

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 797 550**

21 Número de solicitud: 202030136

51 Int. Cl.:

**F16F 3/04** (2006.01)

**F16F 3/12** (2006.01)

**F16F 3/10** (2006.01)

12

PATENTE DE INVENCION CON EXAMEN

B2

22 Fecha de presentación:

**18.02.2020**

43 Fecha de publicación de la solicitud:

**02.12.2020**

Fecha de concesión:

**30.03.2021**

45 Fecha de publicación de la concesión:

**08.04.2021**

73 Titular/es:

**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID  
(100.0%)**

**Avda. Ramiro de Maeztu, nº 7  
28040 MADRID (Madrid) ES**

72 Inventor/es:

**MUÑOZ GUIJOSA, Juan Manuel;  
NAVARRO CABELLO, Enrique;  
CHACÓN TANARRO, Enrique y  
DÍAZ LANTADA, Andrés**

74 Agente/Representante:

**UNGRÍA LÓPEZ, Javier**

54 Título: **DISPOSITIVO ELÁSTICO CON RIGIDEZ VARIABLE, ACTUADOR CON RIGIDEZ VARIABLE Y ACOPLAMIENTO CON RIGIDEZ VARIABLE**

57 Resumen:

Dispositivo elástico con rigidez variable. actuador con rigidez variable y acoplamiento con rigidez variable. Dispositivo elástico (10) que comprende un primer grupo de resortes (20a) en espiral, unidos a un árbol (21) y configurados para acoplarse y desacoplarse selectivamente a una primera carcasa (22a); y un segundo grupo de resortes (20b) en espiral, unidos al árbol (21) y configurados para acoplarse y desacoplarse selectivamente a una segunda carcasa (22b); en el que está provisto al menos un medio de acoplamiento (24a, 24b) configurado para acoplar y desacoplar selectivamente al menos uno de los resortes (20a) del primer grupo a la primera carcasa (22a) o para acoplar o desacoplar selectivamente al menos uno de los resortes (20b) del segundo grupo a la segunda carcasa (22b).

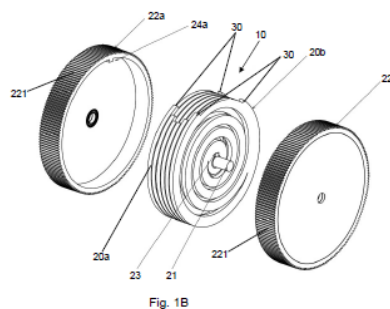


Fig. 1B

ES 2 797 550 B2

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

### DISPOSITIVO ELÁSTICO CON RIGIDEZ VARIABLE, ACTUADOR CON RIGIDEZ VARIABLE Y ACOPLAMIENTO CON RIGIDEZ VARIABLE

5

#### Objeto de la invención

10

La presente invención pertenece, entre otros, al campo técnico de las conexiones mecánicas y es de utilidad en numerosos sectores diferentes, tales como, por ejemplo y sin carácter limitativo, la robótica, los exoesqueletos, las suspensiones de vehículos, las máquinas de rehabilitación, las máquinas de musculación, así como en los sistemas estructurales.

15

Más en particular, la presente invención tiene por objeto un dispositivo elástico con rigidez variable. Dicho dispositivo elástico puede regularse a voluntad de forma que -al verse sometido a la acción de un par- la deflexión angular generada en dicho dispositivo como consecuencia de la acción de dicho par, sea de mayor o menor magnitud.

20

Asimismo, la invención se refiere igualmente a un actuador con rigidez variable que comprende, al menos, uno de los dispositivos elásticos con rigidez variable mencionados anteriormente.

25

Por último, la invención se refiere igualmente a un acoplamiento con rigidez variable que comprende, al menos, uno de los dispositivos elásticos con rigidez variable mencionados anteriormente.

#### Problema técnico a resolver y antecedentes de la invención

30

En términos mecánicos y estructurales, la rigidez de un elemento es la relación existente entre la fuerza que se aplica a dicho elemento y la deflexión que dicho elemento experimenta debido a la acción de dicha fuerza.

35

Así, por ejemplo, la rigidez a torsión  $K_T$  es la relación existente entre el par torsor  $dM$  aplicado a un elemento y la deflexión angular  $d\theta$  obtenida en éste:

$$K_T = \frac{dM}{d\theta}$$

La rigidez de un elemento está también relacionada con la capacidad que tiene éste de transmitir esfuerzos mecánicos, limitando su transmisión ante aumentos de la fuerza o el par mientras no se alcance una mayor deflexión en el elemento.

Muchos sistemas de ingeniería pueden ver mejoradas sus características si disponen de elementos con rigidez regulable.

Así, por ejemplo las rigideces de los elementos que constituyen un sistema estructural influyen en las frecuencias naturales de vibración o velocidades de giro críticas de dicho sistema. El diseño estructural tiene, entre otros objetivos, determinar las rigideces de los distintos elementos que configuran un sistema estructural para que sus frecuencias naturales o velocidades de giro críticas estén alejadas de las frecuencias a las que actúan las sollicitaciones sobre el sistema. La incorporación de elementos de rigidez variable a sistemas estructurales sería, por tanto, beneficiosa, ya que permitiría aumentar la versatilidad dichos sistemas estructurales al ser posible variar su rigidez, en función de las frecuencias a las que actúan las sollicitaciones.

Del mismo modo, el uso de articulaciones de rigidez regulable en robots haría que dicho robot, al igual que sucede con el ser humano, fuese capaz de mejorar las operaciones de posicionamiento y agarre, reduciendo el efecto que tienen sobre su estructura las perturbaciones en las sollicitaciones externas.

Por otro lado, una articulación de rigidez regulable en un robot que trabaja en entornos colaborativos, capaz de reducir su rigidez antes de que uno de los elementos que conecta impacte con un trabajador, permitiría reducir la severidad del impacto y por tanto sus consecuencias. En condiciones normales de operación, la articulación tendrá una rigidez mayor, de modo que sea posible la transmisión efectiva de esfuerzos y pares mecánicos entre los elementos que conecta, lo que permitiría que el robot desempeñe su labor de forma adecuada.

Otra aplicación que se beneficia de conexiones con rigidez regulable son los exoesqueletos robóticos. Diferentes estudios biomecánicos sobre la marcha humana han demostrado que

las articulaciones de cadera, rodilla y tobillo permiten un giro diferente ante un mismo par en función de la posición de la pierna, la pantorrilla y el pie. Esta rigidez que varía en función de la posición de la articulación también permite regular la energía almacenada en los músculos responsables de la marcha, de modo que la energía sobrante en algunas fases es recuperada en otras. Lo mismo ocurre con las articulaciones de hombro, codo y muñeca o cuello. La ejecución de la marcha o de otros movimientos o secuencias de movimientos corporales por medio de exoesqueletos sería, consecuentemente, más realista, ergonómica y eficiente si se utilizan conexiones de rigidez variable entre los diferentes elementos del exoesqueleto.

Debido a la citada no linealidad de las articulaciones, en máquinas de entrenamiento, gimnasio o rehabilitación también es necesario el ajuste de la rigidez del sistema sobre el que el sujeto objeto del entrenamiento debe realizar un esfuerzo, por lo que la incorporación de elementos de rigidez variable, sería beneficiosa.

La posibilidad de variar la rigidez a voluntad, también es de utilidad en numerosas máquinas diferentes, por ejemplo, en máquinas provistas de varios árboles de transmisión conectados entre sí mediante acoplamientos. En condiciones nominales de trabajo, es necesaria una rigidez elevada en el acoplamiento, de modo que sea posible la transmisión eficiente de par entre los árboles que conecta, absorbiendo de forma simultánea desalineaciones radiales y angulares entre éstos. Sin embargo, en caso de una elevación brusca del par resistente, es beneficiosa una reducción substancial de la rigidez, de modo que se protejan de sobrecargas mecánicas los elementos conectados, gracias a una mayor deflexión angular en el acoplamiento. Esta limitación de esfuerzos es utilizable también en, por ejemplo, llaves dinamométricas, de forma que es posible ajustar el par de apriete obtenible con la llave.

Los vehículos, máquinas y estructuras también pueden beneficiarse de una suspensión con rigidez regulable. Por ejemplo, en vehículos automóviles y ferroviarios es necesaria una suspensión con rigidez elevada a altas velocidades, de modo que sea posible cumplir los requerimientos de estabilidad dinámica. Sin embargo, a bajas velocidades, -por ejemplo, en tramos con curvas de radio de curvatura pequeño, o con baches- interesa que la rigidez de la suspensión sea menor, de modo que pueda limitarse la transmisión de esfuerzos y aceleraciones al conductor o pasajeros, así como a la estructura suspendida. Características similares se requieren en las barras de torsión de vehículos automóviles y ferrocarril. Del mismo modo, la regulación de la rigidez de la suspensión de una máquina puede reducir notablemente la transmisión de vibraciones hacia su soporte si la rigidez de dicha

suspensión se modifica ante modificaciones de la frecuencia de las fuerzas generadas en la máquina. De forma similar, es posible aislar una estructura de excitaciones procedentes de su soporte modificando la rigidez de la suspensión que une la estructura con el soporte, de modo que las frecuencias naturales de la estructura queden lejos de las frecuencias de la excitación a través del soporte.

5

Actualmente se conocen diferentes métodos para obtener una rigidez variable. Por ejemplo, la solicitud de patente WO2014/001585 presenta un sistema basado en la precarga de un resorte rectilíneo. No obstante, la rigidez de la conexión es muy elevada hasta el valor de la precarga del resorte. Si la fuerza ejercida supera dicho valor, la rigidez de la conexión desciende hasta la del resorte.

