

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 891 180**

21 Número de solicitud: 202030726

51 Int. Cl.:

B25J 9/06

(2006.01)

12

PATENTE DE INVENCION CON EXAMEN

B2

22 Fecha de presentación:

14.07.2020

43 Fecha de publicación de la solicitud:

26.01.2022

Fecha de modificación de las reivindicaciones:

24.02.2023

Fecha de concesión:

12.06.2024

45 Fecha de publicación de la concesión:

19.06.2024

73 Titular/es:

**UNIVERSIDAD CARLOS III DE MADRID (100.0%)
Av. Gregorio Peces Barba, 1
28919 Leganés (Madrid) ES**

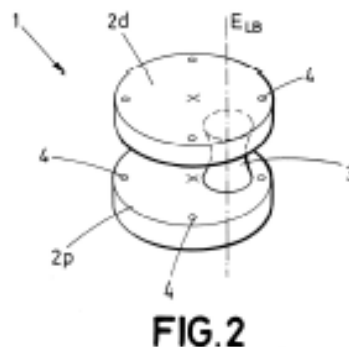
72 Inventor/es:

**MONJE MICHARET, Concepción Alicia;
RELAÑO GIBERT, Carlos;
NAGUA CUENCA, Luis Fernando;
MARTÍNEZ DE LA CASA DÍAZ, Santiago y
BALAGUER BERNALDO DE QUIRÓS, Carlos**

54 Título: **Eslabón para articulación blanda y articulación blanda que comprende dicho eslabón**

57 Resumen:

La invención describe un eslabón (1) para articulación blanda que comprende una placa transversal proximal (2p) y una placa transversal distal (2d) conectadas entre sí mediante un elemento longitudinal elástico (3) dispuesto según un eje longitudinal blando (E_{LB}) del eslabón (1). Las placas transversales proximal (2p) y distal (2d) comprenden además unos orificios longitudinales (4) ubicados alrededor del elemento longitudinal elástico (3), estando dichos orificios longitudinales periféricos (4) configurados para el paso de respectivos tendones de tracción (5) destinados a provocar la flexión de una articulación que incluye el eslabón (1) blando. Además, las placas transversales proximal (2p) y distal (2d) carecen de simetría radial relativa al eje longitudinal blando (E_{LB}). La invención también describe una articulación (10) formada por varios eslabones (1).



Aviso: Se puede realizar consulta prevista por el art. 41 LP 24/2015.
Dentro de los seis meses siguientes a la publicación de la concesión en el Boletín Oficial de la Propiedad Industrial cualquier persona podrá oponerse a la concesión. La oposición deberá dirigirse a la OEPM en escrito motivado y previo pago de la tasa correspondiente (art. 43 LP 24/2015).

DESCRIPCIÓN

Eslabón para articulación blanda y articulación blanda que comprende dicho eslabón

5 OBJETO DE LA INVENCION

Un primer objeto de la presente invención es un eslabón para articulación blanda cuya configuración es especialmente ventajosa para el soporte y manejo de cargas elevadas.

- 10 Un segundo objeto de la presente invención es una articulación blanda formada por uno o más de dichos eslabones.

ANTECEDENTES DE LA INVENCION

- 15 Existen actualmente numerosas morfologías de articulaciones para sistemas articulados. La gran mayoría de ellas comprenden eslabones rígidos interconectados entre sí mediante articulaciones planas o esféricas, disponiendo además de unos medios de accionamiento que actúan sobre los eslabones de manera coordinada. Los medios de accionamiento son normalmente eléctricos o neumáticos. Las articulaciones rígidas tienen la ventaja de poder
- 20 soportar cargas grandes en relación a su propio peso. Además, este tipo de articulaciones se ven menos afectadas por los efectos de la fuerza de la gravedad.

- Sin embargo, las articulaciones rígidas carecen de la flexibilidad y rango de movilidad necesarios para adaptarse a diversos usos, tales como el desempeño en espacios confinados,
- 25 así como para permitir el desalineamiento en sus ejes cuando la aplicación lo requiere. Además, su incapacidad para absorber vibraciones cuando se producen impactos las hace poco convenientes para interaccionar con humanos y el entorno de una manera segura, además de comprometer su integridad. Un inconveniente adicional puede ser su elevado peso, dependiendo del material y propiedades de fabricación.

- 30 Para resolver este problema, en los últimos años han surgido las denominadas “*articulaciones blandas*”. Este tipo de articulación hace referencia a dispositivos articulares cuya estructura principal está realizada con materiales blandos o flexibles. Las articulaciones blandas son ventajosas con relación a las articulaciones rígidas descritas anteriormente debido a que son
- 35 más adecuadas para su uso en espacios confinados y menos peligrosas para su interacción con humanos y el entorno, preservando incluso la integridad de las mismas en su operación.

Dentro de este contexto, los inventores de la presente solicitud idearon una articulación blanda formada por un eslabón dotado de dos placas esencialmente planas unidas por medio de un muelle lineal dispuesto a lo largo de un eje longitudinal blando. Unos tendones de tracción conectados longitudinalmente entre puntos angularmente equiespaciados de las placas y ubicados junto a la periferia de cada eslabón permiten provocar la flexión de esta articulación en una u otra dirección. Esta articulación, que se muestra en la Fig. 1 de la presente solicitud, se describe en el documento de L. Nagua, J. Muñoz, C.A. Monje, y C. Balaguer titulado “*A first approach to a proposal of a soft robotik link acting as a neck*”, Actas de las XXXIX Jornadas de Automática, pp. 522-529.

Un importante inconveniente de esta articulación es su incapacidad para soportar cargas elevadas, ya que el efecto de la gravedad sobre cargas excesivas genera una inestabilidad que impide un adecuado control de la articulación. En efecto, esta articulación no tiene suficiente rigidez para soportar cargas superiores a un valor determinado, de modo que éstas provocan la flexión de la articulación hasta quedar “*colgando*” de la misma sin que sea posible volver a recuperar el control de la carga. Por ese motivo, esta articulación solo puede soportar este tipo de cargas cuando trabaja esencialmente en posición vertical.

