

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 819 020**

51 Int. Cl.:

**H02K 55/04** (2006.01)

**H02K 3/52** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **04.05.2007 PCT/EP2007/054351**

87 Fecha y número de publicación internacional: **21.12.2007 WO07144231**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **04.05.2007 E 07728804 (1)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **24.06.2020 EP 2027645**

54 Título: **Máquina con cuerpo de rotor no refrigerado y bobinado del rotor refrigerado, así como dispositivo de retención y/o soporte asociado**

30 Prioridad:

**12.06.2006 DE 102006027219**

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

**14.04.2021**

73 Titular/es:

**SIEMENS ENERGY GLOBAL GMBH & CO. KG  
(100.0%)**

**Otto-Hahn-Ring 6  
81739 München, DE**

72 Inventor/es:

**FRANK, MICHAEL y  
VAN HASSELT, PETER**

74 Agente/Representante:

**CARVAJAL Y URQUIJO, Isabel**

ES 2 819 020 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**

Máquina con cuerpo de rotor no refrigerado y bobinado del rotor refrigerado, así como dispositivo de retención y/o soporte asociado

5 La presente invención hace referencia a una máquina con un rotor montado de forma que puede rotar alrededor de un eje de rotación, la cual

- comprende un cuerpo de rotor no refrigerado, que en su lado externo presenta escotaduras o achatamientos, en cuya área de superficie de la sección transversal está dispuesto al menos un bobinado del rotor que está colocado en un criostato, con una pared del criostato, el cual puede refrigerarse a baja temperatura, y

10 • con un dispositivo de retención y/o soporte para la transmisión de fuerzas que actúan en el bobinado del rotor, mediante la pared del criostato, hacia el cuerpo del rotor, donde el dispositivo de retención y/o soporte contiene al menos un elemento soporte, mediante el cual tiene lugar una transferencia térmica desde el cuerpo del rotor hacia el bobinado del rotor.

Una máquina correspondiente se conoce por la solicitud DE 10 2004 039 855 A1.

15 En las máquinas giratorias con bobinado del rotor refrigerado a baja temperatura, por debajo de 80 K, en particular superconductor, el par de rotación se presenta parcialmente en los bobinados fríos del rotor. El par de rotación que se aplica, para poder aprovecharse, debe transmitirse a un árbol caliente. Un dispositivo adecuado para ello, por una parte, debe poder transmitir el par de rotación, que en las máquinas de gran tamaño puede ser de algunos 100 kNm; por otra parte, el dispositivo de retención de los bobinados del rotor superconductores debe estar bien aislado de forma térmica. Sólo en el caso de un buen aislamiento térmico suficiente es posible mantener los bobinados del rotor a la baja temperatura, necesaria para la superconducción, con una inversión limitada para la refrigeración.

20 En las máquinas conocidas por el estado del arte, los bobinados del rotor superconductores son sostenidos por un soporte del bobinado, que a su vez se encuentra sobre un núcleo soporte central. Una disposición de esa clase se conoce por la solicitud DE 199 43 783 A1. Los bobinados del rotor, los soportes del bobinado y el núcleo central, en una máquina de esa clase, se encuentran a una baja temperatura, necesaria para la superconducción. Mediante la masa de gran tamaño de la estructura soporte fría, en las máquinas con ese tipo de construcción, resultan periodos de refrigeración largos, así como la necesidad de utilizar sistemas de refrigeración de alta potencia. Otra máquina con ese tipo de construcción se describe en la solicitud WO 98/02953.

25 Debido a los problemas técnicos antes mencionados, para las máquinas de gran tamaño es ventajoso no refrigerar al menos una parte de la estructura soporte de los bobinados del rotor a las bajas temperaturas necesarias para la superconducción, por lo tanto, utilizar una estructura soporte al menos parcialmente caliente. Una máquina con un tipo de construcción de esa clase se describe por ejemplo en la solicitud DE 10 2004 039 855. En las máquinas con ese tipo de construcción, el bobinado del rotor superconductor se encuentra en un criostato, que se encuentra en el lado externo del cuerpo de rotor no refrigerado, en una escotadura correspondiente o sobre un achatamiento correspondiente. En las máquinas de esa clase con una así llamada estructura soporte caliente, es necesario fijar en el cuerpo de rotor caliente los bobinados del rotor, superconductores, refrigerados a bajas temperaturas, con un dispositivo adecuado de retención y/o soporte. Un dispositivo de retención y/o soporte de esa clase se conoce por la solicitud DE 103 03 307 A1.