10

Las solicitudes US2016082603 y TW201350095 presentan una conexión de rigidez variable a torsión, consiguiéndose la rigidez variable mediante la variación de la longitud libre de una viga sobre cuyo centro se aplica un par torsor.

15

La solicitud US2015123417 obtiene una junta con rigidez variable modificando la forma de una viga por medio del pandeo de ésta. La solicitud US9366323 obtiene una rigidez variable al modificar la longitud útil de un elemento elástico. Las solicitudes WO2013025510 y KR20160033340 obtienen una conexión de rigidez a torsión variable al modificar el brazo de la palanca sobre la que se actúan unos resortes. La solicitud EP1731336A1 presenta un elemento con rigidez a torsión variable por medio de la variación de la inercia a flexión de una viga, al modificar sus ejes de inercia respecto al plano de torsión. La solicitud WO2014033603A1 presenta un sistema de rigidez regulable mediante la precarga de dos sistemas elásticos no lineales, compuestos a su vez por resortes con comportamiento lineal.

20

25

Algunos de los dispositivos de rigidez variable ya conocidos, citados anteriormente, consiguen una rigidez torsional mediante la utilización de elementos elásticos rectilíneos. No obstante, en dichos dispositivos es necesario emplear medios para la conversión de un movimiento lineal en un movimiento de giro. Dichos medios implican un aumento de peso, tamaño y coste.

30

Otros de los dispositivos de rigidez variable citados, consiguen una rigidez variable empleando elementos elásticos con rigidez constante, lo cual también implica la necesidad de medios para modificar la rigidez aparente de dichos resortes de rigidez constante, como cables, poleas, tensores, levas, palancas de brazo variable, etc., o una combinación de

35

éstos. Esto también implica peso, tamaño y coste adicionales. El aumento de peso que conlleva la utilización de estos sistemas periféricos puede implicar también un empeoramiento de la respuesta dinámica del sistema y tiempo de reacción. El aumento de tamaño es especialmente problemático en sistemas como robots, exoesqueletos o automóviles. Por otra parte, el incremento en el número de componentes del sistema reduce su fiabilidad y eleva el coste de mantenimiento.

### Descripción de la invención

La presente invención pretende subsanar o reducir los problemas y desventajas de la técnica anterior, mencionados anteriormente.

A tal fin, un primer objeto de la presente invención se refiere a un dispositivo elástico con rigidez variable, que comprende:

- Un primer grupo de resortes de torsión formado por al menos un primer resorte de torsión con forma espiral, que define una pluralidad de espiras, estando dicho primer resorte unido por uno de sus extremos a un árbol de rotación, estando su extremo opuesto configurado para acoplarse y desacoplarse selectivamente a una primera carcasa;
- Un segundo grupo de resortes de torsión formado por al menos un segundo resorte de torsión con forma espiral, que define una pluralidad de espiras, estando dicho segundo resorte unido por uno de sus extremos al árbol de rotación, estando su extremo opuesto configurado para acoplarse y desacoplarse selectivamente a una segunda carcasa;

caracterizado por que está provisto de:

- al menos un medio para la fijación de la posición relativa de una de las carcasas respecto a la otra carcasa;
- al menos un medio de acoplamiento configurado para acoplar y desacoplar selectivamente al menos uno de los resortes de torsión del primer grupo a la primera carcasa, y/o configurado para acoplar y desacoplar selectivamente al menos uno de los resortes del segundo grupo a la segunda carcasa, de tal forma que los resortes acoplados a las carcasas contribuyen a la rigidez del dispositivo elástico y los resortes desacoplados no contribuyen a la rigidez del dispositivo elástico.

Como se explicará detalladamente más adelante, en la descripción de los ejemplos de posibles realizaciones de la presente invención, el medio de acoplamiento (o alternativamente los medios de acoplamiento) entre resortes y carcacas de los que está provisto el dispositivo elástico según la invención, permiten variar a voluntad la rigidez a torsión de dicho dispositivo, es decir, la relación entre el par ejercido y el giro obtenido entre el árbol y las carcacas. Así, si en un determinado instante se desea aumentar la rigidez a torsión del dispositivo elástico basta con acoplar a la primera carcasa al menos un resorte adicional del primer grupo de resortes y/o acoplar a la segunda carcasa al menos un resorte adicional del segundo grupo de resortes, aprovechando para ello uno o más medios de acoplamiento.

En una realización de la invención, los resortes del primer grupo de resortes de torsión y los resortes del segundo grupo de resortes de torsión están montados en configuración antagonista entre sí, es decir, están dispuestos de modo que el primer grupo de resortes discurre en sentido contrario al segundo grupo de resortes (en otras palabras, las espiras de los resortes del primer grupo discurren en sentido contrario a las espiras de los resortes del segundo grupo).

En dicha realización de la invención, el dispositivo elástico de rigidez variable está provisto de al menos un medio de acoplamiento entre resortes y carcacas en forma de resalte que, sobresale de una superficie interior de la primera carcasa estando, además, al menos uno de los resortes de torsión del primer grupo de resortes de torsión provisto de un rebaje delimitado por dos cantos escalonados, estando dichos cantos escalonados configurados para acoplarse por contacto al resalte al alcanzarse un ángulo de giro predeterminado de la primera carcasa con relación al árbol de rotación y para desacoplarse de dicho resalte, al perderse dicho contacto al girar nuevamente la primera carcasa con relación al árbol de rotación.

La rigidez del dispositivo elástico se determina, pues, mediante la fijación de la posición relativa de una de las carcacas con respecto a la otra carcasa, girando una en sentido contrario a la otra el ángulo necesario, e impidiendo a continuación el movimiento relativo entre ellas. La determinación de las anchuras de los rebajes de cada uno de los resortes de cada grupo permite que, a diferentes posiciones relativas de una carcasa respecto a la otra, estén acoplados a cada carcasa un número mayor o menor de resortes. Esta configuración permite conseguir, además, rigidez nula si la posición relativa de una carcasa respecto a la otra es tal que ninguno de los resortes está acoplado a su carcasa correspondiente.

En otra realización de la invención, el dispositivo elástico de rigidez variable está provisto de al menos un medio de acoplamiento entre resortes y carcasa en forma de resalte que sobresale de una superficie interior de la segunda carcasa estando, además, al menos uno de los resortes de torsión del segundo grupo provisto de un rebaje delimitado por dos cantos escalonados, estando dichos cantos escalonados configurados para acoplarse por contacto al resalte al alcanzarse un ángulo de giro predeterminado giro de la segunda carcasa con relación al árbol de rotación y para desacoplarse de dicho resalte al girar nuevamente la segunda carcasa con relación al árbol de rotación.

En una segunda realización de la presente invención, las dos carcasa están unidas rígida y permanentemente y el perímetro exterior de al menos un resorte del primer grupo y/o de al menos un resorte del segundo grupo de resortes de torsión está provisto de un dentado, estando provistos además al menos unos medios de acoplamiento en forma de diente, configurados para extenderse y retraerse selectivamente mediante un actuador -por ejemplo, electromagnético-, de tal modo que cuando el medio de acoplamiento en forma de diente se extiende, engrana con el dentado del perímetro exterior del resorte, acoplando dicho resorte a la carcasa correspondiente y cuando el medio de acoplamiento en forma de diente se retrae, se desengrana del dentado del resorte desacoplando dicho resorte de la carcasa correspondiente.

Los resortes del primer y/o del segundo grupo pueden estar hechos a partir un material compuesto, o por medio de un proceso de fabricación aditiva, lo que también permite que, de ser deseado, dichos resortes tengan una rigidez variable a lo largo de su longitud.

Asimismo, los resortes del primer grupo y los resortes del segundo grupo están preferiblemente dotados de un chavetero destinado a alojar una chaveta provista en el árbol de rotación.

El dispositivo elástico con rigidez variable, según cualquiera de las realizaciones descritas anteriormente, puede estar hecho, opcionalmente, mediante un procedimiento de fabricación aditiva, tal como impresión tridimensional.

Un segundo objeto de la presente invención se refiere a un actuador con rigidez variable de utilidad, sin carácter limitativo, en robots, exoesqueletos, máquinas de musculación, máquinas de rehabilitación o suspensiones de vehículos y máquinas.



Dicho actuador con rigidez variable comprende al menos un dispositivo elástico con rigidez variable, según cualquiera de las realizaciones descritas anteriormente, y está configurado para conectar y permitir el movimiento relativo, venciendo sollicitaciones mecánicas, entre dos elementos de una cadena cinemática, estando uno de dichos elementos de la cadena cinemática conectado al árbol y el otro elemento conectado a al menos una de las carcasas.

Una primera realización del actuador se basa en el uso de la primera realización del dispositivo elástico, en el que los medios para la fijación de la posición relativa entre las carcasas (para modificar la rigidez del elemento elástico) y entre éstas y el primer miembro de la cadena cinemática (para conseguir el movimiento relativo entre ambos miembros de la cadena cinemática) son, por ejemplo, dos motores eléctricos. En una primera configuración de esta primera realización, el estator de cada uno de los dos motores eléctricos está unido al primer elemento de la cadena cinemática, mientras que el rotor de cada uno de los dos motores transmite el movimiento de giro a las dos carcasas a través de los dentados periféricos de éstas. En una segunda configuración de esta primera realización, uno de los motores eléctricos está unido por su estator a una de las carcasas, transmitiendo su rotor el movimiento de giro a la otra carcasa a través del dentado periférico de ésta; y el otro motor está unido por su estator al primer miembro de la cadena cinemática y transmite mediante su rotor el movimiento de giro a una de las carcasas a través del dentado periférico de ésta.

