en perspectiva y una vista en sección transversal) de una segunda modalidad ilustrativa de la invención. Como se puede observar, el pivote flexible que se representa en las Figuras 5 y 6 tiene mucho en común con los pivotes flexibles que se representan en las Figuras 3A, 3B y 4A. Por consiguiente, los elementos del pivote flexible de las Figuras 5 y 6 que son idénticos o muy similares a los elementos de las figuras anteriores se designan con los mismos números de referencia. Como fue el caso con la primera modalidad, el pivote flexible de acuerdo con la segunda modalidad comprende tanto una primera estructura de interfaz como una segunda estructura de interfaz. La primera estructura de interfaz 38 es muy similar a la de la primera modalidad ilustrativa. Sin embargo, según la segunda modalidad, la segunda estructura de interfaz (referenciada 59 se implementa en forma de un cubo que está alineado axialmente con los primeros 21 y los segundos 23 cilindros.

De acuerdo con la invención, el pivote flexible comprende medios de conexión flexibles dispuestos para conectar el segundo cilindro 23 y la segunda estructura de interfaz 59. Con referencia nuevamente a las Figuras 5 y 6, se puede ver que, de acuerdo con el ejemplo que se ilustra, los medios de conexión flexibles se implementan en forma de un segundo conjunto de miembros de conexión flexibles 57. De manera similar a como es el caso con el primer conjunto de miembros de conexión flexibles 25, 27, 29 y 31, cada miembro de conexión flexible 57 comprende un par de patas y un miembro transversal que une uno de los extremos de cada pata. Como se muestra adicionalmente en la Figura 5, las patas de los miembros de conexión 57 están dispuestas radialmente alrededor del eje del pivote flexible a lo largo de un plano que es perpendicular a dicho eje. Además, los otros extremos de las dos patas de cada miembro de conexión 57 se unen al segundo cilindro y a la segunda estructura de interfaz 59, respectivamente. También se puede observar que las patas de los segundos miembros de conexión que se unen al segundo cilindro que se intercalan entre las patas correspondientes de los primeros miembros de conexión 25, 27, 29 y 31. El experto en la técnica comprenderá que el pivote flexible que se acaba de describir tiene un 40% más de capacidad angular que un pivote flexible equivalente de acuerdo con la primera modalidad. Sin embargo, este aumento tiene un precio, ya que la longitud axial del pivote flexible aumenta en un 50%.

Las Figuras 7, 8, 9 y 10 muestran una tercera y una cuarta modalidad del pivote flexible de acuerdo con la invención. Con referencia primero a la Figura 7, se puede apreciar que de acuerdo con la tercera modalidad ilustrativa, el primer conjunto de miembros de conexión flexibles comprende doce miembros de conexión (25, 25a, 25b, 27, 27a, 27b, 29, 29a, 29b, 31, 31a y 31b respectivamente) en lugar de cuatro. Una segunda diferencia entre la segunda y la tercera modalidad ilustrativa es que, de acuerdo con la tercera modalidad, los miembros de conexión flexibles 157 en el segundo conjunto de miembros de conexión flexibles comprenden cada uno dos pares de patas, una pata de cada par se une al segundo cilindro 23 y la otra pata de cada par se une a la segunda estructura de interfaz 59, y las patas de ambos pares se unen por un miembro transversal (referenciado 137 en las Figuras 7, 8 y 10).

Con referencia ahora a las Figuras 9 y 10, se puede apreciar que de acuerdo con la cuarta modalidad ilustrativa, el primer conjunto de miembros de conexión flexibles comprende ocho miembros de conexión (125, 125a, 127, 127a, 129, 129a,

131 y 131a, respectivamente) de cuatro o doce. Como se muestra más claramente en la Figura 9, los miembros de conexión flexibles del primer conjunto de miembros de conexión flexibles se agrupan dos a dos.

5 Se entenderá que varios cambios y/o mejoras evidentes para los expertos en la técnica podrían realizarse en las modalidades que constituyen el tema de esta descripción sin apartarse del alcance de la presente invención definida por las reivindicaciones anexas. En particular, cualquier modalidad del pivote flexible de la invención puede equiparse con medios de fijación flexibles en forma de barras en T, barras en L o cualquier otra forma que parezca apropiada para el experto en la técnica. A la inversa, se podría prescindir de incluir medios de unión flexibles incluso en la primera modalidad.