30 En las máquinas conocidas por el estado del arte tienen lugar pérdidas debido a conducción térmica, desde los bobinados del rotor superconductores que se encuentran a bajas temperaturas, mediante las distintas partes de un dispositivo de retención y/o soporte. Para mantener las temperaturas necesarias para la superconducción, en el área de los bobinados de rotor, a esas áreas de la máquina debe suministrarse una potencia de refrigeración correspondiente, mediante el sistema de refrigeración.

35 La solicitud GB 1 361 426 A hace referencia a contenedores aislados del calor, con estructura de doble pared, en particular a contenedores criogénicos. Un componente soporte puede comprender capas de material de fibras y plástico metalizado.

En la solicitud WO 2004 068 682 se describe una máquina según el preámbulo de la reivindicación 1.

40 El objeto de la presente invención consiste en mejorar el dispositivo de retención y/o soporte de los bobinados del rotor superconductores de una máquina con la clase de construcción mencionada en la introducción, en el sentido de que puedan reducirse las pérdidas debido a conducción térmica, desde el bobinado del rotor superconductores fríos hacia el cuerpo de rotor no refrigerado.

Dicho objeto, según la invención, se soluciona con las medidas indicadas en la reivindicación 1, Conforme a ello, la máquina debe estar provista de un rotor montado de forma que puede rotar alrededor de un eje de rotación, que presenta un cuerpo de rotor no refrigerado, que en su lado externo presenta escotaduras o achatamientos, en cuya área de superficie de la sección transversal está dispuesto al menos un bobinado del rotor que está colocado en un criostato, con una pared del criostato, el cual puede refrigerarse a baja temperatura, y cuyo rotor presenta además un dispositivo de retención y/o soporte para la transmisión de fuerzas que actúan en el bobinado del rotor, mediante la pared del criostato, hacia el cuerpo del rotor. El dispositivo de retención y/o soporte, además, debe contener al menos un elemento soporte, mediante el cual tenga lugar una transferencia térmica desde el cuerpo del rotor hacia el bobinado del rotor. Según la invención, al menos un elemento soporte debe estar equipado con medios para reducir la conductividad térmica, que llenan al menos una parte de la superficie de la sección transversal, de forma perpendicular con respecto a la dirección de transferencia térmica.

Mediante las medidas según la invención se reducen pérdidas debido a la conducción térmica, desde los bobinados del rotor fríos, hacia el cuerpo del rotor caliente.

Mediante las medidas según la invención resulta la ventaja de que el sistema de refrigeración de la máquina puede estar dimensionado más reducido. De este modo, la reducción al mínimo de pérdidas por refrigeración repercute positivamente sobre el grado de efectividad de la máquina.

- Según la invención, los elementos soporte, como medios para reducir la conductividad térmica, presentan una estructura de capas orientada esencialmente de forma perpendicular con respecto a la dirección de transferencia térmica. Debido a las resistencias térmicas realizadas mediante la estructura de capas, la conductividad térmica del elemento soporte puede reducirse aún más en el sentido de la dirección de transmisión térmica. Mediante una estructura de capas de esa clase, de material térmicamente mal conductor, y resistencias térmicas introducidas, la conductividad térmica puede reducirse aún más, en comparación con una realización del elemento soporte como elemento macizo de material térmicamente mal conductor.

- La estructura de capas del elemento soporte, según la invención, se encuentra estructurada de manera que el elemento soporte está realizado de partes individuales que se juntan conformando resistencias térmicas. De este modo, en las superficies límite que se producen entre las partes individuales, se estructuran otras resistencias térmicas.

- Además, las partes individuales del elemento soporte se componen de un plástico reforzado con fibra de vidrio. De manera ventajosa, el plástico reforzado con fibra de vidrio posee tanto una resistencia elevada, como también una conductividad térmica reducida.

En las reivindicaciones dependientes de la reivindicación 1 se indican variantes ventajosas de la máquina según la invención. De este modo, la forma de ejecución según la reivindicación 1 puede combinarse con las características de una de las reivindicaciones dependientes o, preferentemente, también con aquellas de varias reivindicaciones dependientes.

De este modo, el elemento soporte puede estar colocado entre el bobinado del rotor y la pared del criostato, o entre la pared del criostato y el cuerpo de rotor. Mediante esta medida, de manera opcional, puede reducirse la pérdida de calor entre el bobinado del rotor y la pared del criostato o, por otra parte, la pérdida de calor entre la pared del criostato y el cuerpo de rotor.

