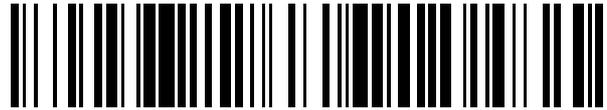


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 764 741**

51 Int. Cl.:

B60T 1/12 (2006.01)

F16H 1/32 (2006.01)

F16D 63/00 (2006.01)

F16D 65/12 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **01.03.2018 E 18159390 (6)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **30.10.2019 EP 3385133**

54 Título: **Sistema de frenado asistido por engranaje con interfaz elíptica**

30 Prioridad:

02.03.2017 US 201715448490

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

04.06.2020

73 Titular/es:

**THE BOEING COMPANY (100.0%)
100 North Riverside Plaza
Chicago, IL 60606-2016, US**

72 Inventor/es:

**ATMUR, ROBERT J y
SARGENT, WILLIAM PATRICK**

74 Agente/Representante:

CARVAJAL Y URQUIJO, Isabel

ES 2 764 741 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

Sistema de frenado asistido por engranaje con interfaz elíptica

Campo

5 Esta divulgación se refiere al frenado. Más específicamente, los ejemplos divulgados se refieren a sistemas y métodos para desacelerar un objeto giratorio usando un mecanismo de engranaje de interfaz elíptica para disipar energía de rotación.

Antecedentes

10 Los sistemas de frenado son esenciales para muchas máquinas. Los frenos de fricción se usan comúnmente, como los frenos de disco o los frenos de tambor. Como se indica en el nombre, los frenos de fricción usan la fricción para ralentizar el movimiento de rotación. Una pinza, brazo de palanca u otro mecanismo obliga a una pastilla o zapata a entrar en contacto por fricción con un rotor o tambor giratorio, convirtiendo la energía cinética de rotación en energía térmica. Las pastillas y las zapatas suelen ser componentes de corta duración debido al daño por calor o al desgaste, y pueden requerir un reemplazo regular.

15 Las aeronaves en particular exigen un alto rendimiento de los sistemas de frenado. En condiciones adversas, el calor generado por los sistemas de frenado tradicionales puede volverse inmanejable. La reducción de la producción térmica puede significar una mayor seguridad y una vida útil más larga para los componentes. Además, garantizar la seguridad de los pasajeros fomenta múltiples redundancias en los sistemas de frenado de aeronaves, mientras que el espacio y el peso son muy importantes en el diseño de aeronaves. Combinados, estos hacen que un freno más ligero y compacto sea altamente deseable.

20 La presente divulgación también se refiere a mecanismos de engranaje de interfaz elíptica del tipo conocido como mecanismo de placa oscilante. Históricamente, los mecanismos de placa oscilante han parecido una ruta prometedora hacia una unidad con alta densidad de par. En un mecanismo de placa oscilante, un engranaje, por ejemplo, un engranaje de rotor, se nutre alrededor de otro engranaje, por ejemplo, un engranaje de estator. Sorprendentemente, los mecanismos de placa oscilante también pueden proporcionar una ruta hacia un freno compacto, como se entenderá con más detalle a continuación. Los ejemplos de mecanismos de placa oscilante existentes se divulgan en las publicaciones de patente de EE. UU. N.ºs US20140285072, US6431330 B1 y US20150015174. Los sistemas más antiguos se divulgan en US2275827 y US3249776.

La divulgación realizada en el presente documento se presenta con respecto a estas y otras consideraciones.

Sumario

30 La presente divulgación enseña la combinación de un freno de fricción con un mecanismo de placa oscilante para proporcionar un módulo de freno compacto. El freno de fricción se usa para activar o desactivar el módulo de freno, pero la mayoría de la acción de frenado se realiza mediante el nuevo mecanismo de placa oscilante. La combinación del freno y el mecanismo de la placa oscilante proporciona un sistema de frenado asistido por engranaje con interfaz elíptica. El sistema divulgado puede incluir un árbol de entrada con un engranaje de entrada acoplado, una placa oscilante, un rotor con un engranaje de reacción y un mecanismo de freno accionado, o freno. El engranaje de entrada, la placa oscilante y el rotor pueden ser anulares y el árbol de entrada puede extenderse a través de cada uno de los engranajes de entrada, la placa oscilante y el rotor. El engranaje de entrada puede estar colocado enfrente del engranaje de reacción, y la placa oscilante atrapada entre el engranaje de entrada y el engranaje de reacción.

40 El árbol de entrada puede definir un eje de rotación y la placa oscilante puede tener un eje oscilante colocado en un ángulo distinto de cero con respecto al eje de rotación. Un conjunto de dientes de la cara colocados en una superficie de la placa oscilante puede engranarse parcialmente con el engranaje de entrada, y un conjunto de dientes oscilantes en una superficie opuesta de la placa oscilante puede engranarse parcialmente con el engranaje de reacción. La rotación del árbol de entrada puede causar de este modo la rotación de la placa oscilante y el rotor.

45 El freno puede montarse en una estructura externa y acoplarse con el rotor. Cuando se acciona, el freno puede ralentizar el rotor con respecto al árbol de entrada. Las fuerzas de contacto rodantes entre las superficies de los dientes oscilantes y los dientes de reacción pueden inducir nutación en la placa oscilante, disipando de este modo la energía de rotación.

50 Los elementos del sistema de frenado descritos anteriormente funcionan bien como un módulo diseñado para interconectarse de modo que uno de esos módulos de freno se pueda agregar a otro de tales módulos de freno. El árbol de entrada puede tener dos extremos, una ranura en un extremo y una ranura de apareamiento en el otro extremo. Cuando dos módulos de freno están alineados a lo largo de un eje de rotación compartido, la ranura de un

módulo puede coincidir con la ranura de apareamiento del segundo módulo. Este apareamiento puede acoplar directamente los dos árboles de entrada, de modo que la rotación del primer árbol de entrada puede dar como resultado la rotación del segundo árbol de entrada. La ranura del árbol de entrada también puede aparearse con la rueda de un vehículo, de modo que el árbol de entrada y la rueda estén directamente acoplados y alineados a lo largo de un eje de rotación compartido.

Un método para operar un sistema de frenado asistido por engranaje con interfaz elíptica puede incluir la fijación de un objeto giratorio a un engranaje de entrada, de modo que el engranaje de entrada esté centrado alrededor de un eje de rotación compartido. El método puede incluir engranar el engranaje de entrada con una pluralidad de dientes de la cara en una placa oscilante, y engranar una pluralidad adicional de dientes oscilantes en la placa oscilante con un engranaje de reacción. El método puede incluir además suspender la placa oscilante en un ángulo distinto de cero con respecto al eje de rotación y colocar el engranaje de reacción en una cara de un rotor. El método puede incluir frenar el rotor y, por lo tanto, inducir la nutación de la placa oscilante.

La presente divulgación proporciona diversos aparatos y métodos de uso de los mismos. En algunos ejemplos, un sistema de frenado puede incluir un engranaje de entrada, una placa oscilante y un engranaje de reacción. En algunos ejemplos, el frenado del engranaje de reacción puede hacer que la placa oscilante se nutee sobre el engranaje de reacción. En algunos ejemplos, cada una de las placas oscilantes, el engranaje de entrada y el engranaje de reacción pueden incluir un conjunto de dientes que tienen formas diseñadas para limitar las fuerzas excéntricas.

Las características, funciones y ventajas se pueden lograr de forma independiente en diversos ejemplos de la presente divulgación, o se pueden combinar en otros ejemplos más, cuyos detalles se pueden ver con referencia a la siguiente descripción y dibujos.

Breve descripción de los dibujos

La figura 1 es una vista en despiece isométrico de componentes de un conjunto de módulo de freno según la presente divulgación.

La figura 2 es una vista en despiece isométrico de los componentes mostrados en la figura 1, vistos desde una dirección opuesta.

La figura 3 es una vista en sección transversal de dos conjuntos de módulos de freno del tipo mostrado en las figuras 1-2, adyacentes entre sí.

La figura 4 es una vista en sección transversal de una porción de un avión, que incluye un freno de servicio, cuatro conjuntos de módulos de freno del tipo mostrado en las figuras 1-2, un cubo y una rueda, mostrados ensamblados.

La figura 5 es una vista lateral de una placa oscilante mostrada en las figuras 1-4.

La figura 6 es una vista frontal de la placa oscilante mostrada en la figura 5.

La figura 7 es una vista trasera de la placa oscilante mostrada en las figuras 5-6.

La figura 8 es una vista lateral de un árbol de entrada mostrado en las figuras 1-4.

La figura 9 es una vista trasera del árbol de entrada mostrado en la figura 8.

La figura 10 es una vista frontal del árbol de entrada mostrado en las figuras 8-9.

La figura 11 es una vista lateral de un árbol del rotor mostrado en las figuras 1-4.

La figura 12 es una vista trasera del rotor mostrado en la figura 11.

La figura 13 es una vista frontal del rotor mostrado en las figuras 10-11.

La figura 14 es una vista frontal de una carcasa trasera mostrada en las figuras 1-4.

La figura 15 es una vista trasera de la carcasa trasera mostrada en la figura 14.

La figura 16 es una vista lateral de la carcasa trasera mostrada en las figuras 14-15.

La figura 17 es una vista lateral de una carcasa frontal mostrada en las figuras 1-4.

La figura 18 es una vista frontal de la carcasa frontal mostrada en la figura 17, con una vista trasera de la carcasa frontal que es similar a la figura 14.

Téngase en cuenta que la escala relativa difiere entre las hojas de los dibujos, por lo que diversos detalles en los dibujos son más evidentes.

Descripción

Diversos ejemplos de aparatos y métodos relacionados con un sistema de frenado asistido por engranaje con interfaz elíptica se describen a continuación y se ilustran en los dibujos asociados. A menos que se especifique lo contrario, un aparato o método y/o sus diversos componentes pueden, pero no están obligados a contener al menos una de las estructuras, componentes, funcionalidades y/o variaciones descritas, ilustradas y/o incorporadas en el presente documento. Además, las estructuras, componentes, funcionalidades y/o variaciones descritas, ilustradas y/o incorporadas en el presente documento en relación con las presentes enseñanzas pueden, pero no es obligatorio, estar incluidas en otros aparatos o métodos similares. La siguiente descripción de diversos ejemplos es

simplemente de naturaleza ejemplar y de ninguna manera pretende limitar la divulgación, su aplicación o usos. Además, las ventajas proporcionadas por los ejemplos, como se describe a continuación, son de naturaleza ilustrativa y no todos los ejemplos proporcionan las mismas ventajas o el mismo grado de ventajas.

5 Un ejemplo de este sistema de frenado o módulo de freno se puede ver desde diferentes ángulos en las figuras 1 y 2, con un módulo de freno indicado, generalmente, con 10. El módulo de freno 10 puede incluir un freno 12, un rotor de freno anular 14 que incluye el engranaje de reacción 16, un árbol de entrada 18, un engranaje de entrada 20 y una placa oscilante anular 22. El árbol de entrada puede extenderse a través del rotor 14 y el engranaje de entrada 20, con el engranaje de entrada 20 opuesto al engranaje de reacción 16. La placa oscilante 22 puede estar colocada entre el engranaje de entrada 20 y el engranaje de reacción 16.

10 El árbol de entrada 18 puede definir un eje de rotación 24, alrededor del cual el engranaje de entrada 20 puede estar centrado. El rotor 14 y el engranaje de reacción 16 pueden ser igualmente concéntricos con el eje de rotación 24.

15 La placa oscilante 22 puede tener tanto un conjunto de dientes oscilantes 26 colocados en una cara frontal 28 como un conjunto de dientes de la cara 30 colocados en una cara trasera 32 opuesta. La placa oscilante 22 puede estar alineada en un ángulo distinto de cero con respecto al eje de rotación 24 de tal manera que la placa oscilante se engrane parcialmente con el engranaje de entrada 20 y el engranaje de reacción 16. La rotación del árbol de entrada 18 puede hacer que gire la placa oscilante 22.

20 El freno 12 puede comprender una pinza de freno, como se muestra, que controla selectivamente una acción de frenado. El freno puede aparearse con el rotor 14, permitiendo que el freno ralentice el rotor en relación con el árbol de entrada 18 y, por lo tanto, induzca una nutación de la placa oscilante 22 en relación con el rotor, disipando la energía de rotación.

25 El árbol de entrada 18 puede extenderse a través del engranaje de entrada 20 y estar directamente acoplado con el engranaje de entrada, tal que el árbol de entrada forme una parte integral del engranaje de entrada. En otros ejemplos, no mostrados, el engranaje de entrada puede formarse como una parte separada y luego acoplarse al árbol de entrada. Por lo tanto, una rotación única del árbol de entrada 18 puede dar como resultado una rotación única del engranaje de entrada 20. Las figuras 8-10 muestran las vistas lateral, frontal y trasera del engranaje de entrada 20.

30 El árbol de entrada 18 puede comprender un primer extremo 34, un segundo extremo 36 y una sección transversal circular que se ve mejor en la figura 9. Una ranura, o ranura macho 38 puede estar ubicada en el primer extremo 34 del árbol de entrada 18 y una ranura de apareamiento, o la ranura hembra 40 puede ubicarse en el segundo extremo 36 del árbol de entrada 18. El árbol de entrada 18 puede por lo tanto estar formado para aparearse con un segundo árbol de entrada para interconectar múltiples módulos de freno como un conjunto.

35 El engranaje de entrada 20 puede comprender una pluralidad de dientes de entrada 42 colocados en una superficie de entrada anular 44, que se ve mejor en la figura 10. La superficie de entrada 44 puede ser troncocónica. Es decir, la superficie de entrada anular 44 puede estar en ángulo con respecto a un plano perpendicular al eje de rotación 24, de modo que cada punto en la superficie de entrada anular incluye una línea troncocónica que puede extenderse a un vértice ubicado en el eje de rotación y hacia delante del engranaje de entrada 20. Cuando los elementos mencionados anteriormente se ensamblan en un módulo de freno 10, el vértice troncocónico de la superficie de entrada anular 44 puede estar próximo a un centro de masa de la placa oscilante 22.

40 Un recuento de la pluralidad de dientes de entrada 42 puede ser cualquier número apropiado. En el ejemplo representado en las figuras 1 y 2, hay 115 dientes de entrada. Cada diente de entrada puede incluir dos caras de accionamiento y cada cara de accionamiento puede ser plana, compuesta por más de un plano, o puede estar compuesta por una o más superficies con curvatura.

