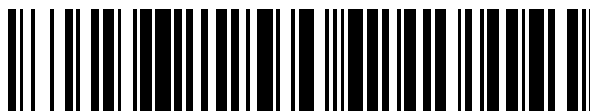


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 798 623**

51 Int. Cl.:

B60T 1/06 (2006.01)
B60T 1/12 (2006.01)
B60T 13/06 (2006.01)
F16D 63/00 (2006.01)
B60T 1/10 (2006.01)
F16D 61/00 (2006.01)
G01C 19/00 (2013.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **20.07.2016 PCT/EP2016/067256**
- 87 Fecha y número de publicación internacional: **25.01.2018 WO18014947**
- 96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **20.07.2016 E 16750637 (7)**
- 97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **18.03.2020 EP 3487731**

54 Título: **Dispositivo y método de freno giroscópico**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
11.12.2020

73 Titular/es:

**ERKE ERKE ARASTIRMALARI VE MÜHENDISLIK
A.S. (100.0%)
Halkali Merkez Mah. Basin Ekspres Yolu No. 5,
K:4-5 K.Cekmece
34303 Istanbul, TR**

72 Inventor/es:

ÖZTÜRK, MUSTAFA NACI

74 Agente/Representante:

ELZABURU, S.L.P

ES 2 798 623 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

Dispositivo y método de freno giroscópico

La presente invención se refiere a un dispositivo y un método de frenado, y se refiere particularmente pero no exclusivamente a un dispositivo y un método de frenado giroscópico. El documento NL 1019065 C1 describe un freno giroscópico de dos árboles con dos ejes de rotación.

Los sistemas de frenado son componentes fundamentales de los vehículos que se utilizan para reducir la velocidad de un vehículo o evitar aceleración indeseada del vehículo, por ejemplo al desplazarse cuesta abajo. En los sistemas de frenado convencionales, pastillas o zapatas de freno son presionadas contra un disco o tambor rotativo que se acopla a una rueda del vehículo. Esto provoca que se produzcan fuerzas de fricción en la superficie del disco o tambor correspondiente. Mediante estas fuerzas de fricción, la energía cinética del vehículo se convierte en energía térmica y por consiguiente reduce la energía cinética total del vehículo. Si bien estos sistemas de frenado convencionales son ampliamente utilizados en vehículos, tienen varias desventajas, en particular, las pastillas o zapatas de freno se desgastan a medida que se utilizan estos sistemas de frenado, y por consiguiente deben ser reemplazadas con regularidad. Además, a medida que las pastillas o zapatas de freno se desgastan, liberan partículas de polvo al aire ambiente, provocando contaminación y posibles problemas de salud para los individuos. Adicionalmente, la cantidad de energía térmica generada por estos sistemas no puede ser disipada ya que el calor provoca que la temperatura de las superficies de fricción aumente rápidamente. A medida que la temperatura aumenta por encima de un valor umbral, las prestaciones del sistema de frenado disminuyen drásticamente. Este problema es también conocido como pérdida de capacidad de frenado o "brake fade".

El recalentamiento de componentes de los sistemas de frenado durante su uso continuo es un problema potencial para los sistemas de frenado que convierten energía cinética en energía térmica. Con el objeto de abordar este problema en cierto grado, se pueden utilizar algunas técnicas aerodinámicas tales como ventilar el disco en un freno de disco o incorporar aletas de refrigeración en el tambor en un freno de tambor para incrementar la velocidad de enfriamiento de los sistemas de frenado. Alternativamente o adicionalmente, para sistemas aplicables, se puede proveer un sistema de refrigeración adicional con el objeto de retirar la producción de energía térmica de los componentes del sistema de frenado. Esto requiere incrementar la capacidad del sistema de refrigeración de un vehículo o instalar un sistema de refrigeración separado específicamente para el sistema de frenado. No obstante, ambas alternativas provocan un incremento en el coste del vehículo y también en el peso del vehículo que puede afectar de manera adversa a las prestaciones del vehículo. Adicionalmente, la cantidad de potencia de frenado continuo que puede ser obtenida a partir de estos sistemas de frenado está limitada por la cantidad de energía térmica que puede ser retirada del sistema de frenado, y por ende es limitada por la capacidad de refrigeración del aire y/o la capacidad del sistema de refrigeración externo utilizado.

Con el objeto de reducir la cantidad de energía térmica generada, se pueden utilizar sistemas de frenado regenerativos. Por ejemplo, en sistemas regenerativos eléctricos, parte de la energía cinética del vehículo es convertida en energía eléctrica mediante la utilización de generadores o motores eléctricos, y la energía obtenida se almacena en baterías o condensadores. No obstante, estos sistemas son complejos y requieren la instalación de generadores/motores eléctricos, y baterías/condensadores en el vehículo que incrementan tanto el coste como el peso del vehículo. Por otro lado, en sistemas de frenado regenerativos mecánicos con un volante de inercia, por otro lado, la energía cinética del vehículo se almacena directamente en el volante de inercia. No obstante, los volantes de inercia utilizados en tales sistemas son grandes y pesados, lo que puede afectar de manera adversa a la dinámica del vehículo. Además, independiente del tipo de sistema de frenado regenerativo utilizado, la cantidad de energía que se puede almacenar está limitada por la capacidad del medio de almacenamiento de energía, por ejemplo la capacidad las baterías/condensadores y la máxima velocidad de rotación segura del volante de inercia. Por consiguiente, no se consideran adecuados para uso continuo.

La presente invención entonces pretende abordar estos problemas.

De manera acorde, un objeto de la presente invención es proveer un dispositivo y un método de frenado mejorados para obtener una cantidad deseada de potencia de frenado continuo sin necesidad de convertir directamente energía cinética en energía térmica, lo que ayuda a reducir el calentamiento global y la contaminación ambiental.

Otro objeto de la presente invención es proveer un dispositivo y un método de frenado mejorados para proveer una cantidad deseada de potencia de frenado constante y continua.

Otro objeto de la presente invención es proveer un dispositivo y un método de frenado mejorados para producir sistemas de frenado con menos vibraciones.

Otro objeto de la presente invención es proveer un dispositivo y un método de frenado mejorados para producir sistemas de frenado económicos, duraderos y seguros.

En consecuencia, de acuerdo con un primer aspecto de la presente invención se provee un dispositivo de frenado que comprende: un cuerpo montado para rotación alrededor de un primer eje; medios para rotar el cuerpo alrededor del primer eje; un segundo eje; un tercer eje y un cuarto eje, estando configurado el dispositivo de frenado para permitir

al cuerpo rotar adicionalmente alrededor del segundo eje y del tercer eje, estando orientado el primer eje respecto del segundo eje en un ángulo alfa que es mayor de 0 grados, estando orientado el segundo eje con respecto al cuarto eje en un ángulo beta que es mayor de 0 grados y menor de 90 grados, siendo el tercer eje el eje de precesión alrededor del que ocurre la precesión del cuerpo como resultado de rotar el cuerpo alrededor del primer eje y aplicar par al cuerpo alrededor del segundo eje, en donde se permite al segundo eje rotar alrededor del cuarto eje independientemente de la rotación del cuerpo alrededor del segundo eje, y se permite al cuerpo rotar alrededor del segundo eje independientemente de la rotación del segundo eje alrededor del cuarto eje; medios para conectar una rotación que se desea frenar alrededor del cuarto eje al cuerpo para transmitir rotación y par al cuerpo alrededor del segundo eje; por lo que la rotación del cuerpo alrededor del primer eje y el par aplicado en el cuerpo alrededor del segundo eje en conjunto provocan que el cuerpo rote aún más alrededor del tercer eje, que el cuerpo rote alrededor del primer eje, el segundo eje y el tercer eje simultáneamente, la rotación del cuerpo alrededor del primer eje y la rotación del cuerpo alrededor del tercer eje en conjunto provocan que ocurra un par de frenado alrededor del segundo eje; obteniendo así un par de frenado contra la rotación que se desea frenar alrededor del cuarto eje.

Un aspecto de la invención es que la rotación del cuerpo alrededor del segundo eje y la rotación del cuerpo alrededor del tercer eje se observan como si el cuerpo rotara alrededor del cuarto eje, la rotación del cuerpo alrededor del primer eje y la rotación del cuerpo alrededor del tercer eje en conjunto provocan que ocurra un par de frenado alrededor del segundo eje; obteniendo así par de frenado contra la rotación que se desea frenar alrededor del cuarto eje.

El dispositivo de frenado puede proveer par de frenado continuo, preferiblemente constante, contra la rotación que se desea frenar alrededor del cuarto eje.

En el dispositivo de frenado, si el primer eje y el segundo eje intersecan, entonces el ángulo alfa se define como el ángulo agudo (o ángulo recto si el primer eje y el segundo eje son perpendiculares) entre los ejes primero y segundo. Si el primer eje y el segundo eje no intersecan, el ángulo alfa se define como el ángulo agudo o recto entre los ejes primero y segundo cuando se ven a lo largo de la dirección de la línea más corta que une los ejes primero y segundo. Una forma alternativa de expresar esta relación geométrica es considerar un punto del primer eje y considerar una línea imaginaria que pasa a través de este punto y que es paralela al segundo eje. El ángulo alfa se define entonces como el ángulo agudo o recto en el que el primer eje interseca esta línea imaginaria. Si los ejes primero y segundo son paralelos o coincidentes, entonces el ángulo alfa es de 0 grados. Si los ejes primero y segundo son perpendiculares, entonces el ángulo alfa es de 90 grados. Por consiguiente, el valor mínimo del ángulo alfa es de 0 grados y el valor máximo del ángulo alfa es de 90 grados.

En el dispositivo de frenado, si el segundo eje y el cuarto eje intersecan, entonces el ángulo beta se define como el ángulo agudo (o el ángulo recto si el segundo eje y el cuarto eje son perpendiculares) entre los ejes segundo y cuarto. Si el segundo eje y el cuarto eje no intersecan, el ángulo beta se define como el ángulo agudo o recto entre los ejes segundo y cuarto cuando se ven a lo largo de la dirección de la línea más corta que une los ejes segundo y cuarto. Una forma alternativa de expresar esta relación geométrica es considerar un punto del segundo eje y considerar una línea imaginaria que pasa a través de este punto y que es paralela al cuarto eje. El ángulo beta se define entonces como el ángulo agudo o recto en el que el segundo eje interseca esta línea imaginaria. Si los ejes segundo y cuarto son paralelos o coincidentes, entonces el ángulo beta es de 0 grados. Si los ejes segundo y cuarto son perpendiculares, entonces el ángulo beta es de 90 grados. Por consiguiente, el valor mínimo del ángulo beta es de 0 grados y el valor máximo del ángulo beta es de 90 grados.

Con el objeto de obtener par de frenado en el dispositivo de frenado, el ángulo alfa deberá ser mayor de 0 grados, y el ángulo beta deberá ser mayor de 0 grados y menor de 90 grados.

El dispositivo de frenado puede comprender una cuna interior, una cuna intermedia y un bastidor.

En el dispositivo de frenado, se permite al segundo eje rotar alrededor del cuarto eje independientemente de la rotación del cuerpo alrededor del segundo eje, y se permite al cuerpo rotar alrededor del segundo eje independientemente de la rotación del segundo eje alrededor del cuarto eje. Esto significa que si el cuerpo está inicialmente estacionario, entonces la rotación del segundo eje alrededor del cuarto eje no debería provocar rotación del cuerpo alrededor del segundo eje con respecto al bastidor del dispositivo de frenado, esto es con respecto a un bastidor de referencia unido al bastidor del dispositivo de frenado, y la rotación del cuerpo alrededor del segundo eje con respecto al bastidor del dispositivo de frenado no debería provocar rotación del segundo eje alrededor del cuarto eje. Esto también significa adicionalmente que si el cuerpo está inicialmente estacionario, entonces la rotación del segundo eje alrededor del cuarto eje no debería provocar rotación del cuerpo alrededor del cuarto eje, y la rotación del cuerpo alrededor del segundo eje no debería provocar rotación del cuerpo alrededor del cuarto eje.

El dispositivo de frenado debería satisfacer las siguientes dos características: (i) si el cuerpo está inicialmente estacionario, entonces la rotación de los medios para conectar una rotación que se desea frenar alrededor del cuarto eje al cuerpo para transmitir rotación y par al cuerpo alrededor del segundo eje provocan que el cuerpo rote únicamente alrededor del segundo eje, es decir, no provoca que el cuerpo rote alrededor del cuarto eje ni provoca que el segundo eje rote alrededor del cuarto eje; y (ii) se permite al segundo eje rotar alrededor del cuarto eje (obsérvese que esta puede ser también una rotación limitada) incluso si los medios para conectar una rotación, que se desea frenar alrededor del cuarto eje, al cuerpo para transmitir rotación y par al cuerpo alrededor del segundo eje se mantienen

estacionarios.

5 El cuerpo puede tener una libertad de rotación limitada alrededor del tercer eje. Por ejemplo, si el cuerpo tiene una libertad de rotación alrededor de un eje x que forma un ángulo agudo (que es menor de 90 grados) con el tercer eje (dicho de otra forma, si el vector a lo largo del eje x tiene una componente en el tercer eje), entonces el cuerpo tiene una libertad de rotación limitada alrededor del tercer eje, lo que significa que se permite al cuerpo rotar alrededor del tercer eje.

10 El dispositivo de frenado puede comprender una cuna exterior en donde el cuerpo se monta para rotación alrededor del primer eje dentro de la cuna interior, la cuna interior se monta para rotación alrededor del segundo eje dentro de la cuna intermedia, la cuna intermedia se monta para rotación alrededor de un quinto eje dentro de la cuna exterior, y la cuna exterior se monta para rotación alrededor de un sexto eje dentro del bastidor.

15 El dispositivo de frenado puede comprender medios para impedir la rotación de la cuna intermedia alrededor del segundo eje en donde el cuerpo se monta para rotación alrededor del primer eje dentro de la cuna interior, la cuna interior se monta para rotación alrededor del segundo eje dentro de la cuna intermedia, la cuna intermedia se monta para un movimiento esférico dentro del bastidor, y se previene la rotación de la cuna intermedia alrededor del segundo eje.

El dispositivo de frenado puede comprender medios de cojinetes de fluido que soportan la cuna intermedia para un movimiento esférico dentro del bastidor.

20 El dispositivo de frenado puede comprender una cuna más interior en donde el cuerpo se monta para rotación alrededor del primer eje dentro de la cuna más interior, la cuna más interior se monta para rotación alrededor de un séptimo eje dentro de la cuna interior, y la rotación de la cuna más interior alrededor del séptimo eje provoca un cambio del ángulo alfa.

El dispositivo de frenado puede comprender medios de cojinetes de fluido para soportar uno o más de: el cuerpo, la cuna más interior, la cuna interior, la cuna intermedia y la cuna exterior.

25 La magnitud del par de frenado se puede ajustar mediante el ajuste del ángulo alfa. Mientras se mantienen fijos los demás parámetros, si el ángulo alfa se establece en 0 grados entonces la magnitud del par de frenado será 0, lo que es decir que no existe par de frenado. La magnitud del par de frenado aumenta a medida que aumenta el ángulo alfa. La magnitud del par de frenado es máxima si el ángulo alfa se establece en 90 grados.

El dispositivo de frenado puede comprender medios para controlar el ángulo alfa. Los medios para controlar el ángulo alfa pueden comprender medios para rotar la cuna más interior alrededor del séptimo eje.

30 Durante el funcionamiento del dispositivo de frenado, el cuerpo puede adicionalmente rotar en la dirección de incremento del ángulo beta. Con el objeto de evitar esta rotación, el dispositivo de frenado puede comprender medios para controlar el ángulo beta. Los medios para controlar el ángulo beta pueden comprender medios para limitar el movimiento del segundo eje tal que el ángulo beta sea constante en un valor seleccionado, y se permite al segundo eje rotar alrededor del cuarto eje. Los medios para limitar el movimiento del segundo eje pueden comprender medios actuadores para ajustar el ángulo beta.

Mientras se mantienen fijos los otros parámetros, si el ángulo beta se establece en 0 grados o en 90 grados entonces la magnitud del par de frenado se vuelve 0, lo que es decir que el par de frenado no existe.

40 Los medios para conectar una rotación que se desea frenar alrededor del cuarto eje al cuerpo para transmitir rotación y par al cuerpo alrededor del segundo eje pueden comprender medios de conexión rotativos, los medios de conexión rotativos se montan para rotación alrededor del cuarto eje, los medios de conexión rotativos se acoplan a la rotación que se desea frenar alrededor del cuarto eje, y los medios de conexión rotativos se estructuran para aplicar par al cuerpo alrededor del segundo eje cuando los medios de conexión rotativos son rotados alrededor del cuarto eje.

45 Los medios de conexión rotativos pueden ser estructurados para aplicar par a una estructura de soporte del cuerpo alrededor del segundo eje a través de contacto cuando los medios de conexión rotativos son rotados alrededor del cuarto eje. En otras palabras, los medios de conexión rotativos pueden ser estructurados para aplicar par al cuerpo alrededor del segundo eje a través de una estructura de soporte del cuerpo en donde los medios de conexión rotativos están en contacto con la estructura de soporte para aplicar par a la estructura de soporte alrededor del segundo eje. La estructura de soporte puede ser la cuna interior o la cuna más interior o cualquier otra estructura/cuna adecuada que soporte el cuerpo.

50 Las fuerzas de fricción que ocurren en las superficies de contacto de los medios de conexión rotativos y la estructura a través de la que los medios de conexión rotativos aplican par al cuerpo pueden impedir que el cuerpo adopte la posición que el cuerpo adoptaría si no existieran fuerzas de fricción. Esto puede provocar una reducción en la magnitud del par de frenado. Si la magnitud de las fuerzas de fricción es alta, estas fuerzas de fricción pueden incluso provocar que los medios de conexión rotativos apliquen par al cuerpo alrededor del cuarto eje en lugar del segundo eje, lo que evita que se produzca par de frenado. Por consiguiente, los medios de conexión rotativos pueden comprender medios

5 para reducir el efecto de las fuerzas de fricción que ocurren en las superficies de contacto de los medios de conexión rotativos y la estructura a través de la que los medios de conexión rotativos aplican par al cuerpo. Los medios para reducir el efecto de las fuerzas de fricción pueden comprender uno o más actuadores que se montan en los medios de conexión rotativos y se disponen para aplicar fuerza a la estructura a través de la que los medios de conexión rotativos aplican par al cuerpo con el objeto de reducir el efecto de las fuerzas de fricción.