10 En este caso, los radios en el conjunto de radios flexibles no tendrían la forma de barras en T o barras en L, sino que preferentemente tendrían forma de láminas o barras simples.

REIVINDICACIONES

1. Pivote flexible que comprende una primera plataforma que comprende una primera estructura de interfaz (38; 48; 138) y una segunda plataforma que comprende una segunda estructura de interfaz (39; 49; 59) en alineación axial con la primera estructura de interfaz, el pivote flexible está dispuesto para fijarse a una base por una de las estructuras de interfaz y para llevar una carga unida a la otra estructura de interfaz, el pivote flexible comprende un primer cilindro (21; 121) que forma parte de la primera plataforma, un segundo cilindro (23) en alineación axial con el primer cilindro y que forma parte de la segunda plataforma, y un conjunto de miembros de conexión flexibles (25, 25a, 25b, 27, 27a, 27b, 29, 29a, 29b, 31, 31a, 31b) para conectar la primera y las segundas plataformas, cada miembro de conexión flexible comprende un par de patas (33, 35) y un miembro transversal (37) que une las patas, cada pata se extiende en una dirección transversal al eje de los cilindros, y las patas se unen al primer (21; 121) y al segundo (23) cilindro respectivamente, en donde el primer cilindro (21; 121) y la primera estructura de interfaz (38; 138) son concéntricas, la primera plataforma comprende un conjunto de radios flexibles (41; 141a, 141b) unidos al primer cilindro (21; 121) por un extremo y a la primera estructura de interfaz (38; 138) por el otro extremo, cada radio se extiende en una dirección transversal al eje del pivote, y en donde la segunda plataforma comprende medios de conexión flexibles (43, 57, 157) dispuestos para conectar el segundo cilindro (23) y la segunda estructura de interfaz (39; 49, 59), caracterizado porque los radios se intercalan entre las patas (33) de los miembros de conexión flexibles (25, 25a, 25b, 27, 27a, 27b, 29, 29a, 29b, 31, 31a, 31b) que se unen al primer cilindro (21).
2. Pivote flexible de acuerdo con la reivindicación 1, en donde los radios (41; 141a, 141b) en el conjunto de radios flexibles comprenden un extremo interior y un extremo exterior, estando el extremo exterior más distante del eje del pivote que el extremo interior, y en donde la primera plataforma comprende primeros medios de fijación flexibles (53; 153a, 153b) para unir el extremo exterior de cada uno de dichos radios flexibles (41; 141a, 141b) a la primera estructura de interfaz (38; 48; 138) o a la primera cilindro.
3. Pivote flexible de acuerdo con la reivindicación 2, en donde el extremo exterior de cada radio (41; 141a, 141b) en el conjunto de radios forma una tira delgada (53; 153a, 153b) que se orienta en un ángulo con relación al resto del radio, en al menos un extremo distal de la tira delgada se conecta integralmente a la primera estructura de interfaz o al primer cilindro.
4. Pivote flexible de acuerdo con la reivindicación 3, en donde cada radio (141a, 141b) en el conjunto de radios tiene la forma de una barra en L, la base de la "L" se forma por la tira delgada (153a, 153b), el extremo distal de la tira delgada se conecta integralmente a la primera estructura de interfaz o al primer cilindro.
5. Pivote flexible de acuerdo con la reivindicación 3, en donde cada radio (41) en el conjunto de radios tiene la forma de una barra en T, la barra transversal de la "T" se forma por la tira delgada (53), y en donde ambos extremos distales de la tira delgada se conectan integralmente a la primera estructura de interfaz o al primer cilindro.
6. Pivote flexible de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde el segundo cilindro (23) y la segunda estructura de interfaz (39; 49) son concéntricos, y en donde dicho conjunto de radios flexibles (41; 141a, 141b) es un primer conjunto de radios flexibles, y en donde los medios de conexión flexibles comprenden un segundo conjunto de radios flexibles (43) que se unen al segundo cilindro (23) por un extremo y a la segunda estructura de interfaz (39; 49) por el otro extremo, cada radio (43) en el segundo conjunto de radios flexibles se extiende en una dirección transversal al eje del pivote.
7. Pivote flexible de acuerdo con la reivindicación 6, en donde los radios (43) en el segundo conjunto de radios flexibles se intercalan entre las patas (35) de los miembros de conexión flexibles (25, 25a, 25b, 27, 27a, 27b, 29, 29a, 29b, 31, 31a, 31b) que se unen al segundo cilindro (23).
8. Pivote flexible de acuerdo con la reivindicación 6 o 7, en donde los radios (43) en el segundo conjunto de radios flexibles comprenden un extremo interior y un extremo exterior, el extremo exterior está más distante del eje del pivote que el extremo interior, y en donde la segunda plataforma comprende un segundo medio de fijación flexible para unir el extremo exterior de cada uno de dichos radios flexibles (43) en el segundo conjunto a la segunda estructura de interfaz (39; 49) o al segundo cilindro.
9. Pivote flexible de acuerdo con la reivindicación 8, en donde el extremo exterior de cada radio (43) en el segundo conjunto de radios forma una tira delgada (53) que se orienta en un ángulo con respecto al resto del radio, al menos un extremo distal de la tira delgada se conecta integralmente a la segunda estructura de interfaz (39; 49) o al segundo cilindro.
10. Pivote flexible de acuerdo con la reivindicación 9, en donde cada radio en el segundo conjunto de radios tiene la forma de una barra en L, la base de la "L" se forma por la tira delgada, el extremo distal de la tira delgada se conecta integralmente a la segunda estructura de interfaz (39; 49) o al segundo cilindro.
11. Pivote flexible de acuerdo con la reivindicación 9, en donde cada radio (43) en el segundo conjunto de radios tiene la forma de una barra en T, la barra transversal de la "T" se forma por la tira delgada (53), y en donde ambos

