

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **3 012 057**

51 Int. Cl.:

H02K 1/2783 (2012.01)
H02K 1/30 (2006.01)
H02K 1/32 (2006.01)
H02K 1/2792 (2012.01)
H02K 1/2753 (2012.01)
H02K 1/278 (2012.01)
H02K 9/22 (2006.01)
H02K 11/215 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **23.06.2022** **E 22180804 (1)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **06.11.2024** **EP 4123882**

54 Título: **Rotor para una máquina eléctrica**

30 Prioridad:

24.06.2021 GB 202109107
24.06.2021 GB 202109110

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
08.04.2025

73 Titular/es:

ETA GREEN POWER LTD. (100.00%)
Hethel Engineering Centre Chapman Way
Hethel NR14 8FB, GB

72 Inventor/es:

BOWMAN, LIAM y
LANDGRAF, JOHANNES

74 Agente/Representante:

PONTI & PARTNERS, S.L.P.

ES 3 012 057 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

Rotor para una máquina eléctrica

5 Campo técnico

[0001] La presente descripción se refiere al campo de los rotores para máquinas eléctricas.

Antecedentes

10

[0002] Las máquinas eléctricas, tales como motores, están configuradas para convertir la energía eléctrica en energía mecánica. Las máquinas eléctricas típicamente incluyen un estator y un rotor. El estator rodea al rotor e incluye uno o más devanados. El rotor tiene uno o más imanes y está acoplado a un eje. Al aplicar corriente a través de los devanados del estator, el campo magnético resultante interactúa con los imanes del rotor para dirigir la rotación del rotor y el eje.

15

[0003] En la actualidad se utilizan motores eléctricos pequeños pero poderosos en muchas diferentes aplicaciones móviles como en podadoras o en vehículos accionados por batería o híbridos. Antiguamente dichas máquinas eran accionadas principalmente por motores de combustión.

20

[0004] Las masas grandes en un motor son el rotor, los imanes, el devanado, el anillo de flujo y el alojamiento. En una forma tradicional, el rotor de un motor magnético permanente se hace de acero laminado, pero es pesado. Muchas invenciones del estado de la técnica tuvieron éxito en la construcción de rotores de peso ligero con el fin de mejorar la aceleración, pero se enfocaron en rotores que llevaban el devanado activo, como los motores Faulhaber.

25

[0005] El documento US 3735174 (Bösch a. Blocher 1969) describe un motor con un rotor hueco que utiliza un cilindro hueco, pero aquí el campo penetra el cilindro que lleva la capa delgada del devanado de rotor y que comprende una parte de flujo de alta permeabilidad dentro de este cilindro. Aquí, el cilindro de pared delgada está soportando la bobina cilíndrica y transfiere el par de torsión desde la bobina hacia el eje. Tiene un estator interno y un estator externo.

30

La reducción de peso se logra para el devanado y el rotor, pero el peso total del motor sigue alto, debido al estator interno. Se necesita más reducción de peso.

[0006] El documento US 4103196 (Panasonic 1975) describe un motor CC sin núcleo, el cual está diseñado para no tener ningún núcleo de hierro laminado. Los devanados del rotor se devanan en un patrón sesgado o en un patrón de panal para crear un cilindro autosuficiente. Aquí hay un rotor hueco con una masa baja, pero también hay un estator interno para retorno magnético. Y esto no muestra una combinación mecánica altamente estable del tambor cilíndrico, discos de tapa y rotor.

35

[0007] El documento US 2005/040721 describe una máquina eléctrica rotativa y un rotor de la misma.

40

[0008] El documento US 2014/175912 describe un motor.

[0009] El documento CN 112510875 describe una estructura de rotor de motor de imán permanente y un procedimiento de ensamblaje del mismo.

45

[0010] El documento WO 2020/076185 describe un motor eléctrico.

[0011] El documento WO 2017/173188 describe máquinas eléctricas síncronas de doble rotor.

50

[0012] El documento EP 3355451 describe un motor de tipo rotor externo.

[0013] El documento US 2008/284275 describe una máquina eléctrica de rotor externo con variación de entrehierro reducida.

55

[0014] El documento KR 20050066540 describe una estructura de motor de lavadora y el montaje de la estructura de rotor del motor de lavadora.

[0015] El documento RU 2148887 describe un generador de energía eléctrica.

60

[0016] El documento CN 110676976 describe motores sin escobillas y drones.

[0017] El documento US 2015/252507 describe un aparato de accionamiento de lavadora y una lavadora que lo comprende.

65

[0018] El documento US 7791233 describe un motor eléctrico/volante de inercia de alto par.

[0019] El documento JP S50 139910 describe un rotor de máquina eléctrica giratoria.

Resumen

5

[0020] La presente invención se establece en las reivindicaciones independientes y las características opcionales se establecen en las reivindicaciones dependientes. Se pueden proporcionar aspectos de la descripción entre sí, y se pueden aplicar características de un aspecto a otros aspectos.

10 **[0021]** En un aspecto, se proporciona un rotor para una máquina eléctrica, donde el rotor comprende: un eje central; un tambor del rotor dispuesto radialmente hacia fuera del eje central, donde el tambor de rotor comprende un cilindro hueco para llevar imanes permanentes sobre una superficie interna y/o externa del cilindro hueco, y donde el tambor de rotor es coaxial tanto con el eje central como con un eje de rotación del rotor; y una tapa dispuesta para acoplar el eje central y un eje de rotación del rotor para permitir que el tambor del rotor y el eje central giren conjuntamente alrededor del eje de rotación. Una porción interna de la tapa está acoplada al eje central en una primera posición a lo largo de la longitud del eje de rotación, y una porción externa de la tapa está acoplada al tambor del rotor en una segunda posición a lo largo de la longitud del eje de rotación. La primera posición está a una longitud diferente a lo largo del eje de rotación hacia la segunda posición.

20 **[0022]** Las realizaciones pueden proporcionar un peso reducido para el rotor, mientras se proporciona estabilidad incrementada durante la rotación. A su vez, esto puede conducir a una conversión más eficiente entre la energía eléctrica en un estator y la energía cinética en el rotor. Por ejemplo, el rotor puede ser parte de un motor, en tal caso, la aplicación de corriente a los devanados del estator puede hacer que el rotor gire. Por ejemplo, el rotor puede ser parte de un generador, en tal caso, la rotación del rotor puede inducir corriente en los devanados del estator.

25

[0023] La tapa puede tener un espesor de material no uniforme. Por ejemplo, el espesor de la tapa puede variar dependiendo de su posición radial (por ejemplo, qué tan lejos está del eje de rotación) y/o el espesor de la tapa puede variar dependiendo de su posición angular (por ejemplo, que tan lejos está la dirección desde el eje de rotación). La tapa puede tener al menos un rayo que se extiende entre la porción interna de la tapa y la porción externa de la tapa. Por ejemplo, el rayo puede extenderse radialmente hacia fuera. El rayo puede extenderse radialmente hacia fuera en una dirección constante (por ejemplo, para proporcionar un rayo radial recto). Cada uno de al menos un rayo puede estar adyacente a una apertura en la tapa. Por ejemplo, la tapa puede tener una o más aperturas para reducir el peso de la tapa, y las aperturas pueden estar separadas por rayos. La tapa puede comprender una pluralidad de rayos y una pluralidad de aperturas. Los rayos en la tapa se pueden distribuir uniformemente alrededor del eje de rotación del rotor. Por ejemplo, la tapa puede comprender una pluralidad de rayos radiales (rayos extendiéndose radialmente hacia fuera desde el centro). Los rayos radiales pueden ser rectos (por ejemplo, pueden extenderse radialmente hacia fuera en la misma dirección a lo largo de su longitud) o pueden ser curvos (por ejemplo, con forma de copa). La distribución de los rayos y/o aperturas puede ser simétrica alrededor de la tapa. El eje central se puede proporcionar como parte de una maza del rotor. La tapa se puede proporcionar en un extremo del eje central.

40

[0024] La tapa puede ser una primera tapa y el rotor puede comprender además una segunda tapa. La segunda tapa puede disponerse para acoplar el eje central al tambor del rotor. La segunda tapa puede desplazarse desde la primera tapa a lo largo del eje de rotación del rotor. Una porción interna de la segunda tapa se puede acoplar al eje central en una tercera posición a lo largo de la longitud del eje de rotación. Una porción externa de la segunda tapa se puede acoplar al tambor del rotor en una cuarta posición a lo largo de la longitud del eje de rotación. La tercera posición puede estar a una longitud diferente a lo largo del eje de rotación hacia la cuarta posición. La segunda posición puede estar más cerca de la cuarta posición que de la tercera posición en el eje de rotación del rotor. La distancia entre la primera y la segunda posición sobre el eje de rotación del rotor puede ser igual a la distancia entre la tercera y la cuarta posición sobre el eje de rotación del rotor. Por ejemplo, se pueden proporcionar dos tapas, y las tapas pueden ser versiones de espejo de cada una (alrededor de un plano perpendicular al eje de rotación del rotor). Cada una o ambas tapas pueden proporcionar un ahusamiento, de manera que el rotor se ahúsa en el extremo de esa tapa desde un ancho más estrecho (más cerca del extremo) a un ancho más ancho (más lejos de ese extremo). Por ejemplo, el rotor puede comprender dos tapas con rayos ahusadas para acoplar el eje central del tambor del rotor.

45

[0025] Un diámetro externo del eje central puede variar a lo largo de su longitud. Un diámetro interno de la primera tapa puede ser diferente de un diámetro interno de la segunda tapa. La segunda posición en el eje de rotación del rotor puede estar más cerca de una región central del eje que la primera posición. Un volumen interno del cilindro hueco puede llenarse al menos parcialmente con un material no magnético de peso ligero. El material puede comprender un medio poroso, tal como una espuma. El eje central puede ser hueco. El rotor puede disponerse para recibir un refrigerante a través del eje central hueco para proporcionar enfriamiento al tambor del rotor. El rotor puede disponerse para llevar los imanes permanentes sobre una superficie externa del cilindro hueco. El rotor puede comprender además un forro dispuesto radialmente fuera de los imanes para asegurar los imanes al cilindro hueco. El rotor puede disponerse para llevar los imanes permanentes sobre una superficie interna del cilindro hueco, y donde uno de: (i) la porción externa de la tapa puede disponerse para acoplarse a los imanes para mantener a los imanes en su lugar sobre la superficie interna del cilindro hueco; y (ii) la porción externa de la tapa puede disponerse para acoplarse al

60

65

cilindro hueco. La tapa puede comprender una porción de contacto de imán entre sus porciones interna y externa y disponerse para poner en contacto los imanes para mantener a los imanes en su lugar sobre la superficie interna.

5 **[0026]** Un diámetro externo del cilindro hueco puede permanecer constante a lo largo de la longitud del eje de rotación. Un diámetro interno del cilindro hueco puede variar a lo largo de la longitud del eje de rotación. El diámetro interno puede ser más grande en uno o ambos de los extremos axiales del cilindro hueco que en una región central del cilindro hueco a lo largo del eje de rotación del rotor. Una superficie interna del tambor del rotor puede comprender una o más depresiones para recibir a la tapa ahí. El rotor puede comprender una pluralidad de imanes permanentes llevados por el tambor del rotor. Los imanes permanentes pueden disponerse en una matriz Halbach sobre la superficie
10 interna y/o externa del cilindro hueco. La tapa puede comprender al menos una característica configurada para ser detectada por un sensor para identificar una posición de rotación del rotor para controlar la operación de un estator. Un espesor del material del cilindro hueco puede ser aproximadamente igual a un espesor del material de la tapa.

15 **[0027]** En otro ejemplo descrito en esta invención, se proporciona un rotor para una máquina eléctrica, donde el rotor está configurado para girar alrededor de un eje de rotación. El rotor comprende un tambor del rotor para soportar imanes permanentes en él, el tambor del rotor que tiene un eje longitudinal coaxial con el eje de rotación, una maza anidada dentro del tambor del rotor para soportar el tambor del rotor, la maza que es coaxial con el tambor del rotor, y al menos una tapa o rayo que acopla el tambor del rotor a la maza. El rotor comprende una matriz de imanes permanentes acoplados al interior del tambor del rotor, y donde los imanes en la matriz están dispuestos para formar
20 una matriz Halbach.

[0028] Los aspectos de la presente descripción pueden proporcionar una máquina eléctrica que tiene un rotor como se describe en esta invención. La máquina eléctrica comprende también un estator que comprende una pluralidad de devanados dispuestos para interactuar con los imanes permanentes llevados por el cilindro hueco del tambor
25 del rotor; y un alojamiento configurado para alojar el rotor y el estator. El alojamiento comprende al menos un ensamblaje de cojinete dispuesto para permitir la rotación del rotor alrededor de su eje de rotación con relación al estator y al alojamiento. La tapa puede comprender una primera tapa y donde el rotor puede comprender además una segunda tapa dispuesta para acoplar el eje central al tambor del rotor. El alojamiento puede comprender dos ensamblajes de cojinete: un primer ensamblaje de cojinete se puede proporcionar en un primer extremo del alojamiento y eje central,
30 y un segundo ensamblaje de cojinete se puede proporcionar en un segundo extremo del alojamiento y el eje central opuesto al primer extremo; y una porción interna de la primera tapa se puede acoplar al eje central en una ubicación cerca del primer ensamblaje de cojinete y una porción interna de la segunda tapa se puede acoplar al eje central en una ubicación cerca del segundo ensamblaje de cojinete.

35 **[0029]** En otro ejemplo descrito en esta invención, se proporciona un rotor para una máquina eléctrica, donde el rotor está configurado para girar alrededor de un eje de rotación. El rotor comprende un tambor del rotor para soportar una matriz de imanes permanentes en él, el tambor del rotor que tiene un eje longitudinal coaxial con el eje de rotación; y una maza anidada dentro del tambor del rotor para soportar el tambor del rotor, la maza que es coaxial con el tambor del rotor, y acoplada al mismo. Los imanes en la matriz están dispuestos para proporcionar una matriz
40 Halbach que comprende una serie de imanes permanentes de polaridad alterna separados por imanes permanentes de empuje entre ellos, los imanes permanentes de empuje que tienen una polaridad transversal a los imanes permanentes de polaridad alterna. Los imanes de empuje tienen un espesor en la dirección radial que es menor que el espesor en la dirección radial de los imanes de polaridad alterna. El tambor del rotor comprende una serie de coronas alternadas en dirección circunferencial, los salientes dispuestos para soportar los imanes de polaridad alterna y las
45 depresiones dispuestas para soportar los imanes de empuje.

[0030] Las dimensiones de las coronas alternadas se seleccionan de manera que los imanes de polaridad alterna y los imanes de empuje montados sobre las salientes respectivas y en las depresiones respectivas tienen la misma extensión radial. El rotor puede comprender también una capa envolvente o devanado que se extienden alrededor de la circunferencia del tambor del rotor y alrededor de los imanes permanentes, donde la capa envolvente o devanado está dispuesta de manera que, cuando el rotor gira alrededor del eje de rotación durante uso, la capa envolvente o devanado al menos parcialmente contrarresta las fuerzas centrífugas que actúan sobre los imanes permanentes.
50

55 **[0031]** En otro ejemplo descrito en esta invención, se proporciona un rotor para una máquina eléctrica. El rotor está configurado para girar alrededor de un eje de rotación. El rotor comprende un tambor del rotor para soportar imanes permanentes en él, el tambor del rotor que tiene un eje longitudinal coaxial con el eje de rotación, una maza anidada dentro del tambor del rotor para soportar el tambor del rotor, la maza que es coaxial con el tambor del rotor, y al menos un rayo formando un disco frustocónico que acopla el tambor del rotor a la maza.
60

[0032] En algunos ejemplos, el rotor comprende un segundo rayo que acopla el tambor del rotor a la maza a una segunda distancia a lo largo del eje longitudinal. El segundo rayo puede formar un disco frustocónico.

[0033] En algunos ejemplos, el rotor comprende una cavidad unida por al menos un rayo, la maza y el tambor del rotor. La cavidad se puede configurar para recibir un refrigerante dentro de la misma. La cavidad al menos se puede llenar parcialmente con un material poroso de baja densidad, tal como aluminio espumado.

5 **[0034]** En algunos ejemplos, una o más aperturas se extienden a través del disco del rayo con el fin de reducir la masa de material del rayo. Las aperturas pueden ser configuradas/anguladas para extraer fluido dentro o expulsar fluido fuera de la cavidad.

10 **[0035]** En algunos ejemplos, los primero y segundo rayos son imágenes de espejo uno del otro alrededor de un plano transversal al eje de rotación.

[0036] En algunos ejemplos, al menos un rayo está a un ángulo agudo con relación al eje de rotación, por ejemplo, entre 3 y 30 grados.