10 Los medios de conexión rotativos pueden aplicar par al cuerpo alrededor del segundo eje mediante la aplicación de fuerza a la estructura a través de la que los medios de conexión rotativos aplican par al cuerpo en un único punto o en dos puntos diferentes que se ubican a una distancia del segundo eje. Si hay dos puntos de aplicación de fuerza, los medios de conexión rotativos pueden comprender medios para distribuir fuerza entre los dos puntos de aplicación de fuerza de los medios de conexión rotativos para reducir la magnitud de la fuerza resultante en el centro de masa del cuerpo. Los medios para distribuir fuerza entre los dos puntos de aplicación de fuerza de los medios de conexión rotativos pueden comprender dos cilindros, los cilindros se montan en los medios de conexión rotativos para aplicar fuerza a la estructura a través de la que los medios de conexión rotativos aplican par al cuerpo, las cámaras inferiores de los cilindros se interconectan en un bucle cerrado, y las fuerzas aplicadas por los dos cilindros son iguales. La estructura a través de la que los medios de conexión rotativos aplican par al cuerpo puede ser la cuna interior o la cuna más interior. La estructura a través de la que los medios de conexión rotativos aplican par al cuerpo también puede ser una estructura de soporte del cuerpo.

20 Los medios para conectar una rotación que se desea frenar alrededor del cuarto eje al cuerpo para transmitir rotación y par al cuerpo alrededor del segundo eje pueden comprender una fuente de potencia motriz en donde la parte de estator de la fuente de potencia motriz se acopla rígidamente a la cuna intermedia y la parte de rotor de la fuente de potencia motriz se acopla rígidamente a la cuna interior, la potencia requerida por la fuente de potencia motriz es provista por la rotación que se desea frenar por lo que se previene la rotación de la parte de estator de la fuente de potencia motriz alrededor del segundo eje, y la fuente de potencia motriz aplica par al cuerpo alrededor del segundo eje. Alternativamente, la parte de rotor de la fuente de potencia motriz se puede acoplar rígidamente a la cuna intermedia y la parte de estator de la fuente de potencia motriz se puede acoplar rígidamente a la cuna interior.

25 La magnitud del par de frenado se puede ajustar mediante el ajuste de la velocidad de rotación del cuerpo alrededor del segundo eje. Manteniendo fijos los demás parámetros, si aumenta la velocidad de rotación del cuerpo alrededor del segundo eje entonces también aumenta la magnitud del par de frenado. Si disminuye la velocidad de rotación del cuerpo alrededor del segundo eje entonces también disminuye la magnitud del par de frenado.

30 El dispositivo de frenado puede comprender medios para controlar la relación de la velocidad de rotación que se desea frenar a la velocidad de rotación del cuerpo alrededor del segundo eje.

35 Los medios para controlar la relación de la velocidad de rotación que se desea frenar a la velocidad de rotación del cuerpo alrededor del segundo eje pueden comprender medios de transmisión tales que la rotación que se desea frenar se acople al árbol de entrada de los medios de transmisión, y los medios para conectar una rotación que se desea frenar alrededor del cuarto eje al cuerpo para transmitir rotación y par al cuerpo alrededor del segundo eje se acopla al árbol de salida de los medios de transmisión.

Los medios para rotar el cuerpo alrededor del primer eje pueden comprender uno o más de: un motor eléctrico; un motor hidráulico; y un motor neumático.

40 El cuerpo también puede ser rotado alrededor del primer eje mediante fluido presurizado. Para ello, el cuerpo puede comprender una o más palas. Los medios para rotar el cuerpo alrededor del primer eje pueden comprender medios para bombear fluido, y medios para proyectar fluido sobre las palas del cuerpo para rotar el cuerpo alrededor del primer eje. Alternativamente o adicionalmente, el cuerpo puede comprender uno o más tubos o canales para fluidos. Los medios para rotar el cuerpo alrededor del primer eje pueden comprender medios para bombear fluido hacia uno o más tubos o canales para fluidos del cuerpo tal que a medida que el fluido sale por las boquillas de los tubos o canales, el cuerpo es rotado alrededor del primer eje como resultado de la reacción del fluido.

45 La potencia requerida por los medios para rotar el cuerpo alrededor del primer eje puede ser provista por la rotación que se desea frenar. Para este objeto, se puede proveer un generador eléctrico y/o una bomba de fluidos que se acopla con la rotación que se desea frenar. Alternativamente, los medios para rotar el cuerpo alrededor del primer eje pueden comprender medios de acoplamiento mecánico para acoplar la rotación del cuerpo alrededor del segundo eje a la rotación del cuerpo alrededor del primer eje por lo que cuando el cuerpo es rotado alrededor del segundo eje, el cuerpo rota alrededor del primer eje. En este caso, los medios de acoplamiento mecánico pueden comprender medios de transmisión para cambiar la velocidad de rotación del cuerpo alrededor del primer eje.

50 La magnitud del par de frenado se puede ajustar mediante el ajuste de la velocidad de rotación del cuerpo alrededor del primer eje. Cuando aumenta la velocidad de rotación del cuerpo alrededor del primer eje, también aumenta la magnitud del par de frenado. Cuando disminuye la velocidad de rotación del cuerpo alrededor del primer eje, también disminuye la magnitud del par de frenado.

55 El dispositivo de frenado puede comprender medios para controlar los medios para rotar el cuerpo alrededor del primer eje para controlar la velocidad de rotación del cuerpo alrededor del primer eje.

- 5 El dispositivo de frenado puede comprender uno o más sensores para medir valores de uno o más de los siguientes parámetros: la velocidad de rotación del cuerpo alrededor del primer eje; la velocidad de rotación de los medios para conectar una rotación que se desea frenar alrededor del cuarto eje al cuerpo para transmitir rotación y par al cuerpo alrededor del segundo eje; el ángulo alfa; el ángulo beta; la magnitud del par de frenado; la velocidad de la rotación que se desea frenar.
- 10 El dispositivo de frenado puede comprender un controlador con una unidad de control automático que controla uno o más de: la velocidad de rotación del cuerpo alrededor del primer eje; el ángulo alfa; el ángulo beta; y la relación de la velocidad de rotación que se desea frenar a la velocidad de rotación del cuerpo alrededor del segundo eje.
- 15 El dispositivo de frenado puede comprender medios para controlar la magnitud del par de frenado. La magnitud del par de frenado puede ser controlada mediante el control de una o más de: la velocidad de rotación del cuerpo alrededor del primer eje; el ángulo alfa; y la relación de la velocidad de rotación que se desea frenar a la velocidad de rotación del cuerpo alrededor del segundo eje.
- Mientras el cuerpo está rotando alrededor del primer eje, si el par de frenado no es necesario, entonces el ángulo alfa puede ser establecido en 0 grados con el objeto de retirar el par de frenado. No obstante, con el objeto de reducir las magnitudes de las fuerzas internas que ocurren dentro del dispositivo de frenado el dispositivo de frenado puede comprender medios para mover el cuerpo a una posición en donde el primer eje y el cuarto eje son paralelos o coincidentes cuando no se necesita par de frenado por lo que se reducen las magnitudes de las fuerzas internas que ocurren dentro del dispositivo de frenado. Los medios para mover el cuerpo a una posición en donde el primer eje y el cuarto eje son paralelos o coincidentes pueden establecer ambos ángulos alfa y beta a 0 grados.
- 20 El ángulo alfa puede ser establecido en 90 grados.
- El centro de masa del cuerpo puede estar en el cuarto eje. El primer eje, el segundo eje, el tercer eje y el cuarto eje pueden intersectar en el centro de masa del cuerpo. Cada uno del primer eje, el segundo eje y el tercer eje puede ser perpendicular a los otros dos ejes.
- 25 El cuerpo se puede hacer de un material con un módulo de elasticidad que excede 70 Gpa, por ejemplo una aleación rígida o acero. El cuerpo puede ser cilíndricamente simétrico. El momento de inercia del cuerpo alrededor del primer eje por unidad de masa puede ser mayor o igual a $(2/5) * R^2$ en donde R es el radio de la esfera mínima que encapsula el cuerpo, es decir, la menor esfera que contiene el cuerpo. El cuerpo puede comprender un buje, una red y un borde en forma de anillo.
- 30 Con tal dispositivo de frenado, es posible que se produzcan vibraciones indeseadas debido a fuerzas internas desequilibradas en el dispositivo de frenado. Este problema puede ser resuelto montando el dispositivo de frenado en una plataforma o chasis de un vehículo utilizando montantes de motor adecuados. Alternativamente o adicionalmente, el dispositivo de frenado puede comprender una o más masas de contrapeso montadas para rotación alrededor del cuarto eje. Aún otra opción, que se podría utilizar sola o en conjunto con una o más de las soluciones anteriores, sería proveer una pluralidad de tales dispositivos de frenado que se montan juntos para equilibrar las fuerzas internas.
- 35 En consecuencia, la presente invención puede extenderse a un conjunto de dos o más dispositivos de frenado del tipo anteriormente mencionado, en combinación con medios para distribuir la rotación que se desea frenar a cada dispositivo de frenado con el objeto de rotar cada uno de los medios para conectar una rotación que se desea frenar alrededor del cuarto eje al cuerpo para transmitir rotación y par al cuerpo alrededor del segundo eje a la misma velocidad de rotación pero a diferentes ángulos de fase respectivos en donde se reducen las magnitudes de las fuerzas desequilibradas en el conjunto por lo que se reducen las vibraciones que ocurren en el conjunto y la magnitud del par de frenado provisto por el conjunto es la suma de los pares de frenado provistos por cada uno de los dispositivos de frenado en el conjunto.
- 40 El dispositivo de frenado se puede utilizar para frenar cualquier rotación sin convertir directamente energía cinética en energía térmica. El dispositivo de frenado no disipa calor durante el proceso de frenado más allá del calor disipado como resultado de las fuerzas de fricción.
- 45 De acuerdo con un segundo aspecto de la presente invención se provee un método para generar par de frenado en un dispositivo de frenado que comprende un primer eje, un segundo eje y un tercer eje, comprendiendo el método: montar un cuerpo para rotación alrededor del primer eje, el segundo eje y el tercer eje; rotar el cuerpo alrededor del primer eje; el dispositivo de frenado comprende adicionalmente un cuarto eje, estando orientado el primer eje respecto del segundo eje en un ángulo alfa que es mayor de 0 grados, estando el segundo eje orientado respecto del cuarto eje en un ángulo beta que es mayor de 0 grados y menor de 90 grados, siendo el tercer eje el eje de precesión alrededor del que ocurre la precesión del cuerpo como resultado de rotar el cuerpo alrededor del primer eje y aplicar par al cuerpo alrededor del segundo eje, en donde se permite al segundo eje rotar alrededor del cuarto eje independientemente de la rotación del cuerpo alrededor del segundo eje; y se permite al cuerpo rotar alrededor del segundo eje independientemente de la rotación del segundo eje alrededor del cuarto eje; conectar una rotación que se desea frenar al cuarto eje para transmitir rotación y par al cuerpo alrededor del segundo eje; por lo que la rotación del cuerpo alrededor del primer eje y el par aplicado al cuerpo alrededor del segundo eje en conjunto provocan que el cuerpo rote adicionalmente alrededor del tercer eje, el cuerpo rote alrededor del primer eje, el segundo eje y el tercer

eje simultáneamente, no obstante, la rotación del cuerpo alrededor del segundo eje y la rotación del cuerpo alrededor del tercer eje se observan como si el cuerpo rotara alrededor del cuarto eje, la rotación del cuerpo alrededor del primer eje y la rotación del cuerpo alrededor del tercer eje en conjunto provocan que ocurra un par de frenado alrededor del segundo eje; obteniendo así un par de frenado contra la rotación que se desea frenar alrededor del cuarto eje.

5 El método puede comprender ajustar la magnitud del par de frenado.

La etapa de ajustar la magnitud del par de frenado puede comprender ajustar uno o más de: la velocidad de rotación del cuerpo alrededor del primer eje; el ángulo alfa; y la relación de la velocidad de rotación que se desea frenar a la velocidad de rotación del cuerpo alrededor del segundo eje.

10 El método puede comprender retirar el par de frenado cuando no se necesita par de frenado. La etapa de retirar el par de frenado puede comprender mover el cuerpo a una posición en donde el primer eje y el cuarto eje son paralelos o coincidentes. La etapa de retirar el par de frenado puede comprender desconectar la rotación que se desea frenar del cuerpo. La etapa de retirar el par de frenado puede comprender ajustar el ángulo alfa y/o el ángulo beta a 0 grados. La etapa de retirar el par de frenado puede comprender frenar la rotación del cuerpo alrededor del primer eje.

15 En el método, se puede proveer un par de frenado continuo, preferiblemente constante contra la rotación que se desea frenar alrededor del cuarto eje.

20 Las reivindicaciones principales se estructuran en un preámbulo y una parte caracterizadora. La estructura es para un mayor entendimiento de la materia de las reivindicaciones. La distribución de las características en el preámbulo y en la parte caracterizadora no implica que todas las características del preámbulo sean conocidas y que todas las características de la parte caracterizadora sean novedosas, o viceversa. El valor de las características de las reivindicaciones es independiente de si están en el preámbulo o en la parte caracterizadora.

El objeto de las referencias en las reivindicaciones es mejorar el entendimiento de las reivindicaciones. Las mismas no limitan el alcance de las reivindicaciones pero si afectan a su claridad y permiten que las mismas sean expresadas de manera más concisa de lo que sería de otra manera.

25 Estas, además de características, aspectos y ventajas adicionales de la invención serán mejor apreciadas mediante la lectura de la descripción detallada de realizaciones de ejemplo preferidas a continuación, tomadas en conjunto con las dibujos que las acompañan, en donde:

La Figura 1 es una vista esquemática del dispositivo de frenado de acuerdo con una primera realización de la invención;

30 La Figura 2 es una vista esquemática en sección transversal parcial del dispositivo de frenado de acuerdo con la primera realización de la invención;

La Figura 3 es un diagrama que ilustra una orientación de ejemplo de los ejes primero, segundo, tercero y cuarto, la línea normal del plano que contiene el segundo eje y el cuarto eje, los ángulos alfa, beta y zeta;

La Figura 4 ilustra una ubicación de ejemplo de los tubos en el árbol de rotación del cuerpo de acuerdo con una realización de los medios para rotar el cuerpo alrededor del primer eje;

35 La Figura 5 muestra una realización de los medios para impedir la rotación de la cuna intermedia alrededor del segundo eje de acuerdo con una segunda realización de la invención;

La Figura 6 muestra una realización de la cuna más interior y una realización de los medios para rotar la cuna más interior de acuerdo a una tercera realización de la invención;

40 La Figura 7 muestra una realización de los medios para reducir el efecto de las fuerzas de fricción y una realización de los medios para distribuir fuerza entre los dos puntos de aplicación de fuerza de los medios de conexión rotativos;

La Figura 8 es una vista detallada de la Figura 7.

La Figura 9 muestra una realización de los medios de conexión rotativos.

La Figura 10 muestra una realización de los medios para conectar una rotación que se desea frenar alrededor del cuarto eje al cuerpo para transmitir rotación y par al cuerpo alrededor del segundo eje;

45 La Figura 11 ilustra un ejemplo de colocación de palas y boquillas de acuerdo con una realización de los medios para rotar el cuerpo alrededor del primer eje;

La Figura 12 muestra una realización de los medios para rotar el cuerpo alrededor del primer eje;

La Figura 13 muestra una realización de un conjunto de dispositivos de frenado; y

La Figura 14 es un diagrama que ilustra las orientaciones relativas de los cuerpos en una realización de un conjunto

de dispositivos de frenado en un instante específico.

La presente invención no se limita a las realizaciones de ejemplo preferidas actualmente descritas a continuación, y se pueden realizar modificaciones apropiadas sin cambiar la esencia de la invención.

5 Haciendo referencia a la Figura 1 y la Figura 2, un dispositivo de frenado 1 de acuerdo con una primera realización de la invención comprende un cuerpo 2 en forma de rueda cilíndrica sólida que se monta coaxialmente en un árbol de rotación 3 para rotar en el mismo alrededor de un primer eje 101. El árbol de rotación 3 se monta dentro de una cuna interior 4 por medio de cojinetes interiores 5. La cuna interior 4 se monta para rotación alrededor de un segundo eje 102 dentro de una cuna intermedia 6 por medio de cojinetes intermedios 7. La cuna intermedia 6 se monta para rotación alrededor de un quinto eje 105 dentro de la cuna exterior 8 por medio de cojinetes exteriores 9, y la cuna exterior 8, a su vez, se monta para rotación alrededor de un sexto eje 106 dentro de un bastidor 10 por medio de cojinetes de bastidor 11. El tipo de los cojinetes en el dispositivo de frenado 1 pueden ser del tipo de rodamiento de fluido. El fluido puede comprender fluidos líquidos y/o gaseosos.

15 El dispositivo de frenado 1 se utiliza para frenar una rotación que se desea frenar alrededor del cuarto eje 104. El cuarto eje 104 puede estar en cualquier orientación deseada. El segundo eje 102 se orienta con respecto al cuarto eje 104 en un ángulo beta β . El primer eje 101 se orienta con respecto al segundo eje 102 en un ángulo alfa α . El sexto eje 106 es sustancialmente perpendicular al cuarto eje 104, y el quinto eje 105 es sustancialmente perpendicular al sexto eje 106. Con el objeto de obtener un par de frenado, el ángulo alfa α deberá ser establecido en un valor mayor de 0 grados y el ángulo beta β deberá ser establecido en un valor mayor de 0 grados y menor de 90 grados. El tercer eje 103 se define como el eje de precesión alrededor del que ocurre la precesión del cuerpo 2 como resultado de rotar el cuerpo 2 alrededor del primer eje 101 y aplicar par al cuerpo 2 alrededor del segundo eje 102. En otras palabras, mientras el cuerpo 2 está siendo rotado alrededor del primer eje 101, si se aplica par al cuerpo 2 alrededor del segundo eje 102, el cuerpo 2 comenzará a precesar alrededor del tercer eje 103, es decir el primer eje 101 comienza a rotar alrededor del tercer eje 103. El tercer eje 103 es perpendicular tanto al primer eje 101 como al segundo eje 102. El primer eje 101, el segundo eje 102, el tercer eje 103 y el cuarto eje 104 sustancialmente intersecan el centro de masa del cuerpo 2. Una orientación de ejemplo de los ejes se puede apreciar en la Figura 4.