El dispositivo de retención y/o soporte de la máquina puede contener además varios elementos soporte, de los cuales al menos un elemento soporte está colocado entre el bobinado del rotor y la pared del criostato, y al menos otro elemento soporte está colocado entre la pared del criostato y el cuerpo de rotor.

Una estructura de esa clase permite realizar un sistema de refrigeración estructurado en dos niveles, en el cual preferentemente la pared del criostato se encuentra a una temperatura situada entre la temperatura de los bobinados del rotor fríos y la temperatura del cuerpo de rotor. De este modo, pueden reducirse al mínimo aún más las pérdidas por conducción térmica.

- El elemento soporte, según la invención, está realizado como un componente de plástico reforzado con fibra de vidrio, y presenta una estructura de capas que se produce debido al posicionamiento de las fibras de vidrio en el plástico. Ventajosamente, de esta forma, el modo de acción de las resistencias térmicas, antes descrito, se realiza mediante la estructura microscópica del plástico reforzado con fibra de vidrio. De este modo se producen resistencias térmicas en los estratos de fibras de vidrio individuales.

- El elemento soporte, además, en una variante no acorde a la invención, puede estar fabricado de un material poroso, que preferentemente es un material sinterizado. De este modo, resistencias térmicas se

realizan mediante las cavidades que se encuentran presentes en el material poroso, en lugar de mediante una estructura de estratos del componente, del modo antes mencionado.

- El elemento soporte, además, está construido de manera que el mismo esencialmente es adecuado para resistir cargas de presión.

5 - El bobinado del rotor de la máquina puede estar fabricado de un material superconductor. La utilización de superconductores como material para los bobinados del rotor, en comparación con bobinados del rotor con conducción normal, permite una forma de construcción más compacta de la máquina.

10 - Como material superconductor puede utilizarse además material HTC. Por material HTC debe entenderse un material superconductor con una temperatura de transición elevada (High Tc-Material). La temperatura de transición, habitualmente, se encuentra por encima de la temperatura de ebullición del nitrógeno. Mediante la utilización de superconductores de alta temperatura, de este modo, puede utilizarse nitrógeno como refrigerante; el mismo es económico y se encuentra muy disponible.

15 - Como material superconductor puede utilizarse además material LTC. Por material LTC debe entenderse material para superconductores para baja temperatura (Low Tc-Superconductors). Esos materiales ya se han probado técnicamente desde hace tiempo, como material HTC, y por lo tanto pueden manejarse muy bien.

De las reivindicaciones dependientes, aún no mencionadas, así como de los dibujos, resultan otras variantes ventajosas de la máquina según la invención.

20 A continuación, la invención se describe en detalle haciendo referencia a los dibujos, en los cuales están indicadas formas de ejecución preferentes de la máquina según la invención o de partes de la misma, en una representación esquemática.

Muestran

Figura 1 un corte transversal a través de un elemento de rotor, según el estado del arte,

Figura 2 una forma de ejecución preferente de un dispositivo de retención y/o soporte, que contiene al menos un elemento soporte según la invención,

25 Figuras 3 y 4 formas de ejecución preferentes del elemento soporte según la invención, y

Figura 5 una forma de ejecución de un elemento soporte no acorde a la invención.

Las partes que se corresponden en las figuras están provistas respectivamente del mismo símbolo de referencia.

30 La figura 1 muestra un rotor 2 de una máquina, representado en la sección transversal, tal como se conoce por la solicitud DE 10 2004 039 855 A1. La referencia 10 identifica un cuerpo de rotor no refrigerado, montado de forma que puede rotar alrededor de un eje A, el cual preferentemente puede producirse de un material ferromagnético, como en particular de hierro. El cuerpo de rotor 10, en su lado externo, en su lado externo, dispone de escotaduras o achatamientos opuestos 11a, 11b. Esas escotaduras o esos achatamientos pueden ser a modo de segmentos circulares, observado en la sección transversal, y se extienden de forma axial, es decir, paralelamente con respecto al eje A del cuerpo de rotor. Igualmente es posible una variante de las escotaduras según otras formas no planteadas aquí. Sobre el lado de las escotaduras o los achatamientos, orientado hacia el eje de rotación, están fijadas placas base 12a, 12b en el cuerpo de rotor 10, las cuales, observado en la sección transversal, se extienden a lo largo de cuerdas o secantes. Las partes de la pared identificadas con las referencias 14a, 14b, observado en la sección transversal, completan el segmento circular. De este modo, junto con las placas base 12a, 12b; forman un criostato 13a, 13b. Dentro de los criostatos 13a, 13b se encuentran al menos partes de un bobinado del rotor 16a, 16b, de un bobinado de excitación indicado en general con la referencia 16. Los bobinados del rotor 16a, 16b pueden ser del tipo pista y en particular pueden componerse de una pluralidad de partes ensambladas. En particular, los bobinados del rotor 16a, 16b del bobinado de excitación 16 pueden estar fabricados de un material superconductor. Como material superconductor puede utilizarse en particular YBCO. Los bobinados del rotor 16a, 16b; en el caso de la utilización de YBCO o BPSCCO como material superconductor, con nitrógeno líquido, helio o neón como refrigerante, pueden llevarse a la temperatura necesaria para la superconducción. Además, los bobinados del rotor 16a, 16b pueden estar colocados en el criostato 13a, así como 13b, por elementos de retención 17a, 17b a modo de rieles o ranuras, de un dispositivo de retención y/o soporte identificado en general con la referencia 17. El dispositivo de retención y/o soporte 17 puede estar contenido en elementos soporte 18a, 18b especiales, para la absorción de fuerzas de presión y/o de tracción.