15 **[0037]** En algunos ejemplos, el rotor comprende una matriz de imanes permanentes acoplados al tambor del rotor, y donde los imanes en la matriz están dispuestos para formar una matriz Halbach. La matriz de imanes se puede disponer dentro del tambor del rotor y/o en el tambor del rotor.

20 **[0038]** En algunos ejemplos, el rotor comprende una capa envolvente o devanado que se extienden alrededor de la circunferencia del tambor del rotor y alrededor de la matriz de imanes, donde la capa envolvente o devanado está dispuesto de manera que, cuando el rotor gira alrededor del eje de rotación durante uso, la capa envolvente o devanado al menos parcialmente contrarresta las fuerzas centrífugas que actúan sobre los imanes permanentes. La capa de devanado puede tener una alta resistencia a la tracción, por ejemplo, la capa de devanado puede comprender o consiste en acero inoxidable o polímero reforzado con fibra.

25 **[0039]** En algunos ejemplos, el espesor del disco del rayo en el eje longitudinal o de rotación es aproximadamente igual al espesor del tambor del rotor en una dirección radial ortogonal al eje longitudinal. En algunos ejemplos, el espesor del disco del rayo en el eje longitudinal o de rotación es igual o menor que el 10 % de la longitud axial del tambor, preferiblemente menor del 5 % de la longitud del tambor. En algunos ejemplos, la longitud del tambor del rotor en el eje longitudinal es mayor que el radio del disco del rayo desde la maza hacia el tambor del rotor.

[0040] En algunos ejemplos, la maza se monta sobre el eje a través de un ajuste de interferencia.

35 **[0041]** En algunos ejemplos, se forma una depresión entre al menos uno de los rayos y la maza, y donde la depresión aloja un sensor de posición de rotor montado en la depresión de manera que el sensor de posición de rotor queda al menos parcialmente anidado dentro de la extensión longitudinal del tambor del rotor, y donde el rayo comprende un indicador de posición de rotor para indicar la posición del rotor al sensor de posición de rotor, donde el sensor de posición de rotor está ubicado en la depresión.

40 **[0042]** En algunos ejemplos, el rotor comprende un anillo de flujo interno acoplado al tambor del rotor configurado para proporcionar una reducción de corrientes parásitas de los imanes acoplados al tambor. Además, o alternativamente, en algunos ejemplos, el rotor comprende un anillo de flujo externo acoplado al tambor del rotor y alrededor de los imanes permanentes.

45 **[0043]** En algunos ejemplos, el tambor del rotor, la maza y al menos un rayo se forman integralmente. Por ejemplo, pueden ser colados, extruidos, impresos en 3D o hechos de material compuesto reforzado con fibra.

[0044] En otro ejemplo descrito en esta invención, se proporciona un motor eléctrico CC de entrehierro ancho que comprende el rotor de cualquiera de los aspectos descritos anteriormente.

50 **Figuras**

[0045] Ahora se describirán algunos ejemplos de la presente descripción solo a modo de ejemplo con referencia a las figuras, en las cuales:

55 La Fig. 1 muestra un rotor de tapa hueca dentro de un estator y alojamiento.

La Fig. 2 muestra un rotor de tapa hueca con una parte de tambor y una parte de tapa y una parte de eje que se hace sin interfaces como un dispositivo de una pieza.

60 La Fig. 3 muestra un rotor de tapa hueca con una parte de tambor cilíndrico y dos partes de tapa con rayos y una parte de eje, donde las partes se fabrican en forma separada y se montan y se fijan durante la producción del rotor.

La Fig. 4 muestra un rotor de tapa hueca que comprende dos partes combinadas, una parte combinada que comprende una parte de eje y una parte de tapa y la otra parte combinada que comprende una parte de tambor y una parte de tapa.

65 La Fig. 5 muestra un rotor combinado con una matriz de imanes. El detalle muestra una matriz de imán Halbach y una cubierta de imán que puede ser un forro de acero delgado.

La figura 6 muestra un rotor con una parte de eje que se configura como una botella invertida con paredes delgadas. Aquí el cojinete está fuera del eje en un extremo y dentro del eje en el otro extremo.

La Fig. 7 muestra un rotor de tapa hueca que comprende dos partes de tapa que se diseña como una tapa de rayo con aperturas amplias para permitir la fabricación mediante moldeo simple.

5 La Fig. 8 muestra un rotor de tapa hueca que comprende una parte de tambor cilíndrico que comprende paredes compactas muy delgadas y una estructura espumada o esponjosa dentro de la parte de tambor.

La Fig. 9 muestra una parte de tambor de fibra reforzada que lleva una matriz de imán Halbach por fuera, la cual está cubierta por una capa de material de fibra reforzada y que está unida a la parte de eje por partes de tapa que contienen un material esponjoso.

10 La Fig. 10 muestra un rotor de tapa hueca con una matriz de imanes montada dentro de la parte de tambor y la parte de tapa que fija los imanes radialmente y que conecta la disposición de tambor con la parte de eje.

La Fig. 11 muestra un rotor de tapa hueca con una matriz de imanes montada dentro de la parte de tambor y la parte de tapa que fija los imanes axialmente y que conecta la disposición de tambor con la parte de eje.

La Fig. 12 muestra una variación de partes de tapa sobre una parte de eje.

15 La Fig. 13 muestra una variación de diseños de parte de tapa.

Las figuras 14a y 14b muestran una matriz de imanes ilustrativa para un rotor.

La Fig. 15 muestra un rotor ilustrativo solo con una parte de tapa del extremo.

La Fig. 16 es una vista esquemática de un rotor ilustrativo después de la deformación.

La Fig. 17 muestra un rotor ilustrativo solo con dos partes de tapa del extremo.

20

[0046] En los dibujos se utilizan números de referencia similares para indicar elementos similares. Las Figs. 1 a 5 y 7 a 17 no muestran explícitamente todas las características definidas en la reivindicación 1.

Descripción específica

25

[0047] Las realizaciones de la presente descripción están dirigidas a rotores para máquinas eléctricas con mayor desempeño para rotación. Las realizaciones también pueden utilizar una matriz de imanes Halbach en el rotor.

[0048] Ahora se describirá un ejemplo de un rotor con referencia a la Fig. 1.

30

[0049] La Fig. 1 muestra una vista en sección transversal de un motor eléctrico 1 de ejemplo que comprende un rotor 2 de tapa hueca (el rotor 2 se muestra con mayor detalle en la Fig. 2, más adelante). El rotor 2 se posiciona por un par de cojinetes 3 dentro de un alojamiento 4. El alojamiento 4 comprende un anillo de flujo 8 y un devanado de estator 7, el cual está dentro del anillo de flujo 8. El rotor 2 se asienta dentro del devanado de estator 7 y está separado por un entrehierro 9. Una placa inferior 5 se utiliza para cerrar el alojamiento 4 y fijar/soportar los cojinetes 3 del rotor 2.

35

[0050] El rotor 2 proporciona un tambor 50 del rotor que lleva una matriz de imanes 6 en su exterior, aunque se entenderá que en otros ejemplos la matriz de imanes 6 puede ser llevada en el interior del tambor 50 del rotor. En el ejemplo mostrado, la matriz de imanes 6 es una matriz Halbach. El rotor 2 comprende una maza 20, la cual se compone de un eje central para girar alrededor de un eje de rotación del rotor. El rotor 2 incluye también dos tapas 30 (mostradas mejor en la Fig. 2), una parte de tambor o tambor 50 del rotor. Las dos tapas 30 soportan el tambor 50 del rotor y lo acoplan a la maza 20. Las dos tapas 30 y el tambor 50 del rotor, por lo tanto, se unen a una cavidad que puede ser hueca o se puede llenar con un material de relleno 40 como se muestra en la Fig. 8 (y como se describirá con mayor detalle más adelante). El material de relleno 40 puede ser un refrigerante y/o un material de baja densidad tal como aluminio espumado. En el ejemplo mostrado, el tambor 50 del rotor es cilíndrico y es coaxial con la maza 20.

40

[0051] En el ejemplo mostrado, las dos tapas 30 son imágenes de espejo entre sí alrededor de un eje transversal al eje de rotación o eje longitudinal del tambor 50 del rotor. En el ejemplo mostrado, las dos tapas 30 cada una está a un ángulo agudo con relación al eje de rotación del rotor 2. Por ejemplo, las tapas 30 cada una se extiende desde una región interna donde se acoplan a la maza 20 a una región externa donde se acoplan con el tambor 50. Cada región interna se ubica a una posición diferente a lo largo de una longitud del eje de rotación hacia la región externa. Como tales las tapas 30 están ahusadas. Como se muestra, se ahúsan hacia fuera de manera que cada extremo estrecho (región interna) de las tapas 30 se ubica más cerca de su respectivo extremo del eje central que el extremo más ancho (región externa) de la tapa. En el ejemplo mostrado, las dos tapas 30 cada una forma discos frustocónicos sólidos respectivos. Sin embargo, se entenderá que en otros ejemplos, las tapas 30 pueden no formar cada una un disco sólido pero pueden formar una forma de tipo disco a partir de elementos discretos, por ejemplo, cada tapa 30 puede comprender una serie o pluralidad de elementos de tipo rayo (similares a una rueda de bicicleta, por ejemplo). También se apreciará que éstos no necesitan ser frustocónicos. Más bien, se pueden proporcionar otras geometrías (por ejemplo, donde una región interna axialmente se desvía de una región externa). Cuando se proporciona una pluralidad de rayos, éstos pueden disponerse para formar una forma de tipo disco frustocónico pero con huecos o aperturas discretas entre ellos. En algunos ejemplos, las tapas 30 pueden comprender una o más aperturas (por ejemplo, como se muestra en la Fig. 6 descrita más adelante con mayor detalle) para reducir la masa de material de la tapa 30 y/o para introducir fluido (tal como aire) en la cavidad unida por el tambor 50 del rotor, por ejemplo, para

55

60

65

[0052] El espesor radial del devanado de estator 7 entre la parte 50 del tambor del rotor 2 y el anillo de flujo 8 es casi tan grueso como el espesor radial del anillo de flujo 8 o aún más grueso que el anillo de flujo 8. La longitud y el diámetro del tambor 50 del rotor puede ser de la misma magnitud (como se muestra en la Fig. 1) pero se entenderá que en otros ejemplos la longitud del tambor 50 del rotor puede ser sustancialmente más larga que el diámetro del tambor también.

[0053] El rotor 2 con la matriz de imanes 6 mostrada en la Fig. 1 está diseñado para la rotación libre alrededor del par de cojinetes 3 sin que toque el devanado de estator 7 y está separado del devanado de estator 7 por un entrehierro 9 libre. La máquina 1 con el rotor 2 dentro pueden trabajar como un motor y como un generador también. El rotor 2 está diseñado para transferir energía o carga a otra parte en rotación como una cuchilla de podadora o una rueda de tracción a través de un conector de cojinete de carga 34 acoplado a la porción de cojinete de carga 26 del eje 20. El devanado de estator 7 preferiblemente es un devanado sin espacios radialmente grueso (mostrado) pero también puede ser un tipo diferente de devanado (no mostrado).

[0054] Como se observó anteriormente, la Fig. 2 muestra una sección transversal del rotor 2 de la Fig. 1 con mayor detalle (matriz de imanes 6 no mostrada). Como se puede ver en la Fig., el tambor 50 del rotor es relativamente delgado (más delgado que el espesor de cada tapa 30). En el ejemplo mostrado, el tambor 50 del rotor, las tapas 30 y la maza 20 se forman integralmente (por ejemplo, del mismo material) de manera que forman un dispositivo de una parte. En el ejemplo mostrado, la maza 20 forma un eje hueco (formando una cavidad 22 adentro), el cual no es esencial pero puede reducir el peso sin perder mucha estabilidad. Por ejemplo, el rotor 2 se puede fabricar mediante impresión 3D u otra tecnología aditiva.

[0055] Las tapas 30 están acopladas a la maza 20 en una primera área de conexión 33 y a la maza 50 del rotor en una segunda área de conexión 34. Las áreas de conexión 33 y 34 en su mayoría con forma de anillo se pueden formar en una geometría optimizada de tensión. Para permitir el mecanizado o tecnologías de fabricación menos costosas, el diseño de las tapas 30 puede ser optimizado (véase la fig. 7). La tapa 30 muestra un diseño cónico con un ángulo cónico 31 lejos del plano de rotación perpendicular plano (es decir, a un ángulo 31 con relación a un plano transversal al eje de rotación del rotor 2). El ángulo cónico 31 es preferido para obtener una estabilidad superior contra las fuerzas de flexión y una mejor transmisión de carga entre el eje 20 y el tambor 50. Las primera y segunda áreas de conexión 33, 34 de las tapas 30 están diseñadas para la reducción de tensión y son ligeramente más gruesas que la parte de pared principal de las tapas 30 que está entre las dos áreas de conexión 33, 34.

[0056] En el ejemplo mostrado, la maza 50 del rotor se extiende en el eje longitudinal o de rotación más allá de donde cada tapa 30 se acopla a la maza en la segunda área de conexión 34. Esto deja un primer saliente 52 en un extremo proximal del tambor 50 del rotor y un segundo saliente 53 en el extremo distal del tambor 50 del rotor. En el ejemplo mostrado las tapas 30 están configuradas para biselarse hacia dentro con relación una a la otra, es decir, el área de conexión 33 de las tapas 30 con la maza 20 están a una separación mayor entre sí en el eje longitudinal o de rotación que el área de conexión 34 de las tapas 30 con el tambor 50 del rotor. Sin embargo, se debe entender que en otros ejemplos (tales como aquellos mostrados en la Fig. 11 y descritos con mayor detalle más adelante) las tapas 30 pueden extenderse en la dirección opuesta de manera que el área de conexión 33 de las tapas 30 con la maza 20 está más cerca entre sí en el eje longitudinal o de rotación que el área de conexión 34 de las tapas 30 con el tambor 50 del rotor.

[0057] La Fig. 3 muestra otro ejemplo de un rotor 2 con un tambor 50 del rotor y dos tapas 30 y un eje 20, donde estas cuatro partes se fabrican en forma separada y se montan y se fijan durante la producción del rotor. En este ejemplo, cada tapa 50 comprende una pluralidad de aperturas 35. Las aperturas 35 reducen el peso del rotor 2 y pueden permitir que un fluido, tal como aire, fluya en la cavidad unida por las tapas 30 y el tambor 50 del rotor para ayudar al enfriamiento del rotor 2. En este ejemplo, las aperturas 35 se forman en la parte de la pared de las tapas 30 entre cada una de las áreas de conexión 33, 34. En el ejemplo mostrado, las aperturas 35 en general tienen forma de D, pero se entenderá que en otros ejemplos las aperturas pueden tener otras configuraciones y formas tales como una forma de lágrima. Por ejemplo, las porciones de la tapa 30 que acoplan la región interna de la tapa a la región externa de la tapa pueden comprender rayos. Los rayos pueden extenderse radialmente hacia fuera desde una región interna hacia una región externa, por ejemplo, pueden extenderse en línea recta (en una dirección constante).

[0058] Las áreas de conexión 33, 34 entre las partes en este ejemplo están diseñadas para crear un ajuste a presión y/o ajuste con pegamento, además o alternativamente las interfaces también se pueden diseñar para crear un ajuste de soldadura y la soldadura se puede realizar desde fuera. La fabricación de las partes se puede hacer por colado, moldeo por presión, forjado, mecanizado u otros procedimientos disponibles. Esta versión se denomina una pieza por parte. Los materiales de las partes pueden ser iguales o diferentes, según los resultados de optimización de material potencialmente diferentes para la parte del tambor, parte de la tapa y parte del eje. Las áreas de conexión 33, 34 están diseñadas para la reducción de tensión y para un mejor montaje. Para una mejor estabilidad, se puede agregar materiales de pegado tales como polímeros o materiales de soldadura en las áreas de conexión 33 y 34 de las partes, especialmente cuando se realiza el montaje de las partes de tapa 30.

[0059] La Fig. 4 muestra otro ejemplo de un rotor 2 que se hace como un diseño de “dos partes”. El rotor 2 ilustrativo mostrado en la Fig. 4 comprende dos piezas, cada una que comprende dos partes del rotor 2. Una pieza, la cual es una parte combinada, comprende una parte de eje 20 y una primera tapa 30. La otra pieza comprende el tambor 50 del rotor y una segunda tapa 30. Las dos piezas combinadas se pueden empujar o atornillar o presionar o soldar conjuntamente, luego formar un rotor 2 con dos interfaces con forma de anillo entre las piezas, que comprende en total el tambor 50 del rotor, las tapas 30 y el eje 20 en un diseño de alta estabilidad pero de peso ligero y de bajo coste.