45 El rotor 14 puede tener forma anular, con una superficie interna cilíndrica que comprende la cara de engranaje o la cara de reacción 46. La cara de reacción puede definir parcialmente un volumen interior que puede configurarse para acomodar parte o la totalidad de la placa oscilante 22. Las figuras 11-13 muestran las vistas lateral, trasera y frontal del rotor 14.

50 El rotor 14 también puede comprender una superficie frontal 48 y una superficie trasera 50. Un collar de apoyo frontal 52 puede estar colocado en la superficie frontal 48, próxima a la cara de reacción 46 y un collar de apoyo trasero 54 puede estar colocado en la superficie trasera 50, también próxima a la cara de reacción. El rotor 14 puede estar montado de forma gítoria en el árbol de entrada 18, de modo que sea coaxial con el eje de rotación 24.

El engranaje de reacción 16, compuesto por una pluralidad de dientes de reacción 56, puede colocarse en la cara de reacción 46. La pluralidad de dientes de reacción 56 puede extenderse hacia el collar de apoyo trasero 54, paralelo al eje de rotación 24. Un recuento de los dientes de reacción 56 puede ser cualquier número apropiado. En el

ejemplo mostrado en las figuras 1 y 2, hay 46 dientes de reacción.

5 Cada diente de la pluralidad de dientes de reacción 56 puede tener un extremo proximal y un extremo distal con relación al eje de rotación 24, como se muestra en las figuras 1 y 2. El extremo distal de cada diente de reacción 56 puede estar acoplado a la cara de reacción 46. Cada diente también puede incluir una primera superficie de engranaje y en el lado opuesto del diente puede haber una segunda superficie de engranaje. Cada superficie de engranaje puede ser plana, compuesta por más de un plano o compuesta por una o más superficies con curvatura.

Una o ambas superficies de engranaje de un diente de reacción 56 pueden definirse por una involuta compuesta por un círculo y una elipse, como se ha destacado anteriormente. Alternativamente, la curva puede ser la proyección de una elipse virtual en la ubicación del diente para todos los ángulos entre 0 y 2π radianes.

10 Cada diente de la pluralidad de dientes de reacción 56 puede incluir una porción de engranaje y una base de soporte. La porción de engranaje puede incluir la primera superficie de engranaje y la segunda superficie de engranaje. La base de soporte puede acoplar la porción de engranaje al rotor.

15 También se muestra en las figuras 1 y 2, que el freno 12 puede incluir una pinza de freno u otro mecanismo de frenado capaz de ralentizar el rotor 14 en relación con el árbol de entrada 18. El freno 12 puede estar fijado a una estructura externa o montado de otra manera para que el freno se aparee con el rotor. En el caso de un ejemplo en el que el freno incluye una pinza de freno 62, una pastilla de freno frontal 58 puede estar fijada en la superficie frontal 48 próxima al rotor y una pastilla de freno trasera 60 puede estar fijada en la superficie trasera 50 próxima al rotor. Cuando son impulsadas por la pinza de freno 62, la pastilla de freno frontal y la pastilla de freno trasera pueden hacer contacto por fricción con una superficie frontal 48 correspondiente y una superficie trasera 50 del rotor 14 para frenar selectivamente la rotación y ralentizar el rotor con respecto al árbol de entrada 18.

20 Bajo ciertas condiciones, puede producirse una pérdida de tracción entre el freno 12 y el rotor 14. Por ejemplo, si el par aplicado al árbol de entrada 18 excede un producto de fuerza ejercida sobre el rotor 14 por las pastillas de freno 58, 60 y un coeficiente de fricción apropiado para materiales de las pastillas de freno y el rotor, y la distancia desde el eje de rotación 24 hasta un punto de contacto entre las pastillas de freno y el rotor, pueden producirse resbalones. En tales condiciones, el módulo de freno 10 liberará la carga de par. Es decir, la rotación del rotor 14 puede estar restringida, pero no impedida. Parte de la energía de rotación del árbol de entrada 18 puede ser disipada por nutación de la placa oscilante, mientras que la energía de rotación restante puede transmitirse al rotor.

30 Con referencia nuevamente a las figuras 1 y 2, la placa oscilante 22 puede tener forma anular, con una cara frontal 28, una cara trasera 32 y un eje central, o eje oscilante 64. La abertura central 66 de la placa oscilante 22 puede configurarse para recibir una porción del árbol de entrada 18, véase, por ejemplo, en la figura 3. La placa oscilante 22 puede estar alineada de modo que el eje oscilante 64 forme un ángulo distinto de cero con el eje de rotación 24. Las figuras 5-7 muestran las vistas lateral, frontal y trasera de la placa oscilante 22.

35 Como se muestra en la figura 7, la cara trasera 32 puede incluir una superficie oscilante anular 68, que puede ser una superficie troncocónica. Es decir, la superficie oscilante anular 68 puede estar en ángulo con respecto a un plano perpendicular al eje oscilante 64, de modo que cada punto en la superficie oscilante anular incluye una línea troncocónica que puede extenderse a un vértice troncocónico ubicado en el eje oscilante. El vértice troncocónico de la superficie oscilante anular 68 puede estar próximo a un centro de masa de la placa oscilante 22.

40 Se puede colocar una pluralidad o conjunto de dientes de la cara 30 en la superficie oscilante anular 68. Un recuento de los dientes de la cara 30 puede ser cualquier número apropiado. El recuento de dientes de la cara puede ser mayor, menor o igual que el recuento de la pluralidad de dientes de entrada 42. En el ejemplo representado en la figura 7, hay 115 dientes de la cara. Cada diente de la cara puede incluir dos caras accionadas, que pueden ser planas, compuestas de más de un plano, o pueden estar compuestas por una o más superficies con curvatura.

45 La placa oscilante 22 puede engranarse con el engranaje de entrada 20, como se representa en la figura 3. El engranado puede estar entre la pluralidad de dientes de la cara y dientes de entrada. Cuando el engranaje de entrada gira en una dirección de rotación dada, una cara de accionamiento de un diente de entrada puede engranarse con una cara accionada de un diente de cara. Es decir, puede haber una fuerza de contacto ejercida sobre la placa oscilante por la placa de entrada a través de una interacción entre las caras de accionamiento de la pluralidad de dientes de entrada y las caras accionadas de la pluralidad de dientes de cara. Estas fuerzas de contacto pueden hacer que la placa oscilante gire en la misma dirección de rotación dada.

50 En el ejemplo del módulo de freno 10, el engranaje de entrada 20 tiene 115 dientes de entrada y la placa oscilante 22 tiene 115 dientes de la cara. Es decir, el engranaje de entrada y la placa oscilante interactúan y giran según una relación de engranaje de 1:1. Es decir, por cada rotación completa del engranaje de entrada, la placa oscilante también completa exactamente una rotación completa. Son posibles otras opciones para la cantidad de dientes de entrada y cara, y darían como resultado una relación de engranaje diferente.

La placa oscilante 22 y el engranaje de entrada 20 pueden configurarse de modo que cualquier fuerza de contacto ejercida entre la placa oscilante y el engranaje de entrada apunte en direcciones que son tangentes a los círculos que se ubican en planos perpendiculares al eje de rotación. Al configurar la placa oscilante y el engranaje de entrada de modo que las fuerzas de contacto entre la placa oscilante y el engranaje de entrada apunten en tales direcciones, se pueden evitar las fuerzas excéntricas. Las fuerzas excéntricas pueden hacer que la pluralidad de dientes de la cara 30 se desengrane de la pluralidad de dientes de entrada 42 o pueden hacer que el centro de masa de la placa oscilante oscile, introduciendo así vibraciones indeseables en el sistema del módulo de freno.

La placa oscilante 22 puede comprender además una pluralidad o conjunto de dientes oscilantes 26, colocados en la cara frontal 28. Los dientes oscilantes pueden extenderse desde la cara frontal 28 en una dirección axial a lo largo del eje oscilante. Un recuento de los dientes oscilantes 26 puede ser cualquier número apropiado. El recuento de los dientes oscilantes puede ser mayor, menor o igual que el recuento de los dientes de reacción 56. En el ejemplo mostrado en la figura 6, hay 45 dientes oscilantes.

Cada diente oscilante 26 puede incluir una primera superficie de engranaje y en el lado opuesto del diente puede haber una segunda superficie de engranaje. Cada superficie puede ser plana, compuesta por más de un plano o compuesta por una o más superficies con curvatura.

Una o ambas superficies de engranaje de un diente oscilante 26 pueden definirse por una involuta compuesta por un círculo y una elipse, como se ha destacado anteriormente. Alternativamente, la curva puede ser la proyección de una elipse virtual en la ubicación del diente para todos los ángulos entre 0 y 2π radianes.

Además, cada diente oscilante 26 puede incluir una porción de engranaje y una base de soporte. La porción de engranaje puede incluir la primera superficie de engranaje y la segunda superficie de engranaje. La base de soporte puede conectar la porción de engranaje a la cara frontal 28 de la placa oscilante 22.

La placa oscilante 22 puede engranarse con el engranaje de reacción 16, como se representa en la figura 3. El acoplamiento puede estar entre la pluralidad de dientes oscilantes 26 y los dientes de reacción 56. Si la placa oscilante 22 gira en una dirección de rotación dada, entonces la primera superficie de engranaje de un diente oscilante 26 puede engranarse con la primera superficie de engranaje de un diente de reacción 56. Es decir, puede haber una fuerza de contacto ejercida sobre el engranaje de reacción 16 por la placa oscilante 22 a través de una interacción entre las primeras superficies de engranaje de la pluralidad de dientes oscilantes y las primeras superficies de engranaje de la pluralidad de dientes de reacción.

En un caso en el que el freno 12 no está engranado en una acción de frenado en el rotor 14, el engranaje de reacción 16 puede girar libremente. La fuerza de contacto entre los dientes oscilantes 26 y los dientes de reacción 56 puede hacer que el engranaje de reacción 16 y el rotor 14 giren en la dirección de rotación dada.

En un caso en el que el freno 12 se engrana en una acción de frenado en el rotor 14, la rotación del rotor puede ralentizarse en relación con el árbol de entrada 18 y la rotación del engranaje de reacción 16 puede restringirse o impedirse. La fuerza de contacto entre los dientes oscilantes 26 y los dientes de reacción 56 puede hacer que la placa oscilante 22 se nutee.

En el ejemplo del módulo de freno 10, el engranaje de reacción 16 tiene 46 dientes de reacción y la placa oscilante 22 tiene 45 dientes oscilantes. A medida que la placa oscilante 22 se nutea alrededor del engranaje de reacción 16, cada diente oscilante 26 puede engranarse con un diente en la pluralidad de dientes de reacción 56 durante una única nutación. Como puede haber un diente de reacción más que los dientes oscilantes, la placa oscilante puede girar ligeramente durante una sola nutación. En el ejemplo del módulo de freno 10, la placa oscilante puede girar $1/46$ de una rotación completa durante una sola nutación de la placa oscilante. En otras palabras, si la placa oscilante gira $1/46$ de una rotación completa, quizás debido a una interacción con el engranaje de entrada, la placa oscilante puede completar una nutación completa. Por lo tanto, la placa oscilante y el engranaje de reacción pueden interactuar según una relación de engranaje de 46:1. Por cada 46 nutaciones de la placa oscilante, la placa oscilante puede girar exactamente una vez. Son posibles otras opciones para el número de dientes de reacción y dientes oscilantes, y darían como resultado una relación de engranaje diferente.

La placa oscilante 22 y el rotor 14 pueden tener una forma sustancialmente circular, con una proyección de la placa oscilante sobre el rotor que tiene forma elíptica. Las pluralidades de dientes oscilantes 26 y dientes de reacción 56 pueden contornearse proyectando esta elipse virtual sobre la ubicación del diente. La proyección elíptica de la placa oscilante 22 sobre el rotor 14 puede por lo tanto estar limitada a una rotación no excéntrica. El movimiento excéntrico, si está permitido, puede generar grandes fuerzas de desequilibrio creando un rendimiento inaceptable del sistema.

Para cada diente de ambas pluralidades de dientes oscilantes 26 y dientes de reacción 56, una o ambas de la primera superficie de engranaje y la segunda superficie de engranaje pueden definirse por una involución compuesta

ES 2 764 741 T3

por un círculo y una elipse. Es decir, la curva de la segunda superficie de engranaje puede definirse mediante una primera ecuación:

$$y = C(\tan(\varphi) - \varphi)^D$$

- 5 donde C es una constante que puede ser proporcional a un radio de la placa oscilante, φ puede tomar valores de 0 a $\frac{\pi}{2}$ radianes, y D puede ser una constante positiva menor que 1. D puede tener un valor de aproximadamente 0,65, aunque también son posibles otros valores. La primera ecuación puede normalizarse a la unidad.

Alternativamente, la curva de la segunda superficie de engranaje puede definirse mediante una segunda ecuación:

$$y = C(\sin(\varphi) - \varphi \cos(\varphi))^D$$

- 10 donde C es una constante que puede ser proporcional a un radio de la placa oscilante, φ puede tomar valores de 0 a $\frac{\pi}{2}$ radianes, y D puede ser una constante positiva menor que 1. D puede tener un valor de aproximadamente 0,65, aunque también son posibles otros valores. La segunda ecuación se puede normalizar a un radio del engranaje de reacción. La curva de la segunda superficie de engranaje puede ser la proyección de una elipse virtual sobre la ubicación del diente para todos los ángulos entre 0 y 2π radianes.

- 15 La curva de la primera superficie de engranaje puede ser una imagen especular de la curva de la segunda superficie de engranaje, reflejada a través de un plano a través del ápice del diente y que contiene el eje de rotación. Además, la primera superficie de engranaje y la segunda superficie de engranaje pueden aparearse suavemente en el ápice de cada diente. Por lo tanto, la forma en sección transversal del diente puede definirse mediante una involuta compuesta por un círculo y una elipse.