DESCRIPCIÓN DE LA INVENCION

La presente invención resuelve los problemas anteriores gracias a una articulación blanda formada por eslabones diseñados de manera que se establece un bloqueo mecánico que limita el ángulo de flexión máximo de la articulación en función de la dirección de flexión seleccionada. Además, este bloqueo mecánico no solo asegura que el ángulo de flexión no supere un determinado valor independientemente de la carga que maneja la articulación, sino que además el valor concreto del ángulo de flexión máximo es diferente según la dirección hacia la que se produce la flexión. Esto permite una versatilidad mucho mayor que la de las articulaciones actualmente conocidas.

A continuación, se definen brevemente algunos términos que se utilizan en la presente descripción:

En este documento, los términos “*proximal*” y “*distal*” tienen un significado similar al habitual dentro del campo de la medicina. Concretamente, el término “*proximal*” se refiere a cualquier elemento o parte de un elemento ubicado en el lado más cercano

a la base de un eslabón o articulación, mientras que el término “*distal*” se refiere a cualquier elemento o parte de un elemento ubicado en el lado más alejado de dicha base, es decir, en el lado más cercano al extremo libre o extremo efector de la articulación o eslabón.

5

En este documento, el término “*longitudinal*” se refiere una dirección que coincide con el eje del elemento elástico que conecta las placas proximal y distal de un eslabón entre sí. Similarmente, en una articulación, la dirección longitudinal está constituida por los ejes de los elementos elásticos de los diferentes eslabones que lo conforman, y que están alineados unos con otros para conformar la articulación.

10

En este documento, el término “*transversal*” se refiere a cualquier dirección contenida en un plano perpendicular a la dirección longitudinal.

15

En este documento, el término “*eje longitudinal blando*” se refiere al eje de un eslabón o articulación que se extiende a lo largo de la dirección longitudinal de dicha articulación. Cuando el eslabón o articulación está en reposo, el eje longitudinal blando es normalmente rectilíneo mientras que, cuando el eslabón o articulación se flexionan, el eje longitudinal blando se curva.

20

En este documento, el término “*flexión*” se refiere al accionamiento de un eslabón o articulación de manera que su eje longitudinal blando se curva.

25

En este documento, el término “*ángulo de flexión*” de un eslabón o articulación se refiere al ángulo formado por la placa transversal proximal del eslabón más proximal y la placa transversal distal del eslabón más distal.

30

En este documento, el término “*ángulo de bloqueo*” se refiere a un ángulo de flexión tal que placas transversales contiguas chocan unas con otras, impidiendo en la práctica cualquier aumento del ángulo de flexión alcanzado.

35

En este documento, el término “*dirección de flexión*” se refiere a la dirección hacia la cual se curva el eje longitudinal blando de un eslabón o articulación cuando se produce una flexión.

Un primer aspecto de la presente invención está dirigido a un eslabón para articulación blanda

que comprende una placa transversal proximal y una placa transversal distal conectadas entre sí mediante un elemento longitudinal elástico dispuesto según un eje longitudinal blando del eslabón. Las placas transversales proximal y distal comprenden además unos orificios longitudinales ubicados alrededor del elemento longitudinal elástico, y que están configurados para el paso de respectivos tendones de tracción destinados a provocar la flexión de una articulación que incluye el eslabón blando. Así, en función de la tracción ejercida por cada uno de los tendones, el eslabón flexiona en una u otra dirección.

Hasta aquí, las características del eslabón de la presente invención son similares a las del dispositivo de la técnica anterior desarrollado por los inventores de la presente solicitud y mostrado en la Fig. 1 del presente documento. Sin embargo, el eslabón de la presente invención se diferencia de aquel en que las placas transversales proximal y distal carecen de simetría radial relativa al eje longitudinal blando.

En efecto, en la Fig. 1 puede apreciarse que el eje longitudinal blando (E_{LB}) del eslabón (100) de la técnica anterior pasa por el centro del resorte (103) que conecta las dos placas transversales circulares y por el centro de dichas dos placas (102d, 102p) transversales circulares. Por tanto, el eje longitudinal blando (E_{LB}) constituye un eje de simetría radial para cada una de dichas placas (102d, 102p). Cuando el eslabón (100) mostrado en la Fig. 1 flexiona en una determinada dirección debido al accionamiento de los tendones de tracción (105), se produce un bloqueo mecánico cuando la placa (102d) transversal superior o distal choca con la placa (102p) transversal inferior o proximal. Puesto que el eje longitudinal blando (E_{LB}) pasa por el centro de la circunferencia que conforma ambas placas (102d, 102p), la distancia entre el eje longitudinal blando (E_{LB}) y los bordes de ambas placas (102d, 102p) transversales proximal y distal es constante. Debido a ello, el ángulo de flexión en el cual se produce este bloqueo mecánico es exactamente el mismo independientemente de la dirección de flexión.

Por el contrario, en la presente invención el elemento longitudinal elástico que une las dos placas transversales respectivamente proximal o distal está situado en una posición en la que el eje longitudinal blando no constituye un eje de simetría radial de dichas placas transversales. Esta restricción implica bien que la forma de las placas transversales no es circular, en cuyo caso carecen por definición de eje de simetría radial, o bien que, en caso de que las placas transversales sean circulares, el eje longitudinal blando no pasa por su centro. Como consecuencia, puesto que en ambos casos la distancia entre el eje longitudinal blando y el borde de la respectiva placa transversal no es igual en todas las direcciones, cuando se

produce la flexión del eslabón, el bloqueo mecánico se produce en ángulos diferentes según la dirección de la flexión. Esta configuración es particularmente ventajosa debido a que permite seleccionar el ángulo de flexión al que se produce el bloqueo mecánico en función de las necesidades de cada uso particular.