extremos distales de la tira delgada se conectan integralmente a la segunda estructura de interfaz o al segundo cilindro.

- 5
12. Pivote flexible de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, en donde la segunda estructura de interfaz está en alineación axial con el primer y el segundo cilindros, y en donde el conjunto de miembros flexibles de conexión (25, 25a, 25b, 27, 27a, 27b, 29, 29a, 29b, 31, 31a, 31b) para conectar el primer cilindro (21) y el segundo cilindro (23) es un primer conjunto de miembros de conexión flexibles, y en donde los medios de conexión flexibles comprenden un segundo conjunto de miembros de conexión flexibles (57, 157), cada miembro de conexión flexible en el segundo conjunto comprende un par de patas y un miembro transversal (137) que une las patas, cada pata se extiende en una dirección transversal al eje del pivote, y las patas de cada miembro flexible de conexión en el segundo conjunto se une al segundo cilindro (23) y a la segunda estructura de interfaz (59) respectivamente.
- 10
13. Pivote flexible de acuerdo con las reivindicaciones 12, en donde las patas de los miembros de conexión flexibles en el segundo conjunto que se unen al segundo cilindro se intercalan entre las patas de los miembros de conexión flexibles en el primer conjunto (25, 25a, 25b, 27, 27a, 27b, 29, 29a, 29b, 31, 31a, 31b) que también se unen al segundo cilindro.
- 15
14. Pivote flexible de acuerdo con la reivindicación 12 o 13, en donde cada miembro de conexión flexible (157) en el segundo conjunto de miembros de conexión flexible comprende dos pares de patas, una pata de cada par se une al segundo cilindro (23) y la otra pata de cada par se une a la segunda estructura de interfaz (59), y las patas de ambos pares se unen por el miembro transversal (137).
- 20
15. Pivote flexible de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde este tiene una simetría rotacional n-veces ("n" es un número entero igual o mayor que 2) y el número de miembros de conexión flexibles (25, 25a, 25b, 27, 27a, 27b, 29, 29a, 29b, 31, 31a, 31b) en el primer conjunto de miembros de conexión flexibles es igual a n o es un múltiplo entero de n.
- 25