Una segunda realización del actuador se basa en el uso de la segunda realización del dispositivo elástico, en el que el medio para modificar la posición entre la primera y la segunda carcasas, rígida y permanentemente unidas, y el primer miembro de la cadena cinemática son, por ejemplo, un motor eléctrico cuyo estator está unido al primer miembro de la cadena cinemática, y cuyo rotor transmite el movimiento de giro a las carcasas a través del dentado periférico de éstas.

Un tercer aspecto de la presente invención se refiere a un acoplamiento con rigidez variable de utilidad, sin carácter limitativo, en máquinas de rehabilitación, máquinas de musculación, sistemas de suspensión de vehículos y máquinas, o acoplamientos entre árboles de transmisión. Dicho acoplamiento comprende al menos un dispositivo elástico con rigidez variable, según cualquiera de las realizaciones descritas anteriormente, y está configurado para conectar y permitir el movimiento relativo, venciendo sollicitaciones mecánicas, entre dos elementos de una cadena cinemática, estando uno de dichos elementos de la cadena cinemática conectado al árbol y el otro elemento conectado a, al menos, una de las carcasas.

Una primera realización del acoplamiento de rigidez variable se basa en el uso de la primera realización del dispositivo elástico, en la que los medios para fijar la posición relativa entre la primera y segunda carcasas son, por ejemplo, un motor eléctrico, cuyo estator está unido a una de las carcasas, transmitiendo su rotor el movimiento de giro a la otra carcasa a través del dentado periférico de ésta. Dispone además de medios para fijar la posición de las carcasas respecto al primer miembro de la cadena cinemática como, por ejemplo, ruedas libres reversibles y bloqueables, permitiendo de este modo el giro en un sentido determinado y seleccionable, pero impidiéndolo en el contrario, o impidiendo el giro en cualquier sentido.

Una segunda realización del acoplamiento de rigidez variable se basa en el uso de la primera realización del dispositivo elástico, en la que los medios para fijar la posición relativa entre la primera y segunda carcasas son manuales. Por ejemplo, se puede utilizar un cerrojo que, acoplado entre los dentados periféricos de cada carcasa, impide su movimiento relativo. Dispone además de medios para fijar la posición de las carcasas respecto al primer miembro de la cadena cinemática como, por ejemplo, ruedas libres reversibles y bloqueables, permitiendo de este modo el giro en un sentido determinado y seleccionable, pero impidiéndolo en el contrario, o impidiendo el giro en cualquier sentido.

Una tercera realización del acoplamiento de rigidez variable se basa en el uso de la segunda realización del dispositivo elástico, en la que los medios para fijar la posición relativa entre la primera y segunda carcasas y el primer miembro de la cadena cinemática son, por ejemplo, ruedas libres reversibles y bloqueables, permitiendo de este modo el giro en un sentido determinado y seleccionable, pero impidiéndolo en el contrario, o impidiendo el giro en cualquier sentido.

Un cuarto aspecto de la presente invención se refiere al uso de al menos un actuador de rigidez variable, según cualquiera de las realizaciones anteriormente descritas, en una suspensión de un vehículo o una máquina, una barra de torsión, un exoesqueleto, un robot, una llave dinamométrica, una máquina de musculación o una máquina de rehabilitación.

Por último, un quinto aspecto de la presente invención se refiere al uso de al menos un acoplamiento de rigidez variable, según cualquiera de las realizaciones anteriormente descritas, en una suspensión de un vehículo o una máquina, una barra de torsión, un exoesqueleto, un robot, una llave dinamométrica, una máquina de musculación o una máquina de rehabilitación.

### Descripción de las figuras

Para complementar la presente descripción y con objeto de ayudar a una mejor comprensión de las características técnicas de la invención, de acuerdo con ejemplos preferentes de realizaciones prácticas de la misma, se acompaña como parte integrante de dicha descripción, un juego de dibujos en donde, con carácter ilustrativo y no limitativo, se ha representado lo siguiente:

Fig. 1A.- Es una vista en perspectiva de una primera realización de un dispositivo elástico de rigidez variable según la presente invención, debidamente montado;

Fig. 1B.- Es una vista en perspectiva, parcialmente en despiece ordenado, de un dispositivo elástico de rigidez variable similar al de la Fig. 1A;

Fig. 1C Es una vista en despiece ordenado del dispositivo elástico mostrado en la 1B;

Fig. 2A.- Es una vista en perspectiva de una segunda realización de un dispositivo elástico de rigidez variable según la presente invención, debidamente montado;

Fig. 2B.- Es una vista en perspectiva, en despiece ordenado, del dispositivo elástico de rigidez variable de la Fig. 2A;

Fig. 3A.- Es una vista en perspectiva de una primera realización de un actuador de rigidez variable según la presente invención;

Fig. 3B.- Es una vista en perspectiva de una segunda realización de un actuador de rigidez variable según la presente invención;

Fig. 3C.- Es una vista en perspectiva de una primera realización de un acoplamiento de rigidez variable según la presente invención;

Fig. 3D.- Es una vista en perspectiva de una tercera realización de un acoplamiento de rigidez variable según la presente invención;

**Referencias numéricas de las figuras**

- (10) Dispositivo elástico de la invención;
- (20a) Resortes del primer grupo de resortes en espiral;
- 5 (20b) Resortes del segundo grupo de resortes en espiral;
- (21) Árbol de rotación;
- (22a) Primera carcasa;
- (22b) Segunda carcasa;
- (22a') Tapa de la primera carcasa;
- 10 (22b') Tapa de la segunda carcasa;
- (23) Chaveta;
- (24a) Medio de acoplamiento en forma de resalte;
- (24b) Medio de acoplamiento en forma de diente;
- (25) Chavetero provisto en los resortes (del primer y segundo grupos);
- 15 (26) Rebaje de los resortes (del primer y segundo grupos);
- (27) Actuador;
- (28) Dentado de los resortes (del primer y segundo grupos);
- (29) Arandela;
- (30) Canto escalonados de los rebajes;
- 20 (31) Medio de fijación de la posición relativa de una carcasa respecto a la otra;
- (71) Elemento de sujeción;
- (73) Motor de giro;
- (74) Soporte fijo;
- (100) Actuador de rigidez variable;
- 25 (200) Acoplamiento de rigidez variable; y
- (221) Coronas dentadas de las carcasas.

**Descripción de una forma de realización de la invención**

- 30 Seguidamente se proporciona, con ayuda de las Figuras 1A a 3D adjuntas, una descripción en detalle de dos ejemplos de realización preferentes de la presente invención.

A lo largo de la presente descripción, así como en las figuras adjuntas, los elementos con funciones iguales o similares se designarán con las mismas referencias numéricas.

35

La Figura 1A, muestra una primera realización de un dispositivo elástico 10 con rigidez variable según la presente invención. Las Figuras 1B y 1C muestran un segundo dispositivo elástico 10 muy similar al dispositivo elástico 10 de la Figura 1A y que sólo se diferencia de éste en que, en esta segunda realización, las coronas dentadas 221 ocupan toda la superficie lateral de las carcasas 22a y 22b, y no sólo una parte de ella.

Tal y como puede apreciarse especialmente en la Fig. 1C, en estas realizaciones particulares de la invención el primer grupo de resortes de torsión está formado por tres resortes 20a de torsión diferentes, con forma espiral, mientras que el segundo grupo de resortes de torsión está formado por tres resortes 20b de torsión diferentes, también con forma espiral.

Todos los resortes 20a y todos los resortes 20b están unidos a un mismo árbol de rotación 21.

Para facilitar la fijación solidaria de los resortes 20a y los resortes 20b al árbol 21, cada uno de dichos resortes 20a y los resortes 20b tiene un agujero central a través del cual se introduce en el árbol 21. Los resortes 20a y los resortes 20b están dotados, además, de un chavetero 25 destinado a alojar una chaveta 23 provista en el árbol 21.

El dispositivo 10 está provisto asimismo de una primera carcasa 22a que rodea al primer grupo de resortes 20a de torsión y de una segunda carcasa 22b que rodea al segundo grupo de resortes 20b de torsión. Además, las carcasas 22a y 22b están provistas de un agujero central que permite posicionarlas respecto al árbol 21.

Asimismo, tal y como se muestra en la Fig. 1A está provisto un medio 31 para la fijación de la posición relativa de una de las carcasas 22a respecto a la otra carcasa 22b. En esta realización de la invención el medio 31 es una cuña o cerrojo manual que se inserta entre los dientes de las coronas dentadas 221 de las carcasas 22a y 22b.

No obstante, la presente invención también contempla expresamente la posibilidad de que dicho medio 31 forme parte de un motor eléctrico provisto de una transmisión mecánica, un sistema hidráulico, etc (como se muestra por ejemplo, en la Fig. 3A).

La superficie interior de la carcasa 22a y la superficie interior de la carcasa 22b están provistas de un medio de acoplamiento 24a en forma de resalte (aunque en las figuras 1B y

1C solo es visible el medio de acoplamiento 24a correspondiente a la carcasa 22a). Dichos medios de acoplamiento 24a están configurados para encajar con los cantos escalonados 30 que delimitan un rebaje 26 provisto en cada uno de los resortes 20a y en cada uno de los resortes 20b.

5

De este modo, al girar la carcasa 22a y dependiendo del sentido del giro, de la anchura de cada resalte y de la magnitud de dicho giro, es posible acoplar a o desacoplar de la carcasa 22a cada uno de los resortes 20a. De forma similar, al girar la carcasa 22b y dependiendo del sentido del giro, de la anchura de cada resalte y de la magnitud de dicho giro, es posible acoplar a o desacoplar de dicha carcasa 22b cada uno de los resortes 20b.