- 20 El módulo de freno puede entenderse como un sistema mecánicamente restringido regido por las ecuaciones de Euler para una placa oscilante, que crea un marco de referencia inercial giratorio. Téngase en consideración la ecuación del eje z de Euler,

$$T_z = I_z \dot{\omega}_z - (I_x - I_y) \omega_x \omega_y$$

- 25 donde T es par, I es momento de inercia y ω es velocidad angular. Esta ecuación muestra que, dependiendo de la dirección del par, un eje experimentará una rotación opuesta. El par, o energía cinética, puede ingresar al sistema y ser aceptado como rotaciones opuestas. No se almacena el momento neto, y toda la energía de entrada puede usarse para cambiar un vector de momento de la placa oscilante 22.

- 30 Como se ha descrito previamente, los dientes oscilantes 26 y los dientes de reacción 56 pueden configurarse para proporcionar una restricción mecánica sobre el movimiento de la placa oscilante 22. Una relación entre el par de rotación de entrada, la energía cinética de la placa oscilante 22 y el par de deformación giratorio del rotor 14 bajo esa restricción mecánica puede expresarse como

$$\sin(2\theta) T_z = I_z \dot{\omega}_z - I_x \omega_z^2$$

donde θ es el ángulo entre el eje oscilante 64 y el eje de rotación 24, y T_z es la entrada de par mediante la rotación del engranaje de entrada 20.

- 35 Pueden contribuir otros dos factores, la relación de par y la fricción. La relación de par es el resultado de un requisito de Euler de que por cada 4θ de nutación, la placa oscilante 22 también debe girar por un diente oscilante 26. La relación de engranaje se puede convertir en relación de par dividiendo la nutación por el incremento rotacional representado por la relación de engranaje, o ancho angular de un diente oscilante. La relación de par del sistema puede escribirse como $\frac{4\theta}{2\pi}$ donde GR es la relación de engranaje entre el engranaje de reacción 16 y la placa oscilante 22.

- 40 Debido a una relación lineal con la velocidad, la fricción puede escalar con la velocidad angular de la placa oscilante 22. Una ecuación de gobierno para el sistema puede escribirse como

$$\sin(2\theta) T_z (1 - \mu \left(\frac{4\theta}{2\pi} GR\right) \omega_z) = I_z \dot{\omega}_z + I_x \left(\frac{4\theta}{2\pi} GR\right) \omega_z^2$$

donde μ es un coeficiente de fricción apropiado entre los dientes oscilantes 26 y los dientes de reacción 56.

El sistema del módulo de freno también puede considerarse en términos de la elipse virtual formada al proyectar la

placa oscilante sobre el rotor. La placa oscilante 22 y el rotor 14 pueden tener, generalmente, un punto de contacto. Un borde de la elipse virtual puede definir en tres dimensiones una línea continua de contacto de la placa oscilante y el rotor de interfaz elíptica. La forma de la elipse virtual puede permanecer sin cambios bajo una nutación de la placa oscilante que abarca cuatro veces el ángulo entre el eje oscilante 64 y el eje de rotación 24. Solo el marco de rotación de la línea de contacto, definido por Euler, puede avanzar a medida que se produce la nutación. Cada punto en la línea de contacto puede caer sobre una función involuta distorsionada geoméricamente compuesta, y la función puede ser simétrica tanto en rotación como en nutación, permitiendo la transferencia continua de energía hacia y desde la elipse virtual.

La elipse virtual puede ser estática a medida que gira el marco inercial, con todos los puntos en la línea de contacto girando en su propio plano horizontal a una velocidad angular constante. Un punto en un borde radial de la placa oscilante 22 visto durante la nutación puede exhibir movimiento vertical con una velocidad que cambia constantemente. Este cambio en la velocidad puede requerir una aceleración constante de la inercia de la placa oscilante, absorbiendo la entrada de energía cinética al sistema.

Refiriéndose nuevamente a las figuras 1 y 2, el módulo de freno 10 puede comprender además una carcasa 70 para facilitar la instalación, soportar la colocación correcta continua y la interfaz entre las partes, y proteger los mecanismos de engranajes de influencias externas. Se puede usar cualquier carcasa apropiada para el uso previsto del módulo de freno, en algunos casos permitiendo la conexión de una pluralidad adicional de módulos de freno.

La carcasa 70 puede comprender una carcasa frontal 72 y una carcasa trasera 74, cada una con una forma anular apropiada para alojar un extremo del árbol de entrada 18. La carcasa frontal 72 puede incluir una o más lengüetas de bloqueo 76 que se extienden desde la parte frontal, o la cara de apareamiento 78, que se puede ver mejor en las figuras 17 y 18. La carcasa trasera 74 puede incluir un número correspondiente de casquillos de lengüetas 80 empotrados en su parte trasera, o la cara de apareamiento 82, que se puede ver en la figura 15. Las lengüetas de bloqueo 76 y los casquillos de lengüetas 80 pueden corresponder en forma y ubicación. Además, las lengüetas de bloqueo 76 y los casquillos de lengüetas 80 se enfrentan en direcciones opuestas, de modo que una carcasa frontal 72 pueda aparearse con una carcasa trasera 74 correspondiente, cuando dos módulos de freno similares están conectados entre sí, como se muestra en la figura 4.

La carcasa frontal 72 puede comprender además una segunda cara con un collar de apoyo interno 84 y un collar de apoyo externo 86. La carcasa trasera 74 también puede comprender un collar de apoyo interno 88 y un collar de apoyo externo 90 en una segunda cara.

Refiriéndose nuevamente a las figuras 1 y 2, se puede montar un cojinete de árbol frontal anular 92 del tamaño apropiado en el árbol de entrada 18. El cojinete de árbol frontal 92 se puede montar cerca del primer extremo 34 del árbol de entrada 18 y la ranura macho 38. La carcasa frontal 72 se puede montar en el cojinete de árbol frontal 92 de manera que el cojinete se ajuste dentro del collar del cojinete interior 84 de la carcasa frontal.

También se puede montar un cojinete de árbol trasero anular 94 del tamaño apropiado en el árbol de entrada 18. El cojinete de árbol trasero 94 se puede montar cerca del segundo extremo 36 del árbol de entrada 18 y la ranura hembra 40. La carcasa trasera 74 se puede montar en el cojinete de árbol trasero 94 de manera que el cojinete se ajuste dentro del collar del cojinete interior 88 de la carcasa trasera.

Se puede montar un cojinete del rotor frontal 96 en la carcasa frontal 72 de manera que el cojinete se ajuste alrededor del collar del cojinete exterior 86 de la carcasa frontal. Un cojinete del rotor trasero 98 se puede montar en la carcasa trasera 74 de manera que el cojinete se ajuste alrededor del collar del cojinete exterior 90 de la carcasa trasera. Los cojinetes del rotor frontal y los cojinetes del rotor trasero pueden tener cada uno una forma anular apropiada para aparearse con un collar del cojinete correspondiente en el rotor 14.

El rotor 14 puede entonces montarse tanto en el cojinete del rotor frontal 96 como en el cojinete del rotor trasero 98, de modo que el cojinete del rotor frontal se ajuste dentro del collar del cojinete frontal 52 del rotor y el cojinete del rotor trasero se ajuste dentro del collar del cojinete trasero 54 del rotor.

En algunos ejemplos, la carcasa frontal 72 se puede montar cerca del primer extremo 34 del árbol de entrada 18 y la ranura macho 38. La carcasa trasera 74 se puede montar cerca del segundo extremo 36 del árbol de entrada y la ranura hembra 40. Cojinete del rotor frontal 96 entonces puede montarse en la carcasa frontal 72 y el cojinete del rotor trasero 98 puede montarse en la carcasa trasera 74. El rotor 14 puede montarse en el cojinete del rotor frontal 96 y el cojinete del rotor trasero 98.

En otros ejemplos, la primera carcasa anular 72 puede montarse en el primer cojinete anular 92, y conformarse para ajustarse a una primera porción correspondiente del rotor de freno anular 14, y la segunda carcasa anular 74 puede montarse en el segundo cojinete anular 94, y conformarse para ajustarse a una segunda porción correspondiente del rotor de freno anular 14.

ES 2 764 741 T3

Por ejemplo, la carcasa frontal 72 y la carcasa trasera 74 pueden incluir cada una una porción plana en un borde radial que corresponde en longitud a un área elevada en el rotor 14. Cuando se ensamblan, las porciones planas de las carcasas pueden hacer tope con el área elevada del rotor 14 sin hacer contacto, pero lo suficientemente cerca como para inhibir la admisión de polvo o arena.

5 Cuando el módulo de freno 10 se ensambla como se muestra en la figura 3, la placa oscilante 22 puede encerrarse en una cavidad anular definida por: carcasa frontal 72, cojinete del árbol frontal 92, cojinete del rotor frontal 96, rotor 14, árbol de entrada 18, cojinete del rotor trasero 98, cojinete del árbol trasero 94 y carcasa trasera 74. La placa oscilante 22 puede quedar atrapada entre el rotor 14 y el árbol de entrada 18. Un borde radial del rotor 14 puede extenderse más allá de la carcasa frontal y la carcasa trasera para que el freno 12 pueda aparearse con el rotor.

10 La carcasa frontal 72 puede definir un plano perpendicular al eje de rotación 24 y paralelo a una extensión sustancialmente plana de la cara de apareamiento 78. La carcasa trasera 74 puede definir de manera similar un plano paralelo a una extensión de la cara de apareamiento 82. El rotor 14 y la placa oscilante 22 pueden estar colocados entre el plano de la carcasa frontal 72 y el plano de la carcasa trasera 74.

15 Como se muestra en la figura 3, los planos de la carcasa frontal 72 y la carcasa trasera 74 pueden definir un volumen que se extiende desde un borde radial hasta un borde radial opuesto de cada carcasa. El freno 12 puede aparearse con el rotor 14 externo al volumen así definido. Cualquier extensión del freno 12 en la dirección axial desde un punto de contacto con el rotor 14 puede limitarse a menos del doble de la distancia axial desde el punto de contacto al plano de la carcasa trasera 74.

20 También se muestra en la figura 3 un segundo módulo de freno 110 que puede conectarse al módulo de freno 10. Los elementos del segundo módulo de freno 110 están etiquetados usando caracteres de referencia similares a los usados anteriormente, pero con un "1" agregado. Por lo tanto, una ranura macho 138 del módulo 110 puede aparearse con la ranura hembra 40 del módulo 10. Este apareamiento puede acoplar directamente los dos árboles de entrada de modo que una única rotación del árbol de entrada 18 puede dar como resultado una rotación única del árbol de entrada 118.

25 Los dos módulos pueden estar mutuamente orientados de una manera que permita que las lengüetas de bloqueo 176 en la carcasa frontal 172 del módulo 110 se apareen con los casquillos de lengüetas 80 correspondientes de la carcasa trasera 74 del módulo 10, bloqueando las dos carcasas entre sí.

30 El freno 112 del módulo 110 puede aparearse con el rotor 114 radialmente opuesto al freno 12 del módulo 10, con respecto a un eje de rotación compartido. Como se representa en la figura 4, esta orientación puede permitir que el rotor 14 gire sin interferencia del freno 112, y de manera similar permitir que el rotor 114 evite la interferencia del freno 12.

Se puede conectar una pluralidad adicional de módulos como se describe para formar un conjunto. Un módulo también puede estar conectado de manera similar a otros mecanismos involucrados en el frenado. Se puede conectar un módulo o una pluralidad de módulos a un objeto giratorio con el fin de desacelerar el objeto.

35 Con referencia a la figura 4, se muestra un conjunto de módulos de freno instalados en un avión. Se muestran cuatro módulos de freno similares conectados como se ha descrito anteriormente. Como antes, los elementos de un tercer módulo de freno 210 se etiquetan con caracteres de referencia similares a los utilizados anteriormente, pero con un "2" agregado. De manera similar, los elementos de un cuarto módulo de freno 310 están etiquetados usando caracteres de referencia similares a los utilizados anteriormente, pero con un "3" agregado. El conjunto puede instalarse en una aeronave o vehículo de cualquier tipo donde sería ventajoso proporcionar el frenado con una salida térmica mínima.

45 La ranura macho 38 del árbol de entrada 18 de un módulo de freno 10 puede aparearse con una estructura correspondiente en una rueda 100 que soporta de manera móvil un avión. El árbol de entrada 18 y la rueda 100 se pueden acoplar de este modo para girar coaxialmente alrededor de un eje de rotación definido por la rueda. La rueda 100 puede estar unida a una célula u otra parte del avión, y el freno 12 del módulo 10 también puede estar unido a la célula.

50 La ranura macho 138 del árbol de entrada 118 de un módulo de freno 110 puede aparearse con la ranura hembra 40 del árbol de entrada 18 del módulo 10. El freno 112 puede montarse en la célula en una posición radialmente opuesta al freno 12, y aparearse con el rotor 114 para frenar selectivamente la rotación del rotor con respecto a la rueda 100. Las lengüetas de bloqueo 176 de la carcasa frontal 172 del módulo 110 pueden bloquearse con los casquillos de lengüetas 80 de la carcasa trasera 74 del módulo 10. Los módulos de freno 210 y 310 pueden estar conectados de manera similar, y los cuatro ejes de entrada pueden girar coaxialmente con la rueda 100.

Un árbol de servicio 418 con la ranura macho 438 se puede aparear adicionalmente a la ranura hembra 340 del

5 árbol de entrada 318 del módulo 310. El árbol de servicio 418 se puede fijar de este modo operativamente a la rueda 100 concéntrica con el eje de rotación compartido. Un rotor de servicio 414 puede estar fijado al árbol de servicio 418, y un freno de servicio 412 puede estar unido a la célula de tal manera que el freno pueda aparearse con el rotor de servicio. La acción selectiva de frenado por el freno 412 puede detener la rotación del rotor 414 y, por lo tanto, detener la rotación de la rueda 100.

10 Un cojinete del árbol de servicio frontal 492 y el cojinete del árbol de servicio trasero 494 pueden montarse en el árbol de servicio 418. Una carcasa de servicio frontal 472 puede montarse en el cojinete del árbol de servicio frontal 492, y la superficie frontal de la carcasa de servicio frontal 478 puede tener lengüetas de bloqueo 476 correspondientes a casquillos de lengüeta 380 en la carcasa trasera 374 del módulo de freno 310. La carcasa de servicio frontal 472 puede bloquearse de ese modo a la carcasa trasera 374 del módulo de freno 310.