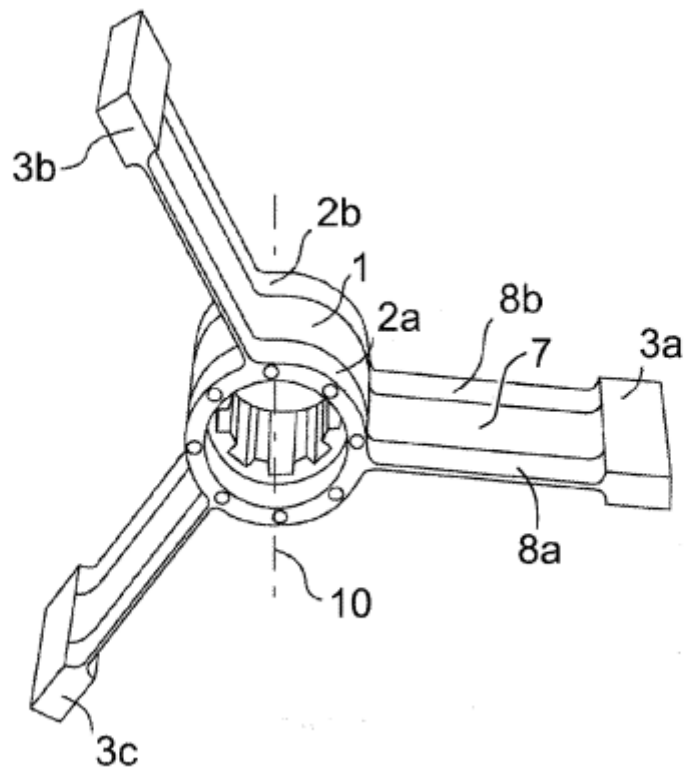


Fig. 1 Técnica Anterior

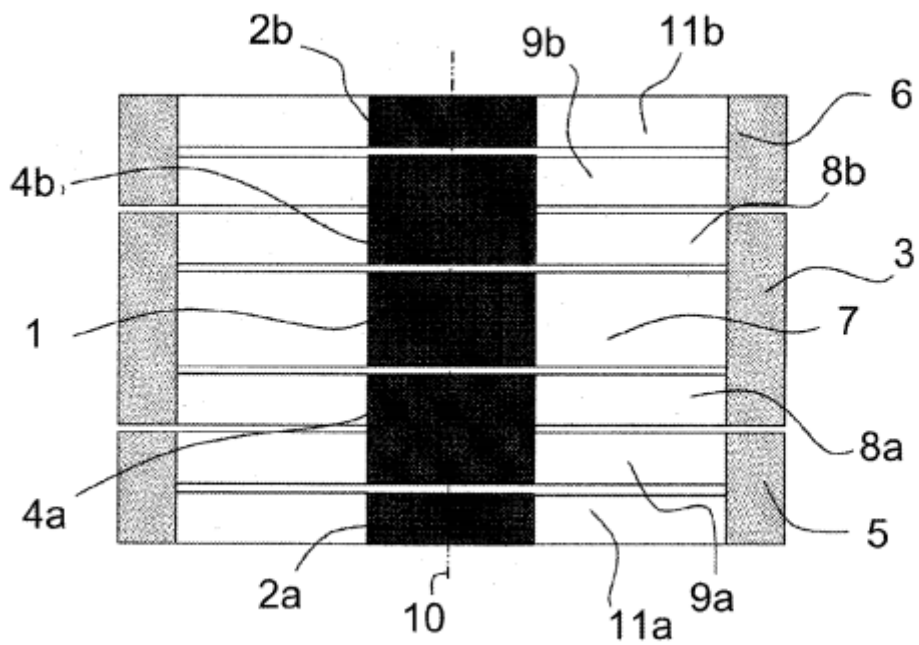


