

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 968 150**

51 Int. Cl.:

B25J 9/12	(2006.01) F16D 65/06	(2006.01)
A61F 2/54	(2006.01) A61F 2/50	(2006.01)
A61F 2/60	(2006.01) F16D 121/14	(2012.01)
A61F 5/01	(2006.01) F16D 125/28	(2012.01)
B25J 17/00	(2006.01) A61F 2/70	(2006.01)
B25J 19/06	(2006.01) A61F 2/76	(2006.01)
F16H 35/00	(2006.01)	
F16H 57/02	(2012.01)	
A61F 2/68	(2006.01)	
F16D 49/08	(2006.01)	

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **21.03.2013 PCT/CA2013/000269**
- 87 Fecha y número de publicación internacional: **26.09.2013 WO13138913**
- 96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **21.03.2013 E 13764476 (1)**
- 97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **18.10.2023 EP 2828043**

54 Título: **Actuador de alta densidad que tiene un accionamiento armónico y un conjunto de limitación de par**

30 Prioridad:

21.03.2012 US 201261613678 P
03.05.2012 US 201261642031 P

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
08.05.2024

73 Titular/es:

B-TEMIA INC. (100.0%)
2750 Einstein Street Suite 230
Québec, Québec G1P 4R1, CA

72 Inventor/es:

GILBERT, BENOÎT y
BEDARD, STÉPHANE

74 Agente/Representante:

SÁEZ MAESO, Ana

ES 2 968 150 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

Actuador de alta densidad que tiene un accionamiento armónico y un conjunto de limitación de par

5 Campo técnico

La presente descripción se refiere a un actuador de alta densidad con una torsión lateral mínima.

10 Antecedentes

Los actuadores típicos tienen una baja densidad de par (por volumen o peso) en parte porque requieren hardware adicional (rodamientos, palancas, pivotes...) para soportar los elementos principales (motor, transmisión).

Por ejemplo, un actuador lineal (motor y husillo de bolas) requiere una palanca y rodamientos para convertir el movimiento lineal en movimiento rotacional. Aunque altamente eficiente en energía, este arreglo suele ser voluminoso y pesado. Otro ejemplo es el actuador rotacional (motor y transmisión en el eje) que requiere un rodamiento en la etapa de salida para soportar cargas. Este rodamiento se encuentra típicamente axialmente en el actuador o en el diámetro exterior, lo que puede aumentar significativamente el tamaño y peso del actuador.

Como ejemplo más específico, la solicitud de patente WO 2008/080231 A1, que representa el estado de la técnica más cercano a la presente descripción, describe un mecanismo de accionamiento conjunto para un dispositivo protésico y/u ortopédico que tiene una transmisión flexible. El mecanismo de accionamiento conjunto incluye un conjunto de actuador que proporciona par a la transmisión flexible, el conjunto de actuador incluye una carcasa para alojar un motor eléctrico que hace girar un eje hueco conectado directamente a un conjunto de transmisión armónica en un extremo y guiado en otro extremo por rodamientos de bolas montados en la carcasa. La porción de copa flexible de la acañaladura flexible de transmisión armónica forma la etapa de salida de la transmisión armónica, la cual está conectada a la transmisión complaciente. Esta configuración es adecuada para dispositivos protésicos donde el mecanismo de articulación reemplaza la articulación de la rodilla, sin embargo, para dispositivos ortopédicos prácticos que se adhieren a la extremidad de un usuario, se necesita una configuración de conjunto de actuadores más compacta y ligera que no utilice una transmisión flexible.

Además, los actuadores robóticos requieren protección para condiciones de exceso de par. La solución a esto generalmente consiste en un embrague deslizante u otro dispositivo similar. En consecuencia, las versiones comerciales de dichos dispositivos son voluminosas y pesadas.

Por lo tanto, existe la necesidad de un actuador más ligero y compacto.

Resumen

Se proporciona un actuador de alta densidad según se define en la reivindicación independiente 1.

También se proporciona un actuador de alta densidad como se describe anteriormente, en donde el eje central comprende una porción roscada atornillada en la salida de transferencia de par y una porción no roscada ajustada a presión dentro de la salida de transferencia de par.

Además, se proporciona un actuador de alta densidad como se describe anteriormente, que además comprende un sensor de par para medir el par aplicado por el actuador de alta densidad, por ejemplo, un haz de sensor flexible que tiene una primera extremidad conectada al conjunto de carcasa y un imán de sensor posicionado en el conjunto de carcasa, en donde el desplazamiento de una segunda extremidad del haz de sensor flexible con respecto al conjunto de carcasa medido por el imán de sensor indica el par aplicado por el actuador de alta densidad.

Además, se proporciona aún más un actuador de alta densidad como se describe anteriormente, que además comprende un sensor de ángulo para medir un desplazamiento de la salida de la transmisión con respecto a la entrada de la transmisión, por ejemplo, un lector de sensor posicionado en el conjunto de carcasa y un imán de sensor posicionado en un eje de soporte que pasa a través del eje central.

También se proporciona un actuador de alta densidad como se describe anteriormente, que además comprende un conjunto limitador de par posicionado alrededor de la salida de transferencia de par configurado para engranar o desengranar de forma friccional la pastilla de freno y la banda con la salida de transferencia de par, y en una modalidad comprende un mecanismo de ajuste de tensión configurado para aumentar o disminuir el engranaje friccional de la pastilla de freno y la banda con la salida de transferencia de par.