[0060] En el ejemplo mostrado, una de las tapas 30 comprende un patrón o estructura circunferencial 871, el cual puede ser detectado por un sensor de posición de rotor 82. El patrón o estructura circunferencial 81 puede ser una estructura geométrica u óptica o una multitud de imanes, los cuales pueden ser detectados por un sensor Hall. En el ejemplo mostrado en la Fig. 4, el patrón o estructura circunferencial 82 se forma en una depresión entre la tapa 30 y la saliente 52 del tambor 50 de rotor. Durante la rotación del rotor 2, el sensor de posición de rotor 82 está diseñado para dar una señal precisa de sensor mientras percibe el paso del patrón o estructura circunferencial 81. El sensor de posición de rotor 82 también puede utilizar el campo magnético de la matriz de imanes 60 que es parte del rotor 2 (no mostrada).

[0061] La Fig. 5 muestra otro ejemplo de un rotor 2 con una matriz de imanes cilíndrica 60 montada en la parte externa del tambor 50 del rotor. La matriz de imanes 60 está rodeada por una cubierta de imán 65, la cual puede ser una capa envolvente o devanado, hecha de, por ejemplo, un forro metálico de lámina delgada o un forro reforzado con fibra de carbono, para mantener los imanes contra las fuerzas centrífugas. La matriz de imanes 60 puede ser una matriz Halbach cilíndrica, que comprende imanes principales 61, 62 orientados de manera alternada e imanes de empuje 63 entre los imanes principales (como se muestra en la Figura de detalle).

[0062] Como con el ejemplo mostrado en la Fig. 4, el rotor 4 en la Fig. 5 comprende un ensamblaje de sensor 8, para medir la posición del rotor. En el ejemplo mostrado, una tapa 30 lleva un patrón o estructura sensorial 81 en el saliente 53 formado entre la tapa 30 y el tambor 50 del rotor. El patrón o estructura sensorial 81 está dispuesto para inducir una señal de sensor en el sensor de posición 82 en el caso de la rotación del rotor 2. La señal de sensor se utiliza para controlar la activación del devanado de estator 7 en caso de la operación del motor. En el ejemplo mostrado, el patrón o estructura de sensor 81 comprende imanes bipolares dispuestos en una orientación circular y un grupo de sensores Hall, con el fin de obtener una resolución angular muy alta de la medición de la posición del rotor. La matriz de imanes 61, 62, 63 se puede montar solo a través de fuerzas adhesivas (no mostradas) o montarse con un material adhesivo y fijarse mediante una cubierta de imán circunferencial 65, la cual puede ser una capa envolvente o devanado. Cuando el rotor 2 está girando alrededor del eje de rotación durante uso, la capa envolvente o devanado al menos parcialmente contrarresta las fuerzas centrífugas que actúan en los imanes permanentes 60. Alternativamente, la matriz de imanes 60 se puede montar dentro de la parte de tambor 50 (no mostrada, véase la fig. 10 y fig. 11) donde el tambor 50 del rotor puede actuar para contrarrestar las fuerza centrífugas que actúan en los imanes permanentes 60.

[0063] La Fig. 6 muestra otro ejemplo del rotor 2. Como el ejemplo mostrado en la Fig. 3, en el ejemplo mostrado en la Fig. 6, el rotor 30 comprende aperturas 35 con forma de D sin material o con un espesor de pared sustancialmente mucho más delgado. Las regiones de rayo 36 entre las aperturas 35 se pueden diseñar fuera del plano (desde el resto de la tapa 30) o fuera de cono con el fin de obtener un efecto de ventilación durante la rotación (por ejemplo, para introducir fluido dentro o fuera de la cavidad formada por el tambor 50 del rotor y las tapas 30).

[0064] La Fig. 7 muestra otro ejemplo del rotor 2, el cual, en este ejemplo, tiene un diseño de “una pieza”, el cual puede ser fabricado, por ejemplo, mediante colado con una herramienta de colado simple. El colado puede ser facilitado debido al diseño de las tapas 30. La primera tapa 30 y la segunda tapa 38 tienen un diseño similar pero tienen diferentes orientaciones en la maza 20 del rotor (es decir, de manera que una se tuerce en la maza 20 con relación a la otra). Aunque las tapas 30 mostradas en la Fig. 7 tienen un diseño cónico, se entenderá que esto es opcional. El diseño preferido para el colado o mecanizado como un rotor 2 de una pieza se caracteriza por un ángulo de torsión entre las dos tapas 37 y 38. Las tapas 30 comprenden aperturas 35 y una herramienta de moldeo o mecanizado puede penetrar las tapas 30 a través de las respectivas aperturas 35 que llegan hacia la cavidad entre las tapas 30. Debido a las diferentes orientaciones de las tapas 30 en la maza 20 del rotor, una herramienta de moldeo o mecanizado puede tener acceso a áreas dentro de la cavidad debido a las desviaciones relativas entre las aperturas 35 de una tapa 30 y las aperturas 35 de la otra tapa 30.

[0065] En algunos ejemplos, el rotor 2 solo puede comprender una tapa 30. La Fig. 8 muestra otro ejemplo del rotor 2 solo con una tapa 30 combinada con un tambor 50 del rotor y un eje 20. El espacio o cavidad dentro del tambor 50 del rotor al menos parcialmente se llena con un material de baja densidad espumado 40. Este material de parte de baja densidad puede ser un material de espuma tal como aluminio espumado o una estructura impresa o cualquier tipo de material que tenga peso ligero pero sea estable para centrar el tambor 50 del rotor y para asegurar la precisión circular durante la rotación. El material es no ferrítico y no ferromagnético y sigue la rotación del rotor 2 ya que está conectado al tambor 50 y al eje 20.

[0066] El material de baja densidad 40 puede reemplazar una o aún todas las tapas 30. En un diseño preferido, la tapa 30 no tiene agujeros o aperturas 35. El material 40 de baja densidad puede ser empujado en la apertura entre el tambor 50 del rotor y la maza 20 y/o puede ser creado dentro de esta apertura y/o el tambor 50 del rotor se puede montar después en el material 40 de baja densidad, el material 40 de baja densidad actuando como un soporte.

[0067] La Fig. 9 muestra otro ejemplo del rotor que comprende dos tapas 37, 38 y que comprende un material de relleno 40 de baja densidad, el cual llena una gran parte del volumen entre el tambor 50 del rotor, las tapas 37, 38 y la maza 20. El llenado de este volumen no solo incrementa la estabilidad, permite montar tapas 30 de pared muy delgada y tambores 50 de pared muy delgada.

[0068] En el ejemplo mostrado solo una de las tapas 30 (la primera tapa 37) tiene una forma frustocónica, mientras que la otra capa (la segunda capa 38) es plana formando un disco plano alrededor de la maza 20. En el ejemplo mostrado la maza hueca 20 tiene un diámetro de dos pasos, el diámetro de la parte 20 de la maza hueca es mayor en la posición axial del tambor 50 del rotor y más pequeño cerca del cojinete 3. Este diseño se puede utilizar, por ejemplo, para las partes compuestas de la maza con refuerzo de fibra y para propósitos de enfriamiento.

[0069] En ejemplos preferidos, esta maza 20 de diámetro de dos pasos se puede utilizar como una parte de un sistema de enfriamiento con el fin de transferir líquido de enfriamiento a través del interior de la maza hueca 20.

[0070] En ejemplos preferidos, la matriz de imanes 60 con la disposición cilíndrica de imanes está envuelta por una cubierta 65 de fibra reforzada o con una cubierta 65 metálica. Las partes de cubierta de fibra de carbono son aún más rígidas y más fuertes que las partes de cubierta metálica. Las partes de cubierta metálica preferiblemente son más delgadas que 0.5 mm.

[0071] Como se describió anteriormente, en algunos ejemplos, la matriz de imanes 60 se puede ubicar dentro de la maza de rotor 50, de manera que la maza de rotor 50 puede actuar para contrarrestar cualquier fuerza centrífuga sobre la matriz de imanes 60 durante uso. La Fig. 10 muestra un ejemplo de dicho rotor 2 con la matriz de imanes 60 dentro del tambor 50 del rotor. En este ejemplo, las tapas 30 se utilizan para fijar la matriz de imanes 60 con relación al tambor 50 del rotor y para hacer que se extiendan en esta posición aún bajo una alta carga y una alta velocidad de rotación (por ejemplo, las tapas pueden inhibir o evitar el movimiento de la matriz de imanes 60 en el eje longitudinal o de rotación del rotor 2). Se pueden utilizar materiales adhesivos para soportar la fijación de la matriz de imanes 60 a la maza de rotor 50 y/o a las tapas 30. Ya que los imanes 61, 62, 63 están rodeados por el tambor 50 del rotor, no es necesaria ninguna cubierta de imán 65 o forro adicional. Ya que el tambor 50 del rotor de preferencia se hace de un material que no es ferromagnético, como el acero inoxidable austenítico del compuesto reforzado con fibra, el tambor 50 del rotor ahora es parte del entrehierro magnético entre la matriz de imanes 60 y el anillo de flujo externo 8 (no mostrado). Especialmente en el caso de utilizar una matriz Halbach, el campo magnético es empujado principalmente hacia fuera de manera radial y solo poco campo magnético queda dentro del tambor 50 del rotor y dentro de la matriz de imanes 60.

[0072] La Fig. 11 muestra otro ejemplo de un rotor 2 con la matriz de imanes montada dentro del tambor 50 del rotor, pero en esta realización, ambas tapas 30 forman discos frustocónicos y ambas tapas 30 se conectan directamente al tambor 50 del rotor. La Fig. 11 también muestra cómo las tapas 30 pueden extenderse en direcciones opuestas, de manera que el área de conexión 33 de las tapas 30 con la maza 20 está más cerca entre sí en el eje longitudinal o de rotación que el área de conexión 34 de las tapas 30 con el tambor 50 del rotor.

[0073] En el ejemplo mostrado en la Fig. 11, la matriz de imanes 60 se posiciona axialmente por las tapas 30 pero no radialmente, de manera que las tapas 30 se unen a la matriz magnética 60 a lo largo del eje longitudinal o de rotación. Este ejemplo hace al tambor 50 del rotor más largo que la matriz de imanes 60 y más largo que el devanado activo en el eje longitudinal o de rotación, y también más largo que el anillo de flujo externo (todos no mostrados). Sin embargo, la ventaja de este ejemplo es que los imanes se pueden fijar con precisión y seguridad dentro del tambor 50 de rotor mecánicamente estable. Además, la matriz de imanes 60 puede quedar protegida contra la humedad y sustancias agresivas tan pronto como las tapas 30 queden apretadas y selladas. En consecuencia, no será necesaria una cubierta de imán 65 adicional.

[0074] En caso de que las tapas 30 y los ejes 20 se conecten, la posición axial interna 33 es el centro mecánico del área de fusión de la tapa 30 y el eje 20 y la posición axial externa 34 es el área de fusión de la tapa 30 y el tambor 50. Esta combinación da como resultado un eje 20 muy corto y permite diseños compactos de poco peso.

[0075] Las Figs. 12a y 12b muestran diferentes disposiciones de las tapas 30 sobre una maza 20. Las tapas 30 de preferencia tienen un diseño cónico, con ángulos de cono 31 y 39 que pueden ser diferentes o pueden ser iguales. También, como se muestra en las Figs. 12a y 12b los diámetros dentro y fuera de las tapas 30 pueden ser diferentes, de manera que cada tapa 30 puede extenderse a una extensión radial diferente. La orientación axial de las tapas 30 puede ser igual a la mostrada en la Fig. 12b o diferente (por ejemplo, simétrica alrededor de un plano transversal al eje longitudinal o de rotación) como se muestra en la Fig. 12a.

[0076] La Fig. 12a muestra un ejemplo con dos tapas del extremo 30 y 38. La primera capa de extremo 30 tiene una diferencia de posición axial positiva (a lo largo del eje longitudinal o de rotación). La segunda tapa del extremo 38 tiene una diferencia de posición axial negativa (a lo largo del eje longitudinal o de rotación) y, en este ejemplo, tiene una extensión radial más pequeña hacia la primera tapa del extremo 30. Esto se puede utilizar para tambores que tienen diferentes radios de tambor internos.

[0077] La Fig. 12b muestra un ejemplo diferente con dos tapas del extremo 30 y 38. Aquí la segunda tapa del extremo 38 está a un ángulo diferente con relación al eje 20 que la primera tapa del extremo 30.

10 **[0078]** Las Figs. 13a, 13b y 13c muestran diferentes diseños de las tapas 30 de ejemplo, que se pueden utilizar en los rotores 2 ilustrativos de la descripción.

[0079] En la Fig. 13a, un diseño preferido de una tapa 30 comprende una geometría con una forma de disco cónico o frustocónico y muestra una tapa del extremo 30 con una diferencia positiva entre las posiciones axiales externa e interna (a lo largo del eje longitudinal o de rotación). Esta forma de disco frustocónico logra una alta estabilidad contra los micromovimientos. Comparado con un diseño de tapa plana 30, la estructura cónica/frustocónica es mucho más rígida. Dichas tapas del extremo se pueden hacer de materiales rígidos tales como materiales reforzados con metal o carbono. Están diseñados para fijarse sobre un eje. La rigidez de la tapa 30 es importante, en especial para el procedimiento de montaje y fijación. Aunque en este ejemplo la tapa 30 es recta para proporcionar la forma de disco cónico o frustocónico, se apreciará que en otros ejemplos la tapa 30 puede ser curva o tener forma de copa para proporcionar una forma similar, por ejemplo, una forma parabólica o hiperbólica o una forma pseudoesférica (o cuerno).

20 **[0080]** En la Fig. 13b, se muestra una tapa 30 que tiene una geometría de tipo disco plano (es decir, perpendicular al eje 20) con poca o ninguna diferencia en la posición axial (a lo largo del eje longitudinal o de rotación). La tapa 30 en este ejemplo, puede ser al menos parcialmente elástica. Sin embargo, la precisión de la posición de la tapa 30 con relación a la maza 20 podría ser menos buena.

[0081] En la Fig. 13c, se muestran dos tapas 30 que se hacen de un metal laminado, el cual se forma mediante un procedimiento de moldeo por presión. Los espesores de la pared de las tapas 30 pueden ser muy delgados, por debajo de 1 mm, siempre que las áreas de conexión 33 y 34 entre las tapas 30 y la maza 20 estén diseñadas para un montaje seguro y estable. Se pueden utilizar diferentes diseños, diámetros y ángulos de cono para las tapas 30, con el fin de permitir un fácil montaje sobre la maza 20. La Fig. 13c muestra una combinación de un eje, dos tapas del extremo 30, 38 en una configuración de espejo y un tambor 50 con una superficie de tambor externa 50 y una superficie de tambor interna 51, la cual tiene el radio R.51. La Fig. 13c muestra una situación ideal en la simetría total y un diseño de peso muy ligero con paredes de material delgadas. El uso de dos tapas del extremo 30, 38 da como resultado una estabilidad muy alta. Como resultado del alto grado de estabilización proporcionado por las dos tapas del extremo 30, 38, y centricidad, el espesor de pared del tubo de tambor 50 se puede reducir a, por ejemplo, 1 a 4 mm. Estos diseños de tapas del extremo 30, 38 alternativamente se puede fusionar con un eje 20 o un tambor 50, o ambos.

40 **[0082]** Ahora se describirán otros ejemplos de la presente descripción con referencia a las Figs. 14a y 14b.

[0083] Las Figs. 14a y 14b muestran una matriz magnética 340 ilustrativa para un rotor 2, tal como el rotor mostrado en cualquiera de las figuras 1 a 13. El rotor mostrado en la Fig. 14a incluye una tapa del extremo superior 348 y una tapa del extremo inferior 349. La matriz magnética 340 comprende una pluralidad de imanes principales 345 y una pluralidad de imanes de empuje 346.

[0084] La matriz magnética 340 puede disponerse para proporcionar una matriz Halbach. La pluralidad de imanes puede cubrir la circunferencia del tambor 50 del rotor. Cada imán de la matriz 340 puede cubrir una porción seleccionada de la circunferencia del tambor 50, por ejemplo, cada imán cubrirá la extensión longitudinal de la matriz 340 para una región de la circunferencia. Al moverse alrededor de la circunferencia, los imanes principales 345 alternan con el imán de empuje (por ejemplo, de manera que los imanes principales 345 subsecuentes se separan por un imán de empuje, y cada imán principal tiene imanes de empuje 346 sobre cada lado de éste). Los imanes principales 345 están dispuestos para proporcionar polaridades alternadas. Cada imán principal subsecuente tendrá una polaridad opuesta a su imán principal anterior (cuando cruza la circunferencia de la matriz 340). Los imanes de empuje 346 están dispuestos para tener una polaridad transversal a la polaridad alternada de los imanes principales 345. Cada imán de empuje subsecuente tendrá una polaridad opuesta a su imán de empuje anterior.

