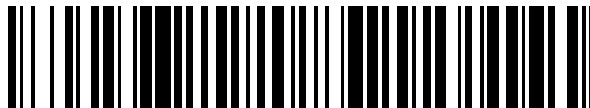


19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 718 096**

51 Int. Cl.:

**H02K 1/28** (2006.01)

**H02K 1/27** (2006.01)

**B29C 70/00** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **07.09.2012 PCT/US2012/054183**

87 Fecha y número de publicación internacional: **06.06.2013 WO13081703**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **07.09.2012 E 12762727 (1)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **13.03.2019 EP 2786468**

54 Título: **Máquinas eléctricas y rotores de máquinas eléctricas**

30 Prioridad:

**30.11.2011 US 201161565066 P**

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

**27.06.2019**

73 Titular/es:

**ABB RESEARCH LTD. (100.0%)  
Affolternstrasse 44  
8050 Zürich, CH**

72 Inventor/es:

**TREMELLING, DARREN, D.**

74 Agente/Representante:

**ELZABURU, S.L.P**

**ES 2 718 096 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**

Máquinas eléctricas y rotores de máquinas eléctricas

**Referencia cruzada a solicitudes relacionadas**

5 Esta solicitud reivindica prioridad de la solicitud de patente provisional de EE. UU. ser. n.º 61/565.066, presentada el 30 de noviembre de 2011 y titulada "Máquinas eléctricas y rotores de máquinas eléctricas".

**Campo de la divulgación**

La presente divulgación se refiere a máquinas eléctricas, y más en particular a rotores de máquinas eléctricas.

**Antecedentes**

10 Ejemplos de máquinas eléctricas de imán permanente y rotores de las mismas se divulgan en las patentes de EE. UU. n.ºs 6.452.301; 6.879.075; 6.967.420; y 7.619.342; en las publicaciones de solicitud de patente de EE. UU. n.ºs 2006/0255679 y 2008/0088193; en las publicaciones internacionales de patente n.ºs WO01/65663; WO2004/019467; WO2006/124704; WO2007/110282; WO2007/147922; y WO2011/012131; en la publicación de la solicitud de patente europea n.º EP0955714; y en la publicación de la solicitud de patente japonesa JP2006-158008A; y en el documento DE 10 2009 026288 A1, en los documentos WO 2011/124232 A1, WO 2011/116777 A1. Ejemplos de rotores de  
15 máquinas eléctricas con árboles compuestos se divulgan en las patentes de EE. UU. n.ºs 6.072.252 y 7.617.582. El documento US 5.928.736 A divulga una estructura compuesta que tiene una abertura integrada.

**Sumario**

El rotor de acuerdo con la invención se define por la reivindicación 1.

Los modos de realización preferentes se definen por las reivindicaciones dependientes 2-8.

**20 Breve descripción de los dibujos**

La fig. 1 es una vista parcial en sección transversal de un ejemplo ilustrativo no exclusivo de una máquina eléctrica y su rotor.

25 La fig. 2 es una vista parcial en sección transversal de un ejemplo ilustrativo no exclusivo de un mandril adecuado para el filamento o cinta que enrolla al menos una parte de un árbol compuesto reforzado con fibra para un rotor de máquina eléctrica, tal como para la máquina eléctrica de la fig. 1.

**Descripción detallada**

Un ejemplo ilustrativo no exclusivo de una máquina eléctrica se muestra en general en 10 en la fig. 1. En el ejemplo ilustrado, la máquina eléctrica 10 incluye un ejemplo ilustrativo no exclusivo de un rotor de máquina eléctrica 12 y un estátor 14. El estátor 14 incluye una chapa de estátor 16 y al menos una bobina 18.

30 El rotor de máquina eléctrica 12 incluye un árbol 20, al menos un par de imanes permanentes 22, 24 dispuestos para formar un polo magnético en el rotor, al menos una chapa de polo 26, y al menos un par de chapas entre polos opuestas 28, 30.

35 El rotor de máquina eléctrica 12 puede incluir una pluralidad de pares de imanes permanentes situados circunferencialmente alrededor del árbol junto con una pluralidad de chapas de polo y una pluralidad de pares de chapas entre polos opuestas. Como se puede entender, la pluralidad de pares de imanes permanentes situados circunferencialmente alrededor del árbol puede formar una pluralidad de pares de polos magnéticos en el rotor.