Se proporciona además un dispositivo ortopédico accionado, que comprende: una estructura proximal y una estructura de soporte para el acoplamiento a una extremidad de un usuario; y un actuador de alta densidad como se describe anteriormente conectado operativamente a las estructuras de soporte proximal y distal para impartir movimiento a la extremidad del usuario;

en donde el conjunto de carcasa está conectado a la estructura proximal y a las estructuras de refuerzo distal, y la salida de transferencia de par está conectada a la estructura de refuerzo distal proximal.

Breve descripción de las figuras

Las modalidades de la descripción se describirán únicamente a modo de ejemplos con referencia a las figuras adjuntas, en las que:

- La Figura 1 es una vista lateral de un dispositivo ortopédico accionado que integra el actuador de alta densidad;
- La Figura 2 es una vista lateral del actuador de alta densidad de acuerdo con una modalidad ilustrativa de la presente descripción;
- La Figura 3 es una vista en perspectiva desmontada del actuador de alta densidad de la Figura 2;
- La Figura 4 es una vista en sección transversal del eje central ajustado en la salida de transferencia de par;
- La Figura 5 es una vista en sección transversal del embrague de limitación de par; y
- La Figura 6 es una vista despiezada de los componentes del embrague de limitación de par.

Descripción detallada

En términos generales, la modalidad ilustrativa no limitativa de la presente descripción proporciona un actuador de alta densidad con una torsión lateral mínima que consiste en una disposición compacta de un motor sin escobillas, una transmisión de una sola etapa (relación de 50:1 para la modalidad ilustrativa), un mecanismo de protección contra exceso de par y un sensor de torque. La transmisión se encuentra axialmente con respecto al motor, y el rodamiento de la etapa de salida (que proporciona resistencia y rigidez cuando se aplican cargas externas) se encuentra concéntrico al motor (hacia adentro), ahorrando así espacio y peso. El cojinete de la etapa de salida consiste en un conjunto de cojinetes cónicos dispuestos en forma de "O". Además, el eje de referencia del sensor de ángulo del actuador se posiciona en el centro de todos esos elementos, ahorrando aún más espacio. El mecanismo de exceso de par, que puede ser desconectado manualmente, consiste en un embrague de deslizamiento personalizado ubicado alrededor del elemento de salida de la transmisión, proporcionando nuevamente un arreglo muy compacto. El sensor de par se utiliza para medir el par de salida. En la modalidad ilustrativa, el sensor de par consiste en un sensor magnético de rango micrométrico que mide la deflexión de una viga flexible ubicada en el exterior del actuador.

Haciendo referencia a la Figura 1, se muestra un ejemplo ilustrativo del actuador de alta densidad 20 integrado en un dispositivo ortopédico accionado 10 que tiene estructuras de soporte proximal 12 y distal 14 para el acoplamiento a la extremidad de un usuario. Las estructuras de soporte proximal 12 y distal 14 están vinculadas operativamente a través del actuador de alta densidad 20, que proporciona movimiento a la extremidad del usuario.

Haciendo referencia a la Figura 2, el actuador de alta densidad 20 generalmente comprende un conjunto de carcasa 22 que protege sus componentes internos, los cuales se describirán más adelante, un sensor de par 24 que incluye un haz de sensor de par 24a que soporta un conector proximal 26 para conectarse a la estructura de soporte proximal 12 y un imán de sensor de par 24b, y un conector distal 28 para conectarse a la estructura de soporte distal 14. Las estructuras de soporte proximal 12 y distal 14 pueden rotar una con respecto a la otra en un ángulo de aproximadamente 160 grados. Los límites de rotación están determinados por un tope mecánico en extensión y por la interferencia entre la extremidad superior e inferior del usuario en flexión, por ejemplo, la pierna superior e inferior.

Refiriéndonos ahora a la Figura 3, el conjunto de carcasa 22, formado por los elementos de carcasa 22a y 22b, encierra un motor de corriente continua sin escobillas (por ejemplo, un motor Emoteq HT03000, aunque se entiende que la selección del motor puede variar según la aplicación), elementos de transmisión y sensores, a saber, la viga del sensor de par 24a, el imán del sensor de par 24b, el estator del motor 30 y el rotor 32, la entrada de transmisión 34, el mecanismo de reducción de engranajes 36, la salida de transferencia de par 38, por ejemplo, un tambor o eje giratorio, con la salida de transmisión 40, el eje central 42 con rodamientos de rodillos cónicos 44, y el sensor de ángulo 64 compuesto por el lector del sensor de ángulo 64a y el imán del sensor de ángulo 64b. En la presente modalidad ilustrativa, el actuador de alta densidad 20 además comprende un embrague limitador de par 50. Se entiende que en otras modalidades alternativas se podrían utilizar otros sensores de par (por ejemplo, celdas de carga, galgas extensiométricas, celdas de carga de viga delgada, sensores ópticos lineales de alta precisión, etc.) y/o sensores de ángulo (por ejemplo, sensores Hall, discos ópticos de posición absoluta, resolucionadores, potenciómetros, etc.).