25 Como el par de frenado no existe cuando el ángulo beta β es de 0 grados o 90 grados, los valores del ángulo beta β que son cercanos a 0 grados o 90 grados pueden provocar una reducción en la magnitud del par de frenado, por consiguiente estos valores pueden no ser preferidos.

30 La fortaleza del cuerpo 2 y la distribución de la densidad del cuerpo 2 pueden afectar a la magnitud del efecto del par de frenado. La forma del cuerpo 2 puede ser diferente de una rueda sólida cilíndrica. El cuerpo 2 puede comprender un buje, una red y un borde con forma de anillo. La forma del cuerpo 2 puede ser tal que el momento de inercia del cuerpo 2 alrededor del primer eje 101 por unidad de masa sea mayor que o igual a $(2/5) * R^2$ donde R es el radio de la mínima esfera que encapsula el cuerpo 2. La mínima esfera encapsuladora se define como la esfera más pequeña que contiene al cuerpo 2. El cuerpo 2 también se puede hacer de un material con un módulo de elasticidad que supere 70 GPa. El primer eje 101 se puede orientar con respecto al cuerpo 2 tal que el momento de inercia del cuerpo 2 alrededor del primer eje 101 se maximiza sustancialmente.

40 El cuerpo 2 es rotado alrededor del primer eje 101 por medio de fluido presurizado. Para esto, el cuerpo 2 comprende uno o más tubos de fluido 12 montados en el árbol de rotación 3 de manera directamente radial hacia fuera desde el centro del árbol de rotación 3. Adicionalmente, el dispositivo de frenado 1 comprende una bomba de fluido 14, y medios (no mostrados) para llevar fluido presurizado a los tubos 12 montados en el árbol de rotación 3. Un canal de fluido se ubica dentro del árbol de rotación 3. El fluido que entra a este canal se indica por las flechas dispuestas axialmente como se muestra en la Figura 4. Los medios (no mostrados) para llevar fluido presurizado a los tubos 12 pueden comprender uno o más de: tubos, cañerías, mangueras, canales y juntas rotativas. La potencia requerida por la bomba de fluido 14 puede ser provista por un suministro de energía externo o por la rotación que se desea frenar. Las boquillas de los tubos 12 se orientan para que salga fluido presurizado a través de las boquillas, la reacción del fluido aplica par al cuerpo 2 para rotar el cuerpo 2 alrededor del primer eje 101. Para incrementar la magnitud del par aplicado al cuerpo 2 alrededor del primer eje 101, se prefiere que las boquillas estén orientadas tangenciales a la dirección del cuerpo 2. La magnitud del par aplicado al cuerpo 2 alrededor del primer eje 101 puede ser controlada mediante el control del caudal de fluido.

50 El cuerpo 2 puede comprender otro conjunto de tubos de fluido 13, cuyas boquillas se orientan para aplicar par al cuerpo 2 alrededor del primer eje 101 en la dirección opuesta. En este caso, llevar fluido a este conjunto de tubos 13 provoca la desaceleración del cuerpo 2 alrededor del primer eje 101. Se puede proveer una válvula para alternar el fluido entre el primer conjunto de tubos 12 y el segundo conjunto de tubos 13. Una colocación de ejemplo del primer conjunto de tubos 12 y del segundo conjunto de tubos 13 se puede apreciar en la figura 4. Las flechas en la Figura 4 indican la dirección de flujo del fluido para este ejemplo particular. En lugar de tubos, se pueden proveer canales similarmente formados en el interior del cuerpo 2.

55 Haciendo referencia a la Figura 1, la Figura 2 y la Figura 5 por ejemplo, el dispositivo de frenado 1 comprende medios de conexión rotativos 16 que se utilizan para conectar la rotación que se desea frenar alrededor del cuarto eje 104 al cuerpo 2 para transmitir rotación y par al cuerpo 2 alrededor del segundo eje 102. Los medios de conexión rotativos

16 se acoplan rígidamente al árbol 17 que se monta para rotación alrededor del cuarto eje 104 por medio de cojinetes de medios de conexión rotativos 18. El árbol 17 de los medios de conexión rotativos 16 a lo largo del cuarto eje 104 se acopla a la rotación que se desea frenar alrededor del cuarto eje 104. Los medios de conexión rotativos 16 son en forma de anillo. En los medios de conexión rotativos 16, existen dos ranuras simétricas 20 con respecto al cuarto eje 104. La cuna interior 4 comprende dos espigas 21 en forma de esfera sólida que se orientan a lo largo del tercer eje 103. Cada una de estas dos espigas 21 es soportada por una parte deslizante 19 para movimiento esférico. Cada parte deslizante 19 se dispone para deslizarse dentro de una de las ranuras 20 de los medios de conexión rotativos 16. Esta disposición permite la rotación de la cuna interior 4 alrededor del tercer eje 103 con respecto a los medios de conexión rotativos 16. La orientación de las ranuras 20 se determina para permitir que la cuna interior 4 pueda rotar en una forma limitada alrededor del octavo eje 108 con respecto a los medios de conexión rotativos 16. El octavo eje 108 se define como el eje que es perpendicular tanto al tercer eje 103 como al cuarto eje 104 y pasa a través del centro del masa del cuerpo 2. El tamaño y la ubicación de las ranuras 20 también se determinan tal que se permita una rotación completa del segundo eje 102 alrededor del cuarto eje 104 mientras los medios de conexión rotativos 16 se mantengan estacionarios. Se prefiere que las magnitudes de las fuerzas de fricción entre las partes deslizantes 19 y las correspondientes ranuras 20, y entre las espigas 21 y las correspondientes partes deslizantes 19 sean lo más pequeñas posible. Con esta disposición, si el cuerpo 2 está inicialmente estacionario, la rotación de los medios de conexión rotativos 16 provoca que el cuerpo 2 rote alrededor del segundo eje 102.

Debido a las tolerancias de producción, pueden existir diferencias en las magnitudes de las fuerzas aplicadas por los medios de conexión rotativos 16 a la cuna interior 4 a través de estas dos espigas 21. Con el objeto de reducir esta diferencia, las espigas 21 se pueden montar elásticamente en la cuna interior 4 para permitir un pequeño movimiento de las espigas 21 con respecto a la cuna interior 4. Esto provee una distribución más equilibrada de las fuerzas aplicadas a través de estas dos espigas 21, reduciendo así la fuerza resultante en el centro del cuerpo 2.

El dispositivo de frenado 1 también puede comprender un embrague para desacoplar la rotación que se desea frenar de los medios de conexión rotativos 16 cuando no se necesita par de frenado. Adicionalmente, se puede proveer una transmisión para cambiar la relación de la velocidad de rotación que se desea frenar a la velocidad de rotación de los medios de conexión rotativos 16 alrededor del cuarto eje 104. En este caso, el árbol de entrada de la transmisión se acopla a la rotación que se desea frenar y el árbol de salida se acopla al árbol 17 de los medios de conexión rotativos 16. Como los medios de conexión rotativos 16 conectan la rotación que se desea frenar alrededor del cuarto eje 104 al cuerpo 2 para transmitir rotación y par al cuerpo 2 alrededor del segundo eje 102, la transmisión también permite cambiar la velocidad de rotación del cuerpo 2 alrededor del segundo eje 102 mientras que la velocidad de la rotación que se desea frenar es constante.

Haciendo referencia a la Figura 1, la Figura 2 y la Figura 12 por ejemplo, el dispositivo de frenado 1 también comprende medios para controlar el ángulo beta β . Los medios para controlar el ángulo beta β comprenden un brazo 22 que será referido como el brazo limitador 22. El brazo limitador 22 comprende dos varillas que se acoplan rígidamente entre sí tal que el ángulo entre el eje a lo largo del que se orienta la primera varilla 23 y el eje a lo largo del que se orienta la segunda varilla 24 está a un valor deseado para el ángulo beta β . El brazo limitador 22 se monta en el dispositivo de frenado 1 tal que la primera varilla 23 yace a lo largo del cuarto eje 104 y está soportada para rotación alrededor del cuarto eje 104 por medio de los primeros cojinetes 25 del brazo limitador del bastidor 10; y la segunda varilla 24 yace a lo largo del segundo eje 102 y está soportada para rotación alrededor del segundo eje 102 por medio de los segundos cojinetes 26 del brazo limitador de la cuna interior 4. Esta disposición asegura que el movimiento del segundo eje 102 este limitado para mantener el ángulo beta β constante en un valor seleccionado permitiendo a su vez que el segundo eje 102 rote alrededor del cuarto eje 104.

Los medios para controlar el ángulo beta β pueden comprender además un actuador con el objeto de ajustar el ángulo beta β . En este caso el brazo limitador 22 puede comprender un cilindro hidráulico tal que el barril del cilindro se acople conjuntamente a la primera varilla 23 y el vástago de pistón se acople conjuntamente a la segunda varilla 24. Esta disposición permite controlar el ángulo beta β mediante el ajuste de la longitud de la carrera del vástago de pistón.

El dispositivo de frenado 1 preferiblemente comprende sensores para medir valores de: la velocidad de rotación del cuerpo 2 alrededor del primer eje 101; la velocidad de la rotación de los medios de conexión rotativos 16; el ángulo beta β ; la velocidad de la rotación que se desea frenar.

El dispositivo de frenado 1 comprende una unidad de control automático 27 (como puede apreciarse por ejemplo en la Figura 1 y la Figura 2) que se utiliza para proveer diferentes condiciones de funcionamiento. Dependiendo del área de aplicación la unidad de control automático 27 obtiene diferentes señales de entrada de varios sensores del dispositivo de frenado 1 y establece los parámetros del dispositivo tales como la velocidad de rotación del cuerpo 2 alrededor del primer eje 101, la magnitud del par de frenado, el ángulo beta β y la relación de la velocidad de rotación que se desea frenar a la velocidad de rotación del cuerpo 2 alrededor del segundo eje 102. La unidad de control automático 27 también puede controlar la magnitud del par de frenado para mantener la velocidad de rotación que se desea frenar sustancialmente constante a un valor deseado (por ejemplo, con el objeto de mantener la velocidad de un vehículo que viaja cuesta abajo sustancialmente constante a un valor deseado).

Con el objeto de controlar la magnitud del par de frenado, la unidad de control automático 27 controla la velocidad de la rotación del cuerpo 2 alrededor del primer eje 101 y/o la velocidad de rotación del cuerpo 2 alrededor del segundo

eje 102. La velocidad de rotación del cuerpo 2 alrededor del segundo eje 102 puede ser controlada cambiando la relación de la velocidad de rotación que se desea frenar a la velocidad de rotación de los medios de conexión rotativos 16 alrededor del cuarto eje 104, es decir cambiando la relación de velocidad de la transmisión.

5 La unidad de control automático 27 también puede controlar el dispositivo de frenado 1 para retirar el par de frenado en la rotación que se desea frenar cuando no se necesita par de frenado. El par de frenado puede ser retirado utilizando al menos uno de: (i) detener la rotación del cuerpo 2 alrededor del primer eje 101, (ii) establecer el ángulo beta β a 0 grados o 90 grados, (iii) desacoplar la rotación que se desea frenar de los medios de conexión rotativos 16. No obstante, el par de frenado puede no ser retirado en su totalidad al establecer el ángulo beta β a 0 grados o 90 grados debido a las posibles vibraciones y deformaciones que ocurren en el dispositivo de frenado 1 que son provocadas por
10 las fuerzas internas.

Previo a describir el funcionamiento del dispositivo de frenado 1, se introducirá una definición adicional de ángulo. La línea normal al plano que contiene el segundo eje 102 y el cuarto eje 104 se define como la línea que es ortogonal a este plano y que pasa a través del centro de masa del cuerpo 2. El ángulo zeta θ se define como el ángulo agudo (o posiblemente el ángulo recto) entre el primer eje 101 y la línea normal del plano que contiene el segundo eje 102 y el
15 cuarto eje 104.

En el funcionamiento del dispositivo de frenado 1, primero se provoca que el cuerpo 2 rote alrededor del primer eje 101 por medio de transportar fluido presurizado obtenido de la bomba de fluido 14 a los tubos 12 en el árbol de rotación del cuerpo 2. Cuando la rotación que se desea frenar se acopla a los medios de conexión rotativos 16, los medios de conexión rotativos 16 conectan la rotación que se desea frenar al cuerpo 2 para transmitir rotación y par al cuerpo 2
20 alrededor del segundo eje 102. Así, a través de los medios de conexión rotativos 16, se aplica un par al cuerpo 2 alrededor del segundo eje 102 para rotar el cuerpo 2 alrededor del segundo eje 102. Al principio, el par aplicado al cuerpo 2 alrededor del segundo eje 102 provoca que el cuerpo 2 rote alrededor del segundo eje 102 de manera tal que el ángulo zeta θ se convierta en menor de 90 grados si ya no lo era. En otras palabras, el primer eje 101 ya no yace en el plano que contiene el segundo eje 102 y el cuarto eje 104. Esto permite que el cuerpo 2 tenga una libertad de rotación limitada alrededor del tercer eje 103 para que el cuerpo 2 pueda rotar alrededor del tercer eje 103. Como resultado de (i) la rotación del cuerpo 2 alrededor del primer eje 101, y (ii) el par aplicado al cuerpo 2 alrededor del
25 segundo eje 102, el cuerpo 2 comienza a rotar alrededor del tercer eje 103. En la bibliografía, esta rotación se conoce como precesión. Así, el cuerpo 2 rota alrededor del primer eje 101, el segundo eje 102 y el tercer eje 103 simultáneamente. No obstante, la rotación del cuerpo 2 alrededor del segundo eje 102 y la rotación del cuerpo 2 alrededor del tercer eje 103 se observan como si el cuerpo 2 rotara alrededor del cuarto eje 104. En otras palabras, el cuerpo 2 no rota alrededor del cuarto eje 104; y la rotación observada del cuerpo 2 alrededor del cuarto eje 104 es en realidad el resultado de la rotación del cuerpo 2 alrededor tanto del segundo eje 102 como del tercer eje 103. La rotación del cuerpo 2 alrededor del primer eje 101 y la rotación del cuerpo 2 alrededor del tercer eje 103 en conjunto provocan que ocurra un par de frenado alrededor del segundo eje 102. El par de frenado alrededor del segundo eje
30 102 es transmitido de vuelta a la rotación que se desea frenar alrededor del cuarto eje 104 por medio de los medios de conexión rotativos 16. Durante el funcionamiento del dispositivo de frenado 1, el ángulo zeta θ permanece constante en un valor menor de 90 grados siempre y cuando los parámetros del dispositivo de frenado 1 se mantengan constantes. El valor del ángulo zeta θ depende de los parámetros del dispositivo de frenado 1. Por consiguiente, el dispositivo de frenado 1 provee par de frenado continuo contra la rotación que se desea frenar alrededor del cuarto
35 eje 104.

Haciendo referencia a la Figura 5, en una segunda realización preferida, la cuna exterior 8 no se utiliza y la cuna intermedia 6 se monta para un movimiento esférico dentro del bastidor 10 por medio de cojinetes de fluido. No obstante, para que los medios de conexión rotativos 16 funcionen apropiadamente, se deberá impedir la rotación de la cuna intermedia 6 alrededor del segundo eje 102 mientras que se permite la rotación del segundo eje 102 alrededor
40 del cuarto eje 104. Esto se puede lograr, por ejemplo, proveyendo un mecanismo de guía que comprende una espiga de guía 28 unida a la cuna intermedia 6, y un brazo de guía 30 en donde un extremo del mismo se monta conjuntamente en el bastidor 10 y el otro extremo del mismo se monta conjuntamente a la espiga de guía 28 de la cuna intermedia 6. Con el objeto de montar el brazo de guía 30 a la espiga de guía 28, se provee una ranura lineal de guía 29 en el bastidor 10. El espiga de guía 28 se ubica dentro de esta ranura de guía 29. El brazo de guía 30 preferiblemente comprende algunos materiales elásticos para aminorar posibles vibraciones. La forma y la ubicación de la espiga de guía 28, el brazo de guía 30 y la ranura de guía 29 pueden ser diferentes que los mostrados en la Figura 5 siempre que se impida la rotación de la cuna intermedia 6 alrededor del segundo eje 102 mientras que se permite la rotación del segundo eje 102 alrededor del cuarto eje 104. Obsérvese que la Figura 5 se provee para ilustrar las partes que son específicas para esta realización.

55 En lugar de utilizar el brazo de guía 30, el movimiento de la espiga de guía 28 también puede estar restringido por medio únicamente de la ranura de guía 29. En este caso, el espiga de guía 28 puede ser soportada para rotación por una parte deslizante para movimiento esférico. La parte deslizante se puede disponer para deslizarse dentro de la ranura de guía 29. Se prefiere que las magnitudes de las fuerzas de fricción entre la parte deslizante y la ranura 29, y entre el espiga de guía 28 y la parte deslizante sean las menores posibles.

60 Obsérvese que si se garantiza que las fuerzas de fricción contra la rotación de la cuna intermedia 6 alrededor del segundo eje 102 son mayores que las fuerzas de fricción contra la rotación del segundo eje 102 alrededor del cuarto

eje 104, el mecanismo de guía anteriormente mencionado puede no ser necesario. En este caso mediante fuerzas de fricción se impide la rotación de la cuna intermedia 6 alrededor del segundo eje 102. No obstante, esto puede no ser fiable, por lo que puede ser preferible utilizar el mecanismo de guía anteriormente mencionado.