5

En realizaciones preferidas de la invención, las placas transversales proximal y distal pueden tener una forma tal que la distancia entre sus bordes y dicho eje longitudinal blando varía de manera continua entre un valor mínimo y un valor máximo, por ejemplo forma circular, elíptica, ovalada o, en general, cualquier forma compuesta por bordes suaves carentes de aristas. En este caso, el ángulo de bloqueo del eslabón varía de manera progresiva a medida que se modifica la dirección de flexión.

10

Alternativamente, en otras realizaciones preferidas de la invención, las placas transversales proximal y distal pueden tener una forma esencialmente poligonal, ya sea ésta de polígono regular o irregular. A modo de ejemplo de polígonos regulares, se pueden mencionar las formas triangular, cuadrada, pentagonal, hexagonal, heptagonal, octogonal, eneagonal o decagonal. Normalmente, el elemento longitudinal elástico se dispone en este caso en el centro de las placas transversales, de modo que el eje longitudinal blando pasa también a través de los centros de las placas. En este caso, aparecen dos ángulos de bloqueo posibles que se repiten de manera angularmente equiespaciada en una pluralidad de direcciones de flexión dirigidas respectivamente hacia las aristas y hacia los lados del polígono regular en cuestión. Sin embargo, nótese que sería posible diseñar placas transversales de formas poligonales no regulares que presentasen más de dos ángulos de bloqueo posibles, o bien donde los ángulos de bloqueo no estuviesen angularmente equiespaciados.

15

20

25

El elemento longitudinal elástico tiene normalmente simetría radial con relación al eje longitudinal blando. Por ejemplo, el elemento longitudinal elástico puede tener forma de cuerpo de revolución, tal como forma cilíndrica. De este modo, la rigidez del eslabón a la flexión será esencialmente igual independientemente de la dirección a la que se produce dicha flexión. Además, el elemento longitudinal elástico puede opcionalmente unirse a las respectivas placas transversales por medio de una superficie suave cuya forma es esencialmente tangente a la superficie de dichas placas transversales.

30

Alternativamente, según otra realización preferida de la presente invención, el elemento longitudinal elástico carece de simetría radial con relación al eje longitudinal blando, es decir, no está formado por un cuerpo de revolución. Como consecuencia, la distancia entre el eje

35

longitudinal blando, que pasa esencialmente por el centro del elemento longitudinal elástico, y la superficie lateral de dicho elemento longitudinal elástico varía en función de la dirección. Esta configuración es ventajosa debido a que implica que el elemento longitudinal elástico no ofrece la misma resistencia a la flexión en una u otra dirección, lo que permite seleccionar la rigidez del eslabón en función de la dirección de flexión.

Según una realización particularmente preferida de la invención, el elemento longitudinal elástico tiene forma de prisma de sección transversal poligonal, ya sea éste regular o irregular. A modo de ejemplo, se puede hacer referencia a un eslabón dotado de un elemento longitudinal elástico de forma rectangular. En ese caso, suponiendo que el eje longitudinal blando pasa por el centro del rectángulo, la rigidez a la flexión en la dirección correspondiente a un lado largo del elemento longitudinal elástico rectangular será mayor que la rigidez a la flexión en la dirección correspondiente a un lado corto del mismo.

De acuerdo con otra realización preferida, el eslabón de la invención, o al menos el elemento longitudinal elástico, está hecho de un material con propiedades magnetoreológicas cuya rigidez es modificable en función de un campo magnético aplicado. Se proporciona así un mecanismo alternativo para modificar la rigidez del eslabón a voluntad de una manera sencilla y rápida.

En cuanto a los orificios longitudinales de las placas transversales, en principio pueden estar ubicados en diferentes posiciones en función de las características requeridas para cada aplicación, siempre que permitan ejercer un control adecuado del comportamiento de la articulación en función de la tracción aplicada a cada uno de ellos. Por ejemplo, en una realización particularmente preferida de la invención los orificios longitudinales pueden estar angularmente equiespaciados con relación al eje longitudinal blando.

De acuerdo con otra realización preferida de la invención, los orificios longitudinales pueden estar ubicados en posiciones adyacentes a porciones radialmente sobresalientes de las placas transversales proximal y distal con relación al eje longitudinal blando. Es decir, en caso de que las placas transversales tengan forma poligonal con el eje longitudinal blando pasando por su centro, los orificios longitudinales pueden estar ubicados en posiciones adyacentes a las aristas de las placas.

En una realización preferida de la invención alternativa a la anterior, los orificios longitudinales periféricos pueden estar ubicados en posiciones adyacentes a porciones radialmente

rehundidas de las placas transversales proximal y distal con relación a dicho eje longitudinal blando. Es decir, cuando las placas transversales tienen forma poligonal con eje longitudinal blando que pasa por su centro, los orificios longitudinales pueden estar ubicados en posiciones adyacentes a los lados de las placas.

5

En otra realización preferida más, el elemento longitudinal elástico y las placas transversales proximal y distal constituyen una única pieza hecha de material elástico. Este eslabón puede así fabricarse de una manera sencilla mediante técnicas de fabricación aditiva o de inyección de plástico.

10

En general, se puede decir que la rigidez del eslabón será suficientemente alta como para que el eslabón pueda soportar su propio peso y volver a su configuración de reposo cuando no está sometido a fuerzas externas, y al mismo tiempo suficientemente baja como para permitir su flexión mediante fuerzas de tracción de valores técnicamente factibles en la práctica. En cualquier caso, el valor concreto de la rigidez del material elástico que conforma el eslabón o, al menos, el elemento longitudinal elástico, se elegirá en función de las características deseadas del eslabón. Por ejemplo, se pueden utilizar materiales cuya rigidez es de entre aproximadamente 40A y 100A en la escala Shore Hardness A para aplicaciones que así lo requieran, como por ejemplo el caso de un brazo robótico diseñado para soportar

15

20

cargas elevadas, aunque pueden seleccionarse distintos valores de rigidez en función de las características de la aplicación. Haciendo ahora referencia a materiales concretos, el eslabón en su conjunto, o bien al menos el elemento longitudinal elástico, puede estar hecho de caucho, silicona, elastómero termoplástico (TPE) o poliuretano termoplástico (TPU), entre otros, así como combinaciones de los mismos.