En la modalidad ilustrativa, la entrada de transmisión 34, el mecanismo de reducción de engranajes 36 y la salida de transmisión 40 forman una transmisión armónica con una relación de transmisión de 50:1, siendo la entrada de

transmisión 34 en forma de un generador de ondas, el mecanismo de reducción de engranajes 36 una acanaladura circular y la salida de transmisión 40 un engranaje flexible. Se entiende que la relación de transmisión puede variar dependiendo de la aplicación y/o motor utilizado. El rotor del motor 32 está conectado a la entrada de la transmisión 34, la cual puede girar libremente a través del conjunto de rodamientos de rodillos cónicos 44 en el eje central 42. Cuando se aplica corriente al estator del motor 30, el núcleo rotativo (es decir, el rotor del motor 32 y la entrada de transmisión 34), la salida de transmisión 40 y la salida de transferencia de par 38 giran. Esta rotación hace que la salida de transferencia de par 38 gire el equivalente a 1 vuelta por cada 50 rotaciones del rotor del motor 32.

El eje central 42 y su conjunto de rodamientos de rodillos cónicos 44 aseguran la alineación radial y axial adecuada entre el conjunto de carcasa 22, el rotor del motor 32, la entrada de la transmisión 34, la salida de la transmisión 40 y la salida de transferencia de torque 38. Haciendo referencia a la Figura 4, el eje central 42 incluye una parte roscada 45 y partes no roscadas 46, la parte roscada 45 se enrosca en la salida de transferencia de par 38 mientras que la concentricidad se asegura mediante un ajuste a presión ligero entre la parte no roscada 46 y la salida de transferencia de par 38. Utilizando un conjunto de rodamientos de rodillos cónicos 44 se obtienen las características básicas de los rodamientos de bolas de contacto angular más tradicionales en disposición "O", pero son más rígidos y compactos. El hecho de que los rodamientos de rodillos cónicos 44 no tengan carriles tradicionales, que requieren un agujero y un eje para su instalación, permite un montaje radialmente más pequeño. La dimensión radial es crítica ya que el rodamiento necesita ajustarse dentro del motor. Un ejemplo de rodamientos de rodillos cónicos 44 podría ser tres estructuras cónicas superpuestas con la estructura cónica central que tiene en su interior rodillos cilíndricos que se extienden radialmente desde cada lado de la estructura cónica central, permitiendo que las otras dos estructuras cónicas giren libremente.

El lector del sensor de ángulo 64a, posicionado en el elemento de carcasa 22a, trabaja en conjunto con el imán del sensor de ángulo 64b para determinar el ángulo absoluto entre los conectores proximal 26 y distal 28. El sensor de ángulo 64 proporciona una retroalimentación de posición del rotor del motor 32 a un controlador de motor (es decir, accionamiento del motor). El imán del sensor de ángulo 64b se mantiene en su lugar mediante un eje de soporte de pequeño diámetro 66 que atraviesa el eje central 42.

Esta disposición concéntrica del eje de soporte 66, el eje central 42 con rodamientos de rodillos cónicos 44 y la superposición del rotor del motor 32, la entrada de transmisión 34, la salida de transmisión 40 y la salida de transferencia de par 38 permite el diseño altamente compacto del actuador de alta densidad 20.

El haz del sensor de par 24a consiste en un elemento flexible que sobresale del conjunto de la carcasa 22. El sensor de par 24 está diseñado para evaluar el par aplicado en el actuador de alta densidad 20 basado en la deformación real del miembro flexible (es decir, la viga del sensor de par 24a). El sensor de par 24 es un sensor de desplazamiento lineal magnético que mide el recorrido de la extremidad de la viga del sensor de par 24a en relación con el conjunto de la carcasa 22, en el cual se encuentra posicionado el imán del sensor de par 24b. El sensor de par 24 proporciona lecturas a lo largo de todo el rango de niveles de par esperados. En la modalidad ilustrativa, el rango de lecturas del sensor de par 24 es de -50 Nm a +50 Nm. Sin embargo, el sensor de par 24 también debe proporcionar lecturas para niveles de par que excedan esos valores para permitir una buena controlabilidad del par (es decir, sin saturación de señal) y para la detección de fuerza máxima para la protección del sistema.

Un ejemplo de un sensor que se puede utilizar para el sensor de torque 24 es el AustriaMicroSystems AS5311, que tiene una resolución de 0.488 micrones (12 bits en 2 mm).

Tradicionalmente, se utilizan galgas extensiométricas en lugar de sensores de desplazamiento para medir con precisión fuerzas y torques. Las principales desventajas de los extensómetros son las siguientes:

- La instalación requiere alta precisión.
- Puede ser fácilmente afectado por tensiones en direcciones distintas a la que se está midiendo.
- Sensibilidad al ruido electromagnético.
- Sensibilidad a las variaciones de temperatura.
- Requiere un circuito de medición de alta fidelidad compensado por temperatura.
- Requiere calibración individual.

El sensor de par 24 aborda todas estas inconveniencias, a saber:

- Fácil de instalar.
- Mide la deformación en un solo eje sin ser afectado por esfuerzos en otras direcciones.

- Sin sensibilidad al ruido electromagnético (utiliza comunicación digital).
 - No hay sensibilidad a las variaciones de temperatura.
- 5
- No requiere un circuito de medición de alta fidelidad compensado por temperatura.
 - No requiere calibración individual.