Fig. 2 Técnica Anterior

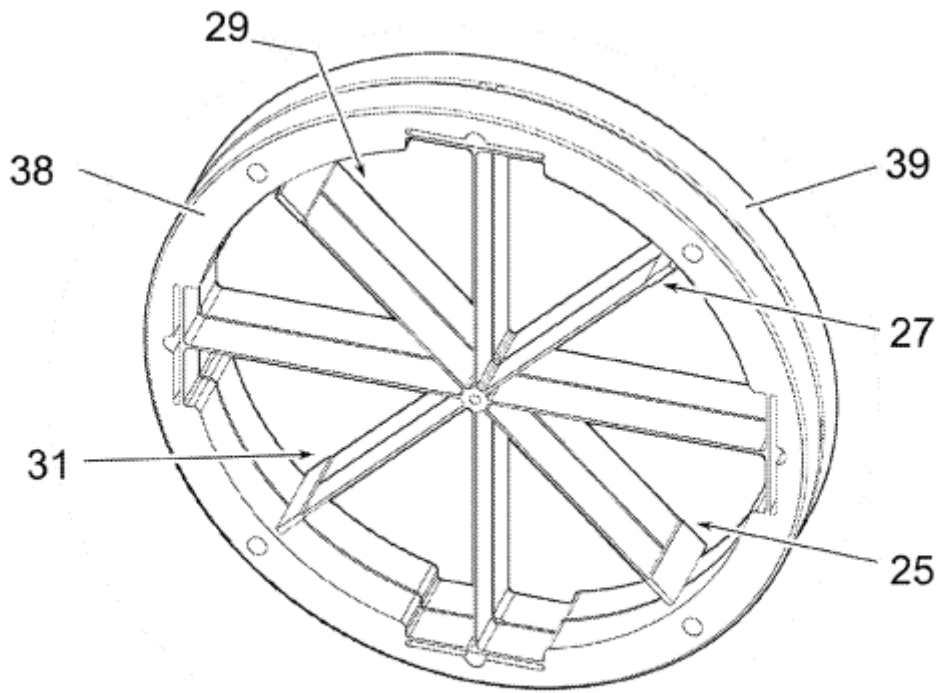


Fig. 3A

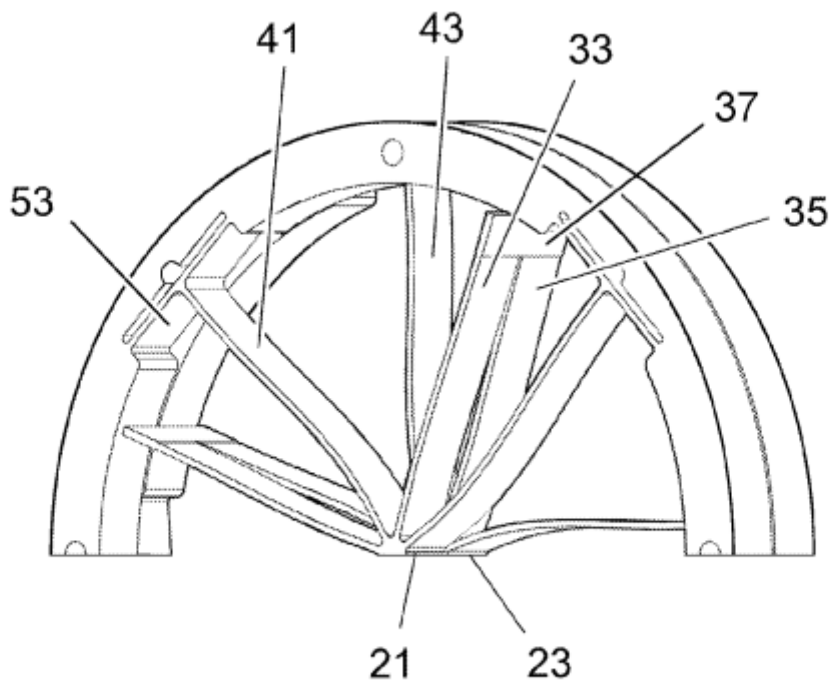


Fig. 3B