15 Como se representa en la figura 4, se puede proporcionar una carcasa exterior para encerrar el árbol de servicio 418 y la pluralidad de árboles de entrada del módulo de frenado. Una carcasa exterior frontal 106 puede tener forma anular, con un radio interior apropiado para alojar el apareamiento de la ranura macho 38 del módulo de freno 10 y la estructura correspondiente en la rueda 100. El radio exterior puede coincidir con el de la carcasa 70 del módulo 10, o ser de cualquier otro tamaño apropiado. Una superficie trasera de la carcasa exterior frontal 106 puede tener casquillos de lengüetas empotrados correspondientes a las lengüetas de bloqueo 76 en la cara de apareamiento 78 de la carcasa frontal 72 del módulo 10. La carcasa exterior frontal 106 puede bloquearse de ese modo a la carcasa frontal 72 y ubicarse entre el módulo 10 y la rueda 100.

20 Una carcasa exterior trasera 108 puede tener forma cilíndrica, con un rebajo central para alojar el extremo no apareado del árbol de servicio. La carcasa exterior trasera 108 puede estar montada en el cojinete del árbol de servicio trasero 494. El radio exterior de la carcasa 108 puede coincidir con el de la carcasa exterior frontal 106, o ser de cualquier otro tamaño apropiado. Se pueden usar características adicionales o formas alternativas para facilitar la instalación del conjunto.

25 En un ejemplo alternativo, no mostrado, el freno 12 puede comprender un freno de banda. Un bucle de material de fricción puede estar unido de forma ajustable a un soporte externo, en el que la actuación del freno acorta la longitud del bucle. El bucle de material de fricción puede estar colocado cerca de un borde exterior radial del rotor 14, y rodear la mayoría de la circunferencia del rotor. La actuación del freno puede por lo tanto poner el material del bucle en contacto por fricción con el borde radial del rotor 14, ralentizando el rotor con respecto al árbol de entrada 18.

30 Las variaciones similares podrían crear otro ejemplo más, sustituyendo algún otro tipo de mecanismo de freno que pueda operar directamente en el rotor de freno 14, como un freno de tambor, por la pinza de freno que se muestra en los dibujos.

Otros ejemplos pueden incluir conjuntos con solo dos módulos de freno, o tres módulos de freno y un freno de servicio, o dos módulos de freno en cada extremo de un freno de servicio, o cualquier otra combinación de los mismos.

35 Además, la divulgación comprende realizaciones según las siguientes cláusulas:

40 A1. Un módulo de freno que comprende: un freno para controlar selectivamente una acción de frenado; un rotor de freno anular que se aparea con el freno, incluyendo el rotor de freno anular una cara de engranaje con un engranaje de reacción; un árbol de entrada con un engranaje de entrada que rodea un árbol, con el árbol que se extiende a través del rotor de freno anular de modo que el engranaje de entrada se opone al engranaje de reacción; y una placa oscilante anular atrapada entre el rotor de freno anular y el árbol de entrada, con una primera cara que tiene dientes de la cara que se engranan parcialmente con el engranaje de entrada, y con una segunda cara que tiene dientes oscilantes que se engranan parcialmente con el engranaje de reacción; en el que la rotación del árbol de entrada hace que el rotor de freno anular y la placa oscilante giren; y en el que una acción de frenado por el freno ralentiza el rotor de freno anular en relación con el árbol de entrada, lo que induce una nutación de la placa oscilante anular en relación con el rotor de freno anular y el árbol de entrada para disipar la energía de rotación.

45 A2. El módulo de freno de la cláusula A1, que comprende además una ranura y una ranura de apareamiento en los extremos opuestos del árbol de entrada; en el que el árbol de entrada está formado para aparearse con un segundo árbol de entrada para interconectar múltiples módulos de freno como un conjunto. A3. El módulo de freno de la cláusula A1 o A2, en el que: al menos uno de los dientes oscilantes en la placa oscilante anular tiene una forma de sección transversal al menos parcialmente definida por una involuta compuesta por un círculo y una elipse; y el engranaje de reacción está definido por una pluralidad de dientes de reacción, y al menos uno de la pluralidad de dientes de reacción tiene una forma de sección transversal, al menos parcialmente definida por una involuta compuesta por un círculo y una elipse.

50 A4. El módulo de freno de cualquier cláusula anterior, en el que los dientes de la cara en la placa oscilante anular, opuestos a los dientes oscilantes, definen una superficie oscilante anular que es troncocónica.

A5. El módulo de freno de la cláusula A4, en el que la superficie oscilante anular está configurada de tal manera que un centro de masa de la placa oscilante anular es un vértice de la superficie oscilante anular.

A6. El módulo de freno de cualquier cláusula anterior, que comprende además: un primer cojinete anular montado en el árbol de entrada; un segundo cojinete anular montado en el árbol de entrada; una primera carcasa anular montada en el primer cojinete anular, y conformada para ajustarse con una primera porción correspondiente del rotor de freno anular; y una segunda carcasa anular montada en el segundo cojinete anular, y formada para conformarse con una segunda porción correspondiente del rotor de freno anular; en el que la placa oscilante anular está encerrada en una cavidad anular definida entre un conjunto del árbol de entrada, el primer cojinete anular, la primera carcasa anular, el rotor de freno anular, la segunda carcasa anular y el segundo cojinete anular.

A7. El módulo de freno de cualquier cláusula anterior, que comprende además: una primera carcasa anular montada en el árbol de entrada; una segunda carcasa anular montada en el árbol de entrada; un primer cojinete anular montado en la primera carcasa anular; un segundo cojinete anular montado en la segunda carcasa anular; en el que: el rotor de freno anular está montado tanto en el primer cojinete anular como en el segundo cojinete anular; y la placa oscilante anular está encerrada en una cavidad anular definida entre un conjunto del árbol de entrada, la primera carcasa anular, el primer cojinete anular, el rotor de freno anular, el segundo cojinete anular y la segunda carcasa anular.

A8. El módulo de freno de cualquier cláusula anterior, que comprende además: un primer cojinete anular montado en el árbol de entrada; un segundo cojinete anular montado en el árbol de entrada; una primera carcasa anular montada en el primer cojinete anular; un tercer cojinete anular montado en la primera carcasa anular; una segunda carcasa anular montada en el segundo cojinete anular; y un cuarto cojinete anular montado en la segunda carcasa anular; en el que: el rotor de freno anular está montado tanto en el tercer cojinete anular como en el cuarto cojinete anular; y la placa oscilante anular está encerrada en una cavidad anular definida entre un conjunto del árbol de entrada, el primer cojinete anular, la primera carcasa anular, el tercer cojinete anular, el rotor de freno anular, el cuarto cojinete anular, la segunda carcasa anular, y el segundo cojinete anular.

A9. El módulo de freno de cualquier cláusula anterior, que comprende además: una primera carcasa anular montada en el árbol de entrada, que define un primer plano; y una segunda carcasa anular montada en el árbol de entrada, que define un segundo plano; en el que: el rotor de freno anular y la placa oscilante anular están ubicados entre el primer plano y el segundo plano; la primera carcasa anular incluye al menos un casquillo; la segunda carcasa anular incluye al menos una lengüeta de bloqueo, que corresponde en forma y ubicación al al menos un casquillo; y la al menos un casquillo y la al menos una cara de lengüeta de bloqueo en direcciones opuestas. A10. Un vehículo que comprende el módulo de freno de cualquier cláusula anterior, y que comprende además: una rueda unida al árbol de entrada y giratoria alrededor de un eje de rotación; y una célula unida a la rueda y al freno.

A11. El vehículo de la cláusula A10, que comprende además: una ranura y una ranura de apareamiento en los extremos opuestos del árbol de entrada, con la ranura acoplada con la rueda; un segundo árbol de entrada con una segunda ranura apareada con la ranura de apareamiento de modo que el segundo árbol de entrada esté operativamente fijado a la rueda concéntrica con el eje de rotación, y con un segundo engranaje de entrada concéntrico con el eje de rotación; un segundo rotor de freno montado de forma giratoria en el segundo árbol de entrada de modo que el segundo rotor de freno sea coaxial alrededor del eje de rotación; un segundo freno fijado a la célula y apareado con el segundo rotor de freno para frenar selectivamente la rotación del segundo rotor de freno con respecto a la rueda; un segundo engranaje de reacción unido al segundo rotor de freno, concéntrico con el eje de rotación; y una segunda placa oscilante atrapada entre el segundo engranaje de entrada y el segundo engranaje de reacción, e incluye los dientes de la segunda cara que se engranan parcialmente con el segundo engranaje de entrada, e incluye los segundos dientes oscilantes opuestos que se engranan parcialmente con el segundo engranaje de reacción; en el que la segunda placa oscilante está axialmente restringida con respecto al eje de rotación de modo que la segunda placa oscilante se nutea en un ángulo distinto de cero en relación con el eje de rotación cuando el segundo rotor de freno se frena en relación con la rueda.

A12. El vehículo de la cláusula A10, que comprende además: una ranura y una ranura de apareamiento en los extremos opuestos del árbol de entrada, con la ranura acoplada con la rueda; un árbol de servicio con una segunda ranura apareada con la ranura de apareamiento de modo que el árbol de servicio esté fijado operativamente a la rueda concéntrica con el eje de rotación, y con un rotor de servicio fijado al árbol de servicio concéntrico con el eje de rotación; y un freno de servicio fijado al vehículo y apareado con el rotor de servicio para detener selectivamente la rotación del rotor de servicio y, por lo tanto, detener la rotación de la rueda.

A13. Un módulo de freno que comprende: un árbol de entrada con un engranaje de entrada que rodea un árbol, incluyendo el árbol una ranura que se aparea con un objeto giratorio correspondiente; un rotor de freno anular montado giratoriamente en el árbol, incluyendo el rotor de freno anular un engranaje de reacción que está orientado hacia el engranaje de entrada; una placa oscilante anular montada en el árbol y atrapada entre el engranaje de entrada y el engranaje de reacción, con una primera cara que tiene dientes de la cara que se engranan parcialmente con el engranaje de entrada, y con una segunda cara que tiene dientes oscilantes que se engranan parcialmente con el engranaje de reacción; y un freno fijado a una estructura externa y apareado con el rotor de freno anular para frenar selectivamente el rotor de freno anular; en el que la rotación del árbol de entrada hace que gire la placa oscilante anular; y en el que una acción de frenado por el freno ralentiza el rotor de freno anular en relación con el árbol de entrada, induciendo de este modo una nutación de la placa oscilante anular en relación con el rotor de freno anular y el árbol de entrada para disipar la energía de rotación.

A14. El módulo de freno de la cláusula A13, que comprende además una ranura de apareamiento en el árbol de

entrada opuesta a la ranura; en el que el árbol de entrada está formado para aparearse con un segundo árbol de entrada para interconectar múltiples módulos de freno como un conjunto.

A15. El módulo de freno de las cláusulas A13 o A14, que comprende además: un primer cojinete anular montado en el árbol de entrada; un segundo cojinete anular montado en el árbol de entrada; una primera carcasa anular montada en el primer cojinete anular, y conformado para ajustarse con una primera porción correspondiente del rotor de freno anular; y una segunda carcasa anular montada en el segundo cojinete anular, y conformado para ajustarse con una segunda porción correspondiente del rotor de freno anular; en el que la placa oscilante anular está encerrada en una cavidad anular definida entre un conjunto del árbol de entrada, el primer cojinete anular, la primera carcasa anular, el rotor de freno anular, la segunda carcasa anular y el segundo cojinete anular.

A16. El módulo de freno según cualquiera de las cláusulas A13 a A15, que comprende además: una primera carcasa anular montada en el árbol de entrada; una segunda carcasa anular montada en el árbol de entrada; un primer cojinete anular montado en la primera carcasa anular; y un segundo cojinete anular montado en la segunda carcasa anular; en el que: el rotor de freno anular está montado tanto en el primer cojinete anular como en el segundo cojinete anular; y la placa oscilante anular está encerrada en una cavidad anular definida entre un conjunto del árbol de entrada, la primera carcasa anular, el primer cojinete anular, el rotor de freno anular, el segundo cojinete anular y la segunda carcasa anular.

A17. Un método para desacelerar un objeto giratorio, que comprende las siguientes etapas: proporcionar un engranaje de entrada; proporcionar un rotor de freno con un engranaje de reacción; proporcionar una placa oscilante con dientes de la cara conformada para engranarse parcialmente con el engranaje de entrada, y con dientes oscilantes opuestos conformados para engranarse parcialmente con el engranaje de reacción; fijar el engranaje de entrada al objeto giratorio de modo que el engranaje de entrada esté centrado alrededor de un eje de rotación del objeto giratorio; suspender la placa oscilante en un ángulo distinto de cero con respecto al eje de rotación, con al menos uno de los dientes de la cara engranando con el engranaje de entrada; suspender el rotor de freno concéntrico con el eje de rotación, y con al menos uno de los dientes oscilantes engranando con el engranaje de reacción; y frenar el rotor de freno para hacer que la placa oscilante se nutee alrededor del eje de rotación.

A18. El método de la cláusula A17, que comprende además las siguientes etapas: proporcionar un árbol de entrada como parte integral del engranaje de entrada; proporcionar una carcasa anular formada para montarse en el árbol de entrada y encerrar al menos parcialmente la placa oscilante; soportar de manera giratoria la carcasa anular en el árbol de entrada; y soporta de manera giratoria el rotor de freno en la carcasa anular.

A19. El método de la cláusula A18, que comprende además las siguientes etapas: proporcionar un segundo árbol de entrada que se aparee con el árbol de entrada, incluyendo el segundo árbol de entrada un segundo engranaje de entrada; proporcionar un segundo rotor de freno con un segundo engranaje de reacción; proporcionar una segunda placa oscilante con dientes de la segunda cara que se engranan parcialmente con el segundo engranaje de entrada, y con unos segundos dientes oscilantes opuestos que se engranan parcialmente con el segundo engranaje de reacción; aparear el segundo árbol de entrada al árbol de entrada; suspender la segunda placa oscilante en un ángulo distinto de cero con respecto al eje de rotación, con al menos uno de los segundos dientes de la cara engranando con el segundo engranaje de entrada, y con al menos uno de los segundos dientes oscilantes engranando con el segundo engranaje de reacción; y frenar el segundo rotor de freno para hacer que la segunda placa oscilante se nutee alrededor del eje de rotación.