5 En una tercera realización preferida, la cuna más interior 31 se provee como se ilustra en la Figura 6. En lugar de montar el árbol de rotación 3 del cuerpo 2 dentro de la cuna interior 4 por medio de cojinetes interiores 5 como en las realizaciones anteriores, en esta realización, el árbol de rotación 3 del cuerpo 2 se monta para rotación alrededor del primer eje 101 dentro de la cuna más interior 31 por medio de cojinetes más interiores 32. La cuna más interior 31, a su vez, se monta para rotación alrededor de un séptimo eje 107 dentro de la cuna interior 4 por medio de, por ejemplo, un sistema de guía de rodillos en pista o un cojinete de fluido. El séptimo eje 107 es un eje tal que la rotación de la cuna más interior 31 alrededor del séptimo eje 107 provoca un cambio en el ángulo alfa α . No obstante, el séptimo eje 107 es preferiblemente el mismo que el tercer eje 103. El dispositivo de frenado 1 también comprende un actuador 33 para rotar al cuna más interior 31 alrededor del séptimo eje 107 dentro de la cuna interior 4. El actuador 33 puede ser por ejemplo un motor o un cilindro hidráulico o un cilindro neumático. El ángulo alfa α se puede ajustar mediante el control del actuador 33. Por consiguiente, en esta realización, la magnitud del par de frenado se puede ajustar mediante el ajuste del ángulo alfa α . Adicionalmente, en conjunto con los medios para controlar el ángulo beta β , es posible mover el cuerpo 2 a una posición en donde el primer eje 101 y el cuarto eje 104 son paralelos o coincidentes cuando no se necesita par de frenado. Para lograr esto, la unidad de control automático 27 puede establecer tanto el ángulo alfa α como el ángulo beta β a 0 grados, lo que provoca una reducción en las magnitudes de las fuerzas internas que ocurren dentro del dispositivo de frenado 1 cuando no se necesita par de frenado. Obsérvese que la Figura 6 se provee para ilustrar las partes que son específicas de esta realización.

Haciendo referencia a la Figura 7, una realización preferida de los medios para reducir los efectos de las fuerzas de fricción que ocurren en la superficie de contacto de los medios de conexión rotativos 16 y la estructura a través de la que los medios de conexión rotativos 16 aplican par al cuerpo 2 comprende dos estructuras idénticas que se montan simétricamente con respecto al cuarto eje 104. Cada estructura comprende un cilindro 34 y un alojamiento 35 en donde el barril del cilindro 34 se monta conjuntamente en los medios de conexión rotativos 16 y el vástago de pistón del cilindro 34 se monta conjuntamente en el alojamiento 35. Los cilindros 34 pueden ser hidráulicos o neumáticos. En lugar de cilindros 34, se pueden utilizar también otros tipos de actuadores. Cada uno de los alojamientos 35 se estructura para deslizar dentro de una de las ranuras 20 de los medios de conexión rotativos 16 y también soporta una de las espigas esféricas 21 de la cuna interior 4 para un movimiento esférico. En esta disposición, extender uno de los cilindros 34 y retraer el otro cilindro 34 se provoca que la cuna interior 4 rote alrededor del octavo eje 108. La rotación de la cuna interior 4 alrededor del octavo eje 108 provoca un cambio en el ángulo zeta θ . Así, mediante el control de la longitud de carrera de los cilindros 34, se puede ajustar el ángulo zeta θ .

Durante el funcionamiento del dispositivo de frenado 1, el ángulo zeta θ permanece constante en un valor que es menor de 90 grados siempre que los parámetros del dispositivo de frenado 1 se mantengan constantes. Las fuerzas de fricción entre las partes deslizantes 19 conectadas a las espigas 21 de la cuna interior 4 (o específicamente los alojamientos 35 en esta realización particular) y las correspondientes ranuras 20 de los medios de conexión rotativos 16 pueden evitar que el cuerpo 2 adopte una posición con un valor de ángulo zeta θ menor. Esto puede provocar una reducción en la magnitud del par de frenado. Con el objeto de evitar o reducir este efecto de las fuerzas de fricción, la cuna interior 4 puede ser rotada alrededor del octavo eje 108 para llevar al cuerpo 2 a una posición con un valor de ángulo zeta θ deseado que es menor que el valor anterior. cabe señalar que no se debería impedir la rotación de la cuna interior 4 alrededor del octavo eje 108 en la dirección para reducir el ángulo zeta θ . No obstante, los cilindros 34 pueden ser controlados para impedir la rotación de la cuna interior 4 alrededor del octavo eje 108 en la dirección para incrementar el ángulo zeta θ en el valor deseado del ángulo zeta θ .

Alternativamente, en lugar de utilizar cilindros 34, el tamaño y la ubicación de las ranuras 20 de los medios de conexión rotativos 16 se pueden determinar tales que se impida la rotación de la cuna interior 4 alrededor del octavo eje 108 en la dirección para incrementar el ángulo zeta θ a un valor deseado del ángulo zeta θ . Esto también se puede lograr mediante un tope mecánico ubicado en los medios de conexión rotativos 16 restringiendo el movimiento de al menos una de las parte deslizantes 19 contactadas a las espigas 21 de la cuna interior 4 dentro de las correspondientes ranuras 20 de los medios de conexión rotativos 16. Se ha descubierto que los valores menores del ángulo zeta θ pueden proveer un aumento en la magnitud del par de frenado y también una reducción en la cantidad de vibraciones que ocurren en el dispositivo de frenado 1.

Haciendo referencia a las Figuras 7 y 8, una realización preferida de los medios para distribuir fuerzas entre los dos puntos de aplicación de fuerzas de los medios de conexión rotativos 16 para reducir la fuerza resultante en el centro de masa del cuerpo 2 comprende dos cilindros idénticos 36. Cada cilindro 36 se monta en uno de los alojamientos 35 tal que el barril del cilindro 36 se monta rígidamente en la superficie interior del alojamiento 35 y el vástago de pistón del cilindro 36 preferiblemente con una superficie esférica está en contacto con el espiga esférica 21 de la cuna interior 4 tal que el espiga 21 este soportada para un movimiento esférico. Las cámaras inferiores de los dos cilindros 36 se interconectan en un bucle cerrado en donde las fuerzas aplicadas por los dos cilindros 36 son iguales. Este mecanismo asegura que las magnitudes de las fuerzas aplicadas por los medios de conexión rotativos 16 a los dos espigas 21 de la cuna interior 4 sean sustancialmente iguales. Esto provee una reducción en la magnitud de la fuerza resultante en el centro de masa del cuerpo 2.

Haciendo referencia a la Figura 9, en otra realización preferida de los medios de conexión rotativos 16, las orientaciones de las dos ranuras 20 de los medios de conexión rotativos 16 están rotadas alrededor un noveno eje 109 por un ángulo γ . El noveno eje 109 se define como el eje que es perpendicular a tanto el cuarto eje 104 y el octavo eje 108 y que pasa a través del centro de masa del cuerpo 2. Así, en esta disposición, se permite a la cuna interior 4 rotar de forma limitada con respecto a los medios de conexión rotativos 16 alrededor de un undécimo eje 111 en lugar del octavo eje 108. El undécimo eje 111 es el eje que se forma mediante la rotación del octavo eje 108
 5 alrededor del noveno eje 109 por un ángulo γ . La dirección de la rotación de las orientaciones de las ranuras 20 se determina preferiblemente tal que los medios de conexión rotativos 16 provoquen una disminución del ángulo zeta θ . La magnitud de este efecto se puede cambiar cambiando el valor del ángulo γ .

Haciendo referencia a la Figura 10, otra realización preferida de los medios para conectar una rotación que se desea frenar alrededor del cuarto eje 104 al cuerpo 2 para transmitir rotación y par al cuerpo 2 alrededor del segundo eje 102 comprende una fuente de potencia motriz 37. La parte de estator de la fuente de potencia motriz 37 se acopla rígidamente a la cuna intermedia 6 y la parte de rotor de la fuente de potencia motriz 37 se acopla rígidamente a la cuna interior 4. En esta disposición, se impide la rotación de la parte de estator de la fuente de potencia motriz 37
 10 alrededor del segundo eje 102. Así, cuando es accionada, la fuente de potencia motriz 37 aplica par al cuerpo 2 alrededor del segundo eje 102 a través de la cuna interior 4. La fuente de potencia motriz 37 puede ser por ejemplo un motor eléctrico o un motor hidráulico o un motor neumático. La potencia requerida por la fuente de potencia motriz 37 es provista por la rotación que se desea frenar. Para ello, se provee un generador eléctrico o una bomba de fluido que se acopla a la rotación que se desea frenar. La potencia obtenida del generador eléctrico o la bomba de fluido
 15 puede ser transferida a la fuente de potencia motriz 37 por medio de cables eléctricos o medios para transportar fluidos tales como mangueras, tubos o cañerías, y una junta rotativa que se monta para rotación alrededor del cuarto eje 104 dentro del bastidor 10.

Haciendo referencia a la Figura 11, en otra realización preferida de los medios para rotar el cuerpo 2 alrededor del primer eje 101, el dispositivo de frenado 1 comprende un cuerpo 2 con un conjunto de palas 38, un conjunto de dos boquillas 39 unidas a la cuna interior 4, una bomba de fluido 14, y medios (no mostrados) para transportar fluido presurizado a las boquillas unidos a la cuna interior 4. Las orientaciones de las dos boquillas 39 y la forma de las palas 38 se determinan tal que cuando el fluido presurizado es proyectado sobre las palas 38 del cuerpo 2, el fluido provoca que se aplique un par al cuerpo 2 alrededor del primer eje 101 para acelerar el cuerpo 2 alrededor del primer eje 101. La magnitud del par aplicado al cuerpo 2 alrededor del primer eje 101 puede ser controlada mediante el control del caudal de fluido. También se puede proveer un segundo conjunto de boquillas (no mostrado en la Figura 11) para aplicar par al cuerpo 2 alrededor primer eje 101 en la dirección opuesta, lo que es decir para desacelerar el cuerpo 2
 25 alrededor del primer eje 101. Se puede proveer una válvula con el objeto de alternar el fluido entre el primer y el segundo conjunto de boquillas.

Haciendo referencia a la Figura 12, otra realización preferida de los medios para rotar el cuerpo 2 alrededor del primer eje 101 comprende un engranaje exterior fijo 40, un engranaje interior 41, una transmisión 42, un primer engranaje cónico 43 y un segundo engranaje cónico 44. El engranaje exterior fijo 40 se acopla rígidamente a la cuna intermedia 6 y en engrane con el engranaje interior 41. El engranaje interior 41 se acopla con el árbol de entrada de la transmisión 42. El primer engranaje cónico 43 se acopla con el árbol de salida de la transmisión 42. El segundo engranaje cónico 44 se acopla con el árbol de rotación 3 del cuerpo 2, y también en engrane con el primer engranaje cónico 43. Este mecanismo acopla la rotación del cuerpo 2 alrededor del segundo eje 102 a la rotación del cuerpo 2 alrededor del primer eje 101 tal que cuando el cuerpo 2 es rotado alrededor del segundo eje 102, el cuerpo 2 también rota alrededor del primer eje 101. La transmisión 42 se utiliza para cambiar la relación de la velocidad de rotación del cuerpo 2
 35 alrededor del segundo eje 102 a la velocidad de rotación del cuerpo 2 alrededor del primer eje 101. La transmisión 42 puede tener una relación de velocidad fija o una relación de velocidad variable. La relación de velocidad de la transmisión 42 puede ser controlada por la unidad de control automático 27 para cambiar la velocidad de rotación del cuerpo 2 alrededor del primer eje 101.

En otra realización preferida de los medios para rotación el cuerpo 2 alrededor del primer eje 101, se provee una fuente de potencia motriz para rotar el cuerpo 2 alrededor del primer eje 101. La fuente de potencia motriz puede ser por ejemplo un motor eléctrico o un motor hidráulico o un motor neumático. La potencia requerida para la fuente de potencia motriz puede ser provista por un suministro de energía externo o por la rotación que se desea frenar.
 50

En una cuarta realización alternativa, al menos uno de los ejes primero, segundo, tercero o cuarto no pasa a través del centro de masa del cuerpo 2.

Haciendo referencia a la Figura 13, se provee una realización de un conjunto 45 de dispositivos de frenado 1. El conjunto 45 comprende cuatro dispositivos de frenado 1 idénticos dispuestos en una matriz de 2x2. Los bastidores 10 de los dispositivos de frenado 1 se acoplan rígidamente entre sí tal que los cuartos ejes 104 de los dispositivos de frenado 1 sean sustancialmente paralelos entre sí. EL conjunto 45 adicionalmente comprende medios 46 para distribuir una rotación alrededor de un décimo eje 110 a cada dispositivo de frenado 1 tal que el árbol 47 de los medios 46 para distribuir una rotación se acopla al árbol 17 de los medios de conexión rotativos 16 de cada dispositivo de frenado 1 para provocar que los medios de conexión rotativos 16 de cada dispositivo de frenado 1 roten a la misma velocidad rotacional pero a diferente ángulo de fase respectivo. El décimo eje 110 puede ser cualquier eje que sea sustancialmente paralelo los cuartos ejes 104 de los dispositivos de frenado 1. La rotación que se desea frenar se
 55
 60

5 acopla al árbol 47 de los medios 46 para distribuir una rotación. Los medios 46 para distribuir una rotación pueden comprender uno o más mecanismos de piñón-cadena, mecanismos de correa-polea o mecanismos de engranajes. Los ángulos de fase en esta realización están igualmente espaciados para reducir la magnitud del par interno resultante. Por ejemplo si el ángulo de fase del dispositivo de frenado 1 superior izquierdo se asume como siendo 0
 10 grados, el ángulo de fase del dispositivo de frenado inferior izquierdo sería de 90 grados, el ángulo de fase del dispositivo de frenado inferior derecho sería de 180 grados, y el ángulo de fase del dispositivo de frenado superior derecho sería de 270 grados. Las orientaciones relativas de los cuerpos 2 de los dispositivos de frenado 1 en un instante específico se ilustran en la Figura 14. Los medios 46 para distribuir una rotación aseguran que las rotaciones de los medios de conexión rotativos 16 de los dispositivos de frenado 1 se sincronizan para preservar las orientaciones relativas de los cuerpos 2 de los dispositivos de frenado 1. Esta disposición reduce las vibraciones que ocurren en el conjunto 45. La magnitud del par de frenado provisto por el conjunto 45 es la suma de los pares de frenado provistos por cada uno de los dispositivos de frenado 1 en el conjunto 45.

Clave de los signos de referencia

- 1. Dispositivo de frenado
- 15 2. Cuerpo
- 3. Árbol de rotación
- 4. Cuna interior
- 5. Cojinetes interiores
- 6. Cuna intermedia
- 20 7. Cojinetes intermedios
- 8. Cuna exterior
- 9. Cojinetes exteriores
- 10. Bastidor
- 11. Cojinetes de bastidor
- 25 12. Primer conjunto de tubos de fluido
- 13. Segundo conjunto de tubos de fluido
- 14. Bomba de fluido
- 16. Medios de conexión rotativos
- 17. Árbol de los medios de conexión rotativos
- 30 18. Cojinetes de medios de conexión rotativos
- 19. Parte deslizante
- 20. Ranuras de los medios de conexión rotativos
- 21. Espigas esféricas
- 22. Brazo limitador
- 35 23. Primera varilla del brazo limitador
- 24. Segunda varilla del brazo limitador
- 25. Cojinetes del primer brazo limitador
- 26. Cojinetes del segundo brazo limitador
- 27. Unidad de control automático
- 40 28. Espiga de guía
- 29. Ranura de guía

- 30. Brazo de guía
- 31. Cuna más interior
- 32. Cojinetes más interiores
- 33. Actuador para rotar la cuna más interior
- 5 34. Cilindros de los medios para reducir el efecto de las fuerzas de fricción
- 35. Alojamientos
- 36. Cilindros de los medios para distribuir fuerza
- 37. Fuente de potencia motriz
- 38. Palas del cuerpo
- 10 39. Boquillas
- 40. Engranaje exterior
- 41. Engranaje interior
- 42. Transmisión
- 43. Primer engranaje cónico
- 15 44. Segundo engranaje cónico
- 45. Conjunto de dispositivos de frenado
- 46. Medios para distribuir una rotación
- 47. Árbol de los medios para distribuir una rotación
- 101. Primer eje
- 20 102. Segundo eje
- 103. Tercer eje
- 104. Cuarto eje
- 105. Quinto eje
- 106. Sexto eje
- 25 107. Séptimo eje
- 108. Octavo eje
- 109. Noveno eje
- 110. Décimo eje
- 111. Undécimo eje
- 30 α Ángulo alfa
- β Ángulo beta
- γ Ángulo gamma
- θ Ángulo zeta
- N Línea normal al plano que contiene el segundo eje y el cuarto eje.