25

Un segundo aspecto de la presente invención está dirigido a una articulación blanda que comprende:

30

a) Al menos un eslabón como el descrito en los párrafos anteriores. Los eslabones se disponen de manera que sus elementos longitudinales elásticos están alineados para conformar un eje longitudinal blando común a todos los eslabones que componen la articulación. Normalmente, la articulación estará formada por eslabones idénticos entre sí y posicionados de modo que las placas transversales de todos ellos estén alineadas en la misma posición relativa a lo largo del eje longitudinal blando de la articulación. El número de eslabones de una articulación se seleccionará en función

35

de las características deseadas de la articulación.

b) Unos tendones de tracción que conectan dichos eslabones entre sí. Los tendones de tracción pasan a través de los respectivos orificios longitudinales de cada eslabón y están fijados a la placa transversal distal del eslabón más distal de la articulación. Así, mediante un accionamiento adecuado de los tendones de tracción desde la base de la articulación es posible hacer que la articulación flexione en una u otra dirección.

Gracias a esta configuración, según la geometría de las placas transversales de los eslabones que componen la articulación y de la posición del eje longitudinal blando de la articulación, se obtendrán unos ángulos de bloqueo diferentes en función de la dirección de la flexión.

Además, una adecuada selección de la rigidez del material que conforma los eslabones, así como de la geometría de los elementos longitudinales elásticos que unen las placas proximal y distal de los eslabones, permitirá seleccionar la rigidez de la articulación en una u otra dirección según las necesidades. El resultado es una articulación extremadamente versátil que puede ser utilizada en multitud de aplicaciones.

Los tendones de tracción pueden conectarse de muy diversos modos en función de las características operativas deseadas para la articulación. En la configuración más sencilla, cada tendón de tracción pasa a través de orificios longitudinales ubicados en la misma posición relativa de cada placa transversal, de modo que son esencialmente paralelos entre sí y al eje longitudinal blando de la articulación. Sin embargo, son posibles otras configuraciones, como por ejemplo configuraciones cruzadas en las que cada tendón pasa a través de orificios longitudinales ubicados en posiciones relativas diferentes de cada placa transversal. Además, los tendones pueden disponer de una vaina exterior.

El accionamiento de los tendones de tracción puede realizarse de diferentes modos siempre que permitan aplicar una tracción deseada e individualizada a cada uno de ellos. En el ejemplo más simple, los tensores de tracción están conectados a respectivos servomotores ubicados junto a la base de la articulación, de modo que una gestión adecuada del funcionamiento de los servomotores provocará la aplicación de una tracción particular a cada uno de los tensores de tracción. Sin embargo, son posibles otras configuraciones, como por ejemplo fabricar los tendones de tracción de un material con memoria de forma cuya temperatura es controlada a través de respectivos circuitos de control de corriente. En este caso, una gestión adecuada de los circuitos de control de corriente conectados a los tendones de tracción provocará el paso de una intensidad deseada por cada tendón. Como consecuencia, se generará por efecto Joule una cantidad de calor particular para cada uno de dichos tendones, que tenderán a contraerse una determinada magnitud en función de la temperatura alcanzada, permitiendo

así un control preciso de la tracción aplicada por cada uno de ellos.

De acuerdo con otra realización preferida más de la invención, la base de la articulación, que puede estar formada por la propia placa transversal proximal de la articulación más proximal
5 o bien estar constituida por otra estructura o placa unida a dicha placa transversal proximal, es giratoria alrededor del eje longitudinal blando. Esto permite orientar una dirección de flexión particular dotada de un ángulo de bloqueo o una rigidez deseada hacia el lugar en que se va a utilizar. Por ejemplo, la placa proximal de la articulación más proximal, o bien la estructura a la que ésta está fijada, puede estar montada de manera rotativa alrededor del eje longitudinal
10 blando, y un medio de accionamiento, como por ejemplo un servomotor o similar, conectado a dicha placa o estructura permitiría girar ésta un ángulo deseado en función de la aplicación.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LAS FIGURAS

15 La Fig. 1 muestra una vista en perspectiva de un eslabón blando de acuerdo con la técnica anterior.

La Fig. 2 muestra una vista en perspectiva de un eslabón blando según la invención con las placas transversales en forma circular.

20

Las Figs. 3a y 3b muestran vistas en perspectiva del eslabón blando de la Fig. 2 flexionado en dos direcciones diferentes.

Las Figs. 4a, 4b y 4c muestran sendas vistas de un eslabón blando según la invención con
25 las placas transversales en forma triangular.

Las Figs. 5a y 5b muestran la diferencia en el ángulo de bloqueo en función de la dirección de flexión en una articulación formada por cinco eslabones triangulares.

30 Las Figs. 6a y 6b muestran la diferencia en el ángulo de bloqueo en función del número de eslabones en una articulación formada por eslabones triangulares.

REALIZACIÓN PREFERENTE DE LA INVENCION

35 Se describen a continuación varios ejemplos de eslabones y articulaciones de acuerdo con la presente invención haciendo referencia a las figuras adjuntas.