[0085] Los imanes de la matriz Halbach pueden tener forma y/o tamaño diferente. Los imanes pueden disponerse de manera que en la superficie radial externa la matriz 340, los imanes quedan nivelados entre sí, por ejemplo, de manera que la superficie externa de la matriz de imanes 340 es consistente (a un radio constante). Como se muestra en las Figs. 3a y 3b, los imanes de empuje 346 pueden ser más estrechos que los imanes principales 345. Es decir, cada imán de empuje puede extenderse alrededor de una porción más pequeña de la circunferencia que cada imán principal. Los imanes de empuje 346 pueden ser más profundos que los imanes principales 345. Es decir, los imanes de empuje 346 pueden extenderse a lo largo de una longitud radial más grande que los imanes principales

345. Puede haber un número seleccionado de imanes alrededor de la matriz 340. El número total de imanes (de empuje y principales) puede ser, por ejemplo, 8, 16, 32, 64, etc.

5 **[0086]** El tambor 50 del rotor puede estar dispuesto para tener una superficie externa que corresponde a la matriz magnética 340 destinada. Por ejemplo, el tambor 50 del rotor puede tener una serie de salientes alternados. Cada saliente de la superficie externa del tambor del rotor se puede seleccionar para un imán particular (de empuje o principal). Cada saliente puede tener un ancho y una profundidad correspondientes seleccionadas según imán que está destinado a recibir. El ancho y la profundidad se pueden seleccionar de manera que el saliente puede recibir un imán del ancho destinado, y que cuando un imán se inserta al saliente, la extensión radial del imán está a un radio
10 seleccionado (por ejemplo, por lo que cada superficie radial externa del imán está en el mismo radio).

15 **[0087]** La matriz de imanes 340 puede estar dispuesta para proporcionar un campo magnético fuerte sobre un lado de los imanes, pero un campo magnético más débil sobre el otro lado. Por ejemplo, la matriz Halbach se puede utilizar para proporcionar esta funcionalidad. La matriz de imanes 340 del tambor del rotor se puede disponer de manera que el lado del campo magnético más fuerte es el lado radialmente hacia fuera (por ejemplo, el lado en la dirección de los devanados del estator). El ancho y la profundidad de los imanes de empuje y principales 345 se pueden seleccionar para proporcionar una distribución de campo magnético de un lado. Es decir, los imanes de la matriz de imanes 340 se pueden disponer para inhibir el campo magnético que se transmite hacia los componentes radiales internos del rotor (por ejemplo, donde puede interferir con otros componentes tales como el indicador y/o rotación del rotor). Por ejemplo, la Fig. 14b muestra flechas que indican la dirección de los vectores de magnetización para cada uno de los imanes de la matriz 340. Esta disposición puede proporcionar a una matriz Halbach con un campo magnético más fuerte en el lado radial externo de la matriz magnética 340/tambor del rotor y un campo magnético más débil en el lado radial interno.

25 **[0088]** También en la Fig. 14a se muestran tapas del extremo para el rotor 2. Las tapas del extremo se pueden proporcionar para cubrir (por ejemplo, sellar) la parte superior y/o inferior del tambor del rotor. Las tapas del extremo se pueden acoplar al tambor del rotor y/o la maza (por ejemplo, a través de una interfaz de cojinete) para permitir la rotación relativa entre ellas. Una o ambas tapas del extremo se pueden configurar para permanecer estacionarias mientras el rotor 2 gira. Las tapas del extremo pueden comprender uno o más sensores. Por ejemplo, la tapa del extremo puede tener una pluralidad de sensores dispuestos en un círculo en la tapa del extremo. Los sensores se pueden configurar para detectar el indicador de posición de rotor (por ejemplo, los sensores pueden ser sensores de efecto Hall). Los sensores se pueden configurar para trabajar en conjunto para proporcionar una pluralidad de mediciones del campo magnético (por ejemplo, para identificar la posición de rotación del rotor según campo magnético cambiante provocado por el movimiento del indicador).
30
35

[0089] Se debe apreciar en el contexto de la presente descripción que los ejemplos mostrados en las figuras son ejemplos que no deben ser considerados como limitantes. Por ejemplo, las combinaciones mostradas en las diferentes Figs. son para ilustrar los componentes de ejemplo para el rotor 2. Estos componentes se pueden proporcionar en las combinaciones mostradas, o se pueden proporcionar en diferentes combinaciones. Por ejemplo, las realizaciones de la presente descripción pueden comprender una tapa del extremo superior y/o inferior, o ninguna tapa del extremo. En algunos ejemplos, las tapas 30 pueden proporcionar la funcionalidad de las tapas del extremo. Las realizaciones pueden utilizar la detección interna y/o externa de la posición del rotor 2 (por ejemplo, se pueden proporcionar sensores que estén anidados dentro del tambor 50 del rotor, o se pueden proporcionar sensores que estén fuera del tambor 50 del rotor pero pueden seguir detectando el movimiento del tambor 50 del rotor). Por ejemplo, se puede proporcionar una disposición de sensor separada, la cual utiliza un indicador de posición conectado a la maza 20 en lugar de sobre o dentro de una de las tapas 30. Se debe apreciar que el tipo específico de combinación de sensor/indicador no se debe considerar como limitante. Los indicadores se pueden detectar según un campo magnético resultante, o carecer del mismo, que proporcionan (por ejemplo, los indicadores pueden ser magnéticos, o pueden no tener un material magnético). En ejemplos, la detección de la posición puede no utilizar sensores Hall, y más bien pueden utilizar otros medios de detección tales como detección ultrasónica/infrarroja y/o se puede utilizar detección por inducción.
40
45
50

[0090] Las realizaciones de la presente descripción pueden utilizar una matriz Halbach para la matriz de imanes 60. Alternativamente, se pueden utilizar diferentes disposiciones de imanes. Los imanes en la matriz 60 pueden ser del mismo tamaño y/o forma o pueden ser diferentes. Los imanes en la matriz 60 pueden mantenerse en su lugar a través de un forro (tal como un forro de acero) o se pueden fijar al tambor 50 del rotor utilizando otros medios (por ejemplo, medios adhesivos o de fijación para mantenerlos en su lugar). Las mazas 20 descritas en esta invención pueden utilizar una o más disposiciones de cojinete 3 para facilitar la rotación relativa entre la maza y otros componentes. Por ejemplo, sobre uno o ambos lados del tambor del rotor, la maza puede tener una interfaz de cojinete para la interacción de la maza con otros componentes.
55
60

[0091] Se debe apreciar que en el contexto de la presente descripción que los rotores 2 descritos en esta invención se pueden configurar para permitir el movimiento de rotación que se va a transmitir a un eje central al aplicar un par de torsión para dirigir la rotación de una matriz magnética del rotor 2. Las realizaciones pueden comprender uno o más componentes configurados para transmitir la rotación desde los imanes hacia la maza 20 y opcionalmente
65

desde la maza 20 a un eje 26 (por ejemplo, a través de un ajuste de interferencia). Los rotores descritos en la presente descripción pueden comprender un tambor 50 del rotor para soportar la matriz de imanes 60 y se puede disponer para acoplar dicho tambor 50 del rotor a dicho eje 26 para facilitar la transmisión de rotación desde el tambor 50 al eje 26. Para facilitar esta transmisión de rotación, una o más tapas 30 pueden acoplar (directa o indirectamente) el tambor 50 al eje 26. Las mazas 20 descritas en esta invención se pueden utilizar para proporcionar al acoplamiento de las tapas 30 al eje (por ejemplo, a través de un ajuste de interferencia). Se apreciará en el contexto de la presente descripción que la maza 20 y las tapas 30 se pueden formar mediante un solo componente, por ejemplo, de manera que la maza 20 representa una porción interna de dicho componente y las tapas 30 representan las porciones externas para el acoplamiento al tambor 50 del rotor. El tambor 50 también puede ser parte de este único componente (o el tambor 50 y las tapas 30 pueden ser un solo componente). Las realizaciones de la presente descripción pueden utilizar uno o más materiales espumados, tales como proporcionar uno o más de la maza 20, tambor 50 y/o tapas 30 por un material espumado, por ejemplo, aluminio espumado.

[0092] Se debe apreciar que la maza 20 y tapas y/o las tapas 30 y el tambor 50 pueden tener superficies de acoplamiento para acoplamiento entre ellos (por ejemplo, las superficies de acoplamiento pueden comprender zonas de contacto donde los dos componentes se unen). Dichas superficies de acoplamiento pueden configurarse para facilitar la transmisión de rotación entre ellas. Por ejemplo, una región interna del tambor 50 puede tener una primera forma, y la región externa de las tapas 30 pueden tener una forma que corresponde a la primera forma de manera que, cuando las tapas 30 se insertan radialmente dentro del tambor 50, las dos superficies coinciden para asegurar los dos componentes juntos y para permitir la rotación de uno para hacer girar el otro. Por ejemplo, dichas formas pueden incluir una o más secciones angulares (por ejemplo, pueden no ser circulares), tal como para proporcionar una forma de tipo estrella (por ejemplo, con un número de salientes correspondientes y depresiones que se traban conjuntamente para acoplamiento entre ellas). Una porción del tambor 50 del rotor puede formar un anillo de flujo interno. Por ejemplo, una región (o todo) del tambor 50 puede ser de un material adecuado para proporcionar una funcionalidad de anillo de flujo interno.

[0093] Se apreciará en el contexto de la presente descripción que se pueden proporcionar uno o más indicadores de posición de rotor 81 y/o sensores de posición de rotor 82. Múltiples indicadores y/o sensores pueden permitir una mayor precisión y/o fiabilidad para determinar la posición del rotor 2. El número de indicadores puede corresponder al (por ejemplo, ser igual a) número de sensores. La disposición de sensores también puede corresponder a la disposición de indicadores.

[0094] Se apreciará en el contexto de la presente descripción que mientras se hace referencia a los rotores 2, la presente descripción proporciona componentes que se pueden montar sobre un eje para proporcionar un rotor (por ejemplo, las realizaciones pueden proporcionar kits de conversión que se pueden acoplar a un eje, y dicho componente colocarse en un estator para proporcionar un rotor).

[0095] En algunos ejemplos, todo el rotor 2 se puede hacer de una estructura compuesta reforzada con fibra. En estos ejemplos, el tambor 50 del rotor puede ser reforzado por estructuras de fibra que forman un cilindro. Una multitud de fibras se puede tejer o conectarse con la estructura de fibra del tambor 50 del rotor y también se conectan con una estructura de fibra de la tapa(s) 30. La maza 20 también puede comprender una estructura de fibra con una multitud de fibras que conecta la maza 20 y cada tapa 30. Las fibras de refuerzo pueden tener una alta resistencia a la tensión y junto con una matriz de polímero, construyen una estructura compuesta reforzada por fibras. La disposición de fibra puede disponerse manualmente o con la ayuda de productos preimpregnados o con la ayuda de un robot de creación de capa de fibra. Dichos rotores 2 reforzados con fibra pueden lograr una estabilidad máxima a un peso muy bajo. Una multitud de fibras o una fibra larga también puede rodear la matriz de imanes 60 y mantener los imanes en su lugar con precisión incluso a una velocidad de rotación muy alta del rotor.

[0096] Se entenderá que en muchos ejemplos el tambor 50 del rotor es un tambor cilíndrico de pared delgada. Este tambor puede estar directamente conectado con las tapas 30 y, a su vez, la maza 20. La conexión puede ser una soldadura, o un ajuste a presión o un ajuste por contracción, o el rotor 2 se puede fabricar como una sola parte, por ejemplo, mediante colado o fabricación aditiva o sustractiva.

[0097] El tambor 50 del rotor comprende un elemento principalmente cilíndrico con un espesor de pared delgada preferiblemente por debajo del 10 % del radio del tambor, muy preferiblemente por debajo del 5 % del radio del tambor, en un diseño de peso ligero extremo por debajo de 1,5 mm o incluso por debajo de 1,0 mm de espesor de pared.

[0098] El tambor 50 del rotor puede tener un espesor de pared incluso más delgado en los extremos axiales del tambor 50. El diámetro externo de preferencia es igual, pero el diámetro interno del tambor 50 en estas regiones preferiblemente puede ser más grande en los extremos axiales que y más profundos en el centro axial del tambor 50. Esto presenta ventajas para la durabilidad de la fijación de unión a la matriz de imanes 60.

[0099] El tambor 50 del rotor también puede tener áreas o regiones diseñadas para conexión a las tapas 30. En un ejemplo preferido, existe una depresión en el diámetro, la cual trabaja como un anillo de tope para una parte de

disco. En otra realización preferida, el área de conexión 34 está conectada como una parte sólida del tambor 50 con la tapa 30.

5 **[0100]** El tambor 50 del rotor puede hacerse de alta resistencia a la tensión, tal como el acero o material compuesto de carbono. Preferiblemente, el material del tambor tiene una conductividad eléctrica media o baja en comparación con el hierro, tal como acero inoxidable austenítico, el cual tiene un 10 por ciento menos o incluso menos del 3 % de la conductividad del aluminio.

10 **[0101]** Las tapas 30 tienen un diámetro externo que se conecta al diámetro del tambor 50 del rotor y un diámetro interno que se conecta al diámetro externo de la maza 20. Las tapas 30 de preferencia tienen paredes delgadas con un espesor de pared medio inferior al 10 % de la longitud axial del tambor 50, de preferencia inferior al 5 % de la longitud del tambor.

15 **[0102]** Las tapas 30 preferiblemente tienen un diseño cónico con un ángulo de inclinación entre 3 y 30 grados. Pero, en algunos casos simples, las tapas 30 pueden ser parcialmente planas. Las tapas planas 30 pueden preferirse desde una perspectiva de coste, pero se tiene que tener en cuenta que esto puede dar como resultado una menor estabilidad y más peso. El diseño de las tapas 30 no necesita ser cónico, y más bien se pueden utilizar otras formas. Por ejemplo, las regiones interna y externa de la tapa 30 pueden desviarse axialmente una de la otra. A medida que la tapa 30 se extiende radialmente hacia fuera, su posición axial no cambia de manera uniforme, por ejemplo, la tasa de desplazamiento axial puede variar con la extensión radial incrementada.

25 **[0103]** El espesor promedio de pared de las tapas 30 de preferencia es más delgado que el 10 % del radio, preferiblemente más delgado que el 5 % del radio, en versiones de peso muy ligero más delgadas que el 3 % del radio. El diseño de disco de tapa cónico preferido utiliza un tipo de simetría de espejo en los discos de la tapa para estabilizar el tambor 50 contra los movimientos axiales y radiales con relación a la maza 20, efectivamente.

30 **[0104]** En una realización altamente preferida, las tapas 30 tienen un diseño cónico con un ángulo cónico menor que treinta grados o más plano menor que 20 grados de planitud. El diseño de disco cónico incrementa la estabilidad, especialmente en la realización preferida con dos tapas cónicas 30 en orientación simétrica o al menos contraria.

35 **[0105]** En los ejemplos, el rotor 2 se puede utilizar en un motor o un generador, como se muestra en la Fig. 1, como se describió anteriormente. En tales ejemplos, habrá un entrehierro 9. El entrehierro magnético se ubica entre el anillo de flujo externo altamente permeable 8 y la matriz de imanes cilíndrica 60 en el rotor 2. El entrehierro magnético no está libre de ningún material sólido, ya que puede haber el forro metálico que rodea la matriz de imanes 60. Entonces hay una capa delgada de aire rodeando ese forro. A continuación, puede seguir una capa delgada de epoxi, tal como un revestimiento dentro de la apertura cilíndrica en el devanado de estator 7. El devanado conductor 7 está ubicado más radialmente hacia fuera. La capa conductora del devanado 7 comprende áreas conductoras y áreas aislantes. Las áreas conductoras pueden ser filamentos de alambre de cobre. Se pueden utilizar alambres sólidos como pared, incluso si presentan corrientes parásitas severas a altas frecuencias.

40 **[0106]** El espesor radial del devanado conductor 7 puede ser más pequeño o mayor que el espesor radial de la matriz de imanes 60. Se puede diseñar un entrehierro magnético ancho para obtener una capa delgada de devanado de cobre, el cual puede ser entre 1 y 10 mm de espesor en la dirección radial, preferiblemente entre 2 y 6 mm de espesor. Ya que se pueden utilizar las matrices Halbach, el campo magnético puede penetrar en huecos más anchos. 45 Una matriz Halbach cilíndrica preferida empuja el campo magnético hacia fuera y crea solo un bajo campo magnético dentro del tambor 50 del rotor.

50 **[0107]** El entrehierro de material o entrehierro libre 9 entre el rotor 2 y el estator permite el movimiento de rotación sin fricción y sin riesgo de daño. El entrehierro hueco 9 es mucho más estrecho que el entrehierro magnético. El entrehierro libre 9 es principalmente equidistante, y la distancia del entrehierro está preferiblemente por debajo de mil micrómetros, muy preferiblemente por debajo de seiscientos micrómetros. Preferiblemente, el entrehierro libre está alrededor del 1,2 % o menos del 1,2 % del radio del rotor 2.