A20. El método de la cláusula A19, que comprende además las siguientes etapas: proporcionar un rotor de servicio que se aparee con el árbol de entrada; y frenar el rotor de servicio para detener selectivamente la rotación del rotor de servicio y, por lo tanto, detener la rotación del objeto giratorio.

B1. Un módulo de freno que comprende: un freno para controlar selectivamente una acción de frenado; un rotor de freno anular que se aparee con el freno, incluyendo el rotor de freno anular una cara de engranaje con un engranaje de reacción; un árbol de entrada con un engranaje de entrada que rodea un árbol, con el eje que se extiende a través del rotor de freno anular de modo que el engranaje de entrada se oponga al engranaje de reacción; y una placa oscilante anular atrapada entre el rotor de freno anular y el árbol de entrada, con una primera cara que tiene dientes de la cara que se engranan parcialmente con el engranaje de entrada, y con una segunda cara que tiene dientes oscilantes que se engranan parcialmente con el engranaje de reacción; tal que la rotación del árbol de entrada hace que el rotor de freno anular y la placa oscilante giren; y tal que una acción de frenado por el freno ralentiza el rotor de freno anular en relación con el árbol de entrada, induciendo de este modo una nutación de la placa oscilante anular en relación con el rotor de freno anular y el árbol de entrada para disipar la energía de rotación.

B2. El módulo de freno de la cláusula B1, que comprende además una ranura y una ranura de apareamiento en los extremos opuestos del árbol de entrada; en el que el árbol de entrada está formado para aparearse con un segundo árbol de entrada para interconectar múltiples módulos de freno como un conjunto.

B3. El módulo de freno de cualquier B1 o B2, en el que: al menos uno de los dientes oscilantes en la placa oscilante anular tiene una forma de sección transversal al menos parcialmente definida por una involuta compuesta por un círculo y una elipse; y el engranaje de reacción está definido por una pluralidad de dientes de reacción, y al menos uno de la pluralidad de dientes de reacción tiene una forma de sección transversal al menos parcialmente definida por una involuta compuesta por un círculo y una elipse. B4. El módulo de freno según cualquiera de las cláusulas B1 a B3, en el que los dientes de la cara de la placa oscilante anular, opuestos a los dientes oscilantes, definen una superficie oscilante anular que es troncocónica.

B5. El módulo de freno de la cláusula B4, en el que la superficie oscilante anular está configurada de tal manera que un centro de masa de la placa oscilante anular es un vértice de la superficie oscilante anular.

- 5 B6. El módulo de freno según cualquiera de las cláusulas B1 a B5, que comprende además: un primer cojinete anular montado en el árbol de entrada; un segundo cojinete anular montado en el árbol de entrada; una primera carcasa anular montada en el primer cojinete anular, y conformada para ajustarse con una primera porción correspondiente del rotor de freno anular; y una segunda carcasa anular montada en el segundo cojinete anular, y conformada para ajustarse con una segunda porción correspondiente del rotor de freno anular; en el que la placa oscilante anular está encerrada en una cavidad anular definida entre un conjunto del árbol de entrada, el primer cojinete anular, la primera carcasa anular, el rotor de freno anular, la segunda carcasa anular y el segundo cojinete anular.
- 10 B7. El módulo de freno según cualquiera de las cláusulas B1 a B5, que comprende además: una primera carcasa anular montada en el árbol de entrada; una segunda carcasa anular montada en el árbol de entrada; un primer cojinete anular montado en la primera carcasa anular; un segundo cojinete anular montado en la segunda carcasa anular; en el que: el rotor de freno anular está montado tanto en el primer cojinete anular como en el segundo cojinete anular; y la placa oscilante anular está encerrada en una cavidad anular definida entre un conjunto del árbol de entrada, la primera carcasa anular, el primer cojinete anular, el rotor de freno anular, el segundo cojinete anular y la segunda carcasa anular.
- 15 B8. El módulo de freno según cualquiera de las cláusulas B1 a B5, que comprende además: un primer cojinete anular montado en el árbol de entrada; un segundo cojinete anular montado en el árbol de entrada; una primera carcasa anular montada en el primer cojinete anular; un tercer cojinete anular montado en la primera carcasa anular; una segunda carcasa anular montada en el segundo cojinete anular; y un cuarto cojinete anular montado en la segunda carcasa anular; en el que: el rotor de freno anular está montado tanto en el tercer cojinete anular como en el cuarto cojinete anular; y la placa oscilante anular está encerrada en una cavidad anular definida entre un conjunto del árbol de entrada, el primer cojinete anular, la primera carcasa anular, el tercer cojinete anular, el rotor de freno anular, el cuarto cojinete anular, la segunda carcasa anular, y el segundo cojinete anular.
- 20 B9. El módulo de freno según cualquiera de las cláusulas B1 a B5, que comprende además: una primera carcasa anular montada en el árbol de entrada, que define un primer plano; y una segunda carcasa anular montada en el árbol de entrada, que define un segundo plano; en el que: el rotor de freno anular y la placa oscilante anular están ubicados entre el primer plano y el segundo plano; la primera carcasa anular incluye al menos un casquillo; la segunda carcasa anular incluye al menos una lengüeta de bloqueo, que corresponde en forma y ubicación al al menos un casquillo; y el al menos un casquillo y la al menos una cara de lengüeta de bloqueo en direcciones opuestas.
- 25 B10. Un vehículo que comprende el módulo de freno según cualquiera de las cláusulas B1 a B9, y que comprende además: una rueda unida al árbol de entrada y giratoria alrededor de un eje de rotación; y una célula unida a la rueda y al freno.
- 30 B11. El vehículo de la cláusula B10, que comprende además: una ranura y una ranura de apareamiento en los extremos opuestos del árbol de entrada, con la ranura acoplada con la rueda; un segundo árbol de entrada con una segunda ranura apareada con la ranura de apareamiento de modo que el segundo árbol de entrada esté operativamente fijado a la rueda concéntrica con el eje de rotación, y con un segundo engranaje de entrada concéntrico con el eje de rotación; un segundo rotor de freno montado de forma giratoria en el segundo árbol de entrada de modo que el segundo rotor de freno sea coaxial alrededor del eje de rotación; un segundo freno fijado a la célula y apareado con el segundo rotor de freno para frenar selectivamente la rotación del segundo rotor de freno con respecto a la rueda; un segundo engranaje de reacción unido al segundo rotor de freno, concéntrico con el eje de rotación; y una segunda placa oscilante atrapada entre el segundo engranaje de entrada y el segundo engranaje de reacción, e incluye los dientes de la segunda cara que se engranan parcialmente con el segundo engranaje de entrada, e incluye los segundos dientes oscilantes opuestos que se engranan parcialmente con el segundo engranaje de reacción; en el que la segunda placa oscilante está axialmente restringida con respecto al eje de rotación de modo que la segunda placa oscilante se nutea en un ángulo distinto de cero en relación con el eje de rotación cuando el segundo rotor de freno se frena en relación con la rueda.
- 35 B12. El vehículo de la cláusula B10, que comprende además: una ranura y una ranura de apareamiento en los extremos opuestos del árbol de entrada, con la ranura acoplada con la rueda; un árbol de servicio con una segunda ranura apareada con la ranura de apareamiento de modo que el árbol de servicio esté fijado operativamente a la rueda concéntrica con el eje de rotación, y con un rotor de servicio fijado al árbol de servicio concéntrico con el eje de rotación; y un freno de servicio fijado al vehículo y apareado con el rotor de servicio para detener selectivamente la rotación del rotor de servicio y, por lo tanto, detener la rotación de la rueda.
- 40 B13. Un módulo de freno que comprende: un árbol de entrada con un engranaje de entrada que rodea un árbol, incluyendo el árbol una ranura que se aparea con un objeto giratorio correspondiente; un rotor de freno anular montado giratoriamente en el árbol, incluyendo el rotor de freno anular un engranaje de reacción que está orientado hacia el engranaje de entrada; una placa oscilante anular montada en el árbol y atrapada entre el engranaje de entrada y el engranaje de reacción, con una primera cara que tiene dientes de la cara que se engranan parcialmente con el engranaje de entrada, y con una segunda cara que tiene dientes oscilantes que se engranan parcialmente con el engranaje de reacción; y un freno fijado a una estructura externa y apareado con el rotor de freno anular para frenar selectivamente el rotor de freno anular; tal que la rotación del árbol de entrada hace que gire la placa oscilante anular; y de tal manera que una acción de frenado por el freno ralentiza el rotor de freno anular en relación con el árbol de entrada, induciendo de este modo una nutación de la placa oscilante anular en relación con el rotor de freno anular y el árbol de entrada para disipar la energía de rotación.
- 45 B14. El módulo de freno de la cláusula B13, que comprende además una ranura de apareamiento en el árbol de entrada opuesta a la ranura; en el que el árbol de entrada está formado para aparearse con un segundo árbol de
- 50
- 55
- 60
- 65

entrada para interconectar múltiples módulos de freno como un conjunto.

B15. El módulo de freno de las cláusulas B13 o B14, que comprende además: un primer cojinete anular montado en el árbol de entrada; un segundo cojinete anular montado en el árbol de entrada; una primera carcasa anular montada en el primer cojinete anular, y conformado para ajustarse con una primera porción correspondiente del rotor de freno anular; y una segunda carcasa anular montada en el segundo cojinete anular, y conformado para ajustarse con una segunda porción correspondiente del rotor de freno anular; en el que la placa oscilante anular está encerrada en una cavidad anular definida entre un conjunto del árbol de entrada, el primer cojinete anular, la primera carcasa anular, el rotor de freno anular, la segunda carcasa anular y el segundo cojinete anular.

B16. El módulo de freno según cualquiera de las cláusulas B13 a B14, que comprende además: una primera carcasa anular montada en el árbol de entrada; una segunda carcasa anular montada en el árbol de entrada; un primer cojinete anular montado en la primera carcasa anular; y un segundo cojinete anular montado en la segunda carcasa anular; en el que: el rotor de freno anular está montado tanto en el primer cojinete anular como en el segundo cojinete anular; y la placa oscilante anular está encerrada en una cavidad anular definida entre un conjunto del árbol de entrada, la primera carcasa anular, el primer cojinete anular, el rotor de freno anular, el segundo cojinete anular y la segunda carcasa anular.

B17. Un método para desacelerar un objeto giratorio que utiliza un módulo de freno que comprende: un engranaje de entrada; un rotor de freno con un engranaje de reacción; una placa oscilante con dientes de la cara conformada para engranarse parcialmente con el engranaje de entrada, y con dientes oscilantes opuestos conformada para engranarse parcialmente con el engranaje de reacción; en el que: el engranaje de entrada se fija al objeto giratorio de modo que el engranaje de entrada se centre alrededor de un eje de rotación del objeto giratorio; la placa oscilante está suspendida en un ángulo distinto de cero con respecto al eje de rotación, con al menos uno de los dientes de la cara que se engrana con el engranaje de entrada; y el rotor de freno está suspendido concéntrico con el eje de rotación, y con al menos uno de los dientes oscilantes que se engrana con el engranaje de reacción; comprendiendo el método: frenar el rotor de freno para hacer que la placa oscilante se nutee alrededor del eje de rotación.

B18. El método de la cláusula B17, en el que el módulo de freno comprende: un árbol de entrada que forma una parte integral del engranaje de entrada; y una carcasa anular conformada para montarse en el árbol de entrada y encerrar al menos parcialmente la placa oscilante; y en el que: la carcasa anular está soportada de forma giratoria en el árbol de entrada; y el rotor de freno está soportado de forma giratoria en la carcasa anular.

B19. El método de la cláusula B18, en el que el módulo de freno comprende: un segundo árbol de entrada que se aparea con el árbol de entrada, incluyendo el segundo árbol de entrada un segundo engranaje de entrada; un segundo rotor de freno con un segundo engranaje de reacción; y una segunda placa oscilante con segundos dientes de la cara que se engranan parcialmente con el segundo engranaje de entrada, y con segundos dientes oscilantes opuestos que se engranan parcialmente con el segundo engranaje de reacción; y en el que: el segundo árbol de entrada está apareado con al árbol de entrada; y la segunda placa oscilante está suspendida en un ángulo distinto de cero con respecto al eje de rotación, con al menos uno de los segundos dientes de la cara que se engrana con el segundo engranaje de entrada, y con al menos uno de los segundos dientes oscilantes que se engrana con el segundo engranaje de reacción; y el método comprende además: frenar el segundo rotor de freno para hacer que la segunda placa oscilante se nutee alrededor del eje de rotación.

B20. El método de la cláusula B19, en el que el módulo de freno comprende: un rotor de servicio que se aparea con el árbol de entrada; y el método comprende además: frenar el rotor de servicio para detener selectivamente la rotación del rotor de servicio y, por lo tanto, detener la rotación del objeto giratorio.

Ventajas, características, beneficios

Los diferentes ejemplos del sistema de frenado asistido por engranaje con interfaz elíptica descritos en el presente documento proporcionan varias ventajas sobre las soluciones conocidas para el frenado por fricción. Por ejemplo, los ejemplos ilustrativos del sistema de frenado descritos en el presente documento permiten que la mayor parte de la energía de rotación se disipe sin generar salida térmica. Además, y entre otros beneficios, los ejemplos ilustrativos del sistema de frenado descritos en el presente documento permiten una funcionalidad antideslizante pasiva mediante la liberación automática de la carga de par cuando se produce la pérdida de tracción. Ningún sistema o dispositivo conocido puede realizar estas funciones, particularmente en un volumen tan pequeño. Por lo tanto, los ejemplos ilustrativos descritos en el presente documento son particularmente útiles para aeronaves y otros vehículos que requieren sistemas de frenado de alto rendimiento que también son ligeros y compactos. Sin embargo, no todos los ejemplos descritos en el presente documento proporcionan las mismas ventajas o el mismo grado de ventaja.

Conclusión

La divulgación expuesta anteriormente puede abarcar múltiples dispositivos distintos con utilidad independiente. Aunque se han divulgado ejemplos de cada uno de estos dispositivos, los ejemplos específicos de los mismos tal como se divulgan e ilustran en el presente documento no deben considerarse en un sentido limitante, porque son posibles numerosas variaciones. En la medida en que los encabezados de sección se usen dentro de esta divulgación, tales encabezados son solo para fines organizativos y no constituyen una caracterización de ninguna reivindicación.