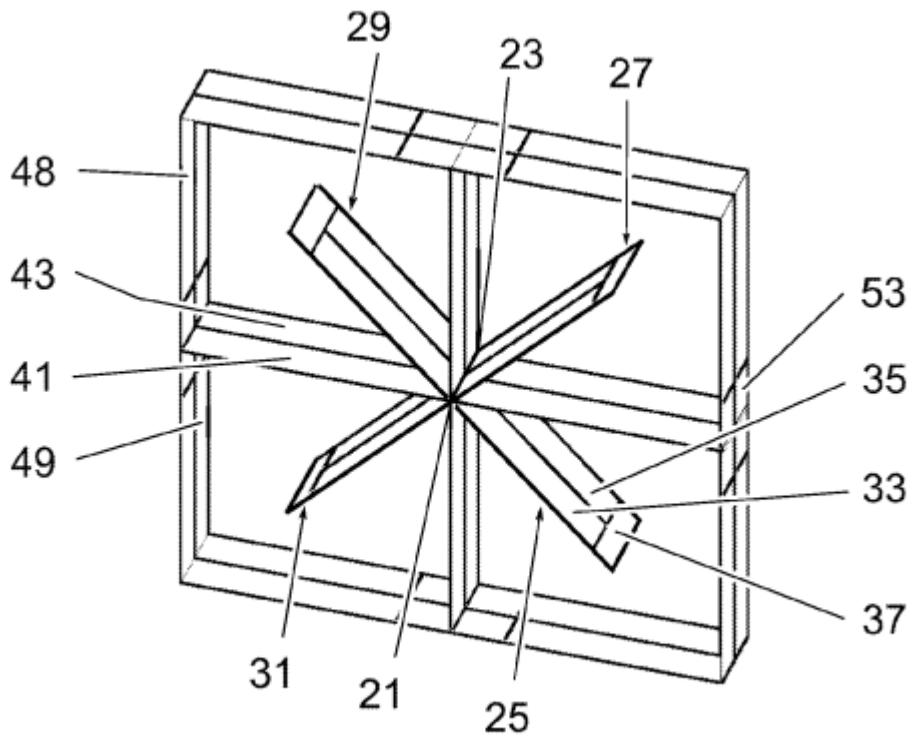


Fig. 4A

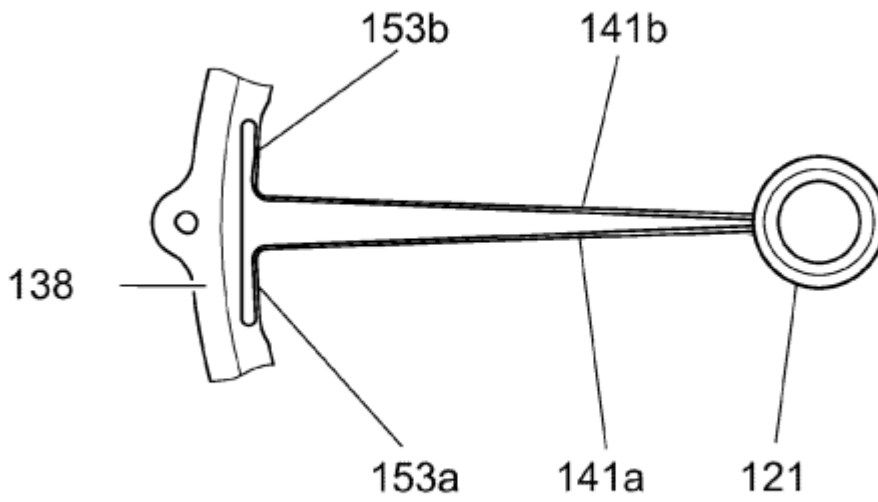


Fig. 4B

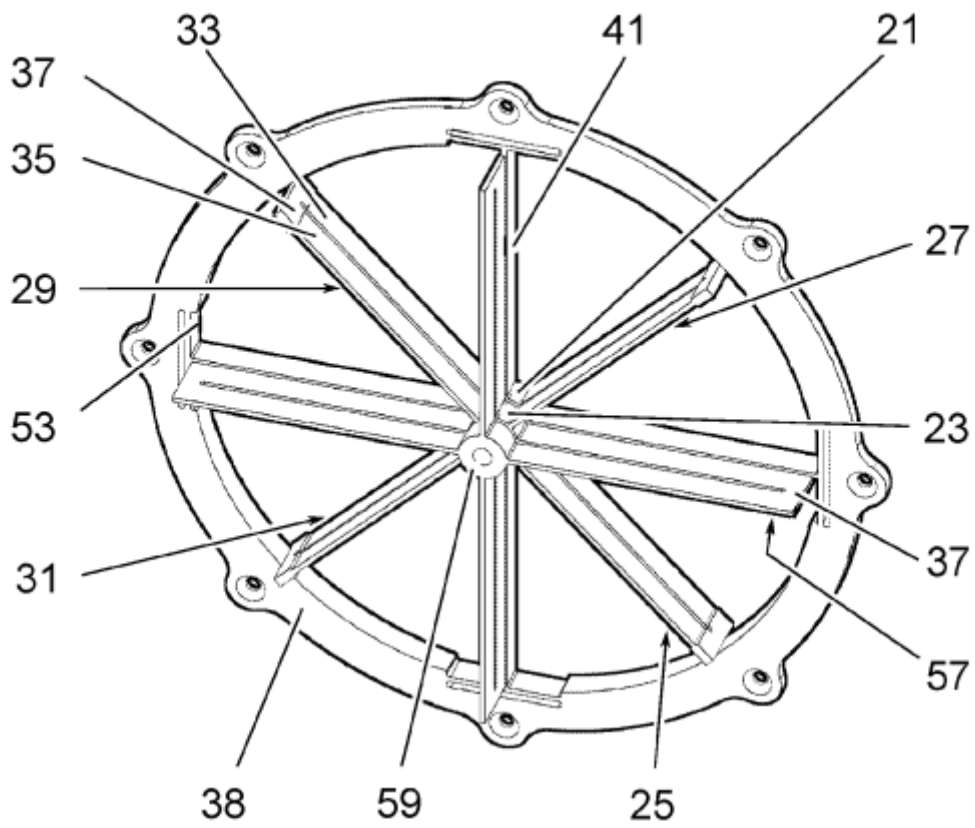