35

REIVINDICACIONES

1. Un dispositivo de frenado (1) que comprende:
un cuerpo (2) montado para rotación alrededor de un primer eje (101);
medios (12, 13, 14, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44) para rotar el cuerpo (2) alrededor del primer eje (101);
- 5 caracterizado por que
el dispositivo de frenado (1) comprende un segundo eje (102), un tercer eje (103) y un cuarto eje (104), estando configurado el dispositivo de frenado (1) para permitir al cuerpo (2) rotar adicionalmente alrededor del segundo eje (102) y el tercer eje (103), estando orientado el primer eje (101) con respecto al segundo eje (102) en un ángulo alfa (α) que es mayor de 0 grados, estando orientado el segundo eje (102) con respecto al cuarto eje (104) en un ángulo beta (β) que es mayor de 0 grados y menor de 90 grados, siendo el tercer eje (103) el eje de precesión alrededor del que ocurre la precesión del cuerpo (2) como resultado de rotar el cuerpo (2) alrededor del primer eje (101) y aplicar par al cuerpo (2) alrededor del segundo eje (102), en donde se permite al segundo eje (102) rotar alrededor del cuarto eje (104) independientemente de la rotación del cuerpo (2) alrededor del segundo eje (102), y se permite al cuerpo (2) rotar alrededor del segundo eje (102) independientemente de la rotación del segundo eje (102) alrededor del cuarto eje (104);
- 10 comprendiendo el dispositivo de frenado (1) además
medios (16, 37) para conectar una rotación que se desea frenar alrededor del cuarto eje (104) al cuerpo (2) para transmitir rotación y par al cuerpo (2) alrededor del segundo eje (102);
- 20 por lo que la rotación del cuerpo (2) alrededor del primer eje (101) y el par aplicado al cuerpo (2) alrededor del segundo eje (102) en conjunto provocan que el cuerpo (2) rote adicionalmente alrededor del tercer eje (103), el cuerpo (2) rote alrededor del primer eje (101), el segundo eje (102) y el tercer eje (103) simultáneamente, la rotación del cuerpo (2) alrededor del primer eje (101) y la rotación del cuerpo (2) alrededor del tercer eje (103) en conjunto provocan que ocurra un par de frenado alrededor del segundo eje (102);
- 25 obteniendo así un par de frenado contra la rotación que se desea frenar alrededor del cuarto eje (104).
2. Un dispositivo de frenado (1) como se reivindica en la reivindicación 1, que comprende adicionalmente una cuna interior (4), una cuna intermedia (6) y un bastidor (10).
3. Un dispositivo de frenado (1) como se reivindica en la reivindicación 2, que comprende adicionalmente una cuna exterior (8) en donde el cuerpo (2) se monta para rotación alrededor del primer eje (101) dentro de la cuna interior (4), la cuna interior (4) se monta para rotación alrededor del segundo eje (102) dentro de la cuna intermedia (6), la cuna intermedia (6) se monta para rotación alrededor de un quinto eje (105) dentro de la cuna exterior (8), y la cuna exterior (8) se monta para rotación alrededor del sexto eje (106) dentro del bastidor (10).
- 30 4. Un dispositivo de frenado (1) como se reivindica en la reivindicación 2, que comprende adicionalmente medios (28, 29, 30) para impedir la rotación de la cuna intermedia (6) alrededor del segundo eje (102) en donde el cuerpo (2) se monta para rotación alrededor del primer eje (101) dentro de la cuna interior (4), la cuna interior (4) se monta para rotación alrededor del segundo eje (102) dentro de la cuna intermedia (6), la cuna intermedia (6), se monta para movimiento esférico dentro del bastidor (10), y se impide la rotación de la cuna intermedia (6) alrededor del segundo eje (102).
- 35 5. Un dispositivo de frenado (1) como se reivindica en la reivindicación 4, que comprende adicionalmente medios de cojinetes de fluido que soportan la cuna intermedia (6) para movimiento esférico dentro del bastidor (10).
- 40 6. Un dispositivo de frenado (1) como se reivindica en una cualquiera de las reivindicaciones 2 a 5, que comprende adicionalmente una cuna más interior (31) en donde el cuerpo (2) se monta para rotación alrededor del primer eje (101) dentro de la cuna más interior (31), la cuna más interior (31) se monta para rotación alrededor del séptimo eje (107) dentro de la cuna interior (4), y la rotación de la cuna más interior (31) alrededor del séptimo eje (107) provoca un cambio en el ángulo alfa (α).
- 45 7. Un dispositivo de frenado (1) como se reivindica en una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6, que comprende adicionalmente medios de cojinetes de fluido para soportar uno o más de: el cuerpo (2), la cuna más interior (31), la cuna interior (4), la cuna intermedia (6) y la cuna exterior (8).
8. Un dispositivo de frenado (1) como se reivindica en una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7, que comprende adicionalmente medios para controlar el ángulo alfa (α).
- 50 9. Un dispositivo de frenado (1) como se reivindica en la reivindicación 8, en donde los medios para controlar el ángulo alfa (α) comprenden medios (33) para rotar la cuna más interior (31) alrededor del séptimo eje (107).

10. Un dispositivo de frenado (1) como se reivindica en una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 9, que comprende adicionalmente medios para controlar el ángulo beta (β).
- 5 11. Un dispositivo de frenado (1) como se reivindica en la reivindicación 10, en donde los medios para controlar el ángulo beta (β) comprenden medios (22) para limitar el movimiento del segundo eje (102) tal que el ángulo beta (β) sea constante en un valor seleccionado, y se permite al segundo eje (102) rotar alrededor del cuarto eje (104).
12. Un dispositivo de frenado (1) como se reivindica en la reivindicación 11, en donde los medios (22) para limitar el movimiento del segundo eje (102) comprenden medios actuadores para ajustar el ángulo beta (β).
- 10 13. Un dispositivo de frenado (1) como se reivindica en una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 12, en donde los medios para conectar una rotación que se desea frenar alrededor del cuarto eje (104) al cuerpo (2) para transmitir rotación y par al cuerpo (2) alrededor del segundo eje (102) comprenden medios de conexión rotativos (16), los medios de conexión rotativos (16) se montan para rotación alrededor del cuarto eje (104), los medios de conexión rotativos (16) se acoplan a la rotación que se desea frenar alrededor del cuarto eje (104), y los medios de conexión rotativos (16) se estructuran para aplicar un par al cuerpo (2) alrededor del segundo eje (102) cuando los medios de conexión rotativos (16) son rotados alrededor del cuarto eje (104).
- 15 14. Un dispositivo de frenado (1) como se reivindica en la reivindicación 13, en donde los medios de conexión rotativos (16) comprenden medios para reducir el efecto de las fuerzas de fricción que ocurren en las superficies de contacto de los medios de conexión rotativos (16) y la estructura a través de la que los medios de conexión rotativos (16) aplican par al cuerpo (2).
- 20 15. Un dispositivo de frenado (1) como se reivindica en la reivindicación 14, en donde los medios para reducir el efecto de las fuerzas de fricción comprenden uno o más actuadores (34) que se montan en los medios de conexión rotativos (16) y dispuestos para aplicar fuerza a la estructura a través de la que los medios de conexión rotativos (16) aplican par al cuerpo (2) para reducir el efecto de las fuerzas de fricción.
- 25 16. Un dispositivo de frenado (1) como se reivindica en una cualquiera de las reivindicaciones 13 a 15, en donde los medios de conexión rotativos (16) comprenden medios para distribuir fuerza entre los dos puntos de aplicación de fuerza de los medios de conexión rotativos (16) para reducir la magnitud de la fuerza resultante en el centro de masa del cuerpo (2).
- 30 17. Un dispositivo de frenado (1) como se reivindica en la reivindicación 16, en donde los medios para distribuir fuerza entre los dos puntos de aplicación de fuerza de los medios de conexión rotativos (16) comprenden dos cilindros (36), los cilindros (36) se montan en los medios de conexión rotativos (16) para aplicar fuerza a la estructura a través de la que los medios de conexión rotativos (16) aplican par al cuerpo (2), cámaras inferiores de los cilindros (36) se interconectan en un bucle cerrado, y las fuerzas aplicadas por los dos cilindros (36) son iguales.
- 35 18. Un dispositivo de frenado (1) como se reivindica en una cualquiera de las reivindicaciones 13 a 17, en donde la estructura a través de la que los medios de conexión rotativos (16) aplican par al cuerpo (2) es la cuna interior (4) o la cuna más interior (31).
- 40 19. Un dispositivo de frenado (1) como se reivindica en una cualquiera de las reivindicaciones 2 a 18, en donde los medios para conectar la rotación que se desea frenar alrededor del cuarto eje (104) al cuerpo (2) para transmitir rotación y par al cuerpo (2) alrededor del segundo eje (102) comprenden una fuente de potencia motriz (37) en donde la parte de estator de la fuente de potencia motriz (37) se acopla rígidamente a la cuna intermedia (6) y la parte de rotor de la fuente de potencia motriz (37) se acopla rígidamente a la cuna interior (4), la potencia requerida por la fuente de potencia motriz (37) es provista por la rotación que se desea frenar por lo que se impide la rotación de la parte de estator de la fuente de potencia motriz (37) alrededor del segundo eje (102), y la fuente de potencia motriz (37) aplica par al cuerpo (2) alrededor del segundo eje (102).
- 45 20. Un dispositivo de frenado (1) como se reivindica en una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 19, que comprende adicionalmente medios para controlar la relación de la velocidad de rotación que se desea frenar a la velocidad de rotación del cuerpo (2) alrededor del segundo eje (102).
- 50 21. Un dispositivo de frenado (1) como se reivindica en la reivindicación 20, en donde los medios para controlar la relación de la velocidad de rotación que se desea frenar a la velocidad de rotación del cuerpo (2) alrededor del segundo eje (102) comprenden medios de transmisión tales que la rotación que se desea frenar se acopla al árbol de entrada de los medios de transmisión, y los medios para conectar una rotación que se desea frenar alrededor del cuarto eje (104) al cuerpo (2) para transmitir rotación y par al cuerpo (2) alrededor del segundo eje (102) se acoplan al árbol de salida de los medios de transmisión.
- 55 22. Un dispositivo de frenado (1) como se reivindica en una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 21, en donde los medios para rotar el cuerpo (2) alrededor del primer eje (101) comprenden uno o más de: un motor eléctrico, un motor hidráulico y un motor neumático.
23. Un dispositivo de frenado (1) como se reivindica en una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 22, en donde

el cuerpo (2) comprende una o más palas (38).

24. Un dispositivo de frenado (1) como se reivindica en la reivindicación 23, en donde los medios para rotar el cuerpo (2) alrededor del primer eje (101) comprenden medios (14) para bombear fluido, y medios (39) para proyectar fluido sobre las palas (38) del cuerpo (2) para rotar el cuerpo (2) alrededor del primer eje (101).

5 25. Un dispositivo de frenado (1) como se reivindica en una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 24, en donde el cuerpo (2) comprende uno o más tubos (12, 13) o canales de fluido.

26. Un dispositivo de frenado (1) como se reivindica en la reivindicación 25, en donde los medios para rotar el cuerpo (2) alrededor del primer eje (101) comprenden medios (14) para bombear fluido a uno o más tubos (12, 13) o canales de fluido del cuerpo (2) tal que a medida que el fluido sale de las boquillas de los tubos (12, 13) o canales, el cuerpo (2) es rotado alrededor del primer eje (101) como resultado de la reacción del fluido.

27. Un dispositivo de frenado (1) como se reivindica en una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 26, en donde la potencia requerida por los medios (12, 13, 14, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44) para rotar el cuerpo (2) alrededor del primer eje (101) es provista por la rotación que se desea frenar.

15 28. El dispositivo de frenado (1) como se reivindica en una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 27, que comprende adicionalmente medios (27) para controlar los medios para rotar el cuerpo (2) alrededor del primer eje (101) para controlar la velocidad de la rotación del cuerpo (2) alrededor del primer eje (101).

29. Un dispositivo de frenado (1) como se reivindica en una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 21, en donde los medios para rotación el cuerpo (2) alrededor del primer eje (101) comprenden medios de acoplamiento mecánico (40, 41, 42, 43, 44) para acoplar la rotación del cuerpo (2) alrededor del segundo eje (102) a la rotación del cuerpo (2) alrededor del primer eje (101) por lo que cuando el cuerpo (2) es rotado alrededor del segundo eje (102), el cuerpo (2) también rota alrededor del primer eje (101).

30. Un dispositivo de frenado (1) como se reivindica en la reivindicación 29, en donde los medios de acoplamiento mecánico comprenden medios de transmisión (42) para cambiar la velocidad de la rotación del cuerpo (2) alrededor del primer eje (101).

25 31. Un dispositivo de frenado (1) como se reivindica en una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 30, que comprende adicionalmente uno o más sensores para medir valores de uno o más de los siguientes parámetros: la velocidad de rotación del cuerpo (2) alrededor del primer eje (101); la velocidad de rotación de los medios para conectar una rotación que se desea frenar alrededor del cuarto eje (104) al cuerpo (2) para transmitir rotación y par al cuerpo (2) alrededor del segundo eje (102); el ángulo alfa (α); el ángulo beta (β); la magnitud del par de frenado; la velocidad de rotación que se desea frenar.

32. Un dispositivo de frenado (1) como se reivindica en una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 31, que comprende adicionalmente un controlador con una unidad de control automático (27) que controla uno o más de: la velocidad de la rotación del cuerpo (2) alrededor del primer eje (101); el ángulo alfa (α); el ángulo beta (β); y la relación de la velocidad de rotación que se desea frenar a la velocidad de rotación del cuerpo (2) alrededor del segundo eje (102).

33. Un dispositivo de frenado (1) como se reivindica en una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 32, que comprende adicionalmente medios para controlar la magnitud del par de frenado.

34. El dispositivo de frenado (1) como se reivindica en la reivindicación 33, en donde la magnitud del par de frenado es controlada mediante el control de uno o más de: la velocidad de rotación del cuerpo (2) alrededor del primer eje (101); el ángulo alfa (α); y la relación de la velocidad de rotación que se desea frenar a la velocidad de rotación del cuerpo (2) alrededor del segundo eje (102).

35. Un dispositivo de frenado (1) como se reivindica en una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 34, que comprende adicionalmente medios para mover el cuerpo (2) a una posición en donde el primer eje (101) y el cuarto eje (104) son paralelos o coincidentes cuando no se necesita par de frenado por lo que se reducen las magnitudes de las fuerzas internas que ocurren dentro del dispositivo de frenado (1).

36. Un dispositivo de frenado (1) como se reivindica en una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 35, en donde el ángulo alfa (α) se establece en 90 grados.

37. El dispositivo de frenado (1) como se reivindica en una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 36, en donde el centro de masa del cuerpo (2) está en el cuarto eje (104).

50 38. Un dispositivo de frenado (1) como se reivindica en una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 37, en donde el primer eje (101), el segundo eje (102), el tercer eje (103) y el cuarto eje (104) intersecan en el centro de masa del cuerpo (2).

39. Un dispositivo de frenado (1) como se reivindica en una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 38, en donde

cada uno del primer eje (101), el segundo eje (102) y el tercer eje (103) son perpendiculares a los otros dos ejes.

40. Un dispositivo de frenado (1) como se reivindica en una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 39, en donde el dispositivo de frenado (1) provee par de frenado continuo, preferiblemente constante, contra la rotación que se desea frenar alrededor del cuarto eje (104).

5 41. Un conjunto (45) de dos o más dispositivos de frenado, cada uno los cuales comprende un dispositivo de frenado (1) como se reivindica en una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 40, en combinación con medios (46) para distribuir la rotación que se desea frenar a cada dispositivo de frenado (1) para rotar cada uno de los medios (16) para conectar una rotación que se desea frenar alrededor del cuarto eje (104) al cuerpo (2) para transmitir rotación y par al cuerpo (2) alrededor del segundo eje (102) a la misma velocidad de rotación pero a diferentes ángulos de fase
10 respectivos en donde se reducen las magnitudes de las fuerzas desequilibradas en el conjunto (45) por lo que se reducen las vibraciones que ocurren en el conjunto (45) y la magnitud del par de frenado provisto por el conjunto (45) es la suma de los pares de frenado provistos por cada uno de los dispositivos de frenado en el conjunto (45).

42. Un método para generar par de frenado en un dispositivo de frenado (1) que comprende un primer eje (101), un segundo eje (102) y un tercer eje (103), comprendiendo el método:

15 montar un cuerpo (2) para rotación alrededor del primer eje (101), el segundo eje (102) y el tercer eje (103);

rotar el cuerpo (2) alrededor del primer eje (101);

caracterizado por que

20 el dispositivo de frenado comprende adicionalmente un cuarto eje (104), estando orientado el primer eje (101) con respecto al segundo eje (102) en un ángulo alfa (α) que es mayor de 0 grados, estando orientado el segundo eje (102) con respecto al cuarto eje (104) en un ángulo beta (β) que es mayor de 0 grados y menor de 90 grados, siendo el tercer eje (103) el eje de precesión alrededor del que ocurre la precesión del cuerpo (2) como resultado de rotar del cuerpo (2) alrededor del primer eje (101) y aplicar par al cuerpo (2) alrededor del segundo eje (102), en donde se permite al segundo eje (102) rotar alrededor del cuarto eje (104) independientemente de la rotación del cuerpo (2) alrededor del segundo eje (102), y se permite al cuerpo (2) rotar alrededor del segundo eje (102) independientemente
25 de la rotación del segundo eje (102) alrededor del cuarto eje (104);

comprendiendo el método adicionalmente la etapa de

conectar una rotación que se desea frenar al cuarto eje (104) para transmitir rotación y par al cuerpo (2) alrededor del segundo eje (102);

30 por lo que la rotación del cuerpo (2) alrededor del primer eje (101) y el par aplicado al cuerpo (2) alrededor del segundo eje (102) en conjunto provocan que el cuerpo (2) rote alrededor del tercer eje (103), el cuerpo (2) rote alrededor del primer eje (101), el segundo eje (102) y el tercer eje (103) simultáneamente, no obstante la rotación del cuerpo (2) alrededor del segundo eje (102) y la rotación del cuerpo (2) alrededor del tercer eje (103) se observan como si el cuerpo (2) rotara alrededor de un cuarto eje (104), la rotación del cuerpo (2) alrededor del primer eje (101) y la rotación del cuerpo (2) alrededor del tercer eje (103) en conjunto provocan que ocurra un par de frenado alrededor del segundo
35 eje (102);

obteniendo así un par de frenado contra la rotación que se desea frenar alrededor del cuarto eje (104).

43. Un método como se reivindica en la reivindicación 42, que comprende adicionalmente ajustar la magnitud del par de frenado.

40 44. Un método como se reivindica en la reivindicación 43, en donde la etapa de ajustar la magnitud del par de frenado comprende ajustar uno o más de: la velocidad de la rotación del cuerpo (2) alrededor del primer eje (101); el ángulo alfa (α); y la relación de la velocidad de rotación que se desea frenar a la velocidad de rotación del cuerpo (2) alrededor del segundo eje (102).

45. Un método como se reivindica en una cualquiera de las reivindicaciones 42 a 44, que comprende adicionalmente retirar el par de frenado cuando no se necesita par de frenado.