REIVINDICACIONES

1. Un módulo de freno que comprende:

un freno para controlar selectivamente una acción de frenado;

un rotor de freno anular (14) que se aparea con el freno, incluyendo el rotor de freno anular una cara de engranaje con un engranaje de reacción (16);

un árbol de entrada (18) con un engranaje de entrada (20) que rodea un árbol, extendiéndose el árbol a través del rotor de freno anular de modo que el engranaje de entrada se oponga al engranaje de reacción (16); y

una placa oscilante anular (22) atrapada entre el rotor de freno anular (14) y el árbol de entrada, con una primera cara que tiene dientes frontales (30) que se engranan parcialmente con el engranaje de entrada, y con una segunda cara que tiene dientes oscilantes (26) que se engrana parcialmente con el engranaje de reacción;

en el que la rotación del árbol de entrada (18) hace que el rotor de freno anular y la placa oscilante giren; y en el que una acción de frenado por el freno reduce la velocidad del rotor de freno anular en relación con el árbol de entrada, induciendo así una nutación de la placa oscilante anular (22) en relación con el rotor de freno anular y el árbol de entrada para disipar energía de rotación.

2. El módulo de freno según la reivindicación 1, que comprende además una ranura y una ranura de apareamiento en los extremos opuestos del árbol de entrada; en el que el árbol de entrada está formado para aparearse con un segundo árbol de entrada para interconectar múltiples módulos de freno como un conjunto.

3. El módulo de freno según la reivindicación 1 o 2, en el que:

al menos uno de los dientes oscilantes (26) en la placa oscilante anular (22) tiene una forma de sección transversal al menos parcialmente definida por una involuta compuesta por un círculo y una elipse; y

el engranaje de reacción (16) está definido por una pluralidad de dientes de reacción (56), y al menos uno de la pluralidad de dientes de reacción (56) tiene una forma de sección transversal, al menos parcialmente definida por una involuta compuesta por un círculo y una elipse.

4. El módulo de freno según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que los dientes de la cara (30) en la placa oscilante anular (22), opuestos a los dientes oscilantes (26), definen una superficie oscilante anular (68) que es troncocónica, y en el que la superficie oscilante anular está configurada de tal manera que un centro de masa de la placa oscilante anular sea un vértice de la superficie oscilante anular.

5. El módulo de freno según cualquier reivindicación anterior, que comprende además:

un primer cojinete anular (92) montado en el árbol de entrada (18);

un segundo cojinete anular (94) montado en el árbol de entrada (18);

una primera carcasa anular (72) montada en el primer cojinete anular, y conformado para ajustarse con una primera porción correspondiente del rotor de freno anular (14); y

una segunda carcasa anular (74) montada en el segundo cojinete anular, y conformada para ajustarse con una segunda porción correspondiente del rotor de freno anular;

en el que la placa oscilante anular (22) está encerrada en una cavidad anular definida entre un conjunto del árbol de entrada (18), el primer cojinete anular, la primera carcasa anular, el rotor de freno anular, la segunda carcasa anular y el segundo cojinete anular.

6. El módulo de freno según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, que comprende además:

una primera carcasa anular (72) montada en el árbol de entrada (18);

una segunda carcasa anular (74) montada en el árbol de entrada;

un primer cojinete anular (92) montado en la primera carcasa anular (72)

un segundo cojinete anular (94) montado en la segunda carcasa anular;

en el que:

el rotor de freno anular (14) está montado tanto en el primer cojinete anular como en el segundo cojinete anular; y la placa oscilante anular (22) está encerrada en una cavidad anular definida entre un conjunto del árbol de entrada, la primera carcasa anular (72), el primer cojinete anular (92), el rotor de freno anular (14), el segundo cojinete anular (94), y la segunda carcasa anular (74).

7. El módulo de freno según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, que comprende además:

un primer cojinete anular montado en el árbol de entrada (18);

un segundo cojinete anular montado en el árbol de entrada (18);

una primera carcasa anular (72) montada en el primer cojinete anular (92);

un tercer cojinete anular montado en la primera carcasa anular;
 una segunda carcasa anular montada en el segundo cojinete anular; y
 un cuarto cojinete anular montado en la segunda carcasa anular;
 en el que:

5 el rotor de freno anular (14) está montado tanto en el tercer cojinete anular como en el cuarto cojinete anular;
 y la placa oscilante anular (22) está encerrada en una cavidad anular definida entre un conjunto del árbol de
 entrada (18), el primer cojinete anular, la primera carcasa anular, el tercer cojinete anular, el rotor de freno
 anular, el cuarto cojinete anular, la segunda carcasa anular y el segundo cojinete anular.

8. El módulo de freno según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, que comprende además:

10 una primera carcasa anular (72) montada en el árbol de entrada, que define un primer plano; y
 una segunda carcasa anular montada en el árbol de entrada, que define un segundo plano; en el que:

el rotor de freno anular (14) y la placa oscilante anular (22) se ubican entre el primer plano y el segundo
 plano;
 la primera carcasa anular (72) incluye al menos un casquillo;
 15 la segunda carcasa anular (74) incluye al menos una lengüeta de bloqueo, que corresponde en forma y
 ubicación al al menos un casquillo; y
 el al menos un casquillo y la al menos una lengüeta de bloqueo se enfrentan entre sí en direcciones
 opuestas.

9. Un vehículo que comprende el módulo de freno según cualquier reivindicación anterior, y que comprende además:

20 una rueda (100) unida al árbol de entrada y giratoria alrededor de un eje de rotación (24); y
 una célula unida a la rueda y al freno.

10. El vehículo según la reivindicación 9, que comprende además:

una ranura y una ranura de apareamiento en los extremos opuestos del árbol de entrada, con la ranura apareada
 con la rueda;
 25 un segundo árbol de entrada con una segunda ranura apareada con la ranura de apareamiento de modo que el
 segundo árbol de entrada esté operativamente fijado a la rueda (100) concéntrica con el eje de rotación (24), y
 con un segundo engranaje de entrada concéntrico con el eje de rotación;
 un segundo rotor de freno (14) montado de forma giratoria en el segundo árbol de entrada de modo que el
 segundo rotor de freno sea coaxial alrededor del eje de rotación;
 30 un segundo freno fijado a la célula y apareado con el segundo rotor de freno para frenar selectivamente la
 rotación del segundo rotor de freno con respecto a la rueda;
 un segundo engranaje de reacción unido al segundo rotor de freno, concéntrico con el eje de rotación; y
 una segunda placa oscilante (22) atrapada entre el segundo engranaje de entrada y el segundo engranaje de
 reacción, y que incluye unos segundos dientes de la cara que se engranan parcialmente con el segundo
 35 engranaje de entrada, e incluye unos segundos dientes oscilantes opuestos que se engranan parcialmente con el
 segundo engranaje de reacción;
 en el que la segunda placa oscilante está axialmente restringida con respecto al eje de rotación de modo que la
 segunda placa oscilante efectúa una nutación en un ángulo distinto de cero en relación con el eje de rotación
 cuando el segundo rotor de freno se frena en relación con la rueda.

40 11. El vehículo según la reivindicación 9, que comprende además:

una ranura y una ranura de apareamiento en los extremos opuestos del árbol de entrada, con la ranura apareada
 con la rueda (100);
 un árbol de servicio (418) con una segunda ranura apareada con la ranura de apareamiento de modo que el
 árbol de servicio esté fijado operativamente a la rueda concéntrica con el eje de rotación (24), y con un rotor de
 45 servicio (414) fijado al árbol de servicio concéntrico con el eje de rotación; y
 un freno de servicio (412) fijado al vehículo y apareado con el rotor de servicio para detener selectivamente la
 rotación del rotor de servicio y, por lo tanto, detener la rotación de la rueda.

12. Un método para desacelerar un objeto giratorio utilizando un módulo de freno que comprende:

un engranaje de entrada;
 50 un rotor de freno (14) con un engranaje de reacción (16);
 una placa oscilante (22) con dientes de la cara (30) formados para engranar parcialmente con el engranaje de
 entrada, y con dientes oscilantes (26) opuestos formados para engranarse parcialmente con el engranaje de

- reacción; en el que
el engranaje de entrada se fija al objeto giratorio de modo que el engranaje de entrada se centre alrededor de un eje de rotación (24) del objeto giratorio;
la placa oscilante está suspendida en un ángulo distinto de cero con respecto al eje de rotación, con al menos uno de los dientes de la cara que se engrana con el engranaje de entrada; y
el rotor de freno está suspendido concéntrico con el eje de rotación, y con al menos uno de los dientes oscilantes que se engrana con el engranaje de reacción;
comprendiendo el método:
frenar el rotor de freno para hacer que la placa oscilante efectúe la nutación alrededor del eje de rotación.
- 5
- 10 13. El método según la reivindicación 12, en el que el módulo de freno comprende:
- un árbol de entrada que es una parte integral del engranaje de entrada; y
una carcasa anular formada para montarse en el árbol de entrada y encerrar al menos parcialmente la placa oscilante (22); y en el que:
- 15 la carcasa anular está soportada de forma giratoria en el árbol de entrada; y
el rotor de freno (14) está soportado de forma giratoria en la carcasa anular.
14. El método según la reivindicación 13, en el que el módulo de freno comprende:
- un segundo árbol de entrada que se aparea con el árbol de entrada, el segundo árbol de entrada que incluye un segundo engranaje de entrada;
un segundo rotor de freno (14) con un segundo engranaje de reacción (16); y
una segunda placa oscilante (22) con unos segundos dientes de la cara (30) que engranan parcialmente con el segundo engranaje de entrada, y con unos segundos dientes oscilantes (26) opuestos que engranan parcialmente con el segundo engranaje de reacción; y en el que:
el segundo árbol de entrada está apareado al árbol de entrada;
la segunda placa oscilante está suspendida en un ángulo distinto de cero con respecto al eje de rotación (24),
con al menos uno de los segundos dientes de la cara que se engrana con el segundo engranaje de entrada, y
con al menos uno de los segundos dientes oscilantes que se engrana con el segundo engranaje de reacción; y
el método comprende además:
frenar el segundo rotor de freno para hacer que la segunda placa oscilante efectúe la nutación alrededor del eje de rotación.
- 20
- 25
- 30 15. El método según la reivindicación 14, en el que el módulo de freno comprende:
- un rotor de servicio (414) que se aparea con el árbol de entrada; y
el método comprende además:
frenar el rotor de servicio para detener selectivamente la rotación del rotor de servicio y, por lo tanto, detener la rotación del objeto giratorio.