Embrague de límite de torque

10 En su modalidad ilustrativa, el actuador de alta densidad 20 está provisto de un embrague limitador de par 50 que consiste en un mecanismo de freno de banda que comienza a deslizarse cuando el par es mayor que el par preestablecido. Se comporta de la misma manera que un embrague de limitación de par y tiene los mismos objetivos principales, a saber:

- 15
- Proteger el actuador de alta densidad 20 (el rotor del motor 32, la entrada de transmisión 34, el mecanismo de reducción de engranajes 36, la salida de transmisión 40, la salida de transferencia de torque 38 y otros componentes mecánicos) de impactos externos de alta intensidad.
 - Proteger el actuador de alta densidad 20 de las cargas inerciales cuando el actuador de alta densidad 20 alcanza el límite de extensión de recorrido (tope duro) a alta velocidad. En este caso, se producirían cargas extremas si la energía cinética no se disipara en algún lugar.
 - Proteger el medio ambiente de las altas fuerzas que podrían ser ejercidas por el actuador de alta densidad 20.

25 Haciendo referencia a las Figuras 3, 5 y 6, el embrague de limitación de par 50 está compuesto por una banda 52 que se envuelve parcialmente alrededor de la salida de transferencia de par 38 del actuador de alta densidad 20 y una pastilla de freno 62. La tensión se puede aplicar a la banda 52 utilizando, por ejemplo, una palanca 54 unida a una leva 56 que conecta la banda 52 a una primera extremidad de la pastilla de freno 62. Se entiende que se pueden utilizar mecanismos distintos a la palanca 54 para operar la leva 56. La tensión se puede ajustar utilizando un mecanismo de ajuste de tensión aquí en forma de un tornillo 58 que conecta operativamente la banda 52 a una

30 segunda extremidad de la pastilla de freno 62, donde la rotación del tornillo 58 en una primera dirección tira de la banda 52 hacia una cavidad 63 dentro de la pastilla de freno 62, aumentando así el acoplamiento por fricción entre la pastilla de freno 62 y la banda 52 con la salida de transferencia de par 38, y la rotación en dirección opuesta permite que la banda 52 salga de la cavidad 63, disminuyendo así el acoplamiento por fricción entre la pastilla de freno 62 y la banda 52 con la salida de transferencia de par 38. Un revestimiento 60, por ejemplo, hecho de un material de alta fricción, sirve como una superficie de fricción. El revestimiento 60 es ventajosamente resistente al desgaste y algo suave o compresible para "encapsular" cualquier suciedad o partículas que puedan quedar

35 atrapadas entre la banda 52, la pastilla de freno 62 y la salida de transferencia de par 38. La banda 52, la pastilla de freno 62 y la salida de transferencia de par 38 se fabrican ventajosamente con el mismo material, por ejemplo, Alu 7075-T6, para asegurar que la fuerza de frenado no cambie significativamente cuando la temperatura fluctúa debido, por ejemplo, a la expansión térmica. La salida de transferencia de par 38 puede estar, por ejemplo, anodizada dura (es decir, tipo II, 50 µm) para resistencia al desgaste.

40 El embrague limitador de par 50 puede desacoplarse, por ejemplo, levantando la palanca 54, posicionando la leva 56 en una posición que permita un movimiento completamente libre de la salida de transferencia de par 38. El embrague limitador de par 50 puede desacoplarse en caso de, por ejemplo, mal funcionamiento del actuador de alta densidad 20 o fallo de energía.

45 El árbol de levas 56 proporciona la tensión en la banda 52 cuando la palanca 54 está enganchada. La leva 56 está diseñada con dos superficies de rodamiento excéntricas 56a y 56b (mejor vistas en la Figura 6) que están descentradas una de la otra. Después del ensamblaje, la palanca 54 se suelda microscópicamente sobre la leva 56, haciéndolos así unitarios de manera ventajosa. El mecanismo de ajuste de tensión, es decir, el tornillo 58, se utiliza para ajustar la tensión de la banda 52 con el fin de obtener el par de frenado deseado.

50 Como se mencionó anteriormente, el imán del sensor de ángulo 64b está montado en el eje 66 soportado por la pastilla de freno 62. La pastilla de freno 62 está configurada para conectarse a la estructura de soporte distal 14, el imán del sensor de ángulo 64b y el lector del sensor de ángulo 64a cooperan juntos para proporcionar una medida del ángulo entre las estructuras de soporte proximal 12 y distal 14.

55 En una modalidad alternativa, el embrague limitador de par 50 puede ser reemplazado por otro mecanismo que limite el par mediante deslizamiento (como en un embrague de placa de fricción) o desacoplando completamente la carga (como en un pasador de corte). En otra modalidad adicional, el embrague limitador de par 50 puede ser omitido, en cuyo caso se requiere un sensor de posición y el conector distal 28 está vinculado a la salida de transferencia de par 38. Sin embargo, esta modalidad está sujeta al riesgo de dañar el actuador de alta densidad 20 o el entorno cuando se somete a impactos de alta intensidad, cargas extremas o fuerzas elevadas.

Además, se entiende que el actuador de alta densidad puede adaptarse para aplicaciones distintas a dispositivos ortopédicos y protésicos sin salir del alcance de la presente descripción.

- 5 Aunque la presente descripción se ha realizado con cierto grado de particularidad y a modo de ejemplos e ilustraciones de modalidades y ejemplos de las mismas, se entiende que la presente descripción no se limita a las características de las modalidades descritas e ilustradas aquí, sino que incluye todas las variaciones y modificaciones dentro del alcance de la descripción tal como se reivindica a continuación.

El alcance de la invención está únicamente definido por las reivindicaciones adjuntas.