La figura 2 muestra una parte de una máquina, identificada en general con la referencia 3, en la cual un bobinado del rotor 16a, 16b está conectado a un cuerpo de rotor 10 caliente, mediante una pluralidad de elementos soporte 21 a 23. El bobinado del rotor 16a, 16b en especial puede ser del tipo pista y, al menos parcialmente, puede estar fabricado de material superconductor. El bobinado del rotor 16a, 16b se encuentra dentro de un criostato según la figura 1, cuya pared del criostato 20 se encuentra habitualmente entre el núcleo del rotor 10 caliente el bobinado del rotor 16a, 16b. Un elemento soporte 21, 22 según la invención, de manera opcional, puede encontrarse ahora entre el núcleo del rotor 10 caliente y la pared del criostato 20, o entre la pared del criostato 20 y el bobinado del rotor 16 frío.

Según la invención, los elementos soporte 21 a 23 están provistos de medidas para reducir un flujo de calor W, desde el núcleo del rotor 10 caliente hacia el bobinado del rotor 16a, 16b frío. Estas medidas se observan con mayor detalle con relación a las figuras 3 a 5. Además, un elemento soporte puede estar conformado de manera que el mismo, más allá de la pared del criostato 20, conecte el bobinado del rotor 16a, a6b frío con el núcleo del rotor 10 caliente. Una forma de ejecución de esa clase se representa en la figura 2, identificada con la referencia 23. En este caso, el elemento soporte 23 puede estar realizado de dos piezas. Una primera parte conecta uno con otro el bobinado del rotor 16 y la pared del criostato 20, y una segunda parte conecta uno con otro la pared del criostato 20 y el núcleo del rotor 10. De manera alternativa, el elemento soporte 23 puede estar realizado de una pieza; ese componente conecta directamente el bobinado del rotor frío 16 con el núcleo del rotor caliente 10. Las posibilidades de utilización de los elementos soporte 21 a 23 según la invención no se limitan a la forma de ejecución 2 indicada en la figura 2. Son posibles las más diversas geometrías entre el bobinado del rotor 16, la pared del criostato 20 y el núcleo del rotor 10. Del mismo modo, puede utilizarse un número de una magnitud diferente, de elementos soporte 21 a 23. En particular, también es posible que la pared del criostato se apoye directamente contra el núcleo 10, o incluso que se forme por el mismo.

La figura 3 muestra una estructura de un elemento soporte según la invención, representada esquemáticamente, identificada en general con la referencia 4. En este caso, el elemento soporte 4 presenta una estructura de capas orientada esencialmente de forma perpendicular con respecto a la dirección de un flujo de calor W. El elemento soporte 4 está fabricado de un material térmicamente mal conductor, a saber, de forma no acorde a la invención, de un plástico reforzado con fibra de vidrio. El plástico reforzado con fibra de vidrio se compone de una matriz 31 y de estratos 32 incorporados en esa matriz 31. La matriz 31 puede estar representada por una resina plástica o resina para colada, y los estratos 32 incorporados se componen de fibras de vidrio. Según la invención, las fibras de vidrio incorporadas conforman resistencias térmicas para el flujo de calor W. Según la invención, el elemento soporte 4 está estructurado a partir de una pluralidad de partes individuales 31, que están juntadas formando un componente en común, conformado resistencias térmicas 32.