10

Esta configuración específica del dispositivo 10 elástico de la invención, descrita en los párrafos anteriores, permite variar selectivamente su rigidez a torsión, incluyendo rigidez nula, puesto que cualquier resorte 20a, 20b que esté acoplado a su respectiva carcasa 22a, 22b gracias a la posición relativa entre la carcasa y el árbol interior contribuirá a aumentar la rigidez del dispositivo, mientras que los resortes 20a, 20b que estén desacoplados de su respectiva carcasa 22a, 22b no afectarán a la rigidez, al no ejercer una resistencia a la torsión apreciable.

15

En las Figuras 2A y 2B se muestra una segunda realización de un dispositivo elástico 10 con rigidez variable según la presente invención.

20

Como puede apreciarse en la Fig. 2B, en esta realización particular de la invención, las carcasas están unidas rígidamente. Además, el primer grupo de resortes de torsión está formado por un único resorte 20a de torsión, con forma espiral, mientras que el segundo grupo de resortes de torsión está formado por un único resorte 20b de torsión, también con forma espiral. El resorte 20a y el resorte 20b están unidos a un mismo árbol de rotación 21.

25

Al igual que en la realización anterior, descrita con relación a las figuras 1A-1C, para facilitar la fijación solidaria de los resortes 20a y 20b al árbol 21, cada uno de dichos resortes 20a y 20b tiene un agujero central a través del cual se introduce en el árbol 21, estando dotados además dichos resortes 20a y 20b, de un chavetero 25 destinado a alojar una chaveta 23 provista en el árbol 21.

30

35

Por otro lado, el perímetro exterior de los resortes 20a y 20b está provisto de un borde dentado 28. Asimismo, sobre la carcasa 22a están provistos dos actuadores 27, estando provistos otros dos actuadores 27 sobre la carcasa 22b. El número de actuadores dependerá del par a transmitir y de la resistencia del dentado 28 y los medios de acoplamiento 24b. Cada uno de dichos actuadores 27 está configurado para extender o retraer selectivamente un medio de acoplamiento 24b en forma de diente, de tal modo que cuando se extiende uno de dichos medios de acoplamiento 24b, dicho medio de acoplamiento 24b engrana con el borde dentado 28 del resorte 20a ó 20b, correspondiente, acoplando dicho resorte a la carcasa 22a, 22b correspondiente.

Asimismo, cuando se retrae uno de los medios de acoplamiento 24b en forma de diente, dicho medio de acoplamiento 24b se desengrana del borde dentado 28 del resorte desacoplando dicho resorte 20a ó 20b de la carcasa 22a, 22b correspondiente.

En esta realización particular de la invención, ilustrada en las Figuras 2Ay 2B, el dispositivo elástico 10 puede adoptar cuatro valores de rigidez a torsión diferentes, a saber:

1) una rigidez esencialmente nula en el caso en el que, tanto el resorte 20a, como el resorte 20b, estén desacoplados;

2) una rigidez debida exclusivamente al resorte 20a cuando éste se acopla a la carcasa 22a, al haberse extendido los actuadores 24b provistos en la carcasa 22a y el resorte 20b esta desacoplado;

3) una rigidez debida exclusivamente al resorte 20b cuando éste se acopla a la carcasa 22b, al haberse extendido los actuadores 24b provistos en la carcasa 22b y el resorte 20a esta desacoplado; y

4) un valor máximo de la rigidez, que aparece cuando el resorte 20a está acoplado a la carcasa 22b y -simultáneamente- el resorte 20b está acoplado a la carcasa 22b.

En esta realización particular de la invención cada una de las carcasas 22a, 22b está provista de una respectiva tapa 22a' y 22b' que incluye una arandela 29. La presente invención no está limitada, en modo alguno, a las realizaciones aquí divulgadas.

En la Figura 3A se muestra una primera realización de un actuador 100 de rigidez variable,

que comprende un dispositivo elástico 10 de rigidez variable, similar al mostrado en la Fig. 1A.

El dispositivo elástico 10 de rigidez variable está dispuesto entre dos elementos 71 de sujeción, perpendiculares a un soporte fijo horizontal 74 y unidos rígidamente al mismo.

5

En esta realización particular de la invención, los medios 31 para la fijación de la posición relativa entre las carcasas 22a, 22b (para modificar la rigidez del elemento elástico 10) y entre éstas y el primer miembro de la cadena cinemática (para conseguir el movimiento relativo entre ambos miembros de la cadena cinemática) son los rotores de dos motores eléctricos 73. En una primera configuración de esta primera realización, el estator de cada uno de los dos motores eléctricos 73 está unido al primer elemento de la cadena cinemática, mientras que el rotor 31 de cada uno de los dos motores 73 transmite el movimiento de giro a las dos carcasas 22a, 22b a través de los dentados 221 periféricos de éstas.

10

15

El segundo elemento de la cadena cinemática está unido a su vez, al árbol 21. Para ello, el árbol 21 puede estar opcionalmente provisto, en al menos en uno de sus extremos, de un acoplamiento.

20

En la Figura 3B se muestra una segunda realización de un actuador 100 de rigidez variable que, en esta realización particular de la invención, comprende un dispositivo elástico 10 de rigidez variable similar al mostrado en las Fig. 2A y 2B. El actuador 100 conecta con rigidez variable dos elementos de una cadena cinemática (el primer miembro unido al soporte horizontal 74 y el segundo no mostrado en la figura), estando el segundo miembro de la cadena cinemática conectado al árbol 21 y estando el primer miembro de la cadena cinemática conectado al estator del motor eléctrico 73. El rotor del motor eléctrico acciona el dentado periférico de las carcasas y permite, por tanto, la determinación de su posición relativa respecto al miembro 1 de la cadena cinemática. Si la transmisión entre el rotor del motor eléctrico y el dentado se realiza mediante un elemento que presente autorretención (por ejemplo, ciertos tipos de sinfín), es posible fijar la posición relativa de las carcasas con respecto al primer miembro de la cadena cinemática sin necesidad de suministrar energía al motor eléctrico.

25

30

El dispositivo elástico 10 de rigidez variable está provisto de actuadores 27. Cada uno de dichos actuadores 27 está configurado para extender o retraer selectivamente un medio de acoplamiento en forma de diente (no visible en la Fig. 3B), de tal modo que cuando se extiende uno de dichos dientes, éste engrana con un borde dentado de un resorte, acoplándolo a la carcasa 22a, 22b correspondiente.

35



Asimismo y al igual que en otras realizaciones, en esta realización particular del actuador 100 según la invención mostrada en la Figura 3B, el dispositivo elástico 10 de rigidez variable está dispuesto entre dos elementos 71 de sujeción, pertenecientes al primer miembro de la cadena cinemática.

5

En la Figura 3C se muestra una realización de un acoplamiento 200 de rigidez variable, que comprende un dispositivo elástico 10 de rigidez variable como el mostrado en la Fig. 1A. El acoplamiento 200 conecta con rigidez variable dos elementos de una cadena cinemática (no mostrados en las figuras), estando uno de dichos elementos de la cadena cinemática conectado al árbol 21 y estando el otro elemento de la cadena cinemática conectado a, al menos, una de las carcasas 22a, 22b.

10

En esta realización particular del acoplamiento 200 según la invención, el dispositivo elástico 10 de rigidez variable está dispuesto entre dos elementos 71 de sujeción, perpendiculares a un soporte fijo horizontal 74 y unidos rígidamente al mismo. Asimismo, el elemento 31 para la fijación de la posición relativa de las carcasas 22a y 22b, es una cuña 31 que se inserta entre los dientes de las coronas dentadas 221 de las carcasas 22a y 22b.

15

En esta realización particular del acoplamiento 200 según la invención mostrada, el dispositivo elástico 10 de rigidez variable también está dispuesto entre dos elementos 71 de sujeción al primer miembro de la cadena cinemática, que pueden ser, por ejemplo, ruedas libres reversibles y bloqueables, permitiendo de este modo el giro en un sentido determinado y seleccionable, pero impidiéndolo en el contrario, o impidiendo el giro en cualquier sentido.

20

25

En la Figura 3D se muestra una realización alternativa de un acoplamiento 200 de rigidez variable que, en esta realización particular de la invención, comprende un dispositivo elástico 10 de rigidez variable igual al mostrado en las Fig. 2A y 2B. El acoplamiento 200 conecta con rigidez variable un primer miembro unido al soporte horizontal 74 y un segundo miembro (no mostrado en la figura) de una cadena cinemática, estando el segundo miembro de la cadena cinemática conectado al árbol 21 y estando el primer miembro de la cadena cinemática conectado a, al menos, una de las carcasas 22a, 22b.

30

El dispositivo elástico 10 de rigidez está provisto de actuadores 27. Cada uno de dichos actuadores 27 está configurado para extender o retraer selectivamente un medio de acoplamiento en forma de diente (no visible en la Fig. 3D), de tal modo que cuando se

35

extiende uno de dichos dientes, éste engrana con un borde dentado de un resorte, acoplándolo a la carcasa 22a, 22b correspondiente.

5 En esta realización particular del acoplamiento 200 según la invención mostrada, el dispositivo elástico 10 de rigidez variable también está dispuesto entre dos elementos 71 de sujeción al primer miembro de la cadena cinemática, que pueden ser, por ejemplo, ruedas libres reversibles y bloqueables, permitiendo de este modo el giro en un sentido determinado y seleccionable, pero impidiéndolo en el contrario, o impidiendo el giro en cualquier sentido.

10 Para la persona experta en la técnica serán evidentes otras posibles realizaciones diferentes de esta invención, a la vista de la presente descripción. En consecuencia, el alcance de protección de la presente invención está definido, exclusivamente, por las reivindicaciones que siguen a continuación.