55 **[0108]** El entrehierro magnético es la suma del entrehierro real más el espesor del forro 65 alrededor de los imanes 60 más el espesor de un revestimiento interno del estator más el espesor del devanado 7. Después viene el anillo de flujo externo 8. Un anillo de flujo interno puede que no exista.

60 **[0109]** La Fig. 15 muestra un ejemplo teórico de un rotor 2 solo con una tapa del extremo 30 y un tambor hueco 50 y un eje 20 principalmente cilíndrico. En este ejemplo, la tapa del extremo 30 es curva o con forma de copa. El tambor 50 se ve centrado. El tambor 20 y el disco 30 se pueden hacer del mismo material y en una pieza/integralmente formados. El eje también se puede hacer del mismo material y toda la combinación puede ser de una pieza/integralmente formada. Sin embargo, la estabilidad mecánica de este rotor 2 es más bien baja, ya que la longitud axial L del tambor 50 es grande. Se presentarán desviaciones angulares pequeñas en deformaciones medibles y pueden ser destructivas del rotor 2.

65

[0110] Se apreciará que los imanes no se muestran en este ejemplo, pero se pueden montar dentro o fuera del tambor 50.

5 **[0111]** El tambor 50 tiene un radio interno local $R.51$ que es constante a todo alrededor de 360 grados. El radio real será una función de la posición angular a lo largo del círculo y de la posición axial en el tambor. Si el rotor real no es ideal, aparecerá un desequilibrio estático y dinámico.

10 **[0112]** La Fig 16 muestra un modelo esquemático de un rotor real 2 después de la deformación. En este ejemplo, la tapa del extremo 30 también es curva o con forma de copa. La deformación puede ocurrir durante la producción, montaje o uso. En el caso de motores de podadora, se puede ocasionar un choque cuando la podadora golpea, por ejemplo, una piedra. Dichos choques son frecuentes durante una operación de trabajo pesado. No obstante, el rotor debe ser de peso ligero.

15 **[0113]** Si solo se utiliza una tapa del extremo 30, el tambor 50 del rotor puede inclinar su eje relativamente al eje 20. Esto dará como resultado una desviación grande y medible del radio local del rotor, especialmente en el extremo abierto sin una tapa del extremo. El tambor 50 y los imanes girarán fuera de equilibrio y el problema aumentará más y más. Esto es el por qué la combinación simple solo con una tapa del extremo 30 tiene una estabilidad limitada y puede no ser suficiente a prueba de choques para las aplicaciones de trabajo pesado.

20 **[0114]** Para las aplicaciones de trabajo pesado, los rotores de peso ligero con dos tapas del extremo 30, 38 son las realizaciones preferidas, como se describió anteriormente, por ejemplo, con referencia a las Figs. 1-8 y Figs. 10-13.

25 **[0115]** La Fig. 17 muestra una realización altamente desarrollada con dos tapas del extremo 30, 38, las cuales tienen cortes o aperturas 35 (por ejemplo, similares a aquellas mostradas en la Fig. 3, como se describió anteriormente). Dicho diseño permite la fabricación a través de colado o incluso forjado profundo. Entonces se puede realizar el mecanizado después de la fabricación para reducir el peso. Por ejemplo, después se puede realizar el mecanizado con herramientas mecánicas 200 o un láser, utilizando el acceso abierto a través de los cortes o aperturas 35 en la tapa del extremo.

30 **[0116]** Las dos tapas del extremo 30 y 38 están reflejadas, pero muestran una rotación angular, de otra manera podría ser difícil tener acceso de las herramientas de maquinado a la parte interna del rotor 2.

35 **[0117]** Tales diseños se pueden fabricar también a través de fabricación aditiva, tal como impresión 3D en metal o impresión 3D reforzada con fibra o sinterización 3D. Se puede utilizar energía láser o energía mecánica para eliminar el material o para cambiar o agregar material con el fin de obtener una mejor estabilidad estática y dinámica del rotor 2.

40 **[0118]** Se apreciará a partir de la discusión anterior que los ejemplos mostrados en las figuras son meramente ejemplares, e incluyen características que se pueden generalizar, eliminar o reemplazar como se describe en esta invención y como se establece en las reivindicaciones. Con referencia a los dibujos en general, se apreciará que se utilizan diagramas de bloques funcionales y esquemáticos para indicar la funcionalidad de los sistemas y aparatos descritos en esta invención.

45 **[0119]** La presente invención no se limita a las realizaciones descritas. Se contemplan alteraciones y/o modificaciones de las realizaciones descritas como formas alternativas de la invención en la medida en que no se aparten del alcance de la invención, que se define mediante las reivindicaciones adjuntas.

REIVINDICACIONES

1. Un rotor (2) para una máquina eléctrica, donde el rotor (2) comprende:
 - 5 un eje central (20);
un tambor del rotor (50) dispuesto radialmente hacia fuera del eje central (20), donde el tambor del rotor (50) comprende un cilindro hueco para llevar imanes permanentes sobre una superficie interna y/o externa del cilindro hueco, y donde el tambor del rotor (50) es coaxial tanto con el eje central (20) como un eje de rotación del rotor (2);
 - 10 una primera tapa (30, 37) dispuesta para acoplar el eje central (20) al tambor del rotor (50) para permitir que el tambor del rotor (50) y el eje central (20) giren conjuntamente alrededor del eje de rotación; y
una segunda tapa (30, 38) dispuesta para acoplar el eje central (20) al tambor del rotor (50), y donde la segunda tapa (30, 38) está desplazada con respecto a la primera tapa (30, 37) a lo largo del eje de rotación del rotor (2);
donde la porción interna de la primera tapa (30, 37) se acopla al eje central (20) en una primera posición a lo largo de la longitud del eje de rotación, y la porción externa de la primera tapa (30, 37) se acopla al tambor del rotor (50) en una segunda posición a lo largo de la longitud del eje de rotación;
donde la primera posición está a una longitud diferente a lo largo del eje de rotación a la segunda posición;
donde el diámetro exterior del eje central (20) varía a lo largo de la longitud del eje central (20); y
donde el diámetro interior de la primera tapa (30, 37) es diferente al diámetro interior de la segunda tapa (30, 38).
- 20 2. El rotor (2) según la reivindicación 1, donde la primera tapa (30, 37) tiene un espesor de material no uniforme.
3. El rotor (2) según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, donde la primera tapa (30, 37) tiene al
25 menos un rayo que se extiende entre la porción interna de la primera tapa (30, 37) y la porción externa de la primera tapa (30, 37).
4. El rotor (2) según la reivindicación 3, donde cada uno de al menos uno de los rayos está adyacente a una apertura (35) en la primera tapa (30, 37).
- 30 5. El rotor (2) según la reivindicación 3 o 4, donde la primera tapa (30, 37) comprende una pluralidad de rayos y una pluralidad de aperturas (35).
6. El rotor (2) según cualquiera de las reivindicaciones 3 a 5, donde los rayos en la primera tapa (30, 37)
35 están uniformemente distribuidos alrededor del eje de rotación del rotor (2).
7. El rotor (2) según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, donde la parte interior de la segunda tapa (30, 38) está acoplada al eje central (20) en una tercera posición a lo largo de la longitud del eje de rotación, y la parte exterior de la segunda tapa (30, 38) está acoplada al tambor del rotor (50) en una cuarta posición a lo largo de
40 la longitud del eje de rotación; y
donde la tercera posición está en una longitud diferente a lo largo del eje de rotación a la cuarta posición.
8. El rotor (2) según la reivindicación 7, donde la segunda posición está más cerca de la cuarta posición que de la tercera posición en el eje de rotación del rotor (2).
- 45 9. El rotor (2) según la reivindicación 7 u 8, donde la distancia entre la primera y la segunda posición sobre el eje de rotación del rotor (2) es igual a la distancia entre la tercera y la cuarta posición sobre el eje de rotación del rotor (2).
- 50 10. El rotor (2) según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, donde el rotor (2) está dispuesto para llevar los imanes permanentes en una superficie exterior del cilindro hueco; y
donde el rotor (2) comprende además un revestimiento dispuesto radialmente hacia fuera de los imanes para asegurar los imanes al cilindro hueco.
- 55 11. El rotor (2) según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 9, donde el rotor (2) está dispuesto para llevar los imanes permanentes en una superficie interior del cilindro hueco, y donde uno de:
 - la porción exterior de la primera tapa (30, 37) está dispuesta para acoplarse a los imanes para mantener los imanes en su lugar en la superficie interior del cilindro hueco; y
 - 60 la porción exterior de la primera tapa (30, 37) está dispuesta para acoplarse al cilindro hueco, y donde la primera tapa (30, 37) comprende una porción de contacto de imán entre sus porciones interior y exterior y dispuesta para entrar en contacto con los imanes para mantener los imanes en su lugar en la superficie interior.
12. El rotor (2) según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, donde una superficie interior del tambor
65 del rotor (50) comprende uno o más huecos para recibir la primera tapa (30, 37) en el mismo.

13. El rotor (2) de cualquiera de las reivindicaciones anteriores, donde el rotor (2) comprende una pluralidad de imanes permanentes llevados por el tambor del rotor (50); y
5 donde los imanes permanentes están dispuestos en una matriz Halbach en la superficie interior y/o exterior del cilindro hueco.
14. Una máquina eléctrica que comprende:
10 el rotor (2) según cualquiera de las reivindicaciones anteriores;
un estator que comprende una pluralidad de devanados (7) dispuestos para interactuar con imanes permanentes llevados por el cilindro hueco del tambor del rotor (50); y
un alojamiento (4) configurado para alojar el rotor (2) y el estator;
- 15 donde el alojamiento (4) comprende al menos un ensamblaje de cojinetes dispuesto para permitir la rotación del rotor (2) alrededor de su eje de rotación con respecto al estator y el alojamiento (4).
15. La máquina eléctrica según la reivindicación 14, donde:
20 el alojamiento (4) comprende dos ensamblajes de cojinetes: un primer ensamblaje de cojinetes proporcionado en un primer extremo del alojamiento (4) y un eje central (20), y un segundo ensamblaje de cojinetes proporcionado en un segundo extremo del alojamiento (4) y un eje central (20) opuesto al primer extremo; y
donde la parte interior de la primera tapa (30, 37) está acoplada al eje central (20) en una ubicación próxima al primer ensamblaje de cojinetes y la parte interior de la segunda tapa (30, 38) está acoplada al eje central (20) en una ubicación próxima al segundo ensamblaje de cojinetes.
25