La Figs. 2 muestra un eslabón (1) formado por una placa (2d) transversal distal y una placa (2p) transversal proximal unidas por un elemento longitudinal elástico (3) por cuyo centro pasa el eje longitudinal blando (E_{LB}). Las placas (2d, 2p) transversal y distal son ambas circulares, y el elemento longitudinal elástico (3) tiene una forma esencialmente cilíndrica. El elemento longitudinal elástico (3) está ubicado en perpendicular a ambas placas (2d, 2p) en una posición que no coincide con el centro de ninguna de ellas. Por tanto, la distancia entre el eje longitudinal blando (E_{LB}) y el borde de las placas (2d, 2p) no es constante, sino que varía entre un valor máximo correspondiente a una primera dirección de flexión y un valor mínimo correspondiente a una segunda dirección de flexión opuesta a la primera. Cada una de las placas (2d, 2p) dispone de cuatro orificios (4) longitudinales ubicados en posiciones angularmente equiespaciadas. Uno de dichos orificios (4) está situado en una posición correspondiente a la primera dirección y otro en una posición correspondiente a la segunda dirección. Los cuatro orificios (4) de la placa transversal distal (2d) están alineados con los cuatro orificios (4) de la placa transversal proximal (2p). Cuatro respectivos tensores de tracción (no se muestran por motivos de simplicidad) están dispuestos de manera que pasan a través de respectivos pares de orificios (4) longitudinales alineados de las placas (2d, 2p) transversales proximal y distal. Este eslabón (1) puede estar formado por una única pieza de material elástico, o bien las placas transversales (2d, 2p) y el elemento longitudinal elástico (3) pueden ser piezas independientes unidas unas a otras.

En la Fig. 2, el eslabón (1) se muestra según una configuración inicial o de reposo en la que el eje longitudinal blando (E_{LB}), que coincide con el eje del elemento longitudinal elástico (3) de forma cilíndrica, es rectilíneo. Así, en esta configuración, el elemento longitudinal elástico (3) presenta su forma cilíndrica y las placas (2d, 2p) transversales distal y proximal están alineadas a lo largo del eje longitudinal blando (E_{LB}). Los tendones de tracción serán paralelos al eje longitudinal blando (E_{LB}).

La Fig. 3a muestra el eslabón (1) en una configuración flexionada en la primera dirección que corresponde a la máxima distancia entre el eje longitudinal blando (E_{LB}) y el borde de las placas (2d, 2p) transversales distal y proximal. Para ello, los tendones de tracción se accionan de manera que la tracción ejercida por el tendón ubicado en dicha primera dirección es sustancialmente mayor que la tracción ejercida por el tendón ubicado en la segunda dirección. Como consecuencia, el elemento longitudinal elástico (3) flexiona de manera elástica, y también se arquea por tanto el eje longitudinal blando (E_{LB}). Considerando la placa transversal proximal (2p) como fija, la placa transversal distal (2d) se inclina hasta un momento en que

choca con la placa transversal proximal (2p), a partir de cuyo momento se produce un bloqueo que impide que el ángulo de flexión aumente. Se ha llegado así al ángulo de bloqueo, que en este caso corresponde aproximadamente a 30°.

- 5 La Fig. 3b muestra el eslabón (1) en una configuración flexionada en la segunda dirección que corresponde a la mínima distancia entre el eje longitudinal blando (E_{LB}) y el borde de las placas (2d, 2p) transversales distal y proximal. El elemento longitudinal elástico (3) flexiona elásticamente hasta que la placa transversal distal (2d) choca contra la placa transversal proximal (2p) cuando se alcanza el ángulo de bloqueo, que en este caso es de
10 aproximadamente 80°.

Como se puede apreciar, este eslabón (1) permite obtener ángulos de bloqueo diferentes en función de la dirección de flexión. Se han mostrado aquí solo dos ejemplos correspondientes a los ángulos de bloqueo máximo y mínimo. Sin embargo, flexionando el eslabón (1) en
15 cualquier dirección intermedia entre la primera y la segunda dirección se obtienen otros ángulos de bloqueo diferentes cuyos valores oscilan entre los 30° y los 80°. Esto es particularmente ventajoso, ya que permite seleccionar el ángulo de bloqueo más conveniente para cada aplicación específica.

- 20 Las Figs. 4a-4c muestran diferentes vistas de un eslabón (1) en configuración de reposo donde las placas (2d, 2p) transversales proximal y distal tienen forma esencialmente de triángulo equilátero. Ambas placas (2d, 2p) transversales están unidas por un elemento longitudinal elástico con forma de cuerpo de revolución alrededor de un eje longitudinal blando (E_{LB}) que pasa por el centro de ambas placas (2d, 2p) transversales. Cada placa transversal
25 (2d, 2p) comprende tres orificios (4) longitudinales ubicados en posiciones adyacentes a los tres vértices. Los tendones de tracción (no mostrados por motivos de simplicidad) pasan a través de pares de orificios (4) longitudinales alineados de ambas placas transversales (2d, 2p).

- 30 Las siguientes figuras muestran diferentes ejemplos de articulaciones (10) formadas por varios eslabones (1) triangulares similares a los mostrados en las Figs. 4a-4c. Concretamente, las Figs. 5a y 5b muestran cómo varía el ángulo de bloqueo de una articulación (10) según la presente invención en función de la dirección de flexión, mientras que las Figs. 6a y 6b muestran cómo varía el ángulo de bloqueo de una articulación (10) en función del número de
35 eslabones (1).

Las Figs. 5a y 5b muestran una articulación (10) formada por cinco eslabones (1): un eslabón proximal (1p), un eslabón distal (1d), y tres eslabones intermedios. Tres tendones de tracción (5) pasan a través de respectivos orificios (4) alineados de las placas transversales (2d, 2p) de los eslabones (1), y están fijados a los orificios (4) de la placa transversal distal (2d) del eslabón distal (1d). Unos medios de accionamiento (no mostrados) ubicados en el lado proximal de la articulación (10), por ejemplo bajo la placa transversal proximal (2p) del eslabón proximal (1p), permiten aplicar tracción sobre los tendones de tracción (5) de manera controlada e individualizada.