40 Como se muestra en la fig. 1, el árbol 20 comprende un cuerpo hueco 32 que tiene una pared 34 definida por una superficie interior 36 y una superficie exterior 38. El árbol 20 no es magnético, está reforzado con fibra y fabricado al menos parcialmente a partir de un material compuesto adecuado. El árbol es un árbol compuesto reforzado con fibra que se fabrica al menos parcialmente a partir de un material compuesto reforzado con fibra que incluye una pluralidad de fibras de refuerzo adecuadas incrustadas en una matriz adecuada. En algunos ejemplos, el árbol compuesto reforzado con fibra se puede haber fabricado sustancialmente por completo a partir de un material compuesto reforzado con fibra que incluye un material de matriz adecuado que tiene fibras de refuerzo adecuadas incrustadas en el mismo. En algunos ejemplos, el árbol compuesto reforzado con fibra puede comprender un árbol fabricado a partir  
45 de cualquier material adecuado, que no sea magnético, habiéndose reforzado el árbol con una o más capas de fibras de refuerzo adecuadas, cuyas fibras se pueden haber incrustado en un material de matriz adecuado.

50 Los ejemplos ilustrativos no exclusivos de fibras adecuadas para el árbol 20 incluyen carbono, aramida (tal como Kevlar®), vidrio, poliéster, polietileno (tal como Spectra®), cuarzo, boro y fibras de aluminio. Un tipo particular de fibra, o una combinación de tipos de fibra, se puede seleccionar de modo que el árbol 20 posea o proporcione una o más propiedades de material deseadas, tales como alta resistencia o alto módulo, y/o un bajo coeficiente de expansión

térmica. En algunos ejemplos, el árbol 20 se puede fabricar usando fibras de carbono de módulo alto o incluso módulo ultraalto, tales como las que tienen un módulo mayor que aproximadamente 350 GPa, mayor que aproximadamente 450 GPa o incluso mayor que aproximadamente 500 GPa.

5 Los ejemplos ilustrativos no exclusivos de materiales de matriz adecuados para el compuesto reforzado con fibra del árbol 20 incluyen polímeros inorgánicos y orgánicos, incluyendo resinas termoplásticas y termoestables, tales como epoxis y otras resinas poliméricas de reticulación. En algunos ejemplos, se pueden añadir o incluir uno o más materiales de relleno en el material de la matriz, tal como para proporcionar propiedades mecánicas, térmicas y/o eléctricas deseadas. Por ejemplo, se pueden añadir o incluir partículas de nitruro de boro u óxido de aluminio en la materia de la matriz.

10 Al menos una parte del árbol 20 se fabrica por un filamento o cinta enrollando un filamento o cinta de fibras adecuado sobre un mandril adecuado, que es sustancialmente cilíndrico, para formar el cuerpo compuesto reforzado con fibra, hueco, sustancialmente cilíndrico 32. Las fibras del filamento o cinta se pueden recubrir con resina durante el procedimiento de enrollado o el filamento o cinta puede estar en forma de "preimpregnación", con fibras que se preimpregnan con resina no curada o parcialmente curada. En algunos ejemplos, al menos una parte del árbol 20 se  
15 puede fabricar envolviendo o colocando láminas o hebras de fibras tejidas y/o unidireccionales, que pueden estar en forma de preimpregnación, en el mandril y/o en fibras previamente enrolladas de filamento o cinta. Como se puede entender, la superficie interior 36 del cuerpo del árbol 32 puede estar formada por la superficie exterior del mandril. La superficie exterior 38 del cuerpo del árbol 32 puede retener su acabado superficial enrollado o envuelto y/o se puede procesar para proporcionar un grado predeterminado de suavidad y/o redondez. Por ejemplo, la superficie exterior 38  
20 del cuerpo 32 se puede girar o mecanizar después de curar el material de la matriz para proporcionar un grado predeterminado de suavidad y/o redondez. En algunos ejemplos, la superficie exterior se puede proporcionar con un acabado que tenga un grado predeterminado de suavidad y/o redondez durante un procedimiento de curado, tal como a través del uso de una envoltura aplicada al tubo para y/o durante un procedimiento de curado.