**REIVINDICACIONES**

1. Dispositivo elástico (10) con rigidez variable, que comprende:

5 - un primer grupo de resortes de torsión (20a) formado por al menos un primer resorte (20a) de torsión, con forma espiral, que define una pluralidad de espiras, estando dicho primer resorte (20a) unido por uno de sus extremos a un árbol de rotación (21), estando su extremo opuesto configurado para acoplarse y desacoplarse selectivamente a una primera carcasa (22a);

10 - un segundo grupo de resortes de torsión (20b) formado por al menos un segundo resorte (20b) de torsión, con forma espiral, que define una pluralidad de espiras, estando dicho segundo resorte (20b) unido por uno de sus extremos al árbol de rotación (21) estando su extremo opuesto configurado para acoplarse y desacoplarse selectivamente a una segunda carcasa (22b);

15 caracterizado por que está provisto de:

- al menos un medio (31) para la fijación de la posición relativa de una de las carcasas (22a; 22b) respecto a la otra carcasa (22b; 22a);

20 - al menos, un medio de acoplamiento (24a, 24b) configurado para acoplar y desacoplar selectivamente al menos uno de los resortes (20a) del primer grupo a la primera carcasa (22a) o configurado para acoplar y desacoplar selectivamente al menos uno de los resortes (20b) del segundo grupo a la segunda carcasa (22b), de tal forma que los resortes (20a, 20b) acoplados a las carcasas (22a, 22b) contribuyen a la rigidez del dispositivo elásticos (10) y los resortes (20a, 20b) desacoplados no  
25 contribuyen a la rigidez del dispositivo (10).

2. Dispositivo elástico (10) según la reivindicación 1, en el que el primer grupo de resortes (20a) discurre en sentido contrario al segundo grupo de resortes (20b).

30 3. Dispositivo elástico (10) según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que está provisto al menos un medio de acoplamiento (24a) en forma de resalte que sobresale de una superficie interior de la primera carcasa (22a) estando, además, al menos uno de los resortes (20a) de torsión del primer grupo provisto de un rebaje (26) delimitado por dos cantos escalonados (30), estando dichos cantos escalonados (30) configurados para acoplarse por  
35 contacto al resalte (24a) al alcanzarse un ángulo de giro predeterminado de la primera carcasa

(22a) con relación al árbol de rotación (21) y para desacoplarse de dicho resalte (24a) al perderse dicho contacto, al girar adicionalmente la primera carcasa (22a con relación al árbol de rotación (21).

5 4. Dispositivo elástico (10) según cualquiera de las reivindicaciones anteriores provisto, además, de al menos un medio de acoplamiento (24a) en forma de resalte que sobresale de una superficie interior de la segunda carcasa (22b) estando, además, al menos uno de los resortes (20b) de torsión del segundo grupo provisto de un rebaje (26) delimitado por dos cantos escalonados (30), estando dichos cantos escalonados (30) configurados para acoplarse  
10 por contacto al resalte (24a) al alcanzarse un ángulo de giro predeterminado giro de la segunda carcasa (22b) con relación al árbol de rotación (21) y para desacoplarse de dicho resalte (24a) al girar adicionalmente la segunda carcasa (22b) con relación al árbol de rotación (21).

15 5. Dispositivo elástico (10) según la reivindicación 1, en el que las dos carcasas (22a, 22b) están unidas rígida y permanentemente y el perímetro exterior de al menos un resorte (20a) del primer grupo y/o de al menos un resorte (20b) del segundo grupo está provisto de un borde (28), estando provistos además al menos un medio de acoplamiento (24b) en forma de diente configurado para extenderse y retraerse selectivamente mediante un actuador (27), de tal modo que cuando el medio de acoplamiento (24b) en forma de diente se  
20 extiende, engrana con el dentado (28) del resorte (20a, 20b), acoplando dicho resorte a la carcasa (22a, 22b) correspondiente y cuando el actuador (24b) en forma de diente se retrae, el actuador (24b) se desengrana del borde (28) del resorte desacoplando dicho resorte (20a, 20b) de la carcasa (22a, 22b) correspondiente.

25 6. Dispositivo elástico (10) según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que los resortes (20a) del primer grupo y los resortes (20b) del segundo grupo están dotados de un chavetero (25) destinado a alojar una chaveta provista (23) en el árbol de rotación (21).

30 7. Dispositivo elástico (10) con rigidez variable, según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6, caracterizado por que está hecho mediante un procedimiento de fabricación aditiva.

8. Dispositivo elástico (10) con rigidez variable, según la reivindicación 7, caracterizado por que el procedimiento de fabricación aditiva es impresión tridimensional.

35 9. Actuador (100) de rigidez variable, caracterizado por que comprende al menos un dispositivo elástico (10) con rigidez variable, según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 8,

estando dicho actuador configurado para conectar y permitir el movimiento relativo, venciendo solicitudes mecánicas, entre dos elementos de una cadena cinemática, estando uno de dichos elementos de la cadena cinemática conectado al árbol (21) y el otro elemento de la cadena cinemática conectado a, al menos, una de las carcasas (22a, 22b).

5

10. Acoplamiento (200) de rigidez variable, caracterizado por que comprende al menos un dispositivo elástico (10) con rigidez variable, según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 8, estando dicho acoplamiento (200) configurado para conectar y permitir el movimiento relativo, venciendo solicitudes mecánicas, entre dos elementos de una cadena cinemática, estando uno de dichos elementos de la cadena cinemática conectado al árbol (21) y el otro elemento de la cadena cinemática conectado a, al menos, una de las carcasas (22a, 22b).

10

11. Uso de al menos un actuador (100) de rigidez variable según la reivindicación 9, en una suspensión de un vehículo o una máquina, una barra de torsión, un exoesqueleto, un robot, una llave dinamométrica, una máquina de musculación o una máquina de rehabilitación.

15

12. Uso de al menos un acoplamiento (200) de rigidez variable según la reivindicación 10, en una suspensión de un vehículo o una máquina, una barra de torsión, un exoesqueleto, un robot, una llave dinamométrica, una máquina de musculación o una máquina de rehabilitación.