REIVINDICACIONES

1. Un actuador de alta densidad (20), que comprende:

5 un conjunto de carcasa (22) compuesto por:

un primer elemento de carcasa (22a) que contiene un estator de motor (30); y un segundo elemento de carcasa (22b) que contiene un mecanismo de reducción de engranajes (36) en forma de una acanaladura circular posicionada dentro del segundo elemento de carcasa (22b);

10 un núcleo rotativo (32, 34) que está compuesto por:

un rotor de motor (32);

una entrada de transmisión (34) en forma de un generador de ondas conectado operativamente al rotor del motor (32);

15 una salida de transmisión (40) en forma de una acanaladura flexible conectada a la entrada de transmisión (34), la salida de transmisión (40) está posicionada en el centro del mecanismo de reducción de engranajes (36);

20 una salida de transferencia de par (38) operativamente conectada a la salida de transmisión del actuador (40);

caracterizado porque

el rotor del motor (32) está configurado para girar libremente alrededor de un eje central (42) mediante rodamientos de rodillos cónicos (44) posicionados entre el eje central (42) y el primer elemento de carcasa (22a);

25 y porque la salida de transferencia de par (38) está además conectada operativamente al eje central (42), que atraviesa la salida de transmisión (40), el núcleo rotacional (32, 34) y el segundo elemento de carcasa (22b);

30 en donde el eje central (42) asegura una alineación radial y axial adecuada entre el conjunto de carcasa (22) y la salida de transferencia de par (38).

2. El actuador de alta densidad (20) de la reivindicación 1, en donde el eje central (42) comprende una porción roscada (45) enroscada en la salida de transferencia de par (38) y una porción no roscada (46) ajustada a presión dentro de la salida de transferencia de par (38).

3. El actuador de alta densidad (20) de cualquiera de las reivindicaciones 1 o 2, que además comprende un sensor de par (24) para medir el par aplicado por el actuador de alta densidad (20).

4. El actuador de alta densidad (20) de la reivindicación 3, en donde el sensor de par (24) comprende un haz de sensor flexible (24a) que tiene un primer extremo conectado al conjunto de carcasa (22) y un imán de sensor (24b) posicionado en el conjunto de carcasa (22), en donde el desplazamiento de un segundo extremo del haz de sensor flexible (24a) con respecto al conjunto de carcasa (22), medido por el imán de sensor (24b), indica el par aplicado por el actuador de alta densidad (20).

5. El actuador de alta densidad (20) de cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, que además comprende un sensor de ángulo (64) para medir un desplazamiento de la salida de transmisión (40) con respecto a la entrada de transmisión (34).

6. El actuador de alta densidad (20) de la reivindicación 5, en donde el sensor de ángulo (64) comprende un lector de sensor (64a) posicionado en el primer elemento de carcasa (22a) y un imán de sensor (64b) posicionado en un eje de soporte (66) que atraviesa el eje central (42).

7. El actuador de alta densidad (20) de cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6, que además comprende un conjunto de limitación de par (50) que comprende:

55 una pastilla de freno (62);

una banda (52) conectada en un primer extremo a un primer extremo de la pastilla de freno (62); y

una leva (56) que une un segundo extremo de la banda (52) a un segundo extremo de la pastilla de freno (62);

60 en donde la pastilla de freno (62) y la banda (52) están conectadas a la carcasa (22) y posicionadas alrededor de la salida de transferencia de par (38), de modo que el posicionamiento de la leva (56) en una primera posición engancha por fricción la pastilla de freno (62) y la banda (52) con la salida de transferencia de par (38), y el posicionamiento de la leva (56) en una segunda posición desengancha la pastilla de freno (62) y la banda (52) de la salida de transferencia de par (38).

8. El actuador de alta densidad (20) de la reivindicación 7, en donde el conjunto limitador de par (50) además comprende un mecanismo de ajuste de tensión (58) que conecta el primer extremo de la banda (52) con el primer extremo de la pastilla de freno (62), en donde el mecanismo de ajuste de tensión (58) está configurado para aumentar o disminuir el acoplamiento por fricción entre la pastilla de freno (62) y la banda (52) con la salida de transferencia de par (38) cuando la leva (56) está en la primera posición.
5
9. El actuador de alta densidad (20) de cualquiera de las reivindicaciones 7 u 8, en donde el conjunto limitador de par (50) además comprende un revestimiento (60) posicionado en una superficie de la banda (52) y la pastilla de freno (62) que está en acoplamiento por fricción con la salida de transferencia de par (38) cuando la leva (56) está en la primera posición.
10
10. El actuador de alta densidad (20) de cualquiera de las reivindicaciones 8 a 10, en donde la leva (56) está compuesta por dos superficies de rodamiento excéntricas (56a, 56b) descentradas una con respecto a la otra.
- 15 11. El actuador de alta densidad (20) de cualquiera de las reivindicaciones 1 a 10, en donde la salida de transferencia de par (38) es un tambor giratorio.
- 20 12. Un dispositivo ortopédico accionado (10), que comprende:
una estructura de soporte proximal (12) y distal (14) para el acoplamiento a una extremidad de un usuario; caracterizado porque incluye:

un actuador de alta densidad (20) de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 11 conectado operativamente a las estructuras de soporte proximal (12) y distal (14) para impartir movimiento a la extremidad del usuario;
25 en donde la carcasa (22) está conectada a la estructura de soporte proximal (12) y la salida de transferencia de par (38) está conectada a la estructura de soporte distal (14).