25 Como se puede entender, las propiedades mecánicas del árbol 20, cuando se fabrica al menos parcialmente a partir de un material compuesto reforzado con fibra, se pueden seleccionar, afinar o ajustar usando combinaciones adecuadas de orientaciones de fibra. En particular, la inclusión de fibras que están de manera más próxima paralelas a un eje 42 del árbol 20, o que están sustancialmente alineadas de manera axial, puede proporcionar o mejorar la rigidez lateral o resistencia a la flexión, la inclusión de fibras que están orientadas oblicuamente o inclinadas con respecto al eje del árbol 20, o fuera del eje, puede proporcionar o mejorar la rigidez torsional, mientras que la inclusión  
30 de fibras que están orientadas circunferencialmente de manera más próxima o transversales al eje del árbol 20 puede proporcionar o mejorar la resistencia de aro del árbol o la resistencia a la compresión lateral o pandeo. A modo de ejemplo ilustrativo no exclusivo, se puede considerar que las fibras están: sustancialmente alineadas de manera axial cuando las fibras están orientadas en un ángulo de menos de aproximadamente más o menos diez grados ( $\pm 10^\circ$ ) en relación con el eje del árbol 20, orientadas oblicuamente o inclinadas cuando las fibras están orientadas en un ángulo  
35 de entre aproximadamente más o menos diez grados ( $\pm 10^\circ$ ) y aproximadamente más o menos ochenta grados ( $\pm 80^\circ$ ) en relación con el eje del árbol 20, y orientadas circunferencialmente o transversales cuando las fibras están orientadas en un ángulo de entre aproximadamente más o menos ochenta grados ( $\pm 80^\circ$ ) y aproximadamente noventa grados ( $90^\circ$ ) en relación con el eje del árbol 20. En algunos ejemplos ilustrativos no exclusivos, el árbol 20 puede incluir una combinación adecuada de: fibras que están sustancialmente alineadas de manera axial o aproximadamente  
40 a cero grados ( $0^\circ$ ) en relación con el eje del árbol, fibras que están orientadas o envueltas en un ángulo de aproximadamente más o menos cuarenta y cinco grados ( $\pm 45^\circ$ ) en relación con el eje del árbol, y/o fibras que están orientadas o envueltas en un ángulo de aproximadamente noventa grados ( $90^\circ$ ) en relación con el eje del árbol.

45 En comparación con un árbol de metal forjado y/o mecanizado, un árbol que se forma al menos parcialmente a partir de un material compuesto reforzado con fibra puede tener un peso reducido, un diámetro incrementado y/o una rigidez similar o incluso incrementada o reducida. En particular, la fabricación de un árbol hueco a partir de un material compuesto reforzado con fibra puede permitir un árbol con un diámetro incrementado, lo que puede dar como resultado un árbol de peso similar o incluso reducido, pero con una rigidez y/o resistencia comparable o mayor, o incluso mucho mayor, en comparación con un árbol de metal. Como se puede entender, reducir el peso o masa del árbol, junto con la consiguiente reducción en el peso o masa del rotor, puede permitir reducciones en el tamaño, peso, carga y/o  
50 pérdida de los cojinetes, lo que puede dar como resultado una vida útil de los cojinetes mejorada.

55 En algunos ejemplos, el árbol 20 puede soportar o mejorar la transferencia de calor dentro del rotor 10, tal como al soportar o mejorar la transferencia y disipación del calor lejos de las partes activas del rotor. Por ejemplo, la proporción de área superficial a volumen relativamente grande del árbol hueco 20 puede permitir una disipación de calor mejorada o eficaz a la atmósfera desde el árbol 20. Además, la fabricación del árbol 20 al menos parcialmente a partir de un material compuesto reforzado con fibra que comprende fibras que tienen una conductividad térmica relativamente alta, tales como fibras de carbono, con al menos algunas de las fibras que se alinean al menos parcialmente de manera axial, puede permitir una conducción mejorada o eficaz del calor lejos de las partes activas del rotor a través del árbol. Dicha conducción y disipación mejoradas o eficaces del calor a través de un árbol compuesto reforzado con fibra de diámetro relativamente grande puede permitir o soportar la reducción de la temperatura del rotor y/o la reducción de  
60 la expansión térmica del rotor. Además, el coeficiente de expansión térmica relativamente bajo, o incluso cero, que se puede lograr con algunos compuestos reforzados con fibra de carbono de ejemplo ilustrativo no exclusivo puede reducir el crecimiento del árbol axial y/o radial que de otro modo se podría producir con el aumento de las temperaturas.