20

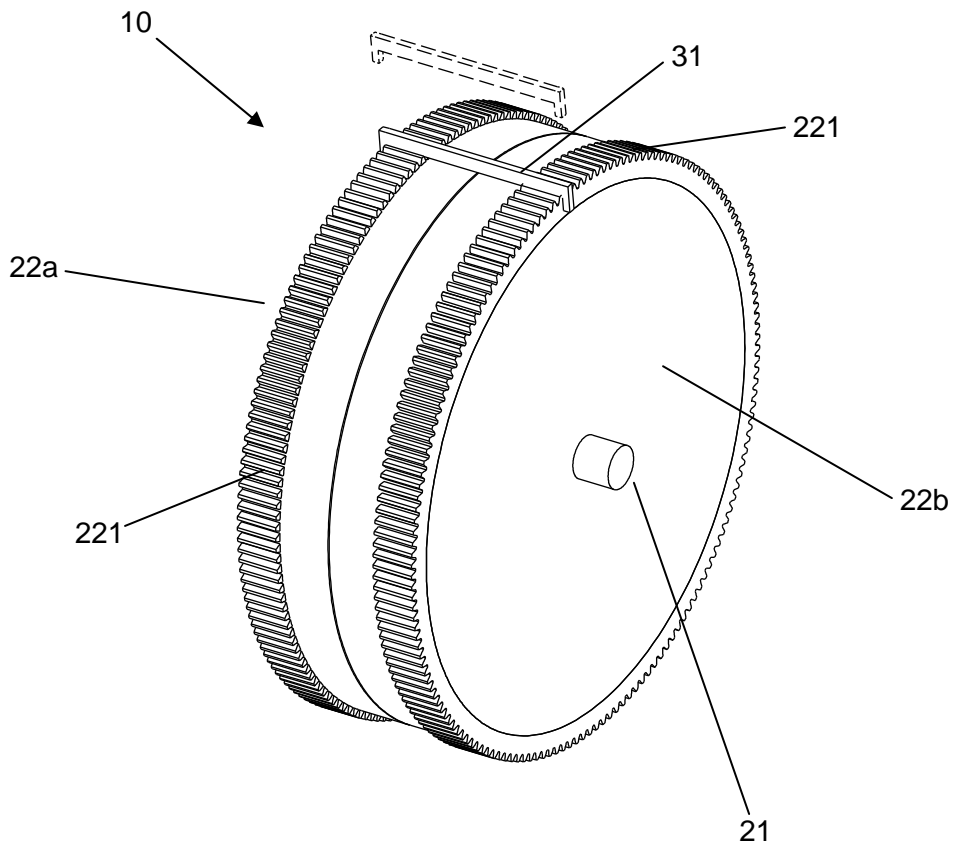


Fig. 1A

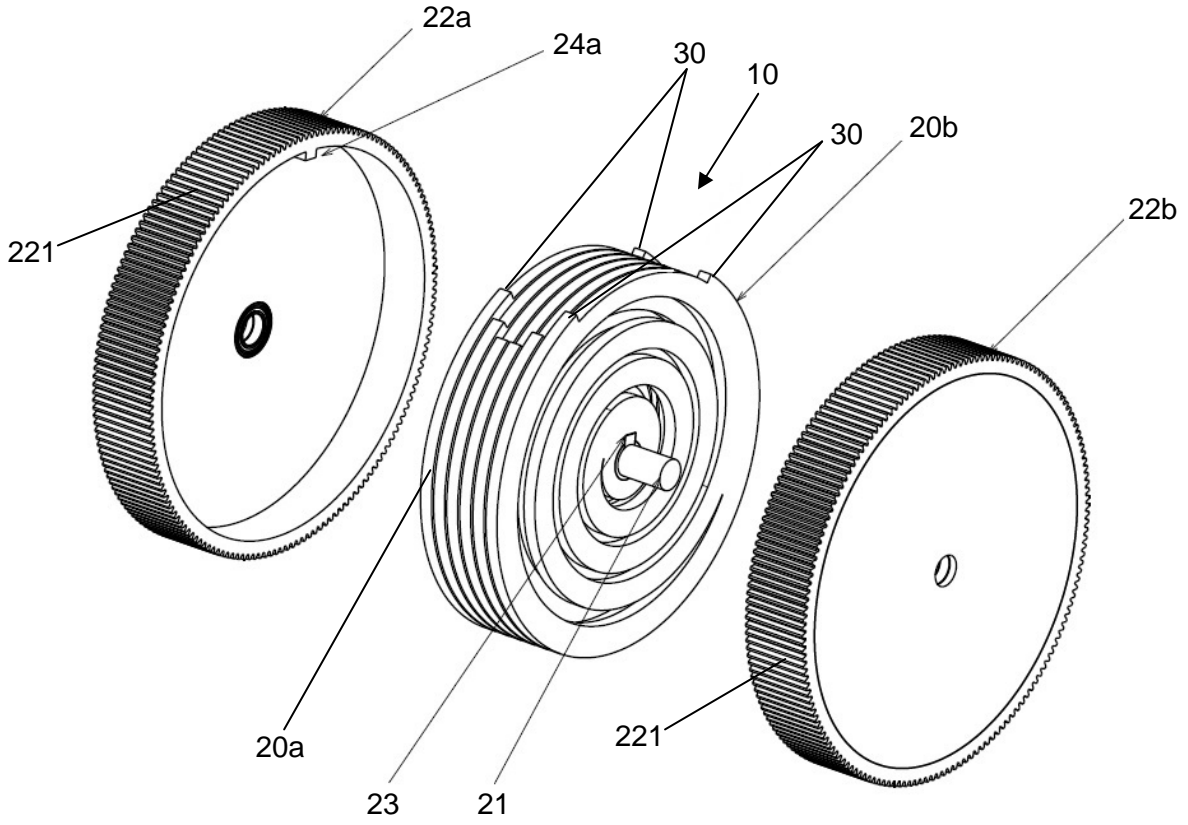


Fig. 1B

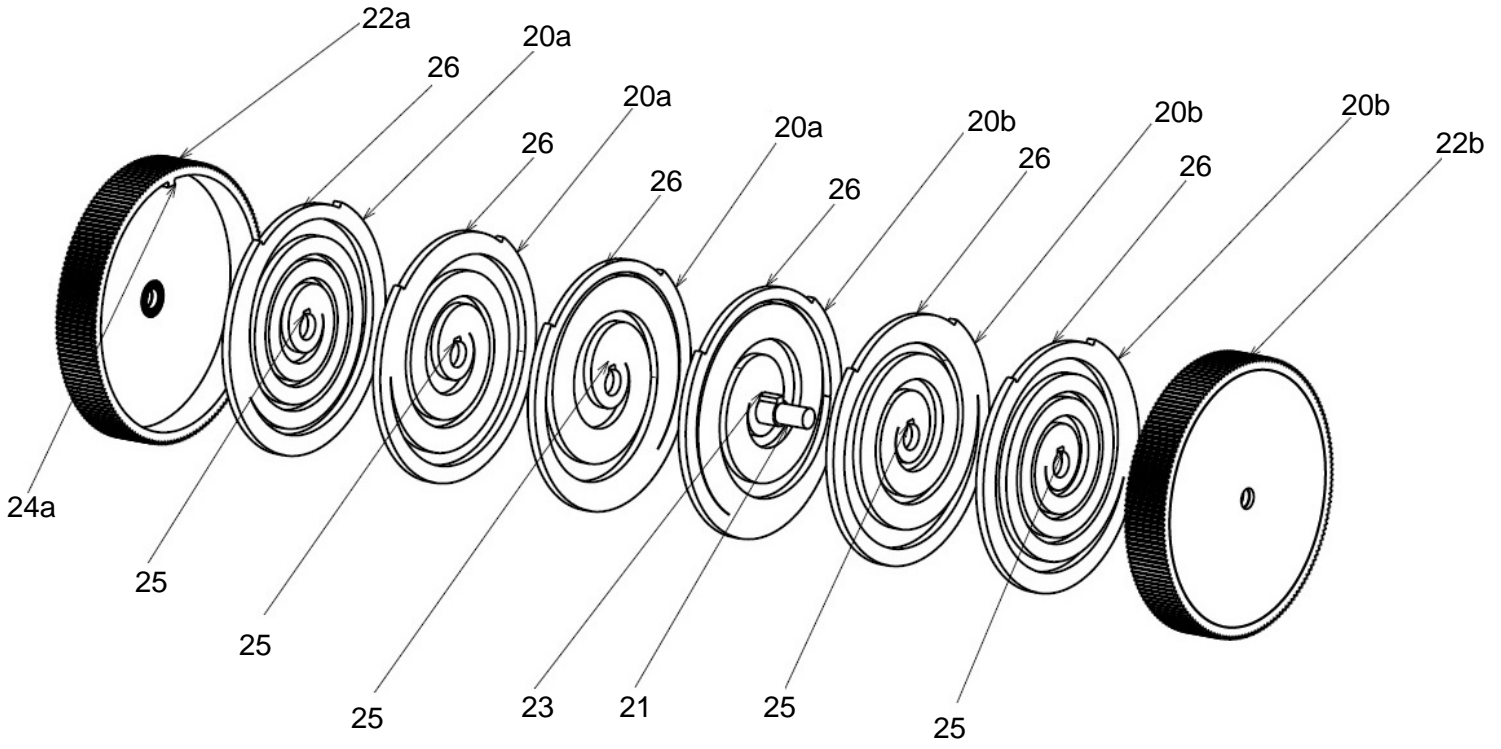


Fig. 1C