Fig. 5



Fig. 6

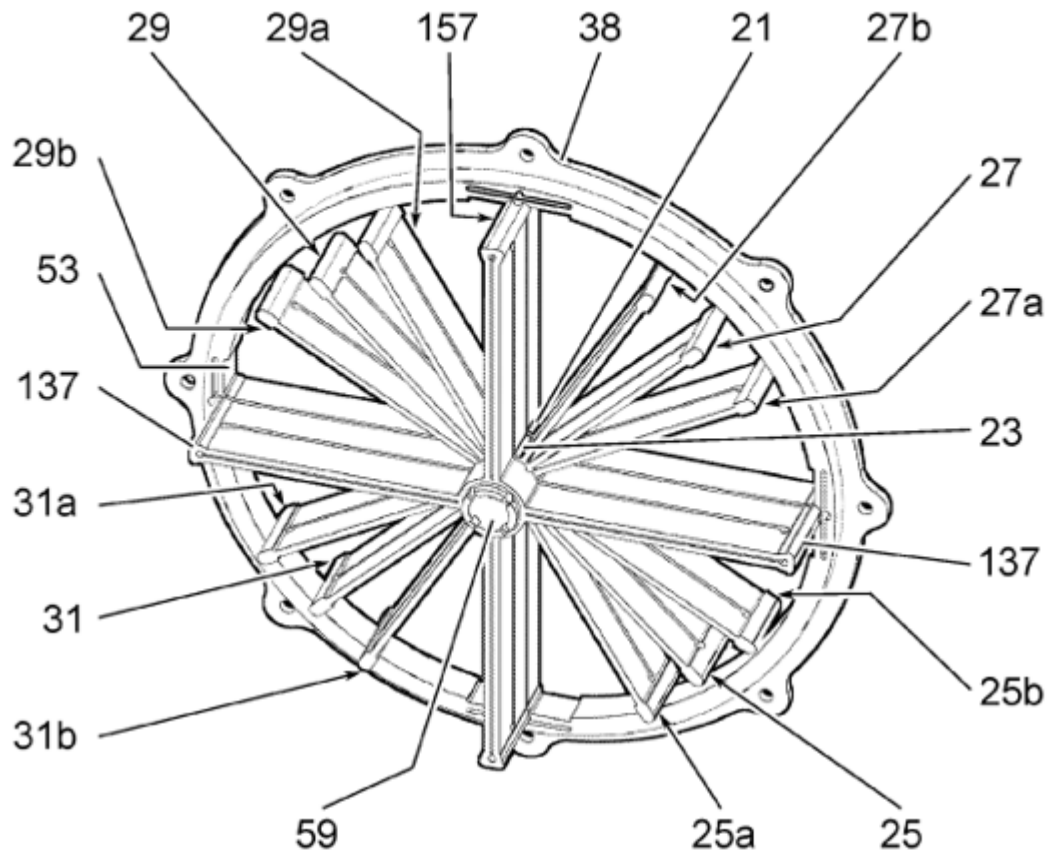


Fig. 7

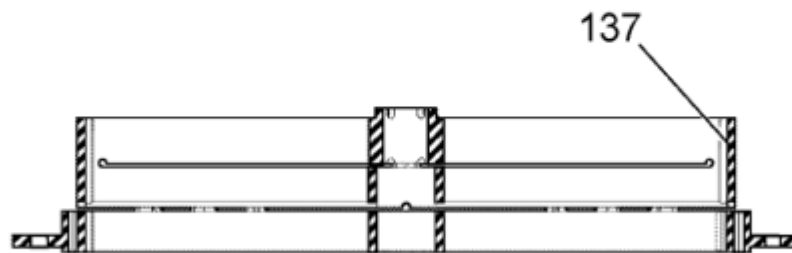