- 10 En la Fig. 5a, los tendones de tracción (5) se accionan de manera que la articulación (10) flexiona en una dirección correspondiente a la posición de un vértice de las placas transversales (2d, 2p) que conforman los diferentes eslabones (1). La distancia entre el eje longitudinal blando (E_{LB}) de la articulación (10) y el vértice de las placas transversales (2d, 2p) constituye la máxima distancia para este tipo de eslabones (1), y por tanto el ángulo de
- 15 bloqueo alcanzado será el mínimo. Concretamente, el bloqueo de la articulación (10) se alcanza para un ángulo de bloqueo de aproximadamente $\alpha=75^\circ$, que corresponde esencialmente a la suma de los ángulos de bloqueo de los diferentes eslabones (1) que conforman la articulación (10).
- 20 En la Fig. 5b, por el contrario, se accionan los tendones de tracción (5) para que la articulación (10) flexione en una dirección correspondiente al centro de un lado de las placas transversales (2d, 2p) que conforman los eslabones (1). La distancia entre el eje longitudinal blando (E_{LB}) y el centro de los lados es la mínima distancia posible para este tipo de eslabones (1), y por tanto el ángulo de bloqueo alcanzado será el máximo. Como se puede apreciar, el ángulo de
- 25 bloqueo es de aproximadamente $\beta=95^\circ$.

- Las Figs. 6a y 6b muestran dos articulaciones (10) formadas por diferente número de eslabones (1) similares y flexionadas en direcciones equivalentes. Concretamente, la Fig. 6a muestra una articulación (10) formada por cuatro eslabones (1) triangulares y, gracias a un
- 30 adecuado accionamiento de los tendones de tracción (5), flexionada en dirección al vértice de las placas transversales (2d, 2p). La Fig. 6b, por su parte, muestra una articulación (10) formada por seis eslabones (1) triangulares y flexionada también en dirección al vértice de las placas transversales (2d, 2p) mediante el accionamiento de los tendones de tracción (5). Como se puede apreciar, el ángulo de bloqueo de la articulación (10) de la Fig. 6a, de
- 35 aproximadamente $\alpha=50^\circ$, es sensiblemente menor que el ángulo de bloqueo de la articulación (10) de la Fig. 6b, de aproximadamente $\beta=85^\circ$.

REIVINDICACIONES

1. Eslabón (1) para articulación blanda, que comprende una placa transversal proximal (2p) y una placa transversal distal (2d) conectadas entre sí mediante un elemento longitudinal elástico (3) dispuesto según un eje longitudinal blando (E_{LB}) del eslabón (1);
- 5 donde las placas transversales proximal (2p) y distal (2d) comprenden unos orificios longitudinales (4) ubicados alrededor del elemento longitudinal elástico (3), estando dichos orificios longitudinales periféricos (4) configurados para el paso de respectivos tendones de tracción (5) destinados a provocar la flexión de una articulación que incluye el eslabón (1) de
- 10 manera que, en función de la tracción ejercida por cada uno de los tendones, el eslabón (1) flexiona en una u otra dirección,
- caracterizado por que las placas transversales (2p) proximal y distal (2d) carecen de simetría radial relativa al eje longitudinal blando (E_{LB}) y están configuradas de manera que al flexionar el eslabón (1) se produce un bloqueo mecánico cuando la placa transversal proximal
- 15 (2p) choca con la placa transversal distal (2d), de manera que el bloqueo mecánico se produce en ángulos diferentes según la dirección de la flexión;
- y por que el elemento longitudinal elástico (3) y las placas transversales proximal (2p) y distal (2d) constituyen una única pieza hecha de material elástico.
- 20 2. Eslabón (1) de acuerdo con la reivindicación 1, donde las placas transversales proximal (2p) y distal (2d) tienen una forma esencialmente poligonal.
3. Eslabón (1) de acuerdo con la reivindicación 2, donde las placas transversales proximal (2p) y distal (2d) tienen una forma que se selecciona de entre: triangular, cuadrada,
- 25 pentagonal, hexagonal, heptagonal, octogonal, eneagonal o decagonal.
4. Eslabón (1) de acuerdo con la reivindicación 1, donde las placas transversales proximal (2p) y la distal (2d) tienen una forma tal que la distancia entre sus bordes y dicho eje longitudinal blando (E_{LB}) varía de manera continua entre un valor mínimo y un valor máximo.
- 30 5. Eslabón (1) de acuerdo con la reivindicación 4, donde las placas transversales proximal (2p) y distal (2d) tienen una forma que se selecciona entre: circular, elíptica, y ovalada.
- 35 6. Eslabón (1) de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, donde el elemento (3) longitudinal elástico carece de simetría radial con relación al eje longitudinal blando (E_{LB}).

7. Eslabón (1) de acuerdo con la reivindicación 6, donde el elemento (3) longitudinal elástico tiene forma de prisma de sección transversal poligonal.
- 5 8. Eslabón (1) de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, donde los orificios longitudinales (4) están angularmente equiespaciados con relación al eje longitudinal blando (E_{LB}).
- 10 9. Eslabón (1) de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, donde los orificios longitudinales (4) están ubicados en posiciones adyacentes a porciones radialmente sobresalientes de las placas transversales proximal (2p) y distal (2d) con relación al eje longitudinal blando (E_{LB}).
- 15 10. Eslabón (1) de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, donde los orificios longitudinales periféricos (4) están ubicados en posiciones adyacentes a porciones radialmente rehundidas de las placas transversales proximal (2p) y distal (2d) con relación a dicho eje longitudinal blando (E_{LB}).
- 20 11. Eslabón (1) de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, donde el elemento longitudinal elástico (3) está hecho de un material que tiene una rigidez de entre 40 y 100 Shore Hardness A.
- 25 12. Eslabón (1) de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que está hecho de un material con propiedades magnetoreológicas cuya rigidez es modificable en función de un campo magnético aplicado.
- 30 13. Articulación (10) blanda que comprende al menos un eslabón (1) según cualquiera de las reivindicaciones 1-12 y unos tendones de tracción (5) que conectan dichos eslabones (1) entre sí, donde los eslabones (1) están dispuestos de manera que sus elementos longitudinales elásticos (3) están alineados para conformar un eje longitudinal blando (E_{LB}) común a todos los eslabones (1) que componen la articulación (10), y donde los tendones de tracción (5) pasan a través de los respectivos orificios longitudinales (4) de cada eslabón (1) y están fijados a la placa transversal distal (2d) del eslabón (1) más distal de la articulación (10).
- 35 14. Articulación (10) blanda de acuerdo con la reivindicación 13, donde una base de la articulación (10) formada por, o unida a, la placa transversal proximal (2p) de la articulación (1) más proximal es giratoria alrededor del eje longitudinal blando (E_{LB}).