Como se puede entender, los árboles de rotor de máquinas eléctricas que tienen un diámetro incrementado pueden permitir un radio o diámetro incrementado del entrehierro, lo que puede dar como resultado un rendimiento incrementado de la máquina eléctrica en forma de par de torsión más alto, velocidad más alta, frecuencia más baja, potencia más alta, potencia más alta a un par de torsión dado, y/o reducción de la longitud de la máquina axial para un par de torsión y/o potencia nominal de máquina eléctrica dados. Además, cuando se usa con un cojinete de árbol magnético, los árboles de mayor diámetro que se pueden realizar con un árbol compuesto reforzado con fibra al menos parcialmente pueden permitir el uso de cojinetes de árbol magnético axialmente más cortos y/o más compactos.

El árbol 20 incluye al menos un orificio 44 que se extiende a través de la pared 34 del árbol, desde la superficie interior 36 hasta la superficie exterior 38. Los orificios 44 se pueden formar o fabricar usando cualquier procedimiento adecuado, incluyendo el taladrado a través de las paredes de un árbol compuesto reforzado con fibra curado. En algunos ejemplos, los orificios 44 se pueden formar o fabricar al menos parcialmente durante el procedimiento de enrollado de filamento o cinta. Por ejemplo, el árbol 20 es filamento o cinta enrollado en un mandril, tal como el mandril 48 mostrado en la fig. 2, que incluye al menos un pasador 50 que se extiende desde su superficie exterior 52 para formar un orificio a través de la pared 34 del árbol, formando la superficie exterior 52 del mandril 48 la superficie interior de la pared del árbol.

Los imanes permanentes 22, 24 pueden ser de cualquier configuración adecuada y se pueden fabricar a partir de cualquier material adecuado. Por ejemplo, como se muestra en la fig. 1, cada uno de los imanes permanentes 22, 24 puede tener una sección transversal sustancialmente rectangular y puede estar orientado oblicuamente con respecto a la superficie exterior 38 o la circunferencia del árbol 20, de manera que el par de imanes 22, 24 conjuntamente forman un polo magnético en el rotor 12. Los polos de cada uno de los imanes 22, 24 pueden estar dispuestos como se sugiere por las flechas 55.

Como se muestra en la fig. 1, la chapa de polo 26 está situada entre el primero y el segundo del par de imanes 22, 24 y se asegura al árbol 20 por medio de un elemento de sujeción 58 adecuado, tal como el perno 60, reteniendo la placa de polo 26 radialmente los imanes 22, 24 en relación con el árbol 20. En particular, el elemento de sujeción 58 se extiende a través del orificio 44 y se apoya contra la superficie interior 36 del árbol 20 y empuja la chapa de polo 26 hacia la superficie exterior 38 del árbol. La chapa de polo 26 empuja a cada uno del primero y el segundo del par de imanes 22, 24 contra una correspondiente del par de chapas entre polos opuestas 28, 30 para retener el primero y el segundo del par de imanes 22, 24 contra las correspondientes de las placas entre polos 28, 30. El primero y el segundo del par de imanes 22, 24 empujan a las correspondientes de las placas entre polos 28, 30 contra la superficie exterior 38 del árbol 20 para retener las placas entre polos correspondientes 28, 30 contra el árbol 20. En algunos ejemplos, la placa de polo 26 y/o las placas entre polos 28, 30 pueden incluir una o más características 62, tales como proyección, borde, saliente o reborde, que pueden enganchar y/o ayudar a retener uno de los imanes 22, 24.

Como se muestra en la fig. 1, el rotor 12 puede incluir un miembro de cojinete 64, tal como una arandela, de modo que el elemento de sujeción 58 se apoye contra el miembro de cojinete 64, que se empuja contra la superficie interior 36 del árbol 20. El miembro de cojinete puede distribuir las tensiones de contacto del elemento de sujeción sobre una parte mayor de la superficie interior del árbol. El miembro de cojinete 64 puede estar provisto de una superficie externa 65 que está configurada para enganchar y/o ajustarse a la superficie interior 36 del árbol 20. Por ejemplo, como se muestra en la fig. 1, la superficie externa 65 puede ser redondeada o curvada para aparearse con la superficie interior del árbol. En algunos ejemplos, la superficie interior 36 del árbol 20 se puede configurar para enganchar o recibir el miembro de cojinete 64. Por ejemplo, la superficie interior 36 del árbol 20 puede incluir al menos una región facetada y/o en general plana, tal como dentro de al menos la parte activa del rotor, que se configura para recibir al menos un miembro de cojinete 64. Dicha región facetada y/o en general plana en la superficie interior 36 del árbol 20, en algunos ejemplos, se puede fabricar y/o formar durante el procedimiento de enrollado de filamento o cinta por medio de facetas y/o regiones en general planas correspondientes en la superficie exterior del mandril.