35

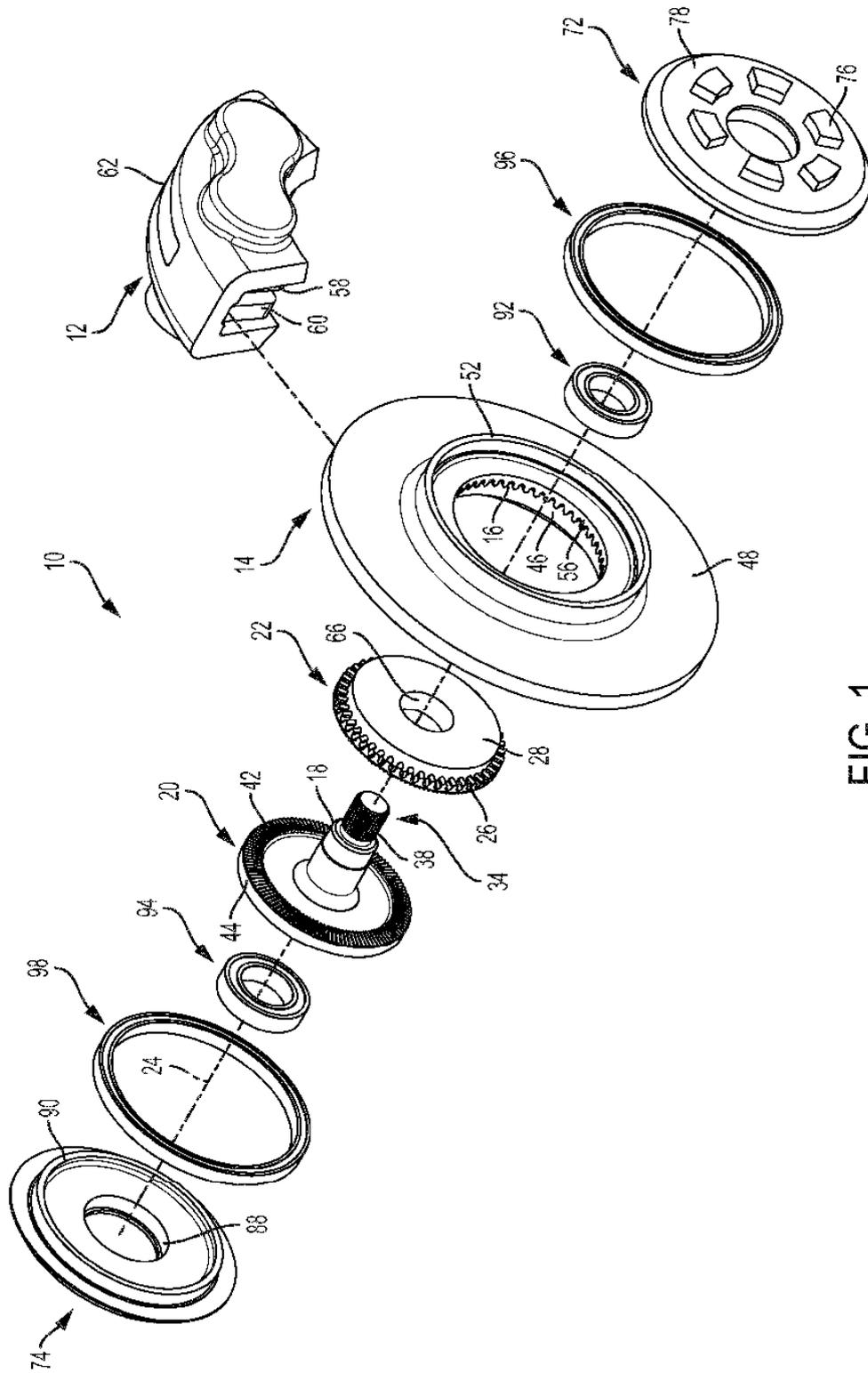


FIG. 1

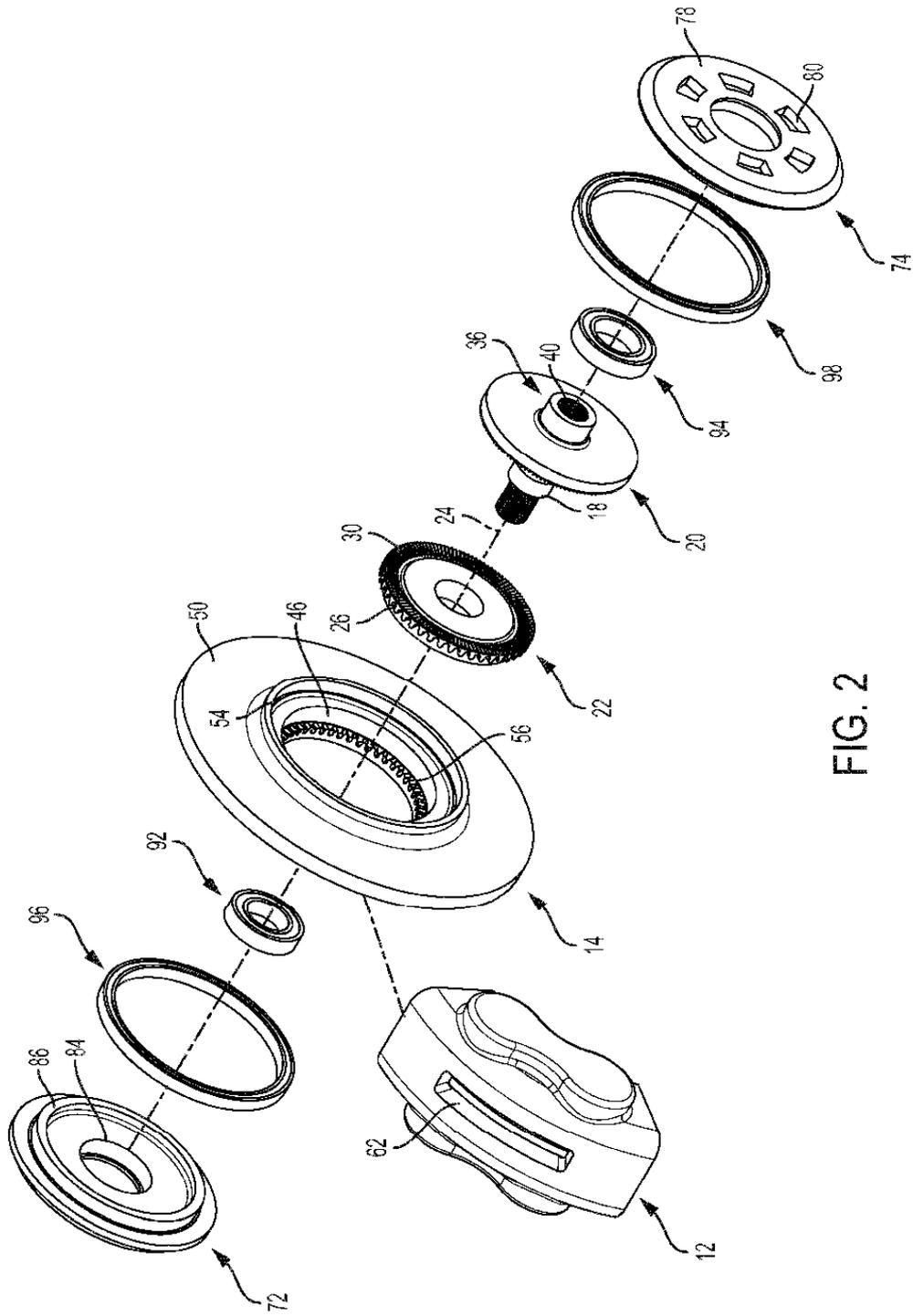
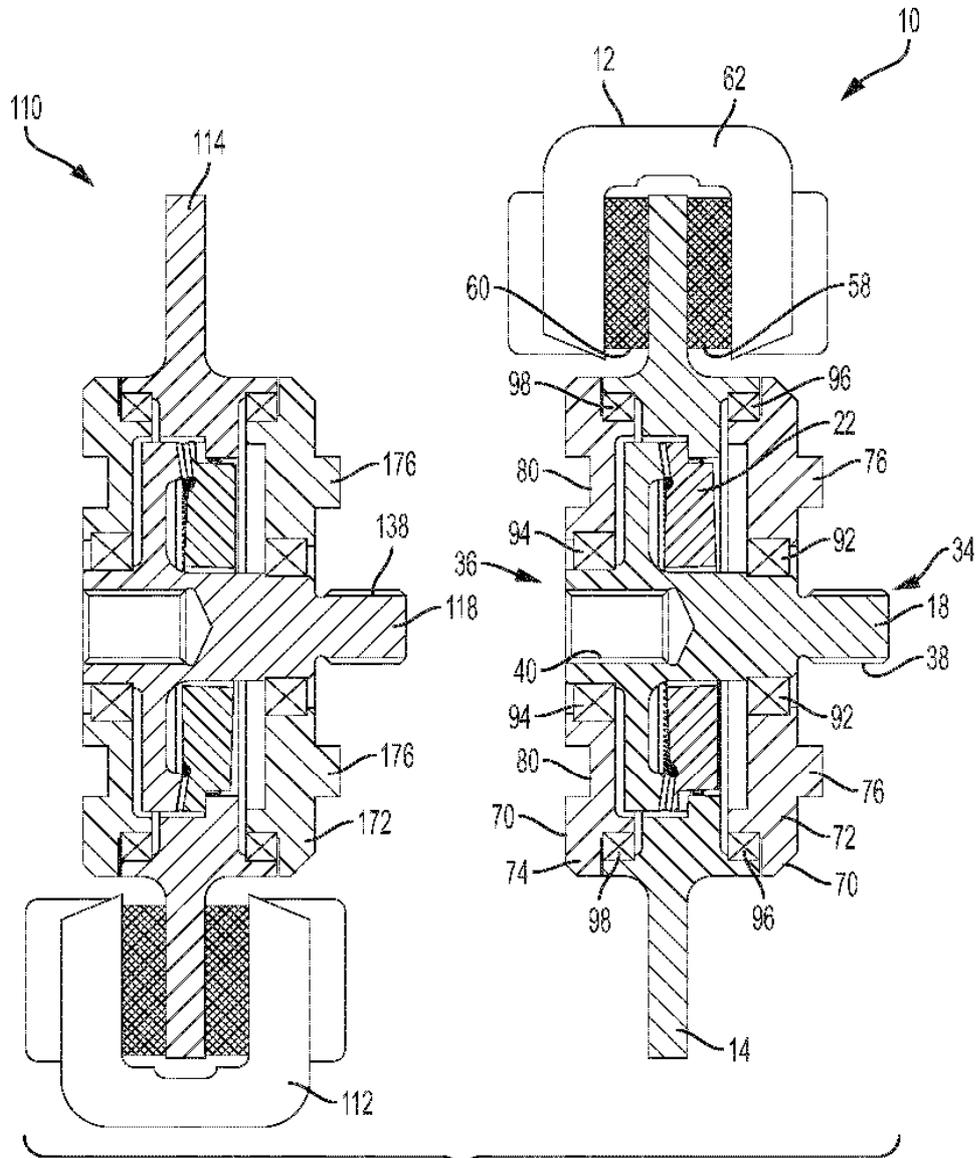