15. Articulación (10) blanda de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 13-14, donde los tendones de tracción (5) están conectados a respectivos servomotores ubicados junto a la base de la articulación (10).

5

16. Articulación (10) blanda de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 13-14, donde los tendones de tracción (5) están hechos de un material con memoria de forma cuya temperatura es controlada a través de respectivos circuitos de control de corriente.

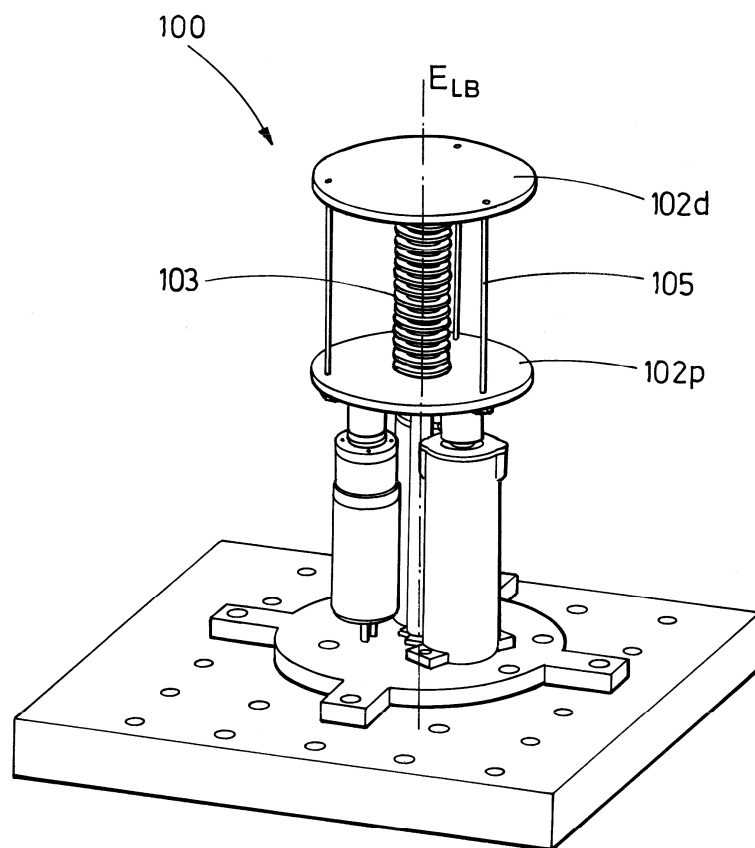