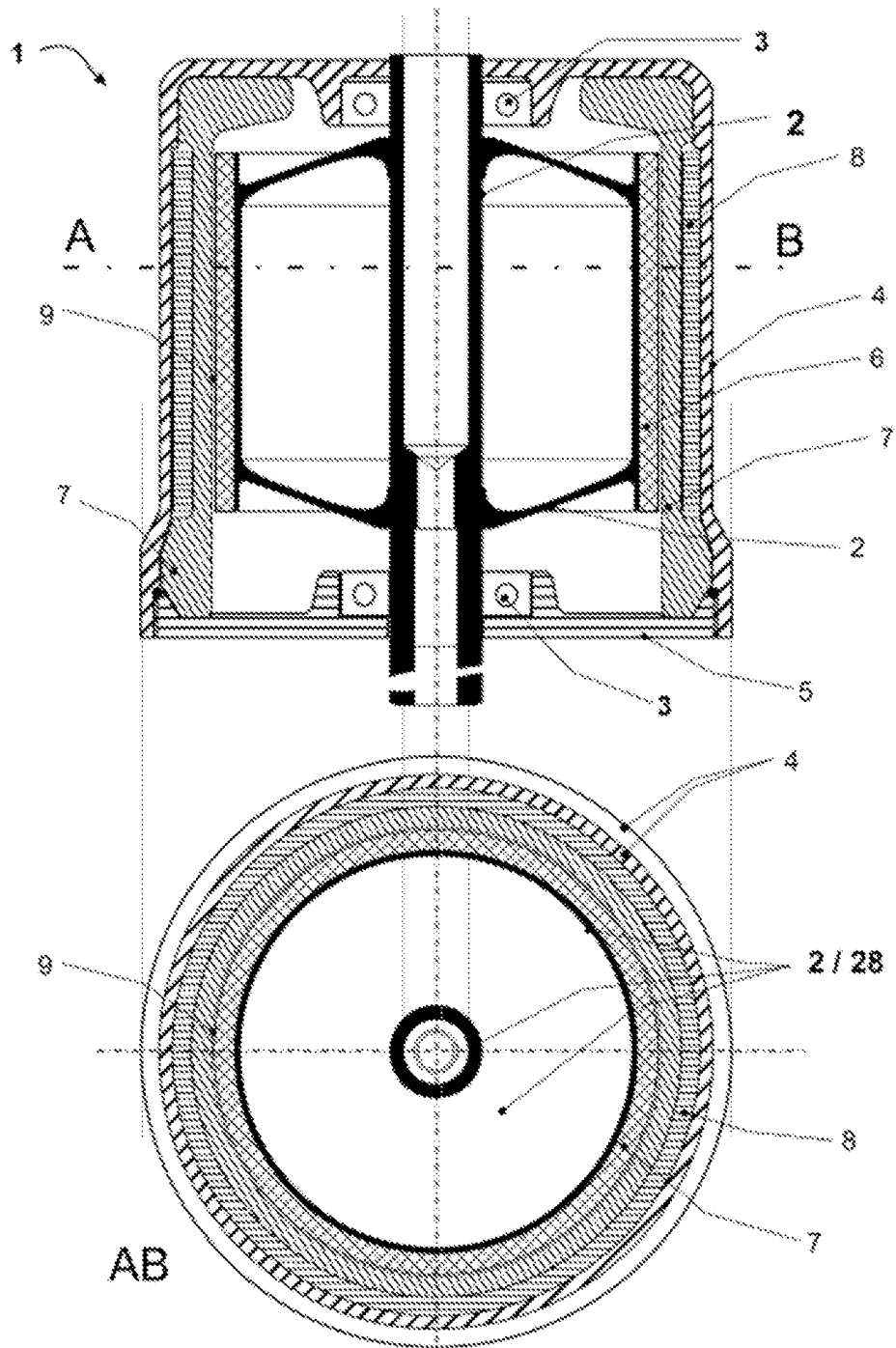


Fig. 1

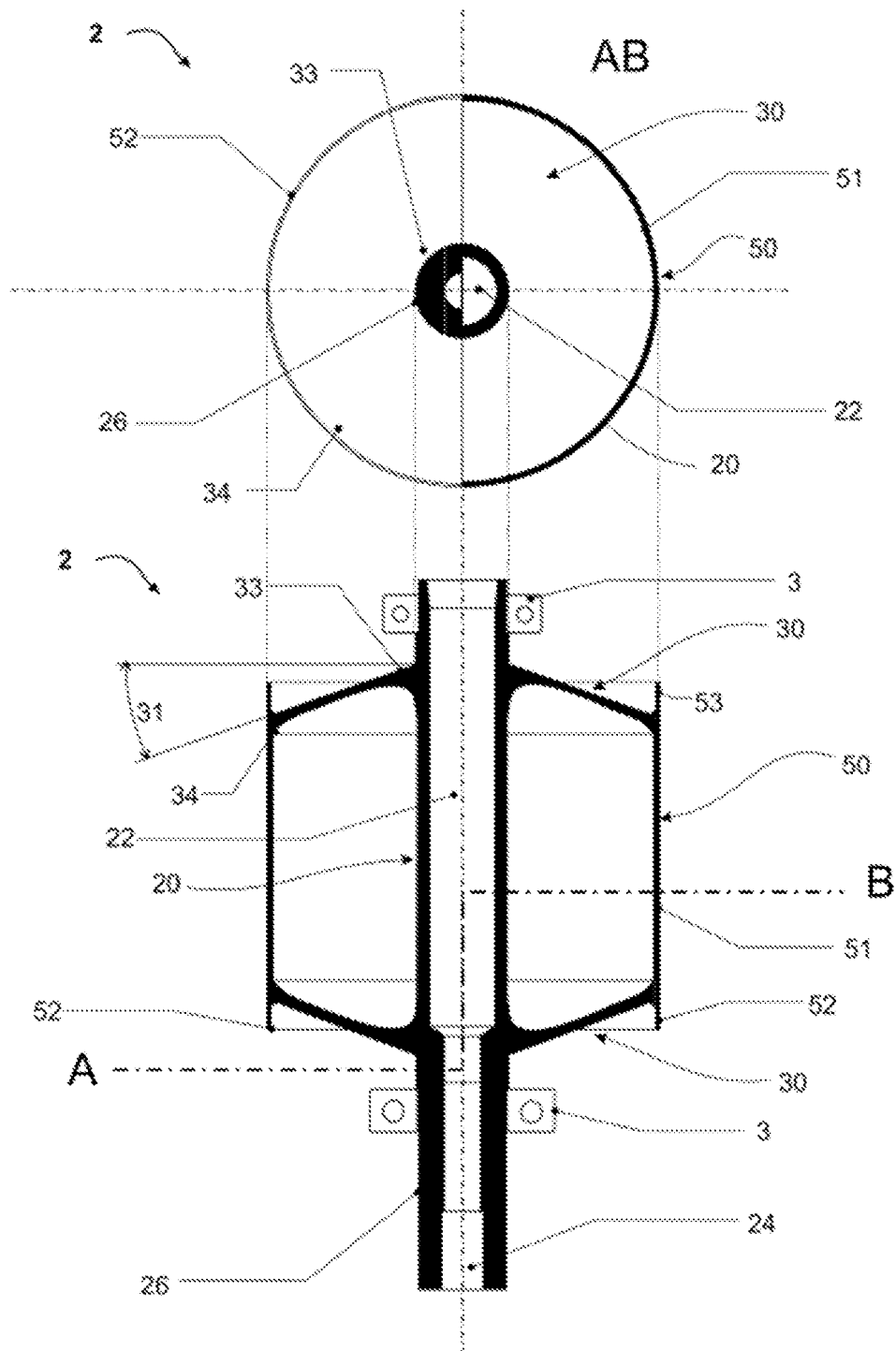


Fig. 2

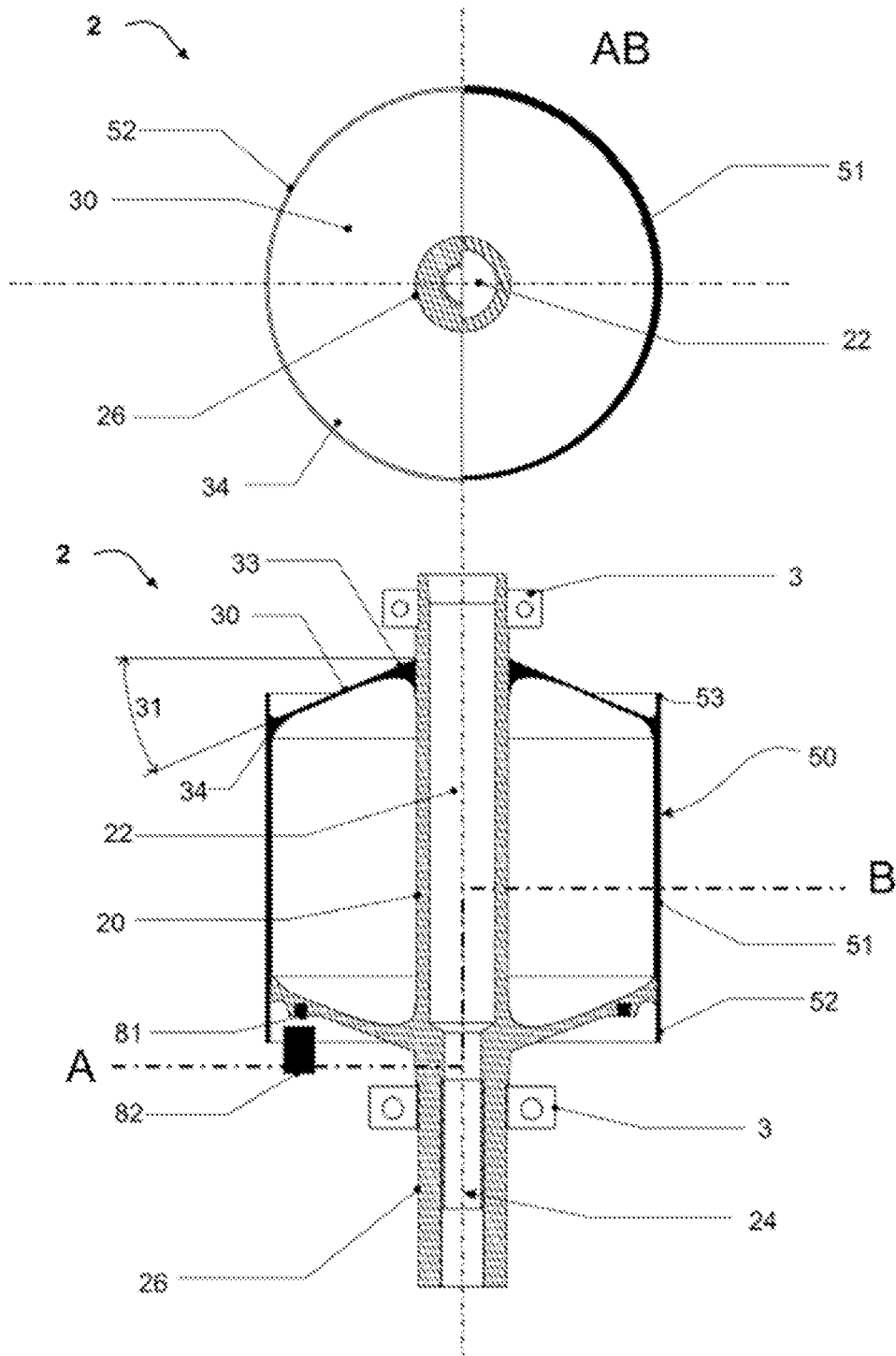


Fig. 4

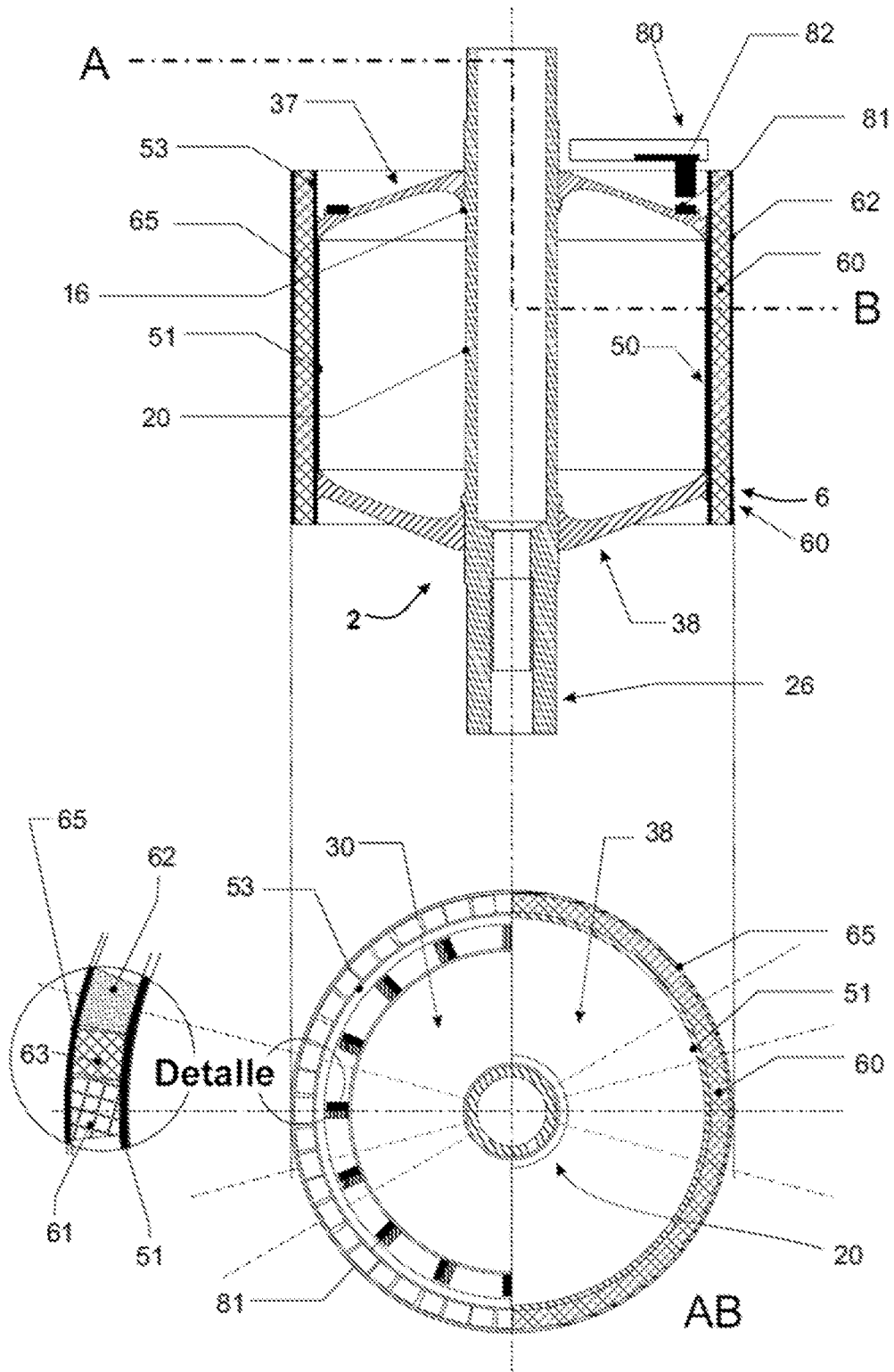


FIG. 5

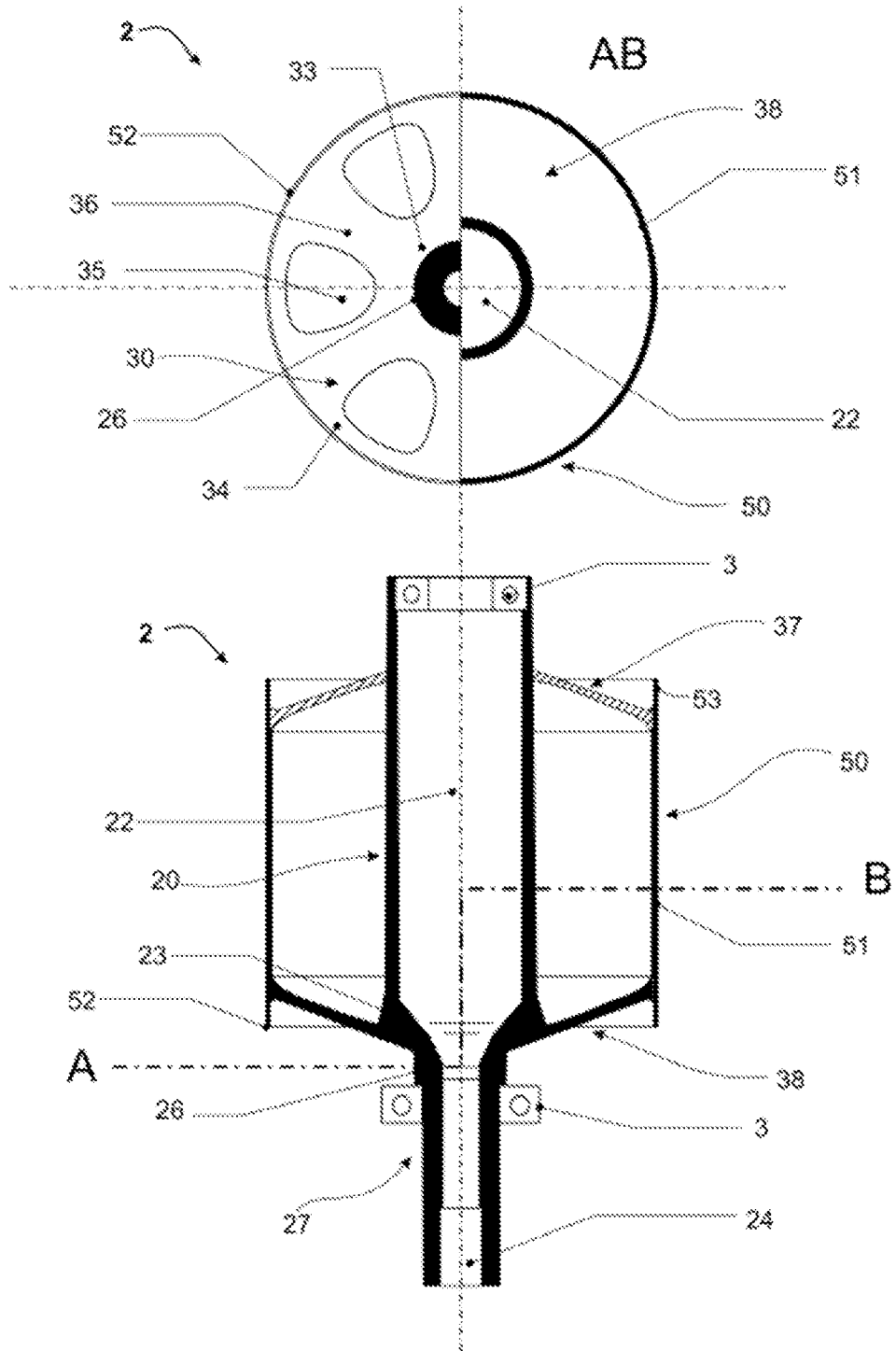


Fig. 6