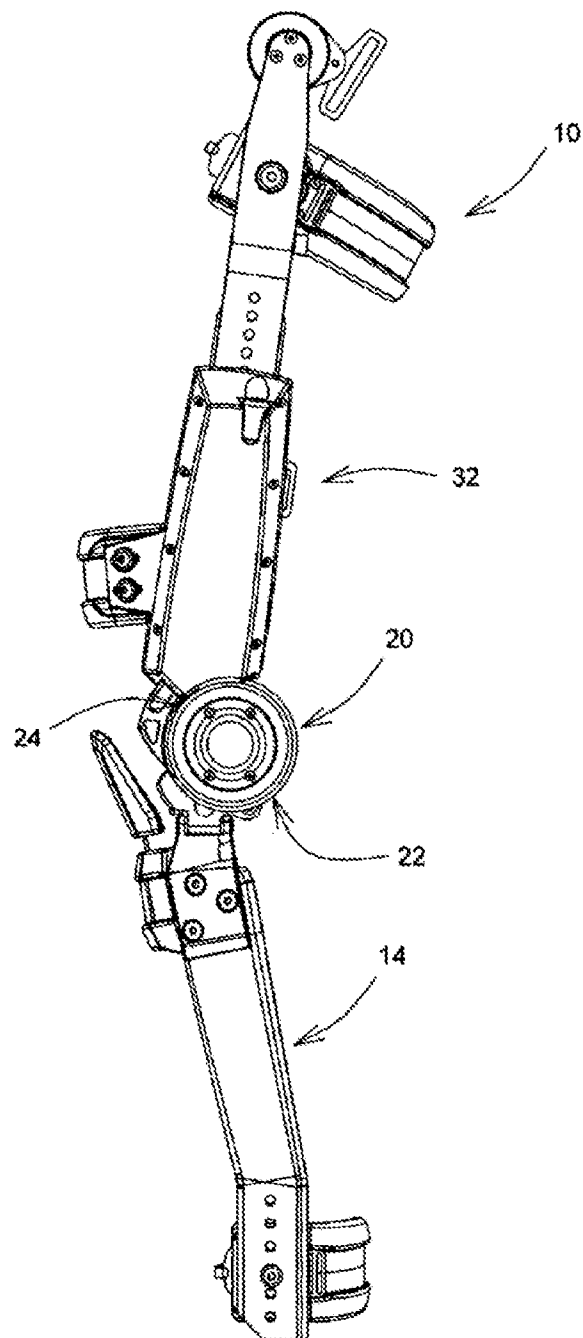


FIGURA 1

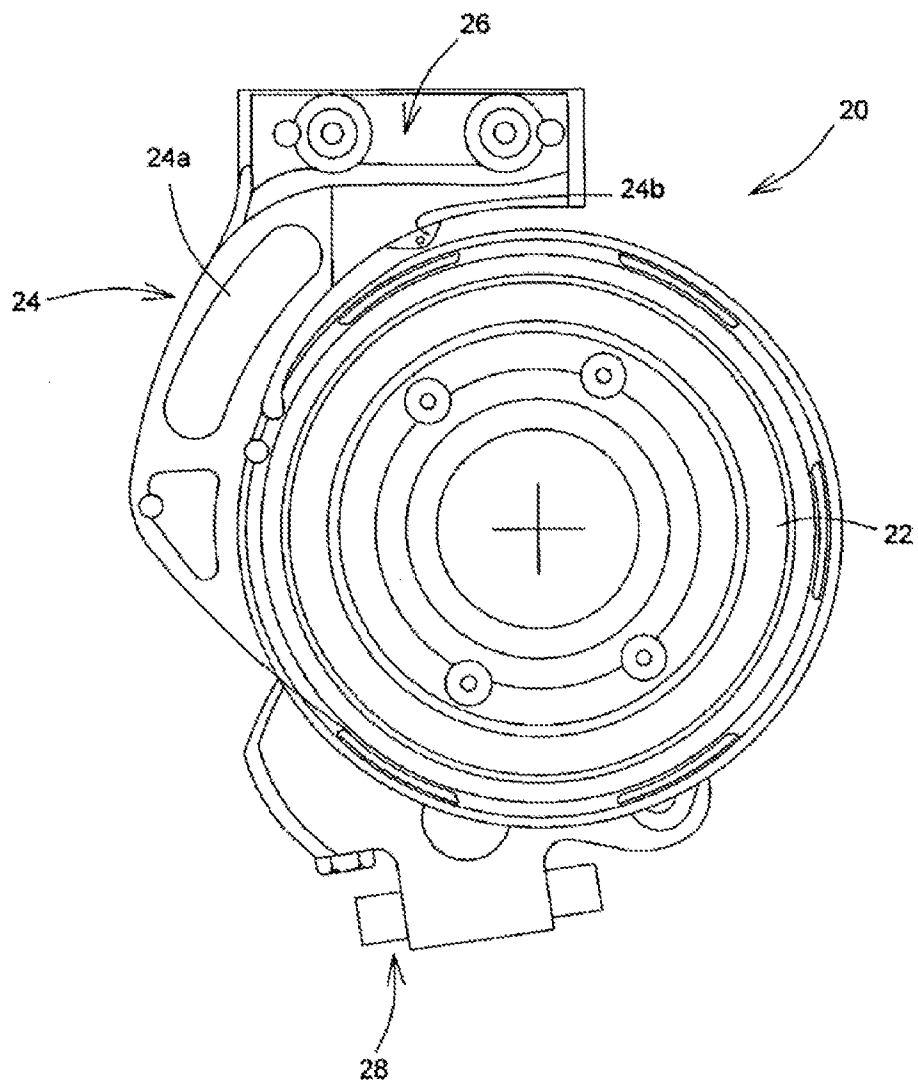


FIGURA 2