En algunos ejemplos, el rotor 12 puede incluir una pluralidad de elementos de sujeción 58 dispuestos en una fila que se extiende de manera axial y que se extiende a través de una pluralidad de orificios 44 a través de la pared 34 del árbol 20 y en la chapa de polo 26. En dichos ejemplos, el rotor 12 puede incluir una pluralidad de miembros de cojinete 64, cada uno asociado con al menos uno de los elementos de sujeción 58, o el rotor 12 puede incluir un miembro de cojinete que se extiende de manera axial 64 a través del cual algunos, o incluso todos, de los elementos de sujeción 58 se extienden en una fila particular que se extiende de manera axial. En algunos ejemplos, un miembro de cojinete particular puede estar asociado con los elementos de sujeción asociados con dos o más de las chapas de polo, tal como cuando el miembro de cojinete se extiende al menos parcialmente alrededor de la circunferencia de la superficie interior del árbol.

La chapa de polo 26 y las chapas entre polos 28, 30 pueden ser de cualquier construcción adecuada. Por ejemplo, la chapa de polo y/o las chapas entre polos se pueden fabricar o laminar a partir de una pila de laminaciones de hierro cortadas con láser o de otro modo, cada una de las cuales puede tener un espesor que está entre aproximadamente medio y aproximadamente cinco milímetros (0,5 - 5 mm). En algunos ejemplos, al menos algunas de las laminaciones de hierro pueden tener un espesor que es menos que aproximadamente medio milímetro (0,5 mm) o mayor que aproximadamente cinco milímetros (5 mm).

En algunos ejemplos, la chapa de polo 26 y/o las chapas entre polos 28, 30 pueden incluir uno o más miembros de

refuerzo o nervios 66 que se extienden de manera axial. En dichos ejemplos, los miembros de refuerzo 66 se pueden pre o postensar para que estén bajo tensión y se suelden, o se sujeten de otro modo, al extremo de las laminaciones, de modo que los miembros de refuerzo 66 mantengan las laminaciones de hierro en un estado de compresión axial.

5 En algunos ejemplos, la chapa de polo 26 y/o las chapas entre polos 28, 30 pueden incluir uno o más respiraderos o canales 68 que se extienden de manera axial, lo que puede permitir o potenciar la circulación de refrigerante o aire a través y/o alrededor del rotor 12 y la máquina eléctrica 10. En algunos ejemplos, el árbol 20 puede incluir una o más características de ventilación, pasos o aberturas en general orientadas radialmente, que se pueden extender a través de la pared 34 del árbol.

10 Las regiones 70 entre los imanes 22, 24 y el árbol 20 pueden estar abiertas, como se muestra en la fig. 1, o estas regiones se pueden rellenar con una estructura adecuada, que puede incluir al menos un canal o paso de ventilación que se extiende de manera axial.

En algunos ejemplos, el rotor 12 puede incluir un manguito que se extiende alrededor de su circunferencia, próximo al entrehierro 72.

15 Como se puede entender, el uso de un material no magnético, tal como un compuesto reforzado con fibra, para el árbol 20 puede reducir las fugas de flujo magnético a través del árbol. Además, el uso de un material de árbol no magnético puede eliminar la necesidad de usar un material no magnético, tal como acero inoxidable, para los elementos de sujeción 58, lo que puede permitir el uso de elementos de sujeción de resistencia más alta, incluyendo los fabricados a partir de materiales magnéticos o ferromagnéticos.

20 Como se puede entender, la combinación de un árbol hueco de diámetro relativamente grande 20 fabricado a partir de un material no magnético, tal como un compuesto reforzado con fibra, junto con los elementos de sujeción de resistencia más alta 58 que se pueden usar si los elementos de sujeción no necesitan ser no magnéticos, puede permitir o soportar diseños de máquinas eléctricas que tengan un mayor diámetro de entrehierro y/o que puedan funcionar a velocidad más alta. Por ejemplo, la máquina eléctrica 10 puede tener un tamaño tal que, y/o funcionar a velocidades a las que, el rotor 12 experimente fuerzas centrífugas por longitud unitaria axial de más de  
25 aproximadamente 200 N/mm, o incluso de más de aproximadamente 500 N/mm, tal como aproximadamente 800 o más N/mm.