FIG. 2



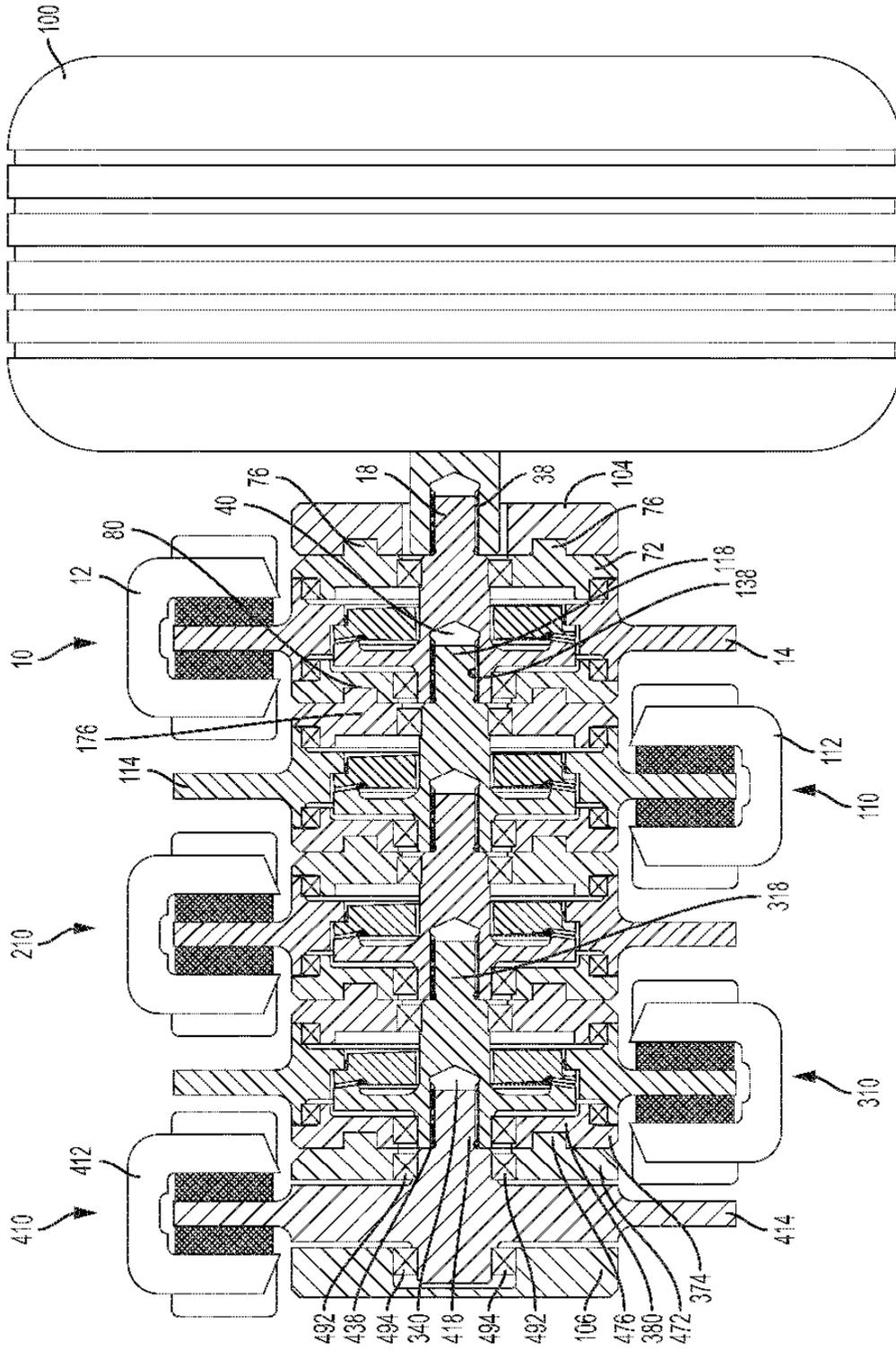


FIG. 4

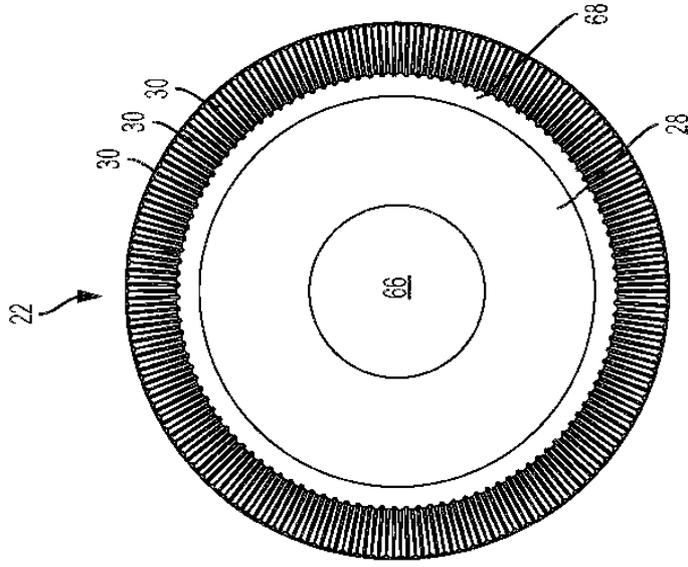


FIG. 5

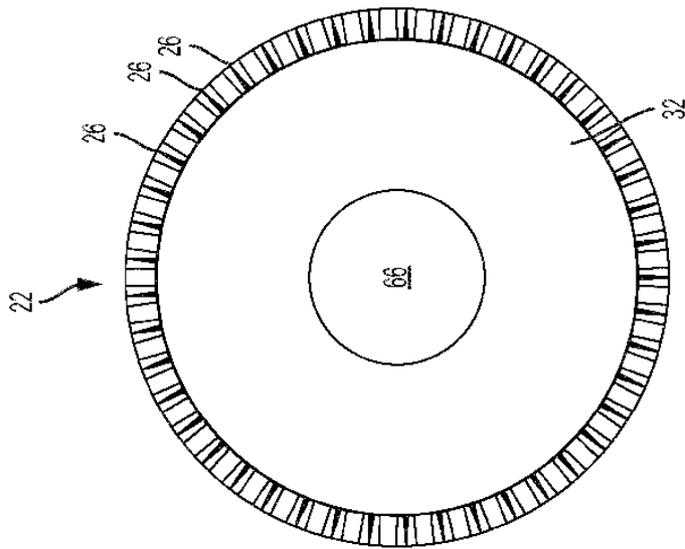


FIG. 6

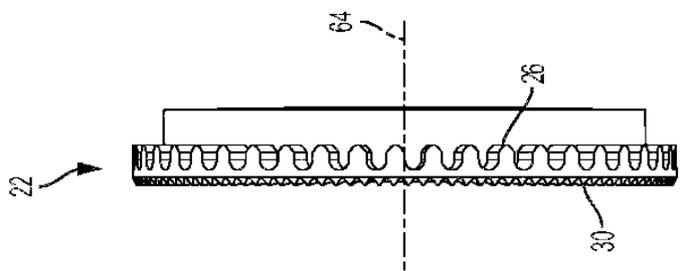


FIG. 7

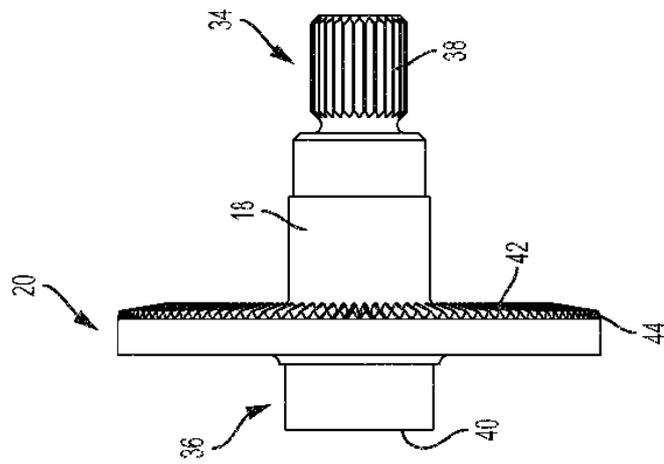


FIG. 8

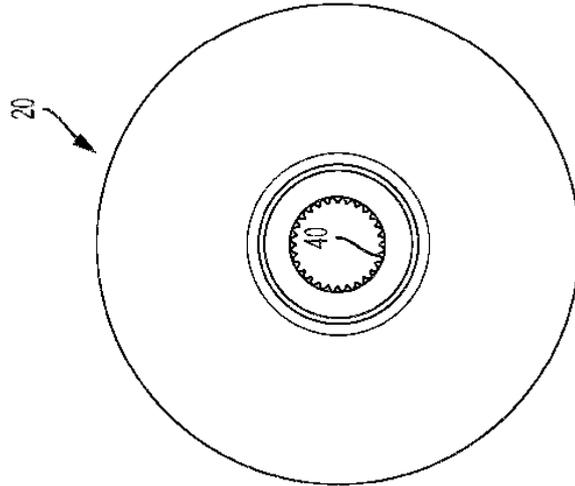


FIG. 9

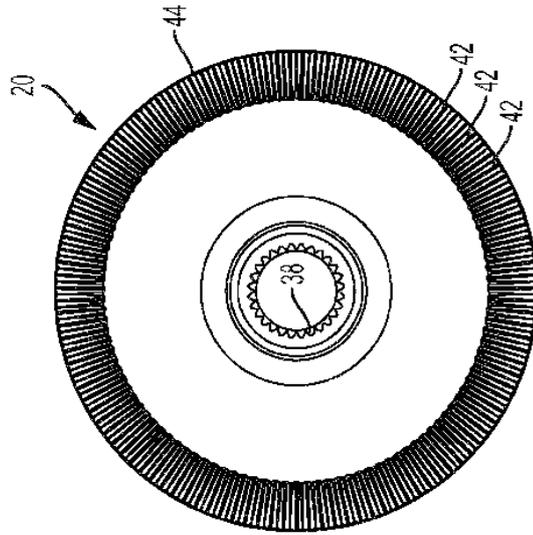


FIG. 10

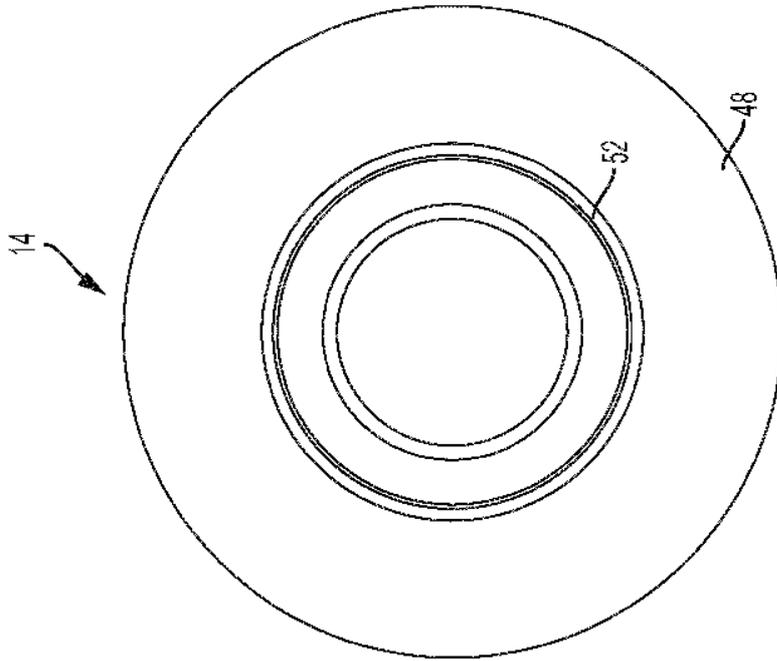


FIG. 13

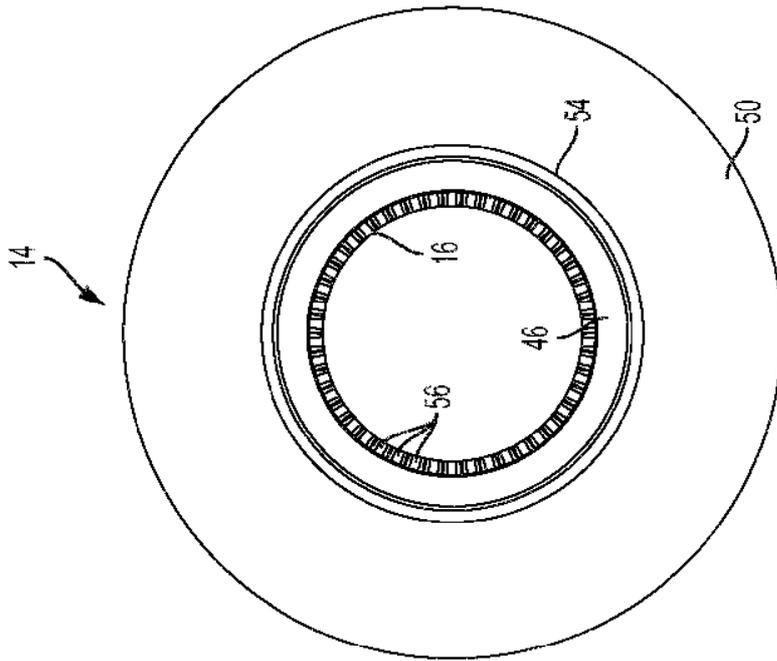


FIG. 12

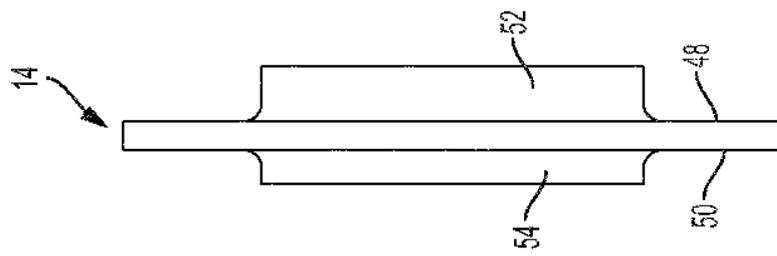


FIG. 11

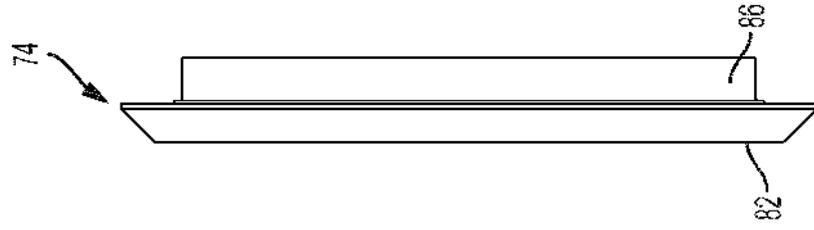


FIG. 16

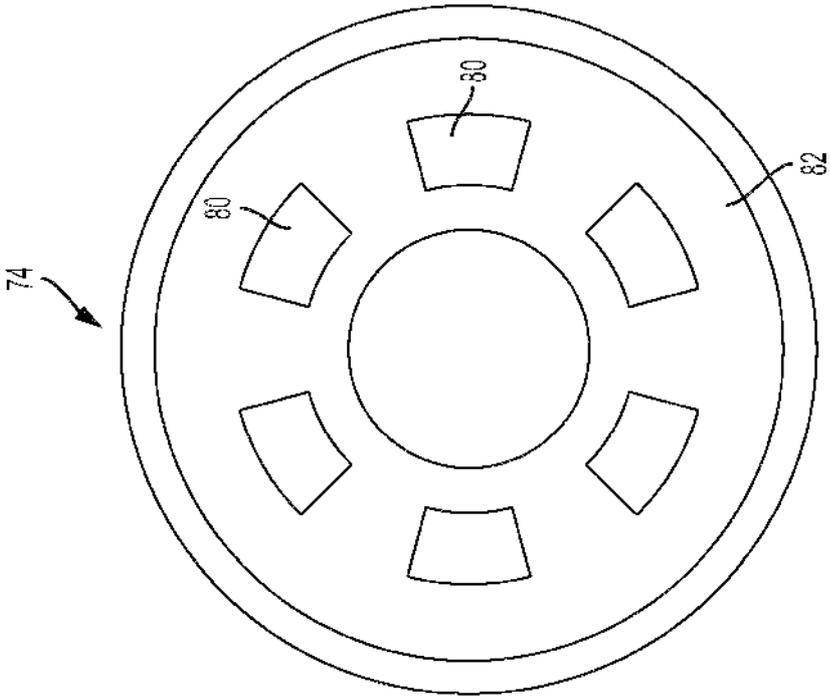


FIG. 15

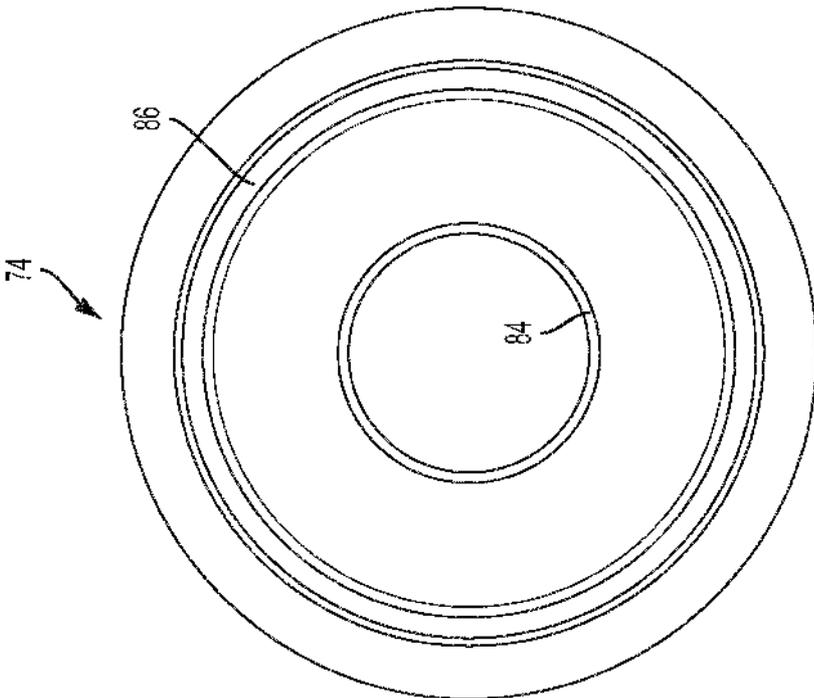


FIG. 14

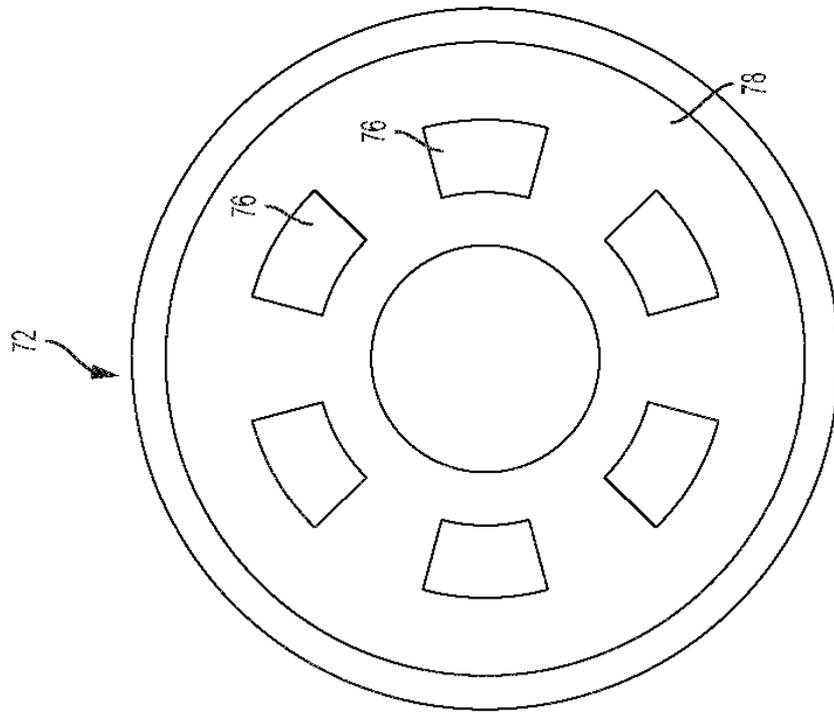


FIG. 18

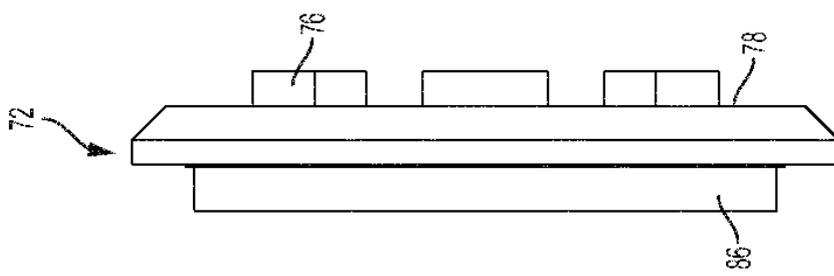


FIG. 17