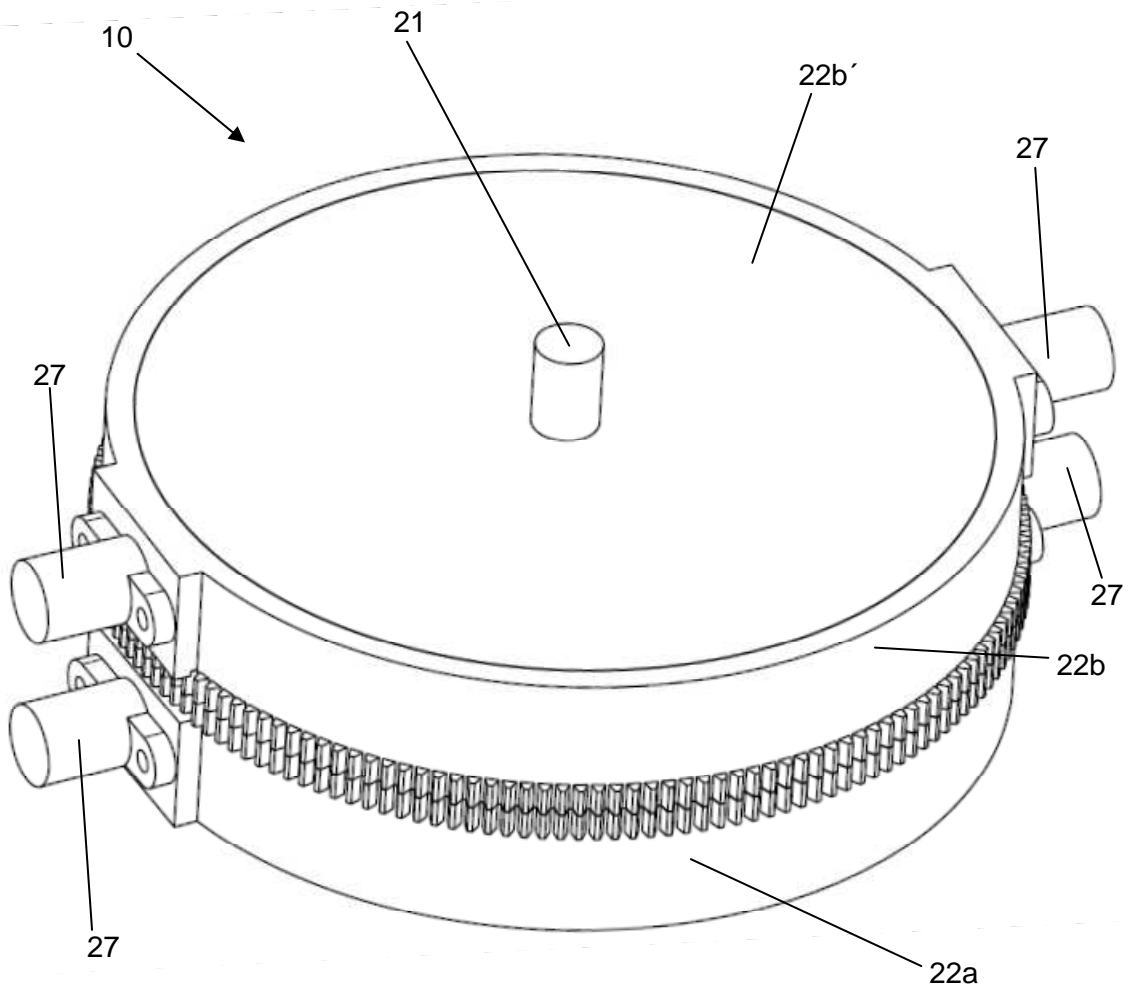


Fig. 2A

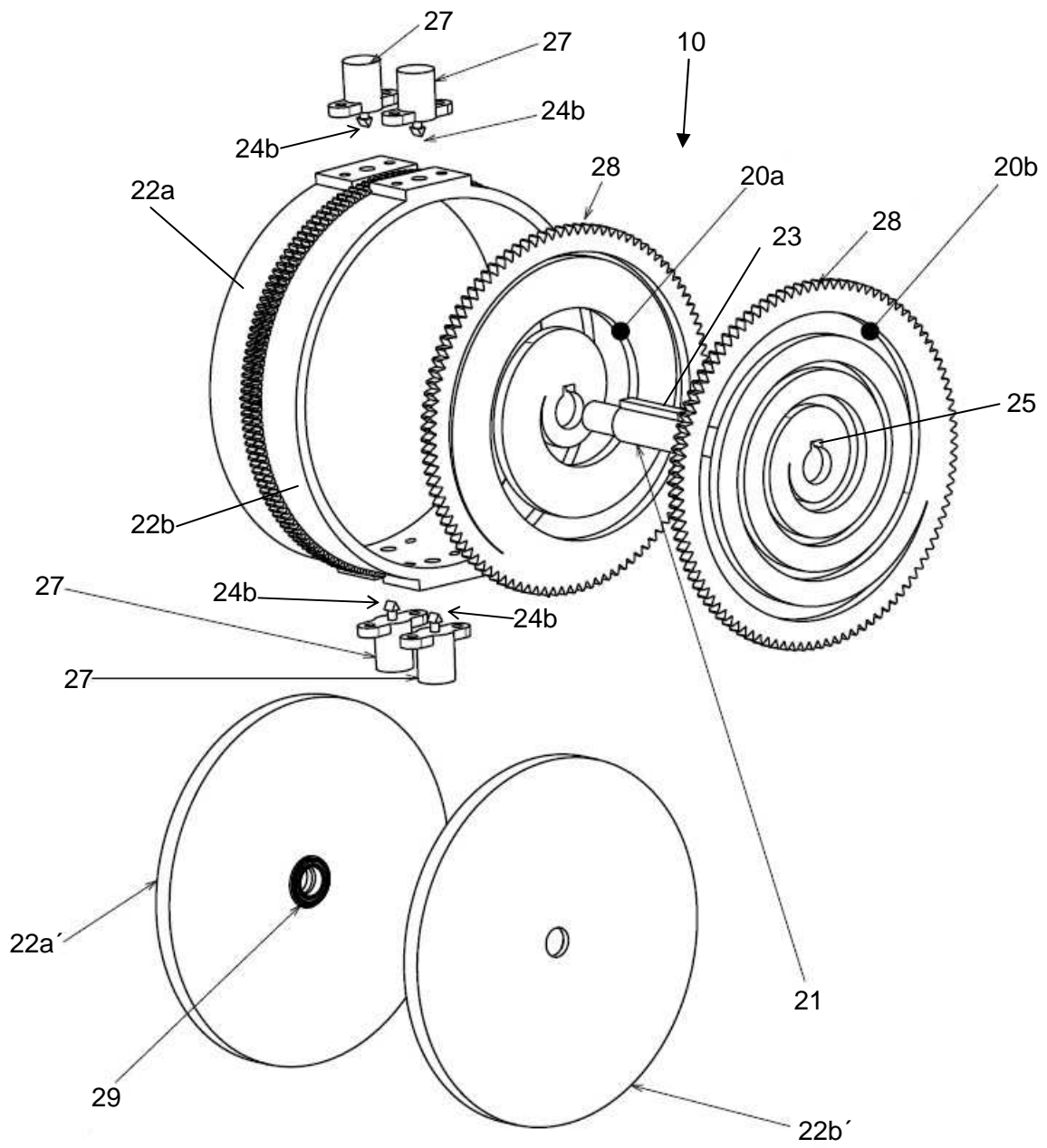


Fig. 2B

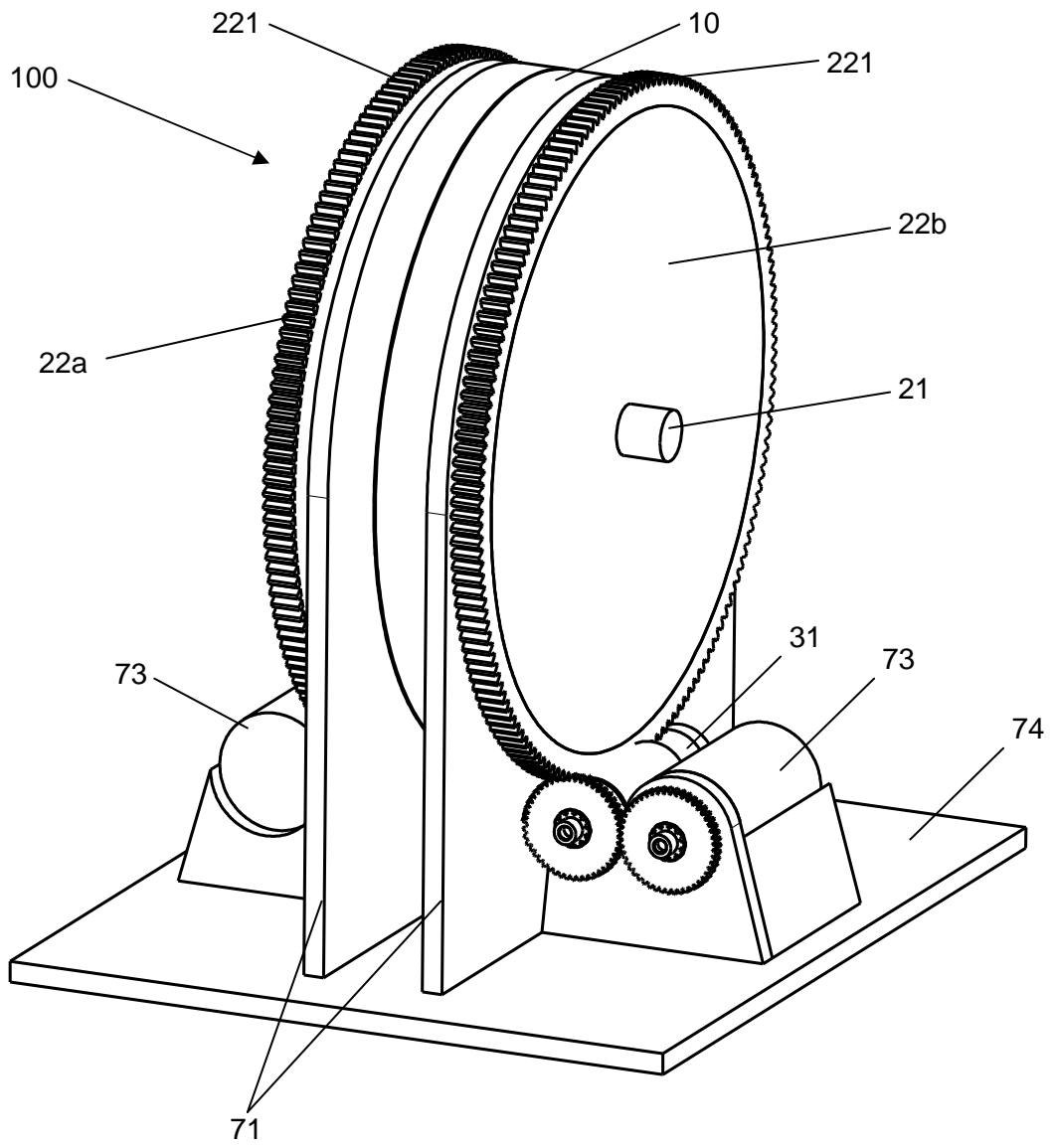
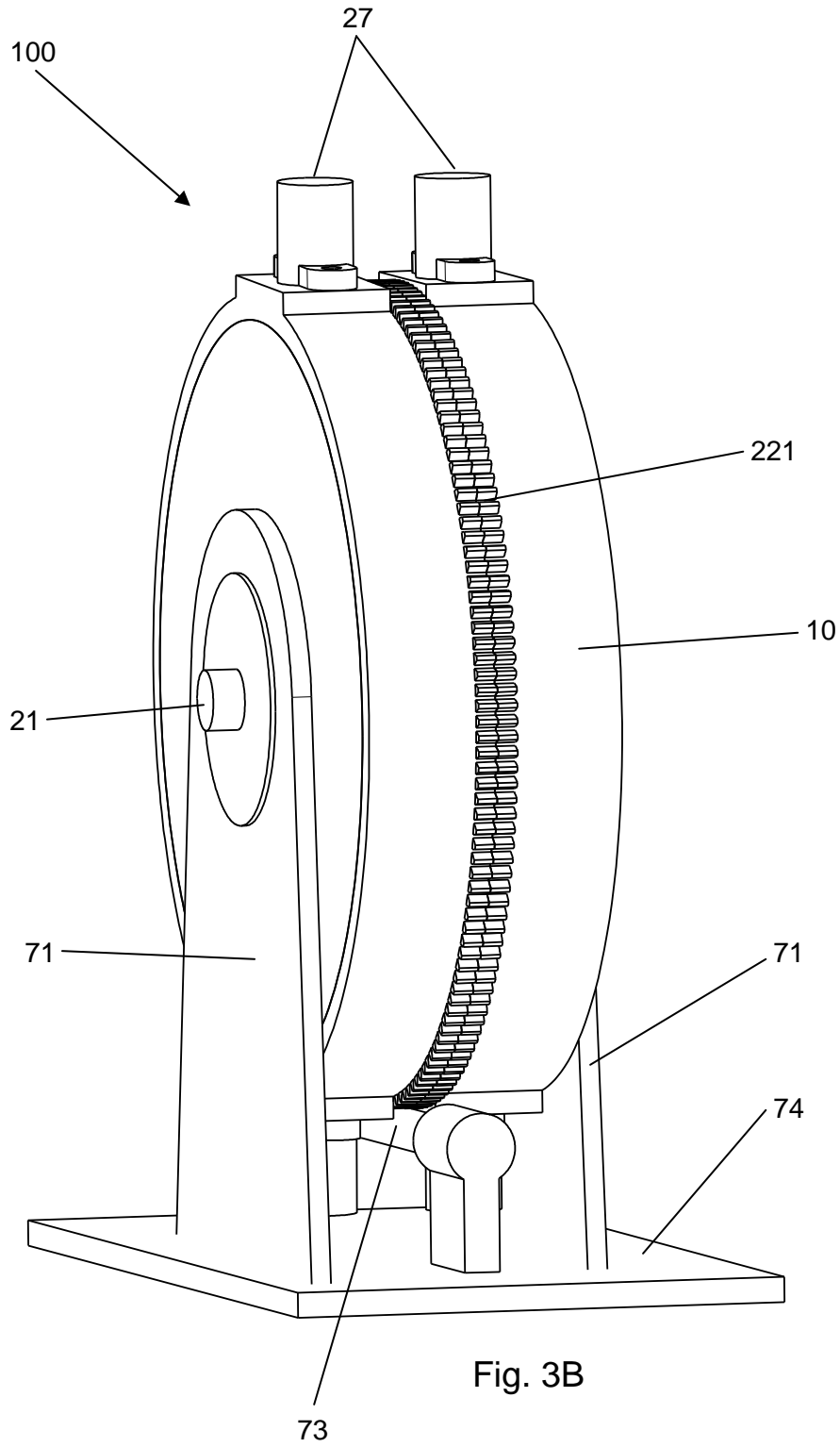