**REIVINDICACIONES**

1. Un rotor de máquina eléctrica (12), que comprende:

un árbol hueco no magnético (20);

un par de imanes permanentes (22, 24) dispuestos para formar un polo magnético en el rotor (12);

5 al menos un elemento de sujeción (58);

una chapa de polo (26) situada entre el par de imanes permanentes (22, 24) y asegurada al árbol (20); y

un par de chapas entre polos opuestas (28, 30), en el que la chapa de polo (26) empuja a cada uno del par de imanes (22, 24) contra una correspondiente del par de chapas entre polos opuestas (28, 30);

10 en el que el árbol (20) incluye las superficies interior (36) y exterior (38), y el al menos un elemento de sujeción (58) se apoya contra la superficie interior (36) del árbol (20) y empuja la chapa de polo (26) hacia la superficie exterior (38) del árbol (20) reteniendo la chapa de polo (26) radialmente el par de imanes permanentes (22, 24) en relación con el árbol,

15 en el que el par de imanes permanentes (22, 24) empuja a las correspondientes de las placas entre polos (28, 30) contra la superficie exterior (38) del árbol (20) de manera de retener las chapas entre polos (28, 30) correspondientes contra el árbol (20),

**caracterizado por que** una parte del árbol (20) comprende al menos un orificio (44) para el al menos un elemento de sujeción (58) y se fabrica por filamento o por cinta enrollando un filamento o cinta de fibras adecuado sobre un mandril cilíndrico (48) para formar un cuerpo compuesto reforzado con fibra sustancialmente hueco (32),

20 en el que la superficie exterior (38) del cuerpo del árbol (32) retiene su acabado superficial enrollado o envuelto y/o se procesa para proporcionar un grado predeterminado de redondez.

2. El rotor (12) de la reivindicación 1, que comprende además:

una pluralidad de pares de imanes permanentes (22, 24) situados circunferencialmente alrededor del árbol (20);

25 una pluralidad de elementos de sujeción (58);

una pluralidad de chapas de polo (26), situándose cada chapa de polo entre el primero y el segundo de uno de la pluralidad de pares de imanes permanentes (22, 24); y

30 una pluralidad de pares de chapas entre polos opuestas (28, 30), en las que cada chapa de polo retiene el primero y el segundo de uno de los pares de imanes permanentes (22, 24) contra el primero y el segundo respectivo de uno de los pares de chapas entre polos opuestas (28, 30);

en el que cada elemento de sujeción (58) se apoya contra la superficie interior (36) del árbol (20) y empuja la chapa de polo (26) hacia la superficie exterior (38) del árbol (20) reteniendo esa chapa de polo (26) radialmente el correspondiente par de imanes permanentes (22, 24) en relación con el árbol (20),

35 en el que cada uno de los pares de imanes permanentes (22, 24) empuja el correspondiente par de chapas entre polos opuestas (28, 30) contra la superficie exterior (38) del árbol (20) de manera de retener ese par de chapas entre polos opuestas (28, 30) contra el árbol (20).

3. El rotor (12) de cualquier reivindicación precedente, en el que al menos uno de los polos (26) y/o chapas entre polos (28, 30) son de construcción laminada.

40 4. El rotor (12) de la reivindicación 3, en el que la construcción laminada comprende capas laminadas de manera axial soportadas por al menos un miembro que se extiende de manera axial.

5. El rotor (12) de cualquier reivindicación precedente, en el que cada uno de los imanes permanentes (22, 24) tiene una sección transversal sustancialmente rectangular y/o está orientado oblicuamente con respecto a una superficie exterior (38) del árbol (20).

45 6. El rotor (12) de la reivindicación 1, en el que al menos un elemento de sujeción (58) se extiende a través del cuerpo hueco sustancialmente cilíndrico a través del al menos un orificio (44) que se extiende desde la superficie interior (36) hasta la superficie exterior (38), y el orificio (44) se fabrica por un pasador (50) que se extiende desde un mandril (48) durante el procedimiento de enrollado de filamento o cinta.

7. El rotor (12) de la reivindicación 1 o la reivindicación 6, que comprende al menos un miembro de cojinete (64), en

el que el al menos un elemento de sujeción (58) se apoya contra la superficie interior (36) del árbol (20) por medio del al menos un miembro de cojinete (64) con el al menos un elemento de sujeción (58) que se apoya contra el al menos un miembro de cojinete (64) para empujar el al menos un miembro de cojinete (64) contra la superficie interior (36) del árbol (20).

- 5 **8.** Una máquina eléctrica (10), comprendiendo la máquina eléctrica:
- el rotor (12) de cualquier reivindicación precedente; y
  - un estátor (14) que incluye una chapa de estátor y al menos una bobina.