45 46. Un método como se reivindica en la reivindicación 45, en donde la etapa de retirar el par de frenado comprende mover el cuerpo (2) a una posición en donde el primer eje (101) y el cuarto eje (104) son paralelos o coincidentes.

47. Un método como se reivindica en una cualquiera de las reivindicaciones 45 a 46, en donde la etapa para retirar el par de frenado comprende desconectar la rotación que se desea frenar del cuerpo (2).

50 48. Un método como se reivindica en una cualquiera de las reivindicaciones 45 a 47, en donde la etapa de retirar el par de frenado comprende ajustar el ángulo alfa (α) y/o el ángulo beta (β) a 0 grados.

49. Un método como se reivindica en una cualquiera de las reivindicaciones 45 a 48, en donde la etapa de retirar el par de frenado comprende detener la rotación del cuerpo (2) alrededor del primer eje (101).

50. Un método como se reivindica en una cualquiera de las reivindicaciones 42 a 49, en donde se provee par de frenado continuo, preferiblemente constante, contra la rotación que se desea frenar alrededor del cuarto eje (104).

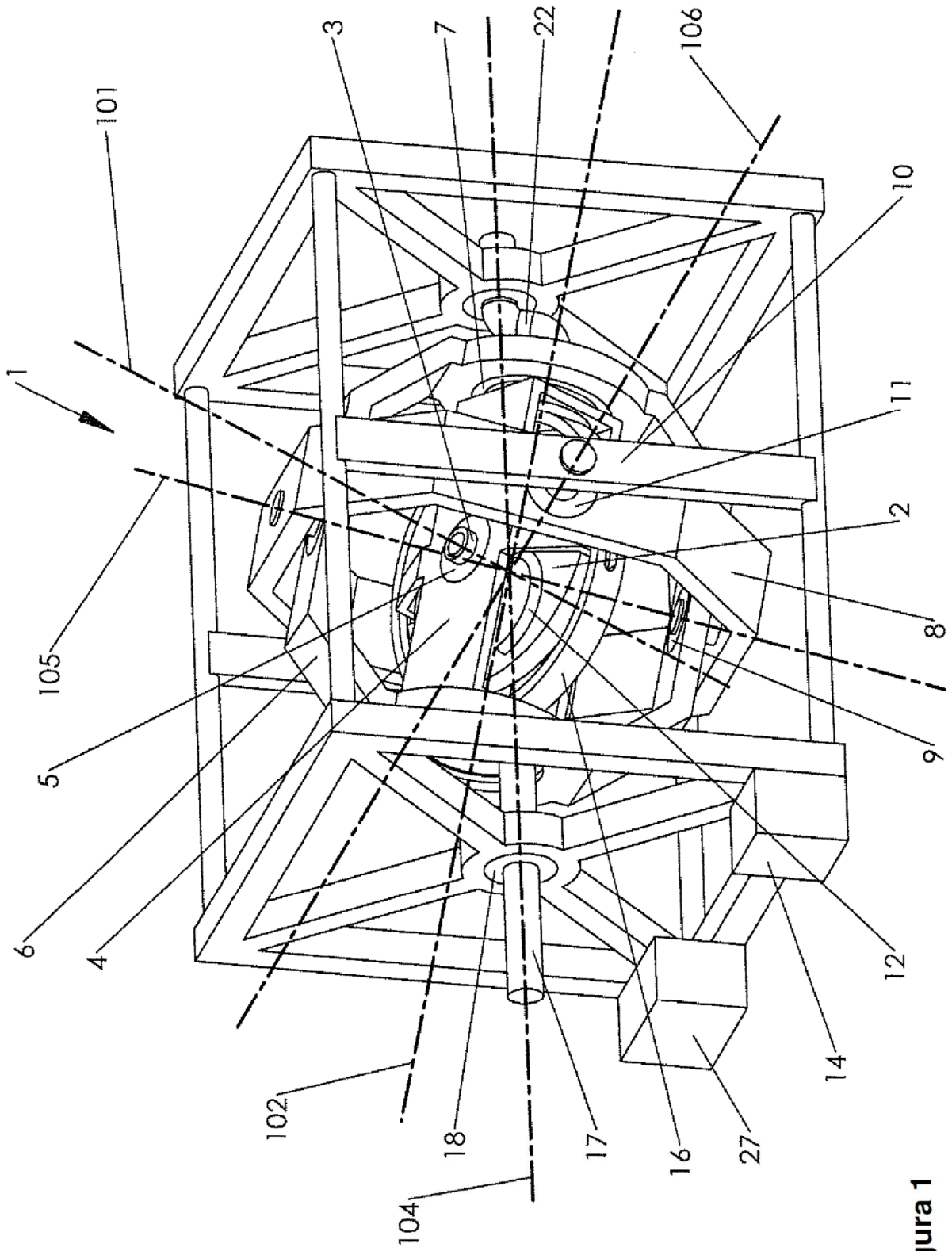


Figura 1

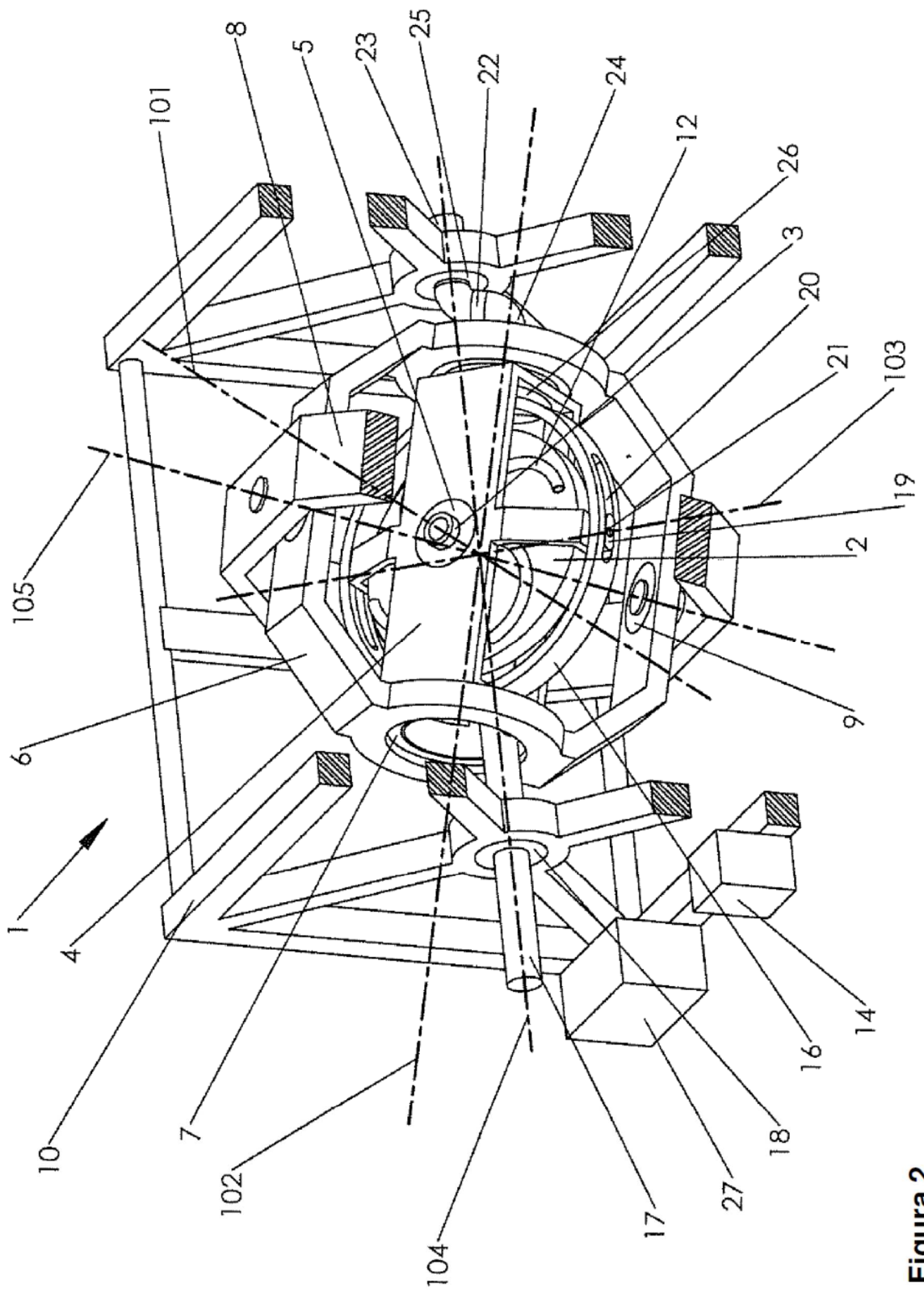


Figura 2

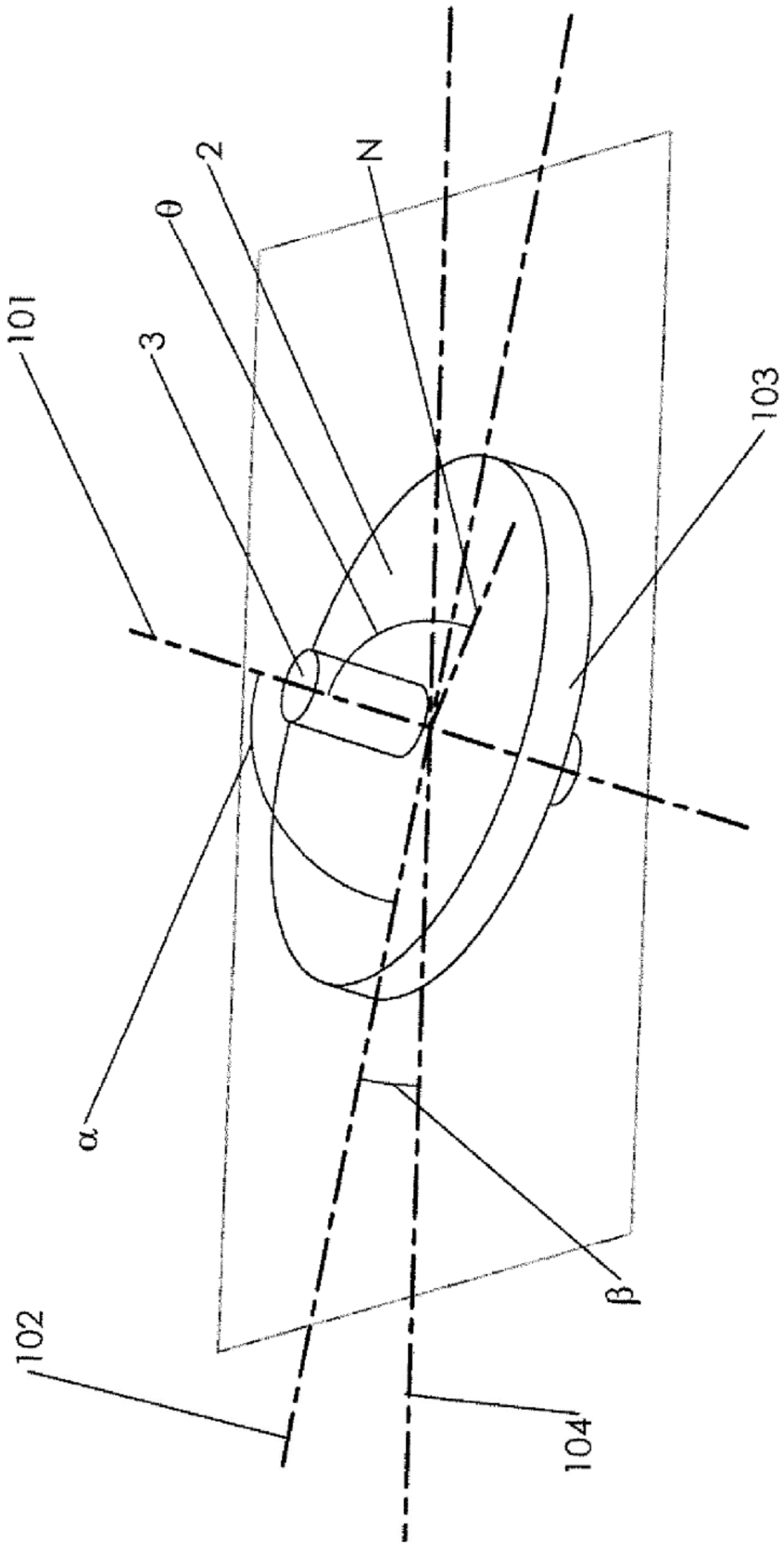