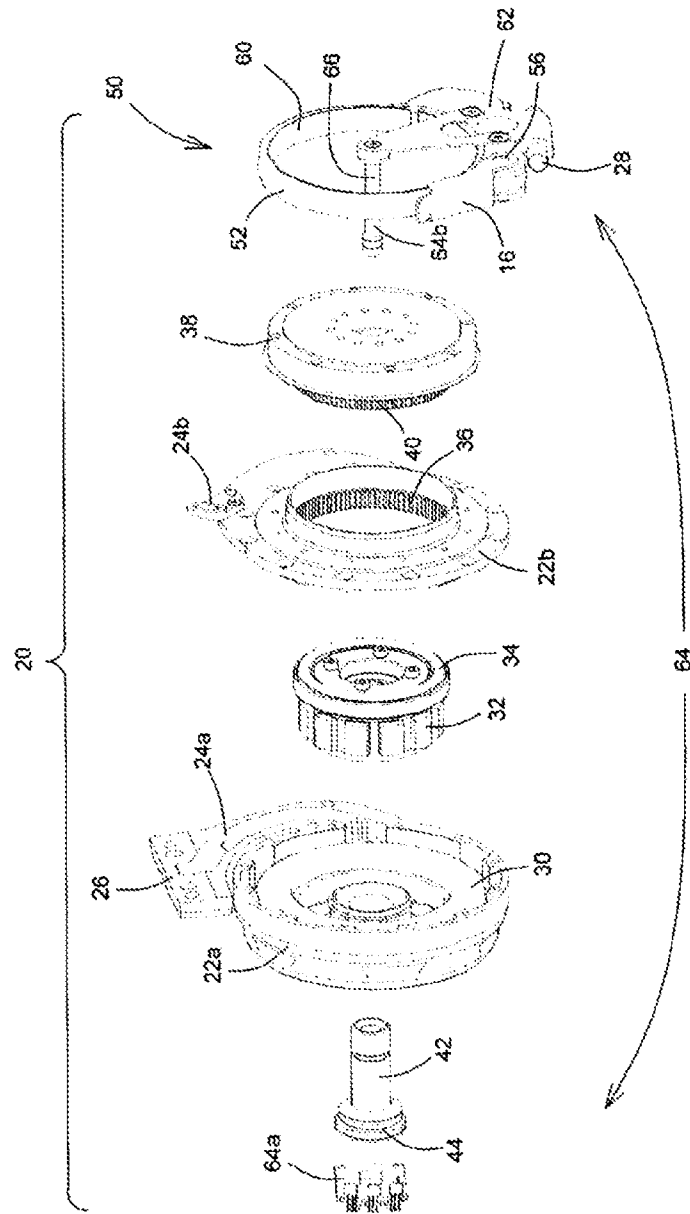


FIGURA 3

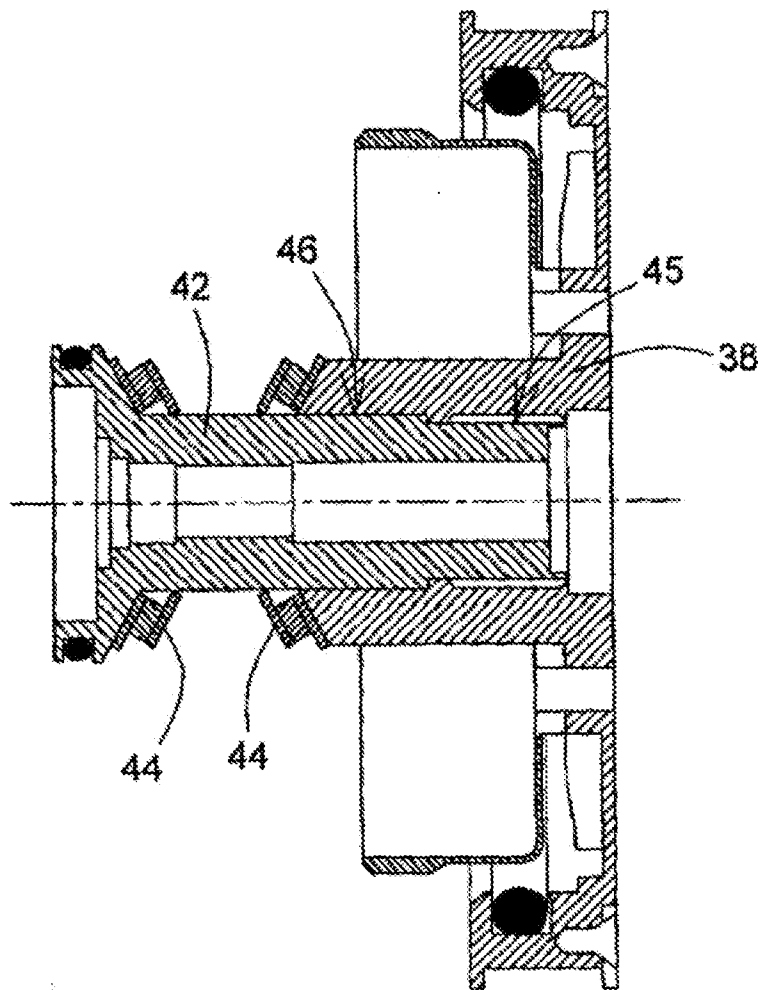


FIGURA 4