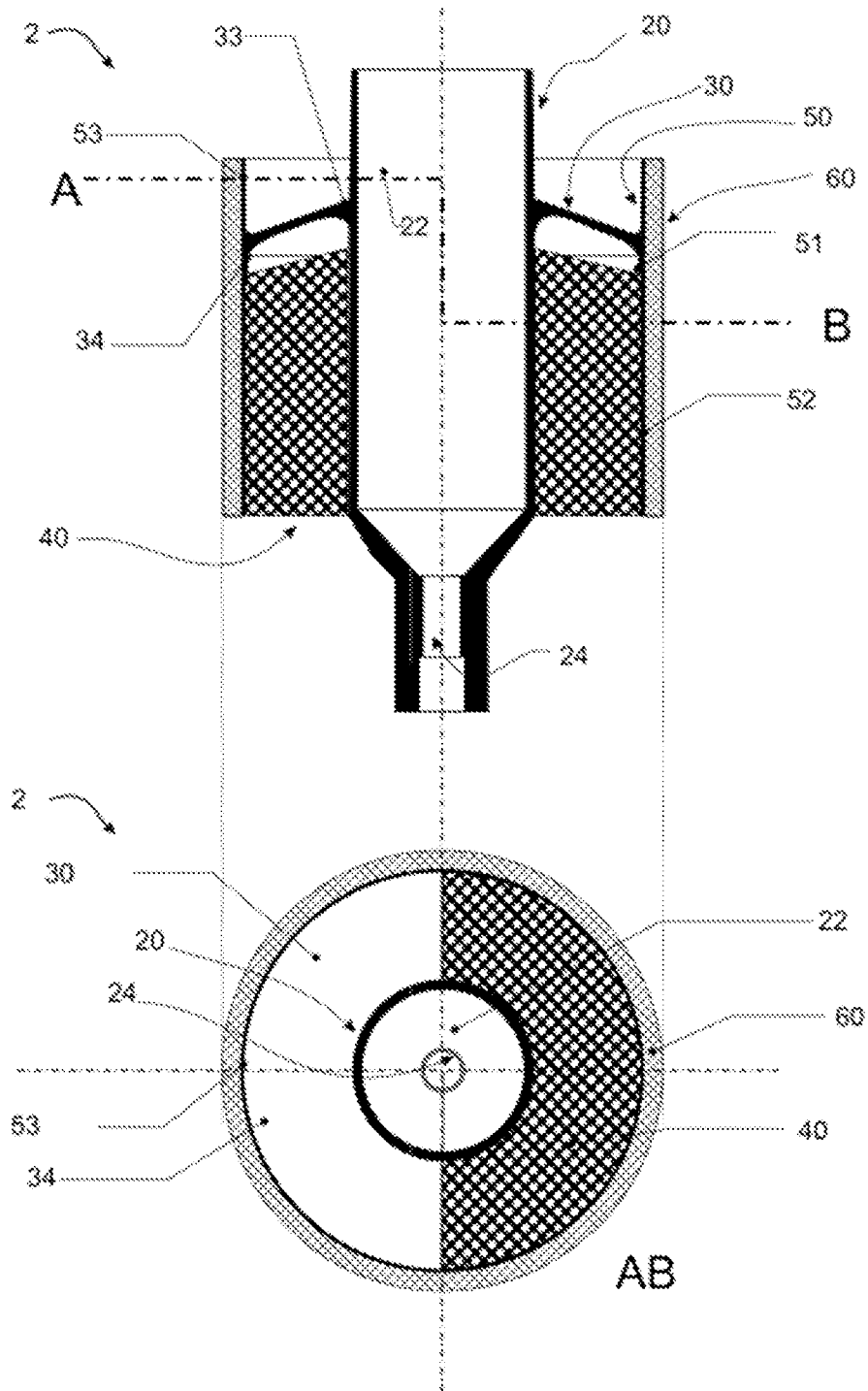


Fig. 8

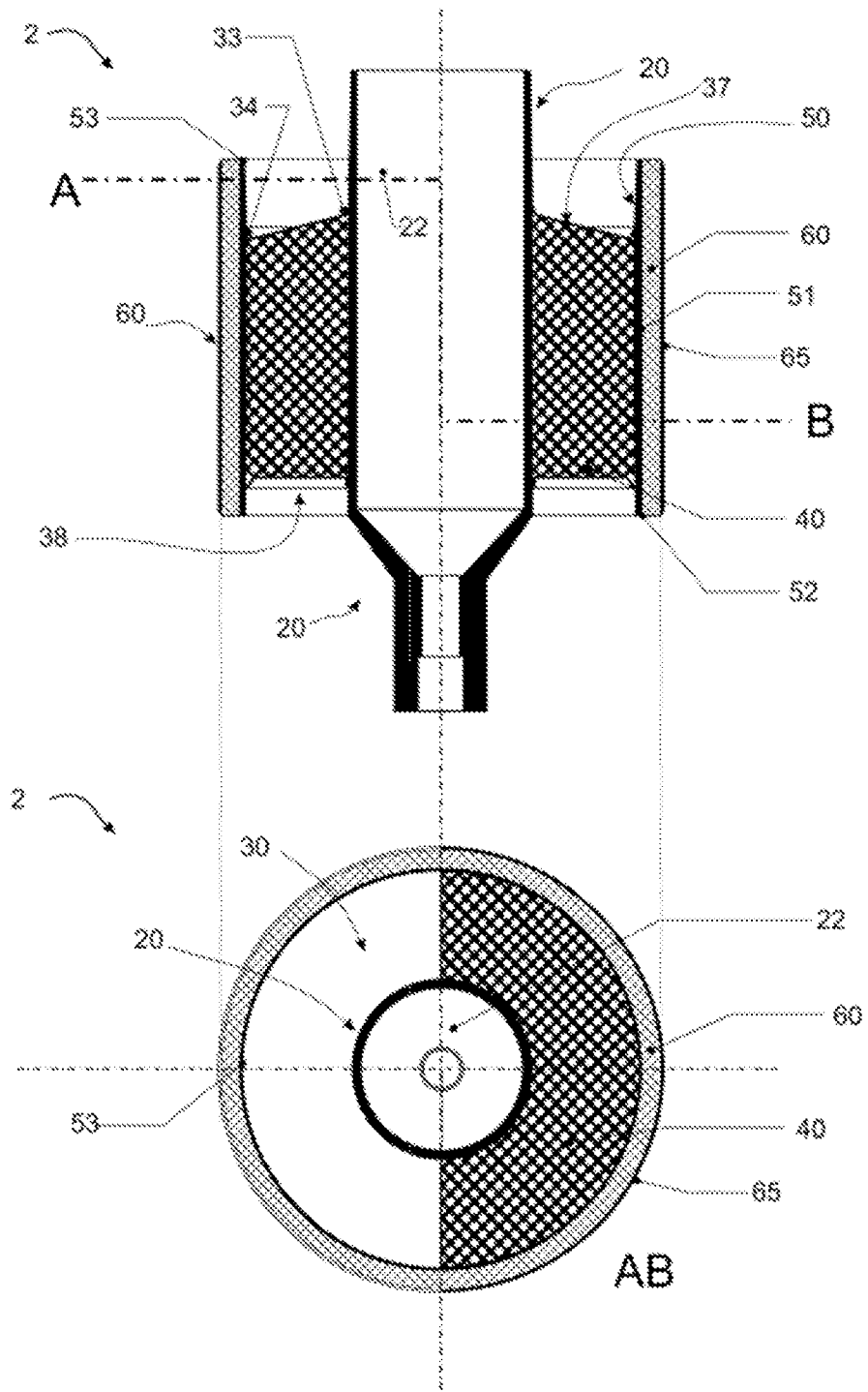


Fig. 9

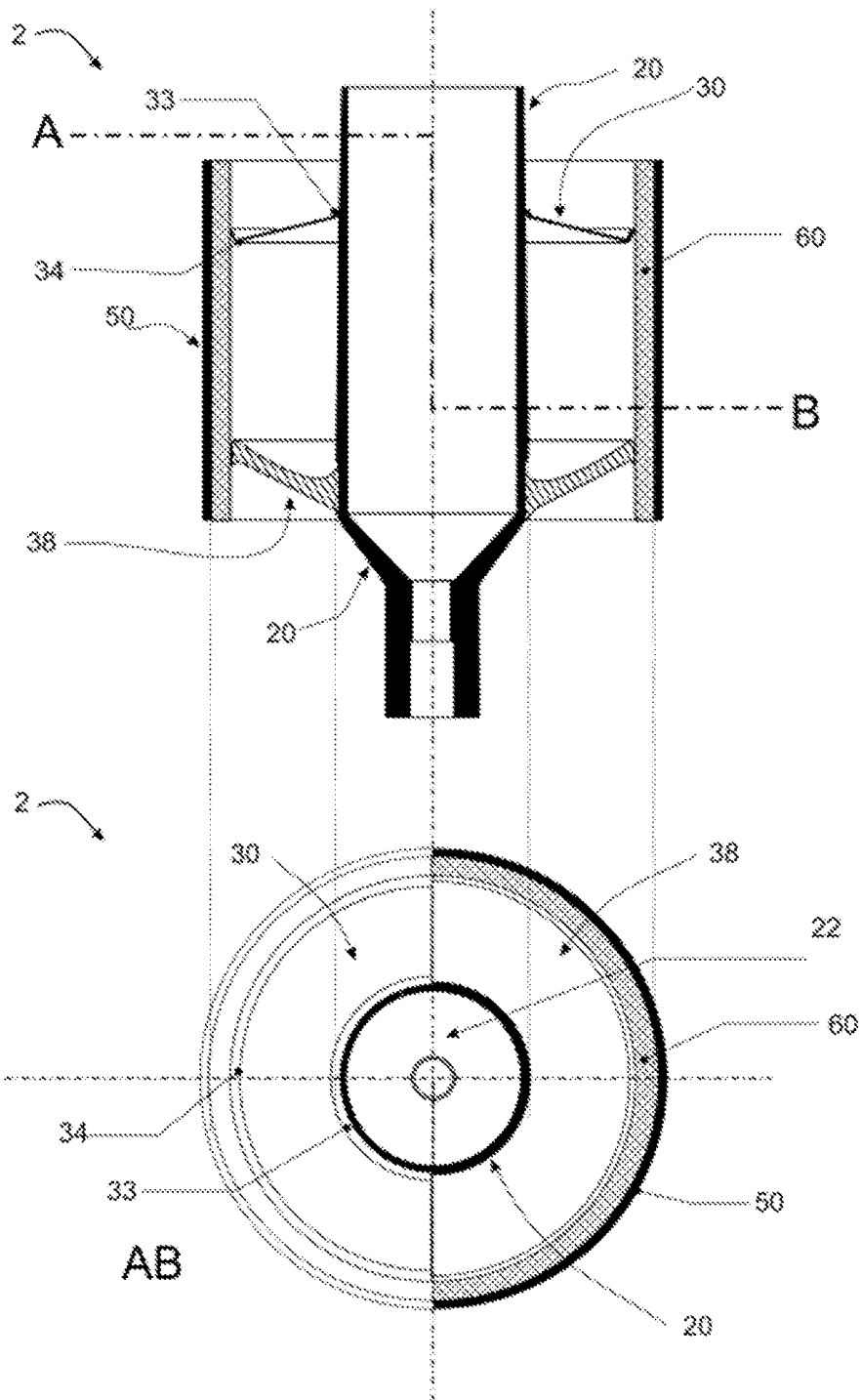


Fig. 10

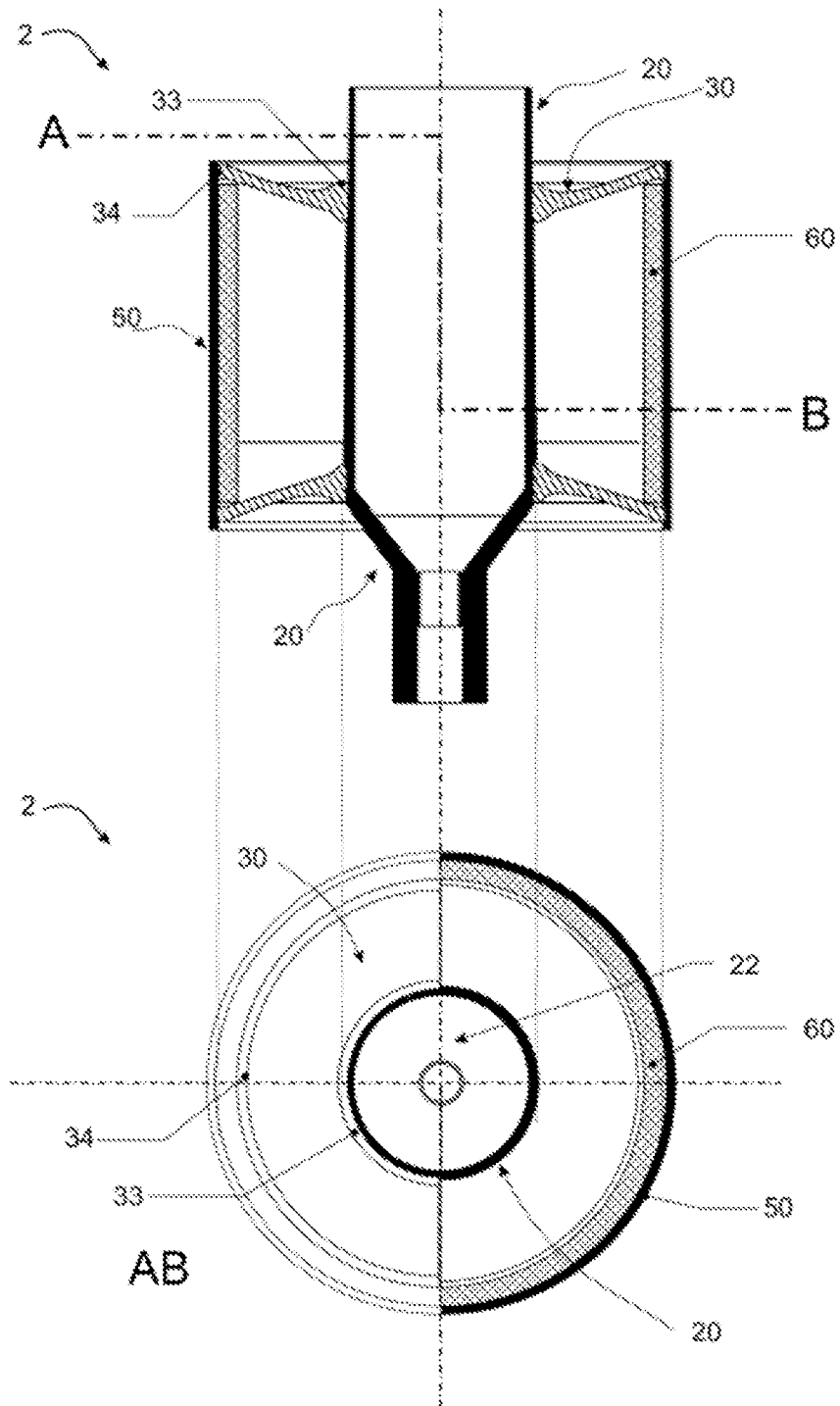


Fig. 11

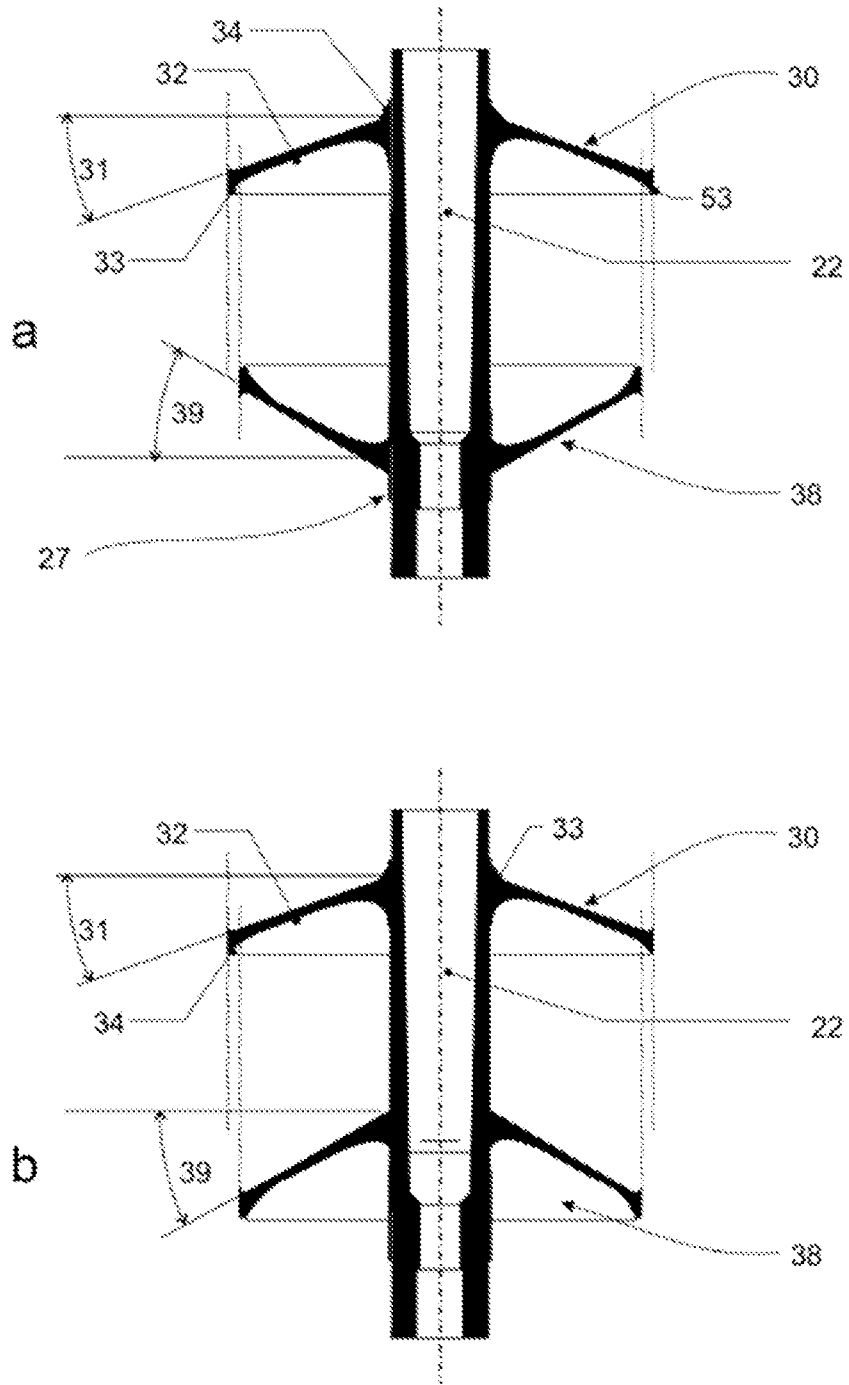


Fig. 12

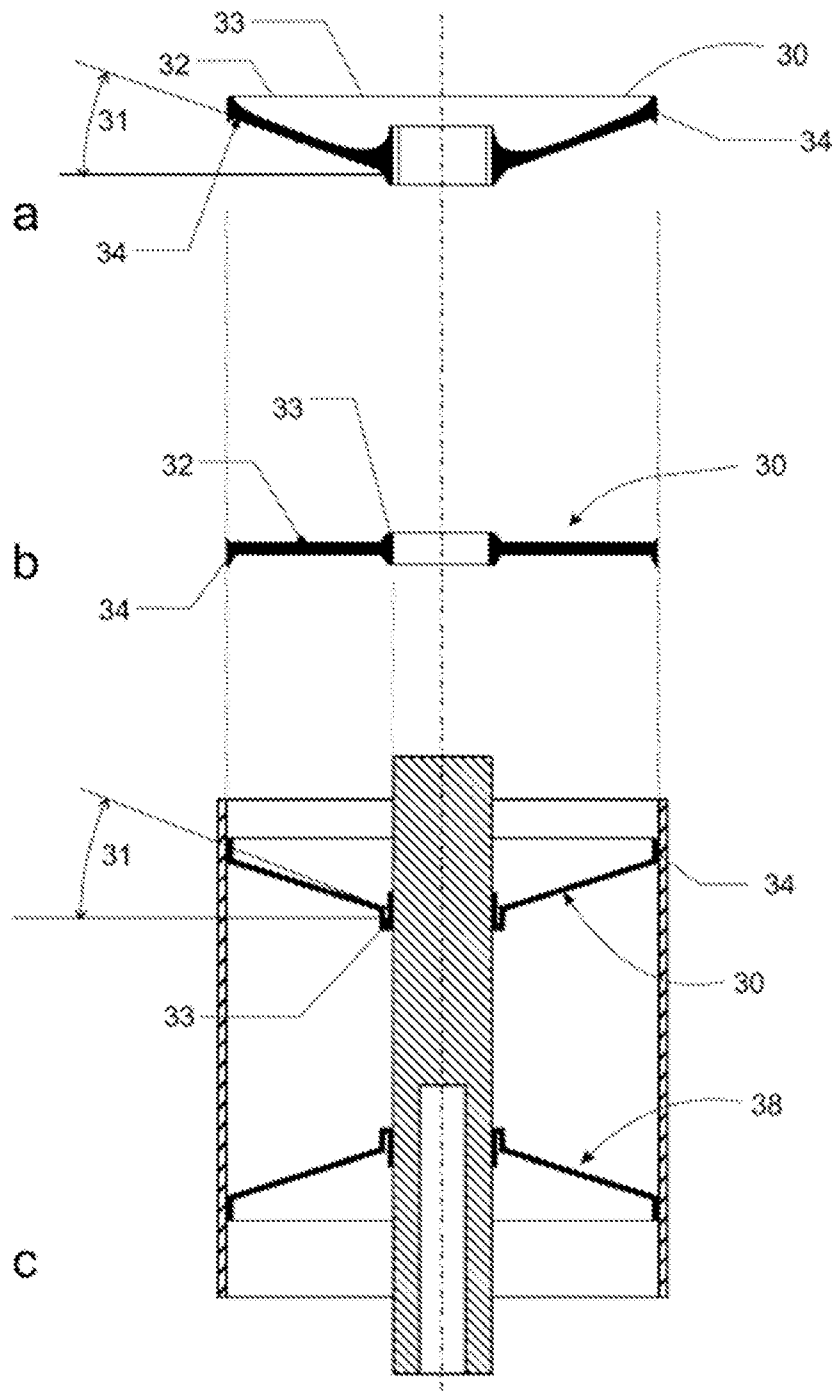