Figura 3

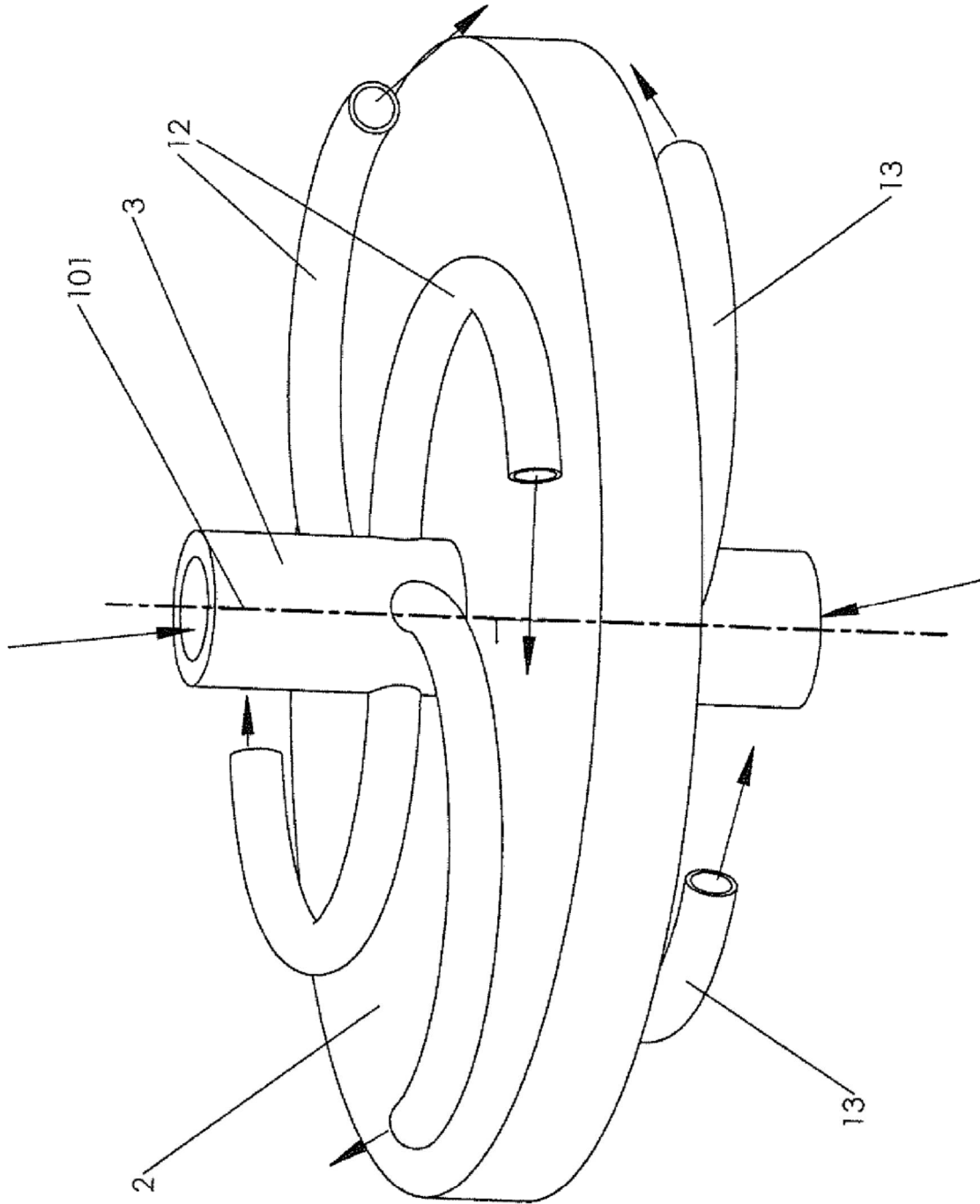


Figura 4

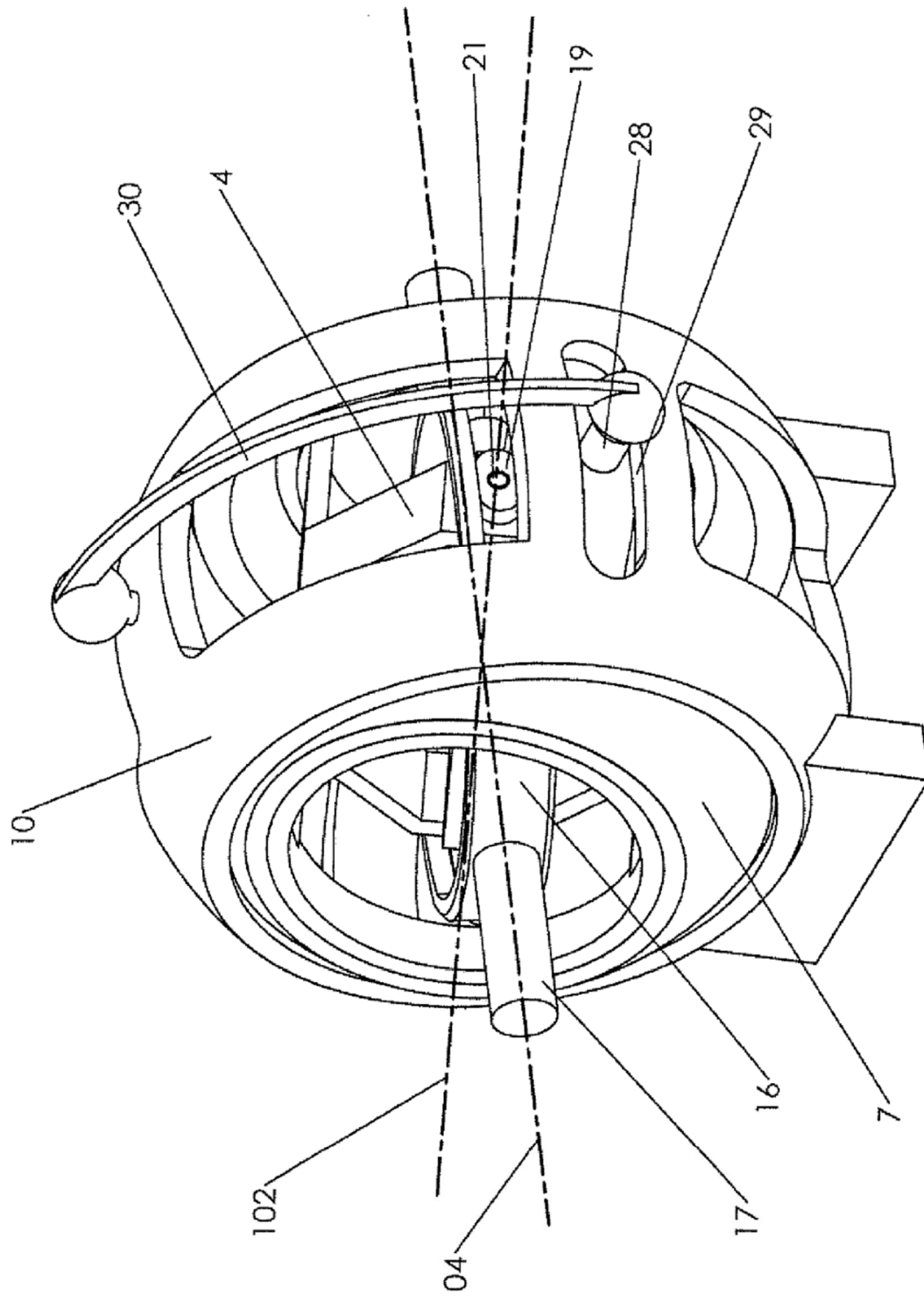


Figura 5

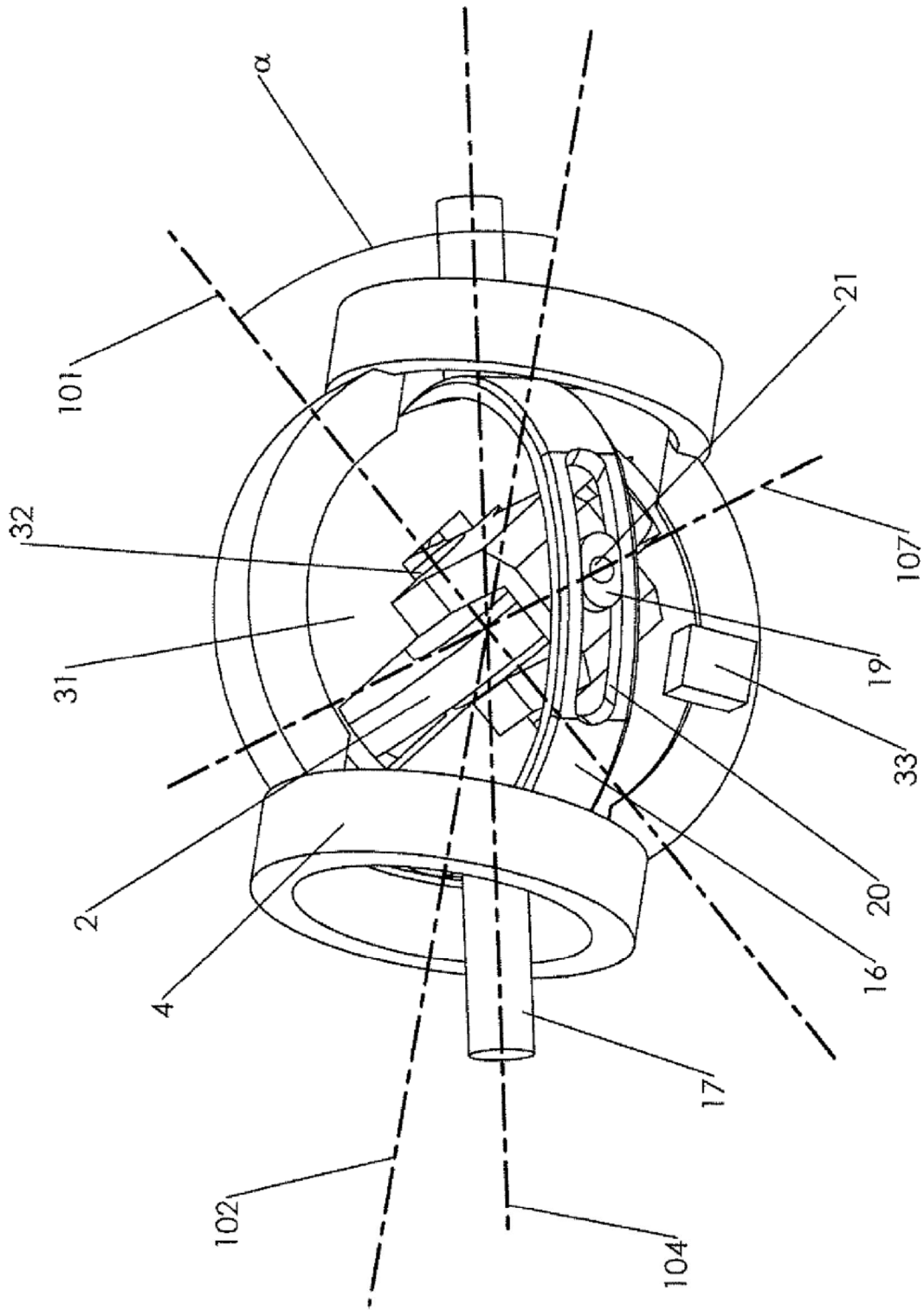


Figura 6

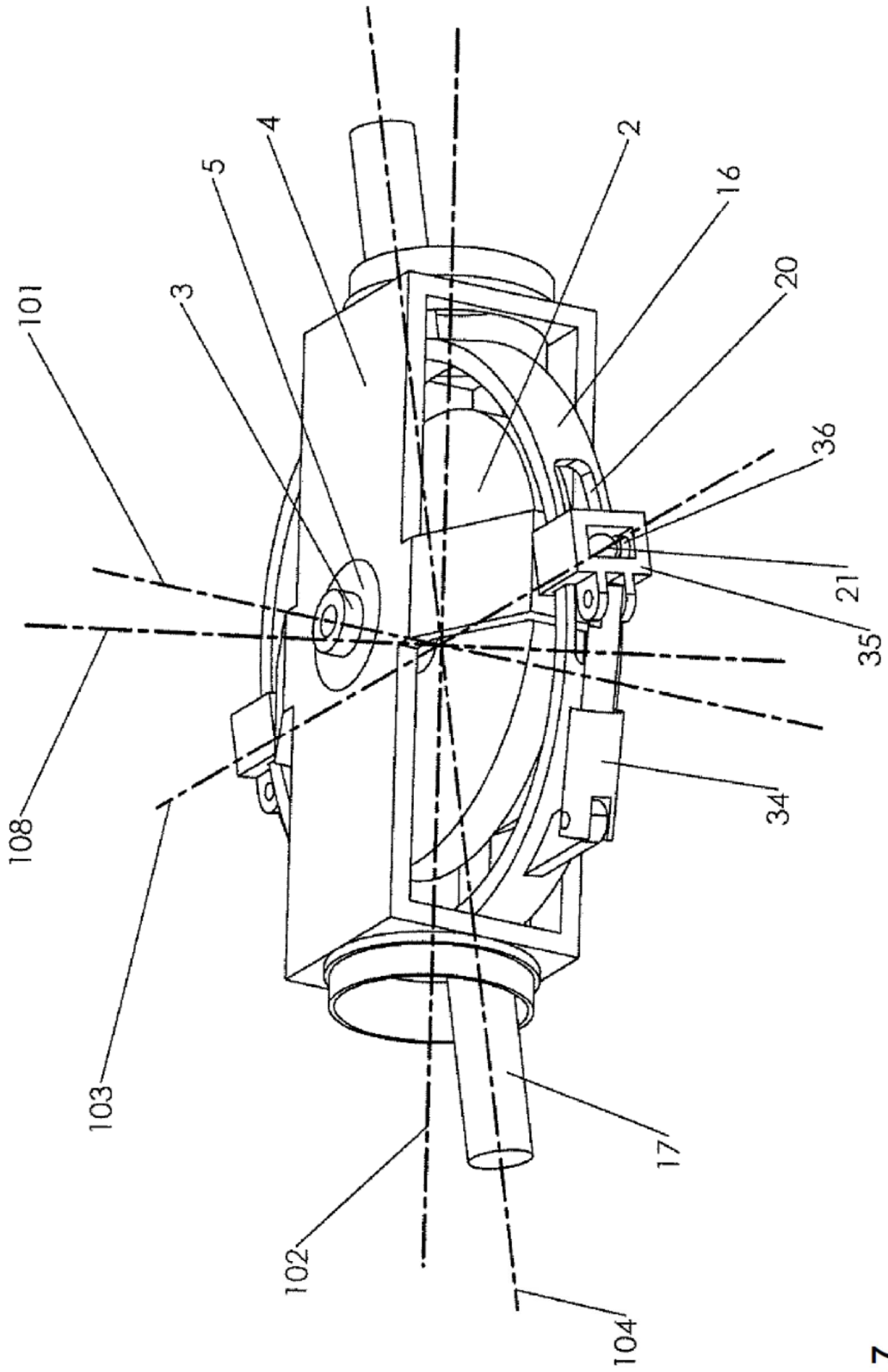


Figura 7

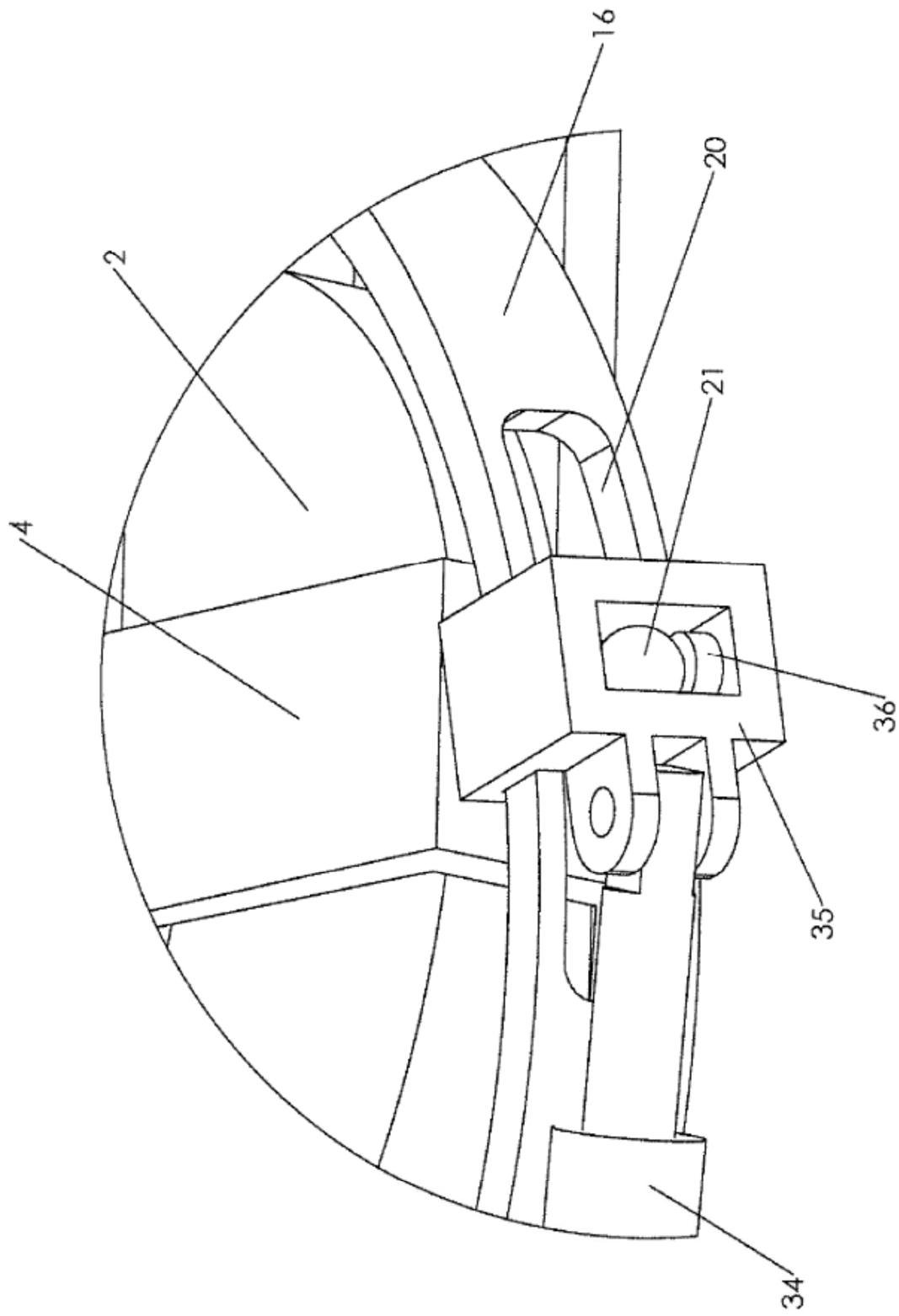


Figura 8

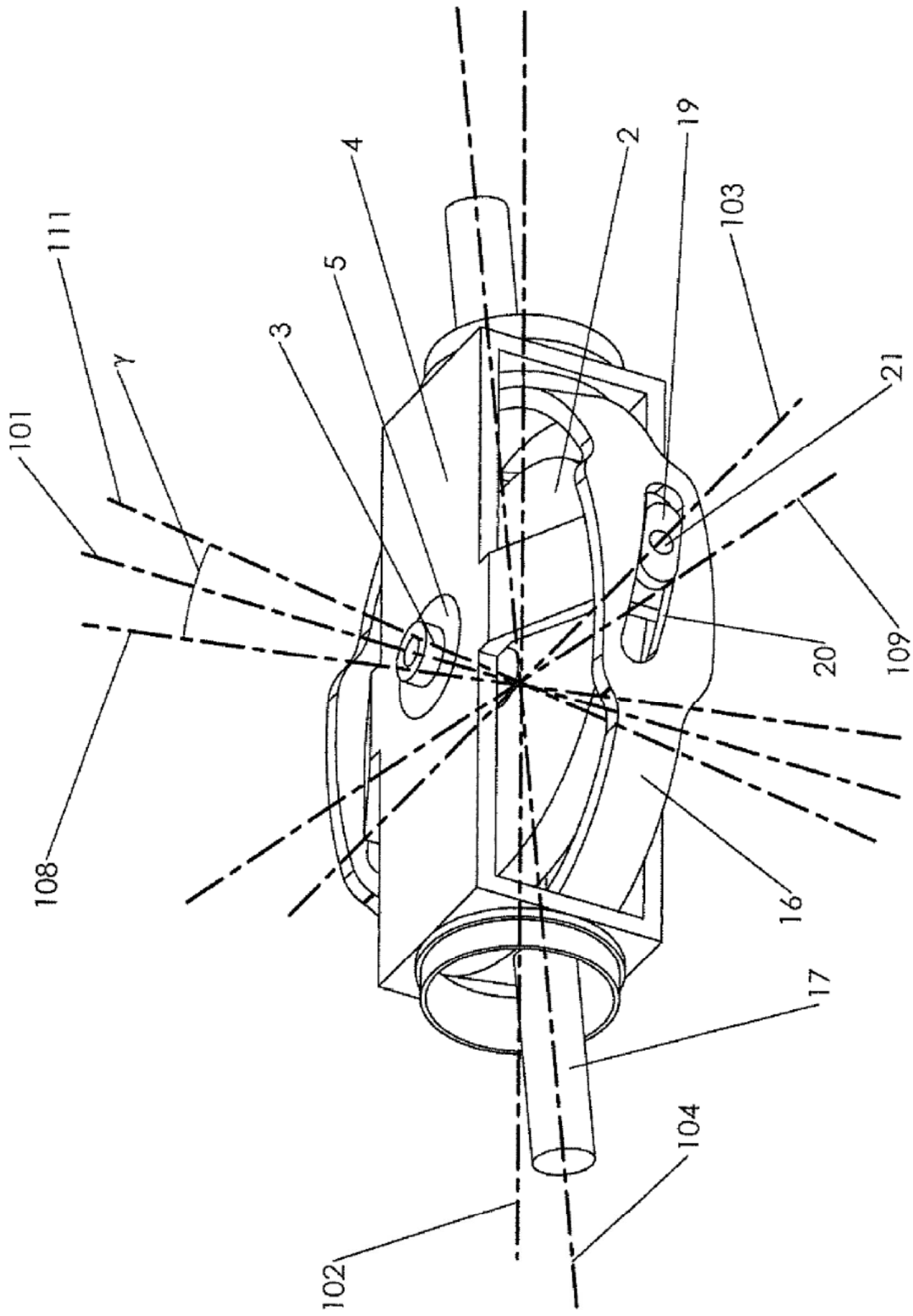


Figura 9

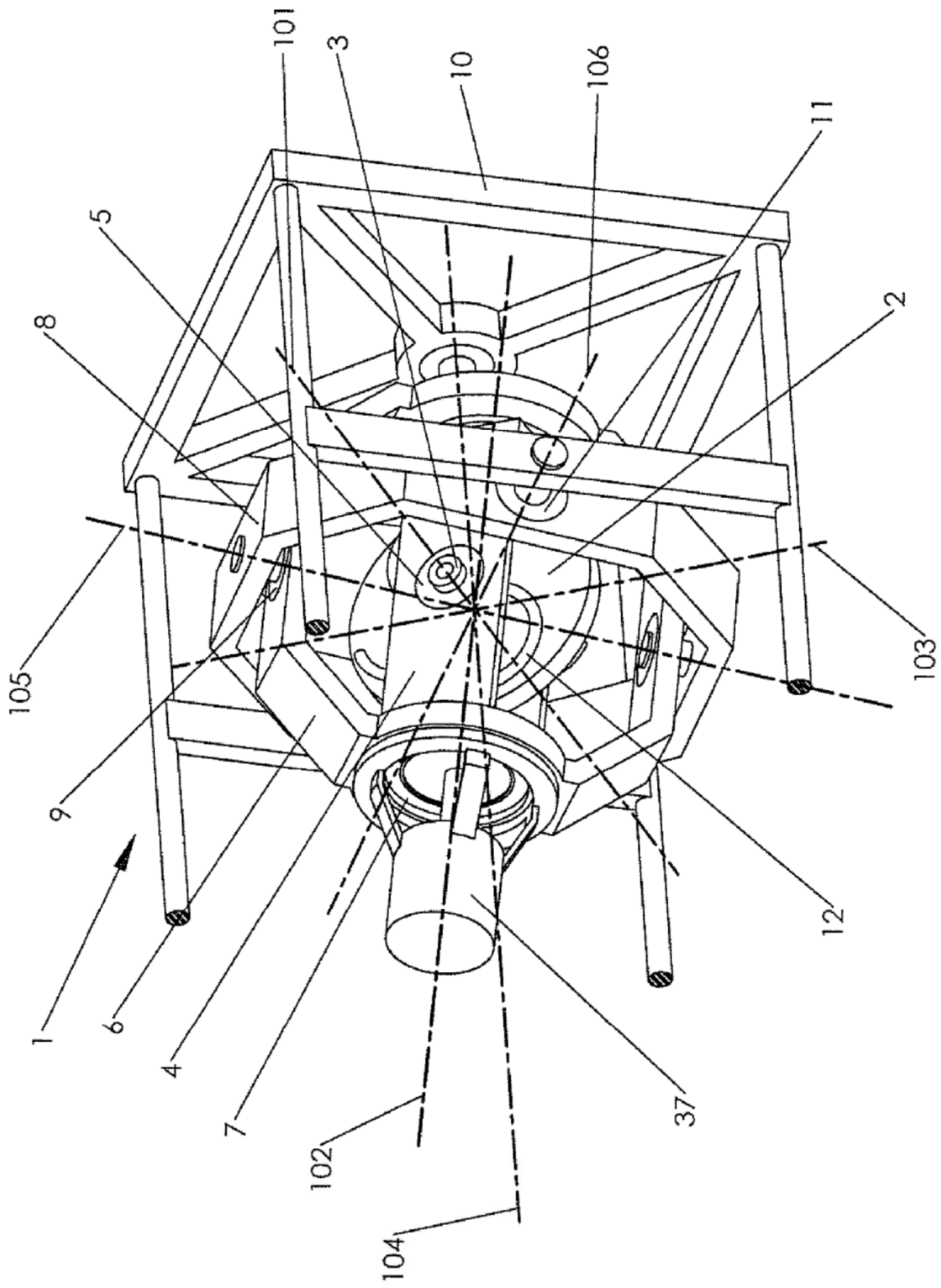


Figura 10

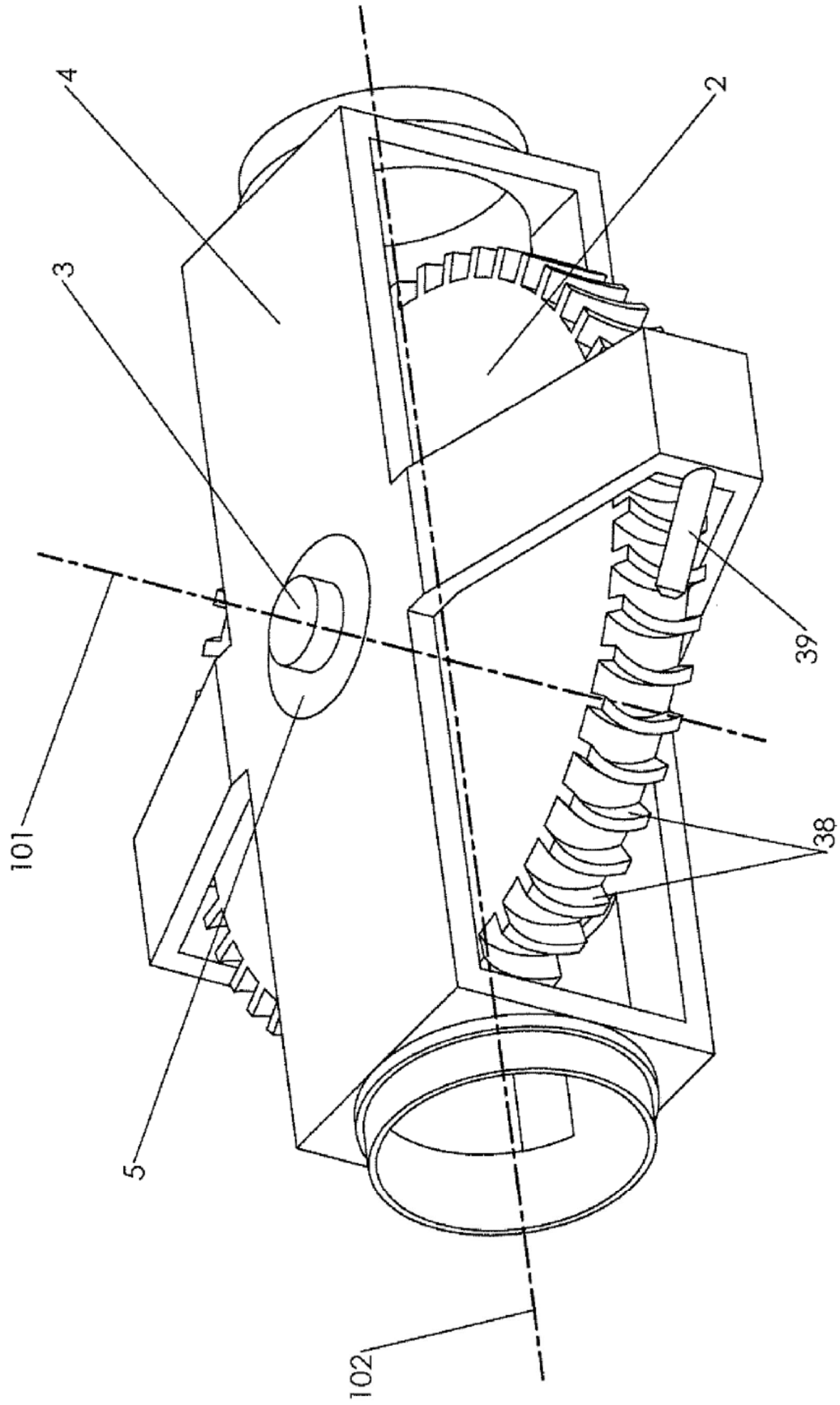


Figura 11

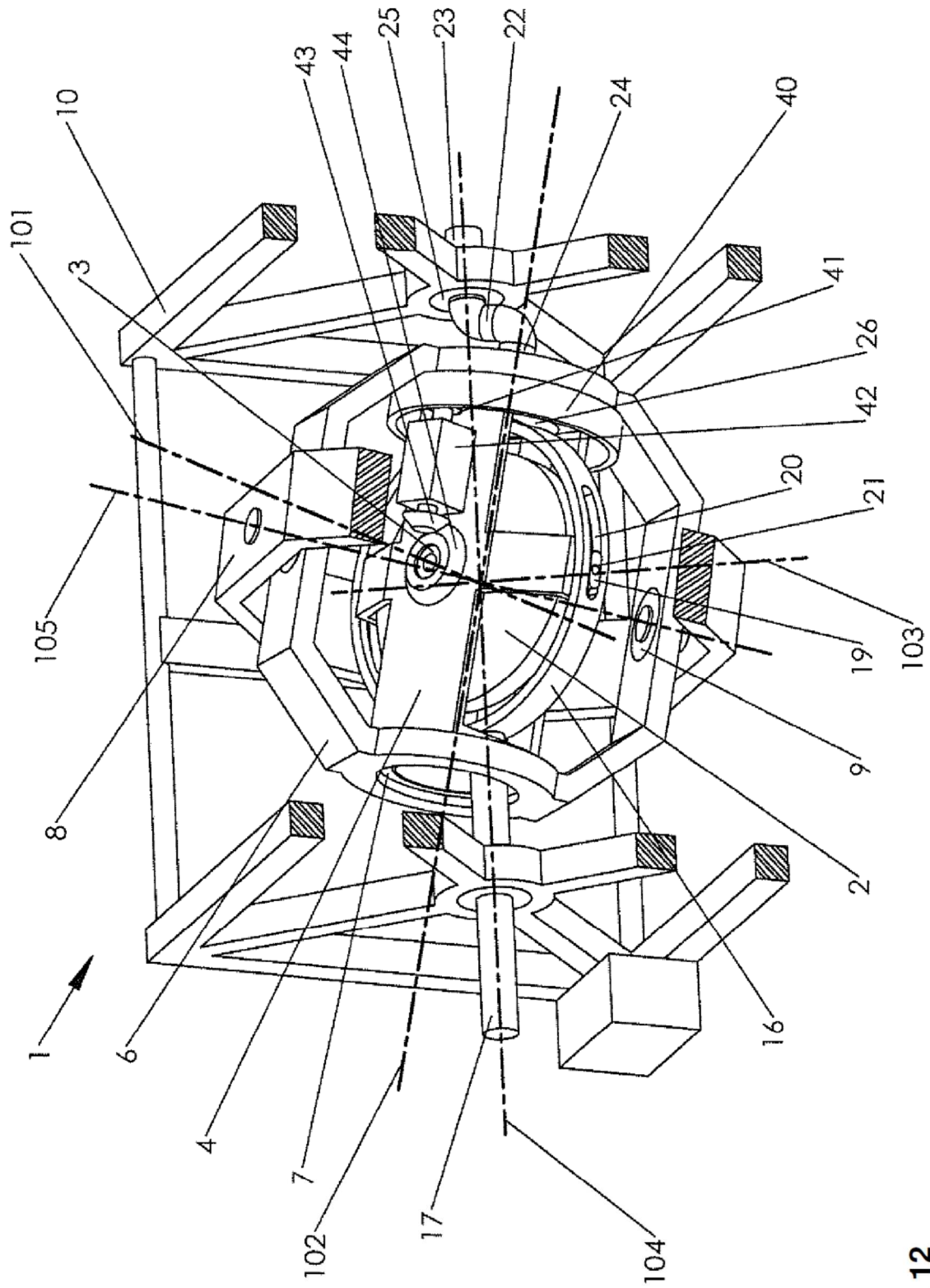


Figura 12

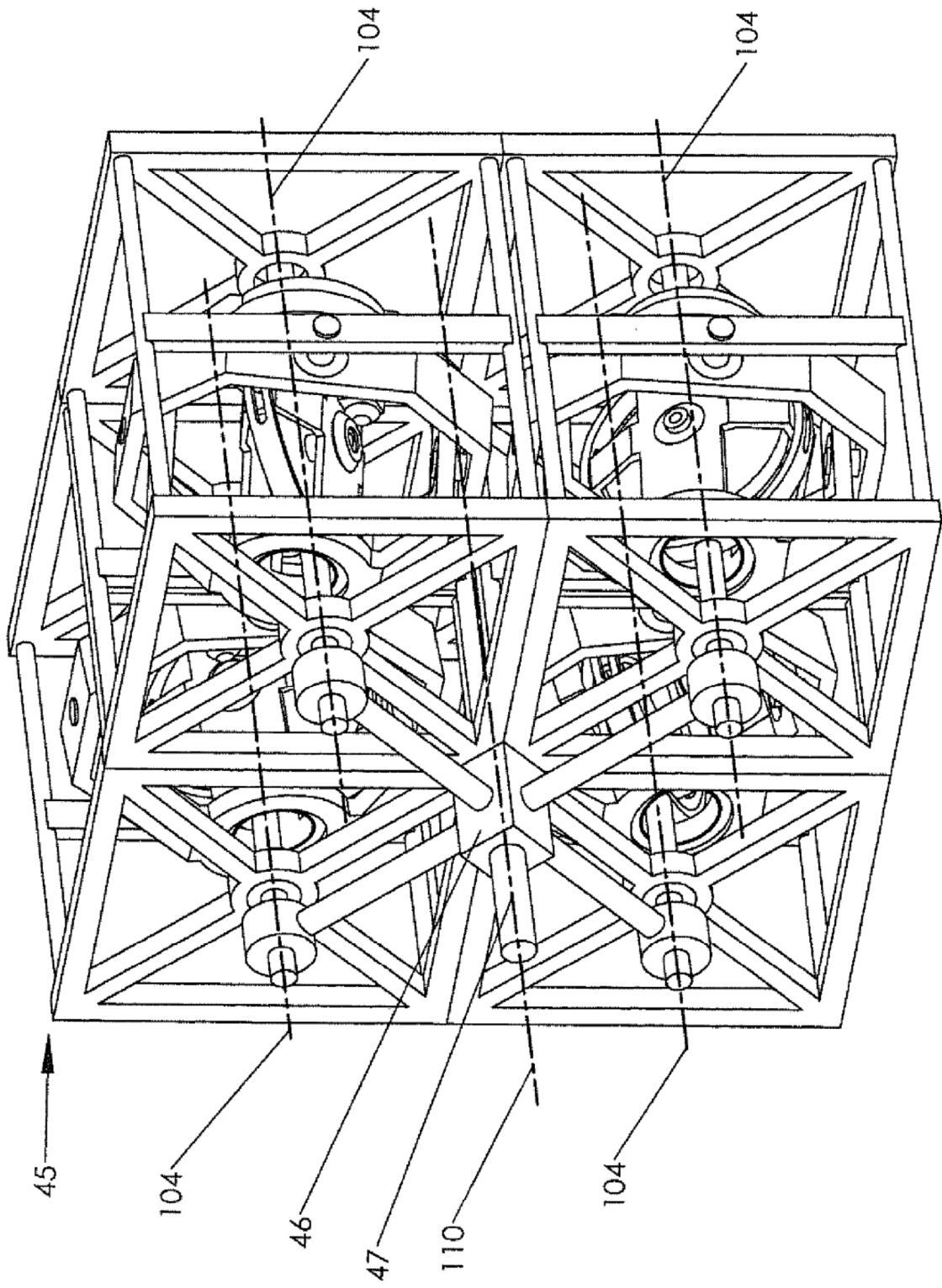


Figura 13

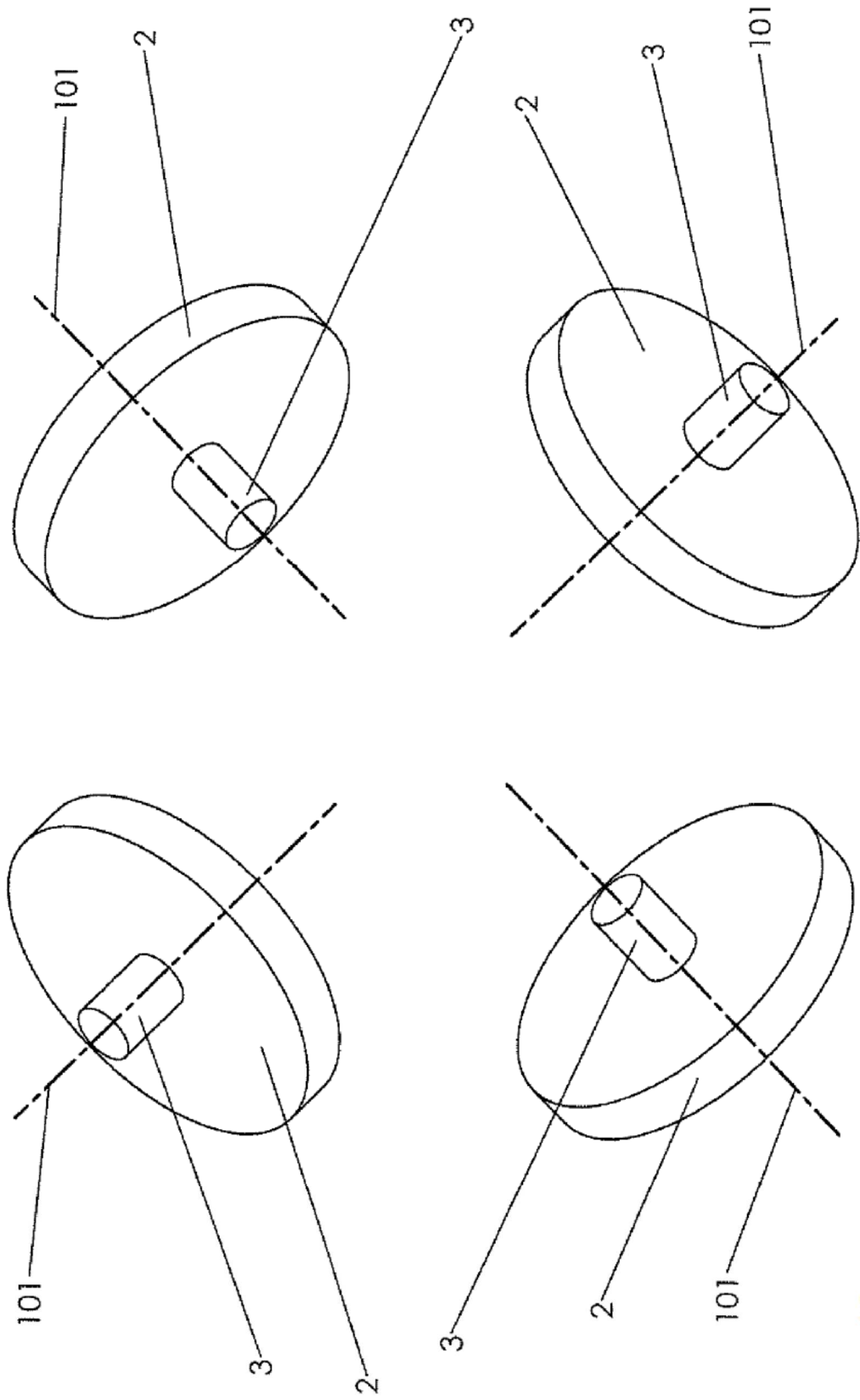


Figure 14