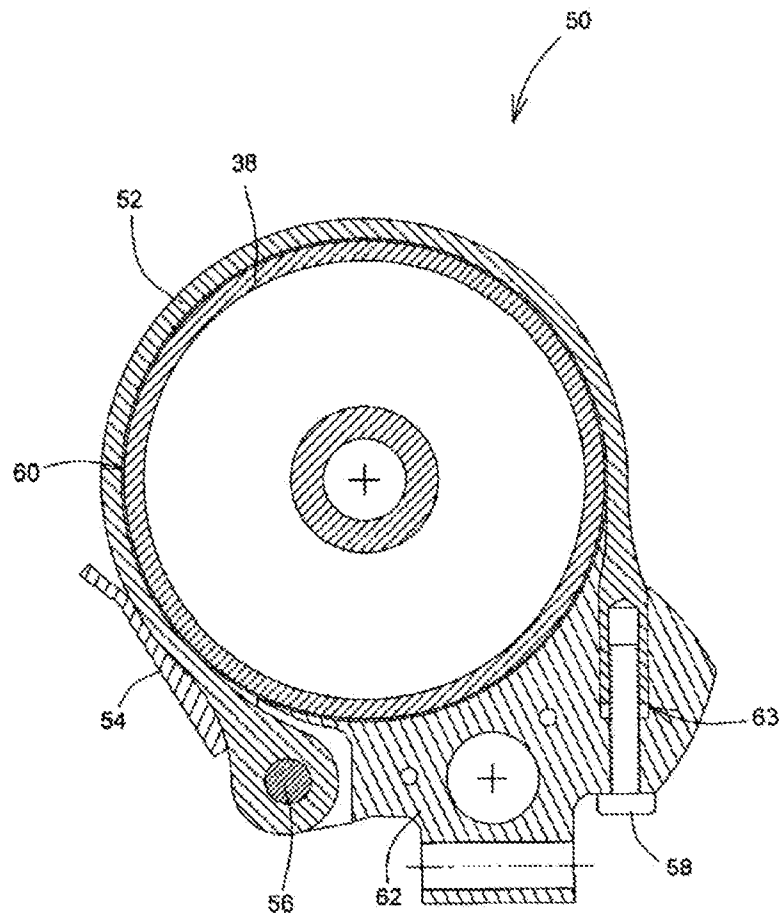


FIGURA 5

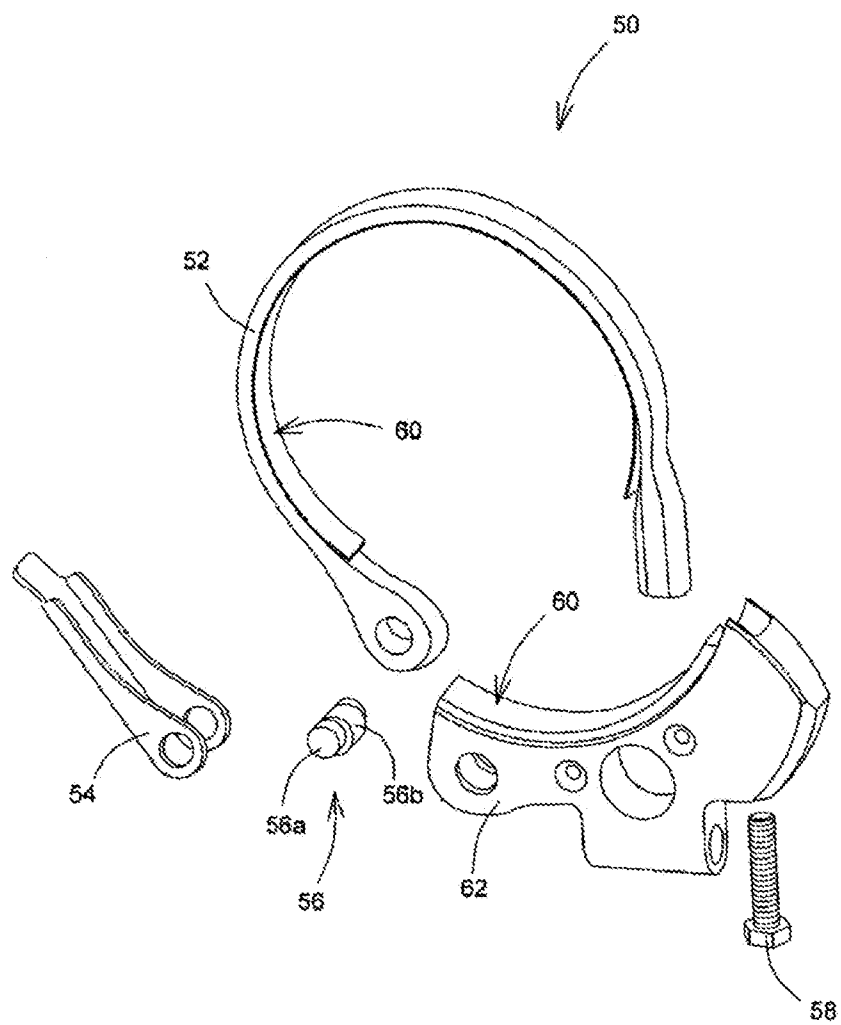


FIGURA 6