Fig. 13

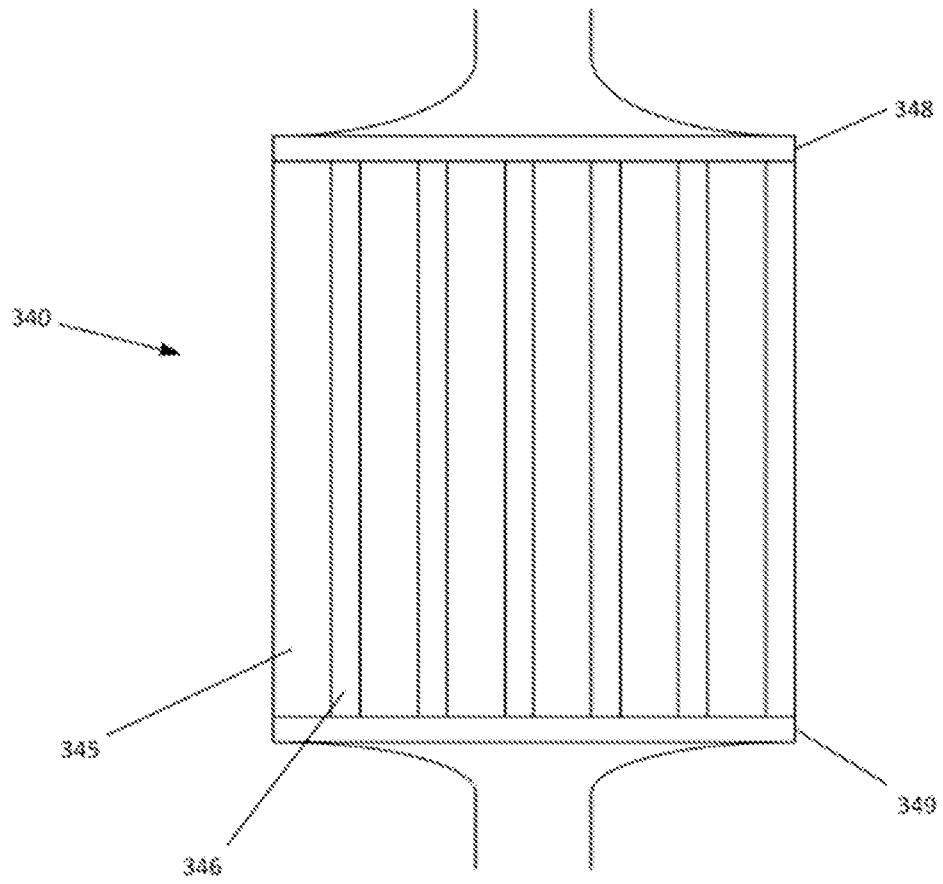


Fig. 14a

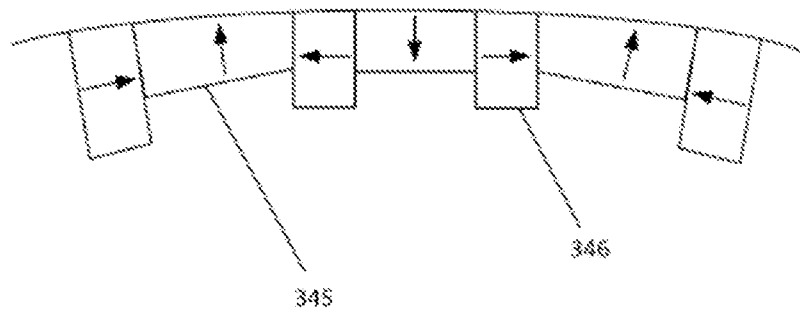


Fig. 14b

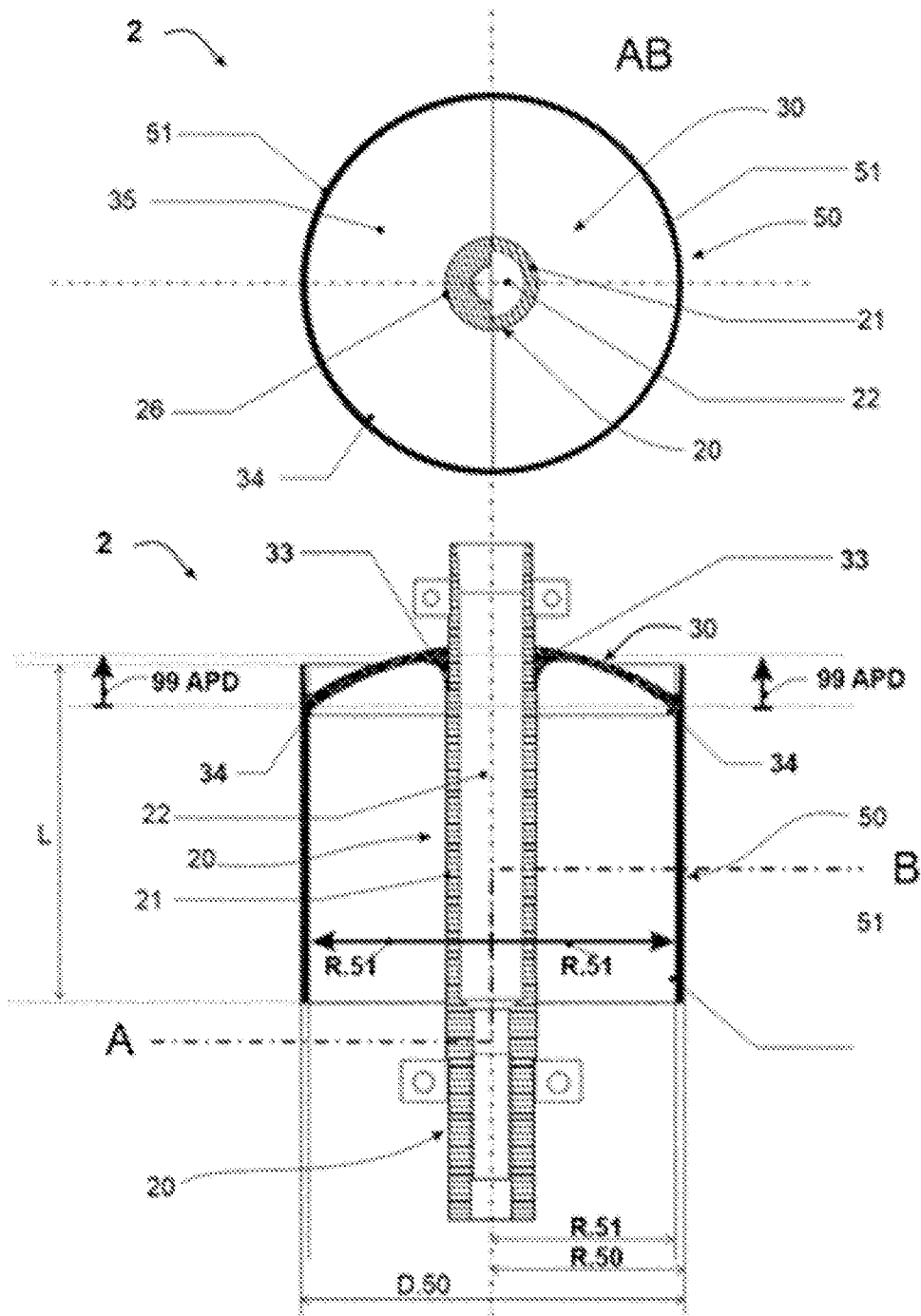


Fig. 15

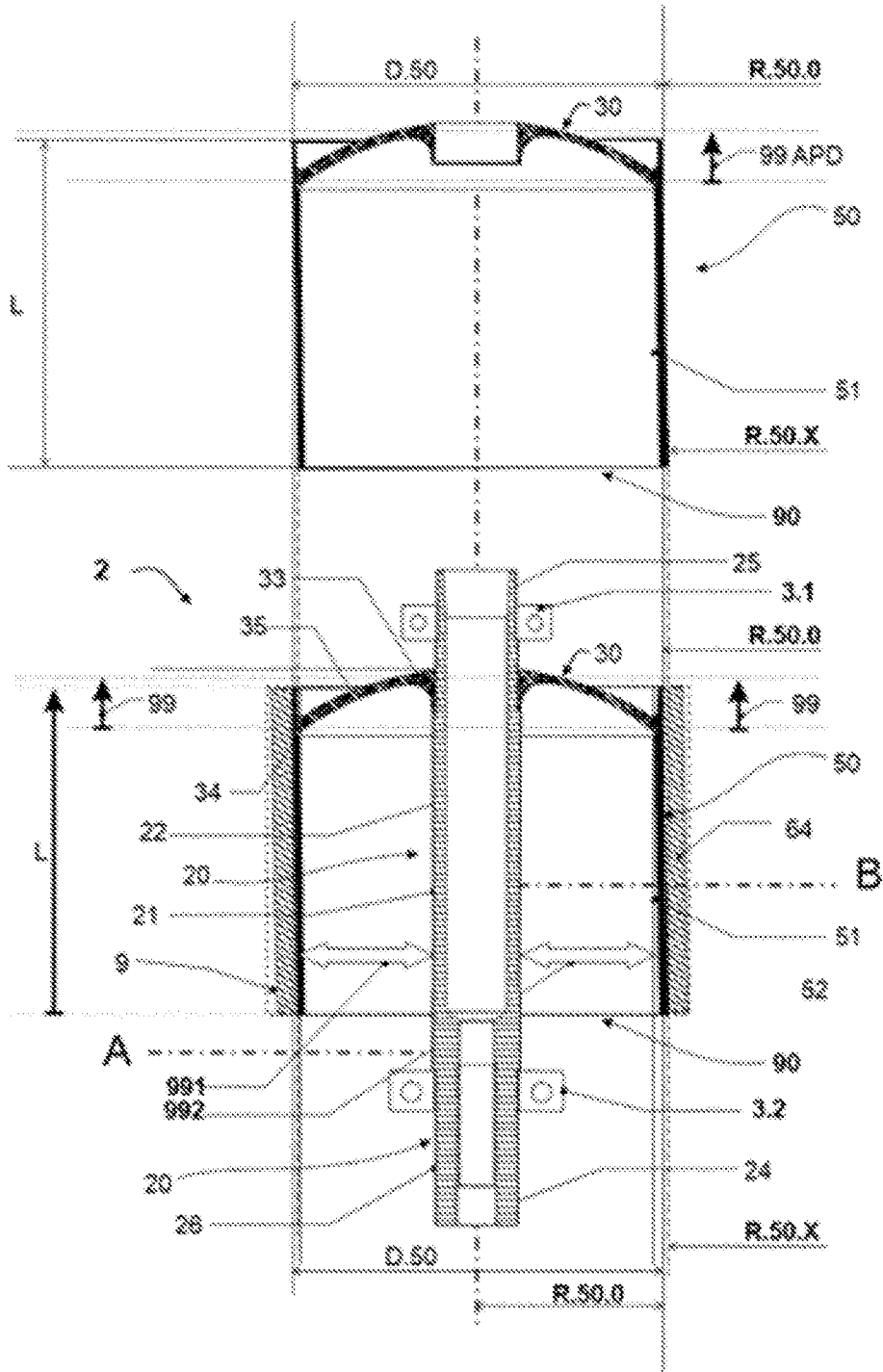


Fig. 16

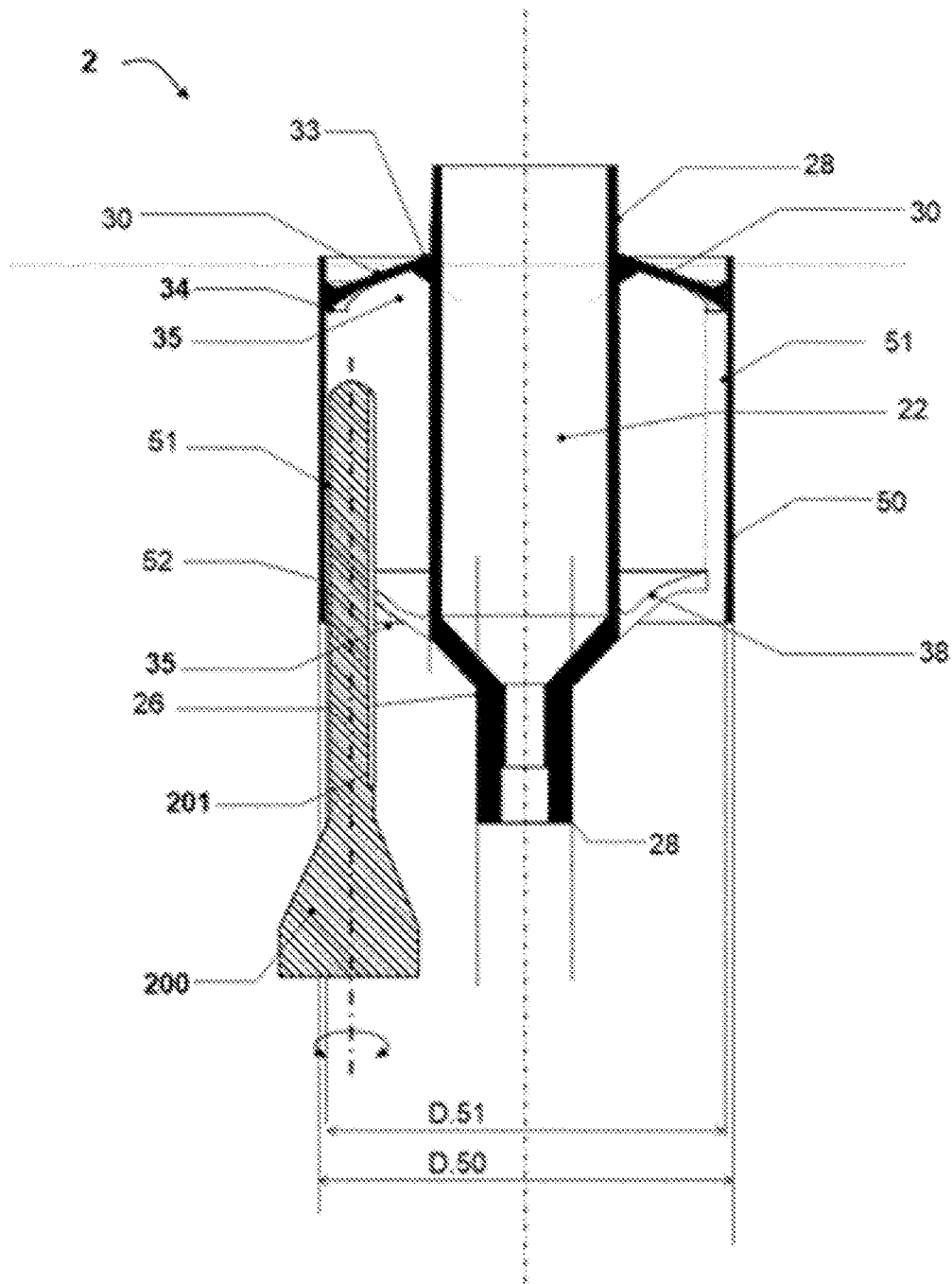


Fig. 17