Fig. 3A



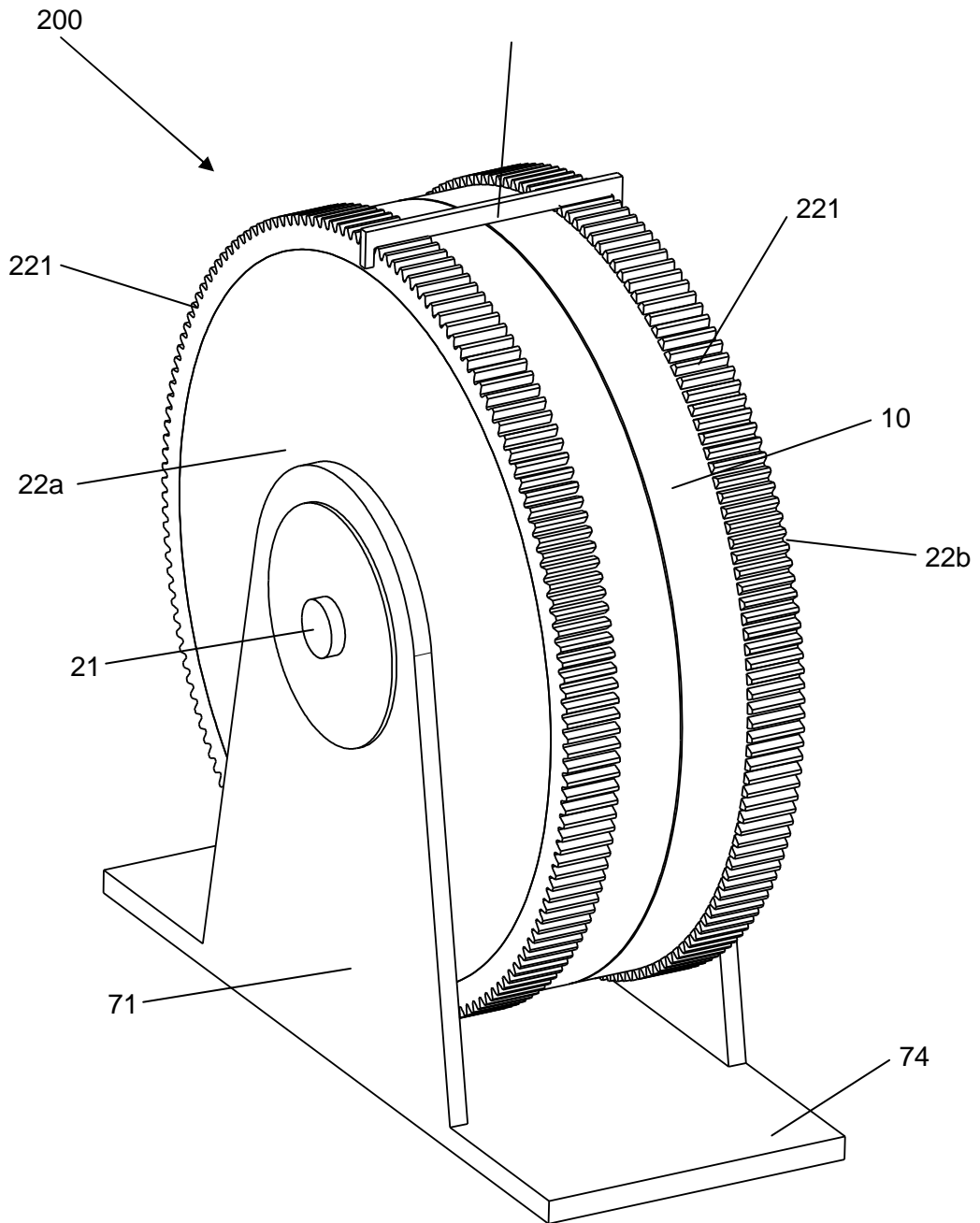


Fig. 3C

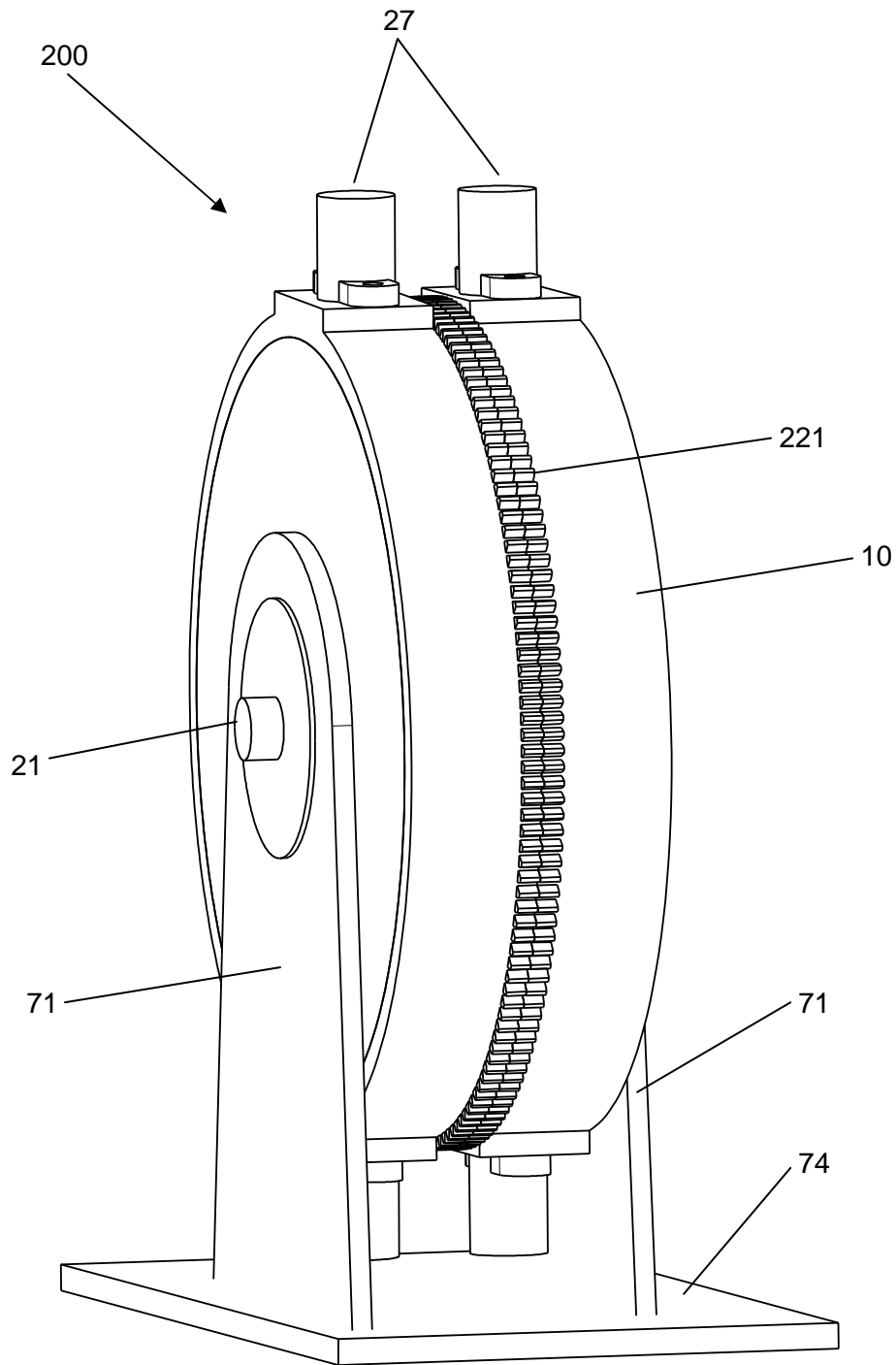


Fig. 3D