Fig. 8

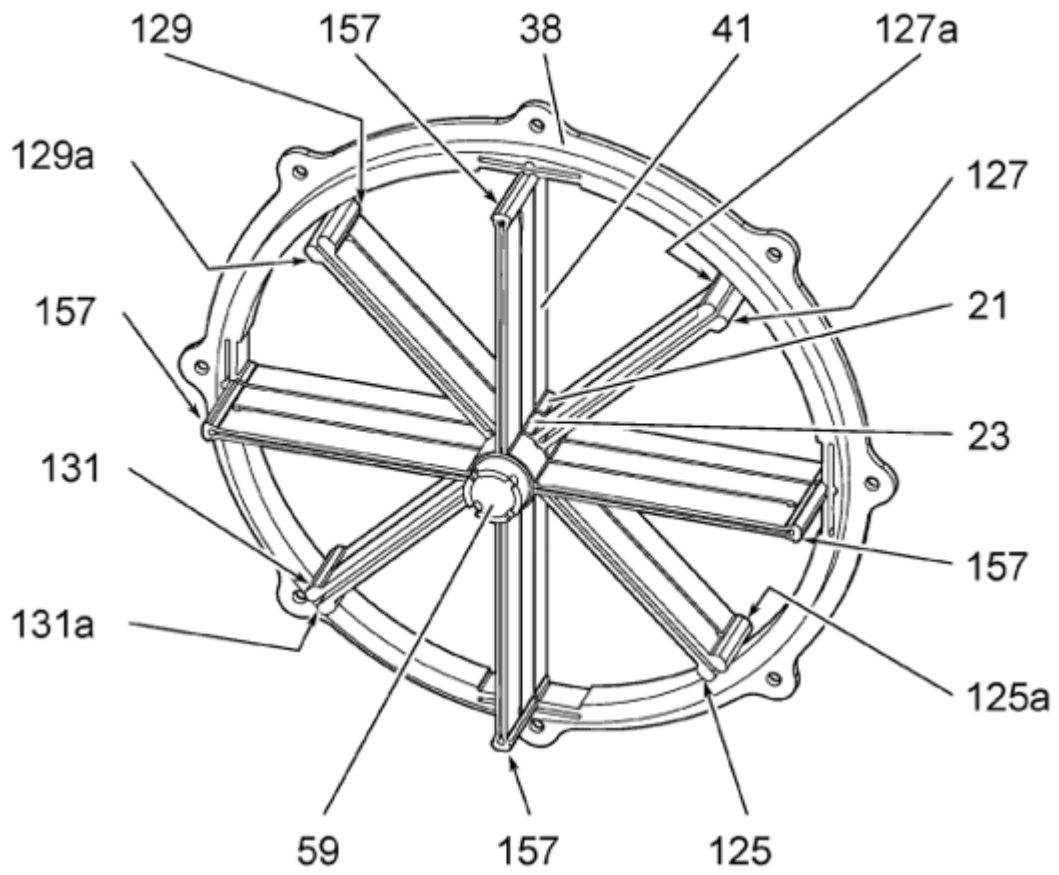


Fig. 9

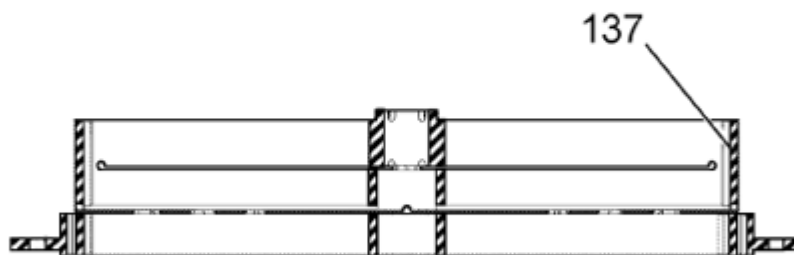


Fig. 10