FIG.1
TÉCNICA ANTERIOR

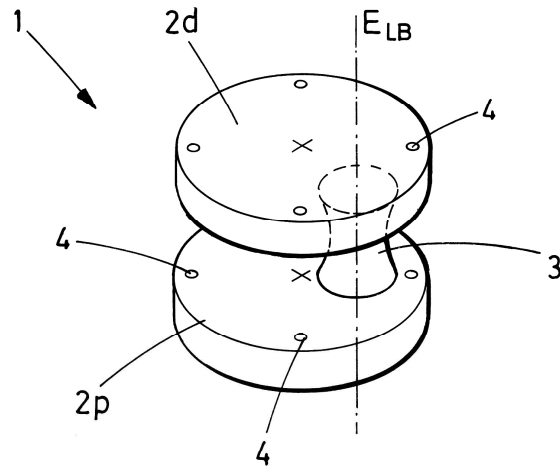


FIG. 2

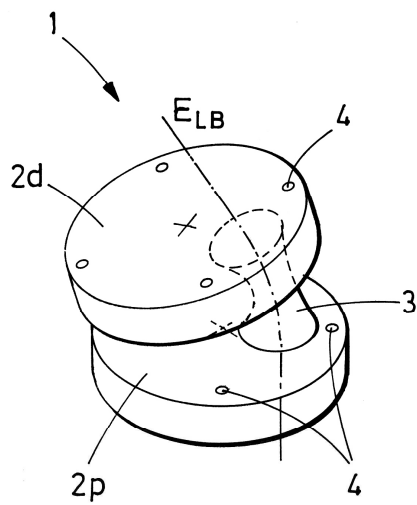


FIG. 3a

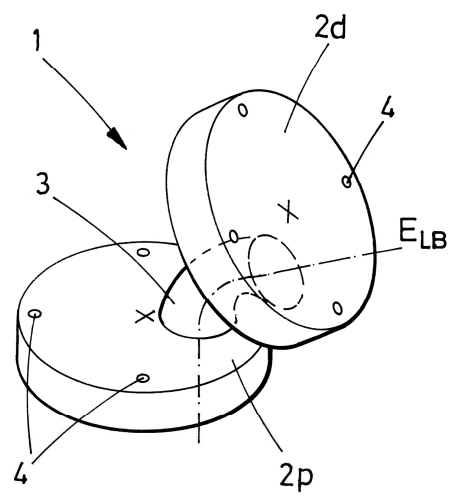


FIG. 3b

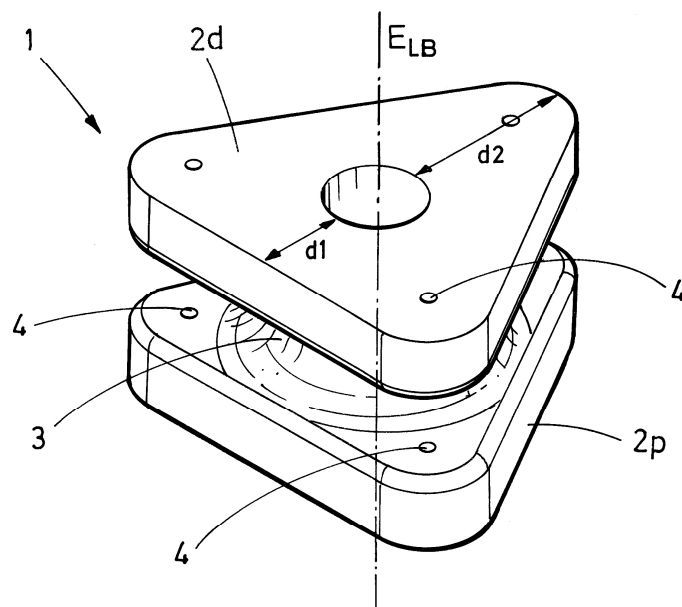


FIG. 4a

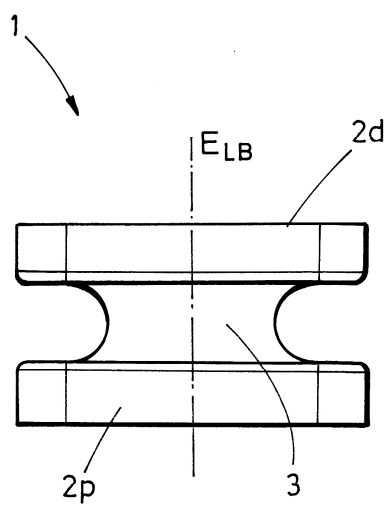


FIG. 4b

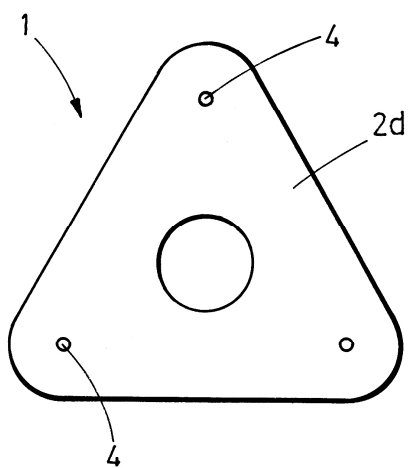


FIG. 4c

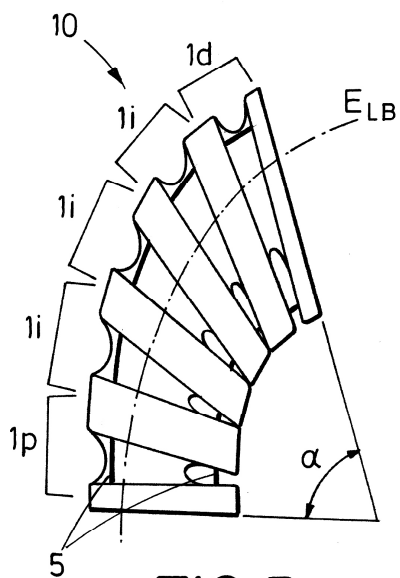


FIG. 5a

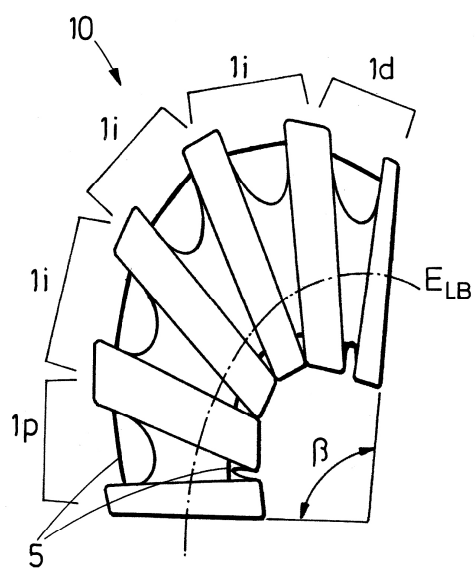


FIG. 5b

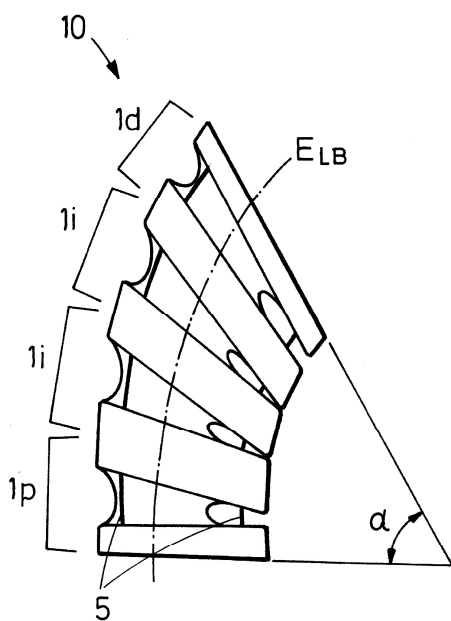


FIG. 6a

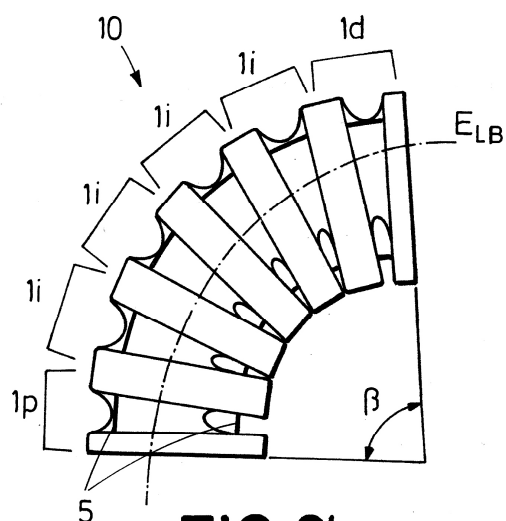


FIG. 6b