La figura 4 muestra otra forma de ejecución de un elemento soporte según la invención, identificada en general con la referencia 5. Según esta forma de ejecución, los conceptos antes mencionados, para la conformación de resistencias térmicas, han sido combinados unos con otros. El elemento soporte 5 se compone de una pluralidad de elementos individuales 41, que están juntados formando un componente 5 en común, conformado resistencias térmicas 42 macroscópicas. Los elementos individuales 41 en sí mismos pueden presentar a su vez una estructura de estratos en base a la matriz 44, y pueden presentar resistencias térmicas 43 microscópicas incorporadas. Toda la resistencia térmica del elemento soporte 5 resulta como suma de las resistencias térmicas individuales. Las resistencias térmicas 43 microscópicas se forman por ejemplo mediante esteras de fibras de vidrio incorporadas. Las mismas se encuentran en una matriz 44 térmicamente mal conductora, por ejemplo de resina plástica o resina para colada. A su vez, los elementos individuales 41 se juntan conformando resistencias térmicas 42 macroscópicas, formando un elemento soporte 5. De este modo pueden combinarse uno con otro el efecto de resistencias térmicas microscópicas y macroscópicas.

La figura 5 muestra otra forma de ejecución del dispositivo soporte, no acorde a la invención, indicada con la referencia 6. El elemento soporte 6 se fabrica de un material poroso; para ello son especialmente adecuados materiales a granel, como por ejemplo perlita o también materiales sinterizados. Los poros 52 que se encuentran en la matriz 51, en esta forma de ejecución, forman las resistencias térmicas para el flujo de calor W.

Además, el elemento soporte, en la dirección preferente del flujo de calor W, puede presentar una extensión espacialmente mayor que en una dirección de forma perpendicular con respecto a la dirección preferente del flujo de calor W. Asimismo, el elemento soporte, mediante la selección de su estructura y/o de los materiales utilizados, puede estar conformado de manera que el mismo preferentemente pueda absorber fuerzas de presión.

El elemento soporte según la invención, en particular en máquinas con bobinado del rotor superconductor refrigerado, puede utilizarse como dispositivo de retención y/o soporte, para los bobinados del rotor superconductores fríos. Estas máquinas pueden utilizarse como motores o generadores. Las posibilidades de utilización de una máquina de esa clase, equipada con bobinados del rotor superconductores, cubren al menos los ámbitos de uso conocidos de máquinas comparables, con bobinados del rotor con conducción normal.

**REIVINDICACIONES**

1. Máquina con un rotor (2) montado de forma que puede rotar alrededor de un eje de rotación, la cual

5 • comprende un cuerpo de rotor (10) no refrigerado, que en su lado externo presenta escotaduras o achatamientos (11a, 11b), en cuya área de superficie de la sección transversal está dispuesto al menos un bobinado del rotor (16a, 16b) que está colocado en un criostato (13a, 13b), con una pared del criostato (20), el cual puede refrigerarse a baja temperatura, y

10 • con un dispositivo de retención y/o soporte (17) para la transmisión de fuerzas que actúan en el bobinado del rotor (16a, 16b), mediante la pared del criostato (20), hacia el cuerpo del rotor (10), donde el dispositivo de retención y/o soporte (17) contiene al menos un elemento soporte (4, 5, 21, 22, 23), mediante el cual tiene lugar una transferencia térmica desde el cuerpo del rotor (10) hacia el bobinado del rotor (16a, 16b), donde al menos un elemento soporte (4, 5, 21, 22, 23) está equipado con medios para reducir la conductividad térmica, que llenan al menos una parte de la superficie de la sección transversal, de forma perpendicular con respecto a la dirección de transferencia térmica, caracterizada porque el elemento soporte (4, 5, 21, 22, 23), como medio para reducir la conductividad térmica, presenta una estructura de capas o estratos orientada esencialmente de forma perpendicular con respecto a la dirección de transferencia térmica, la cual está formada por partes individuales (31, 41), que están juntadas en sus superficies de contacto opuestas formando resistencias térmicas (32, 42, 43), donde las partes individuales (31, 41) del elemento soporte (4, 5, 21, 22, 23) se componen de plástico reforzado con fibra de vidrio.

20 2. Máquina según la reivindicación 1, caracterizada porque al menos un elemento soporte (4, 5, 21, 22, 23) está colocado entre el bobinado del rotor (16a, 16b) y la pared del criostato (20), o entre la pared del criostato (20) y el cuerpo del rotor (10).

25 3. Máquina según la reivindicación 1, caracterizada porque el dispositivo de retención y/o soporte (17) contiene una pluralidad de elementos soporte (4, 5, 21, 22, 23), donde al menos un elemento soporte (4, 5, 21, 22, 23) está colocado entre el bobinado del rotor (16a, 16b) y la pared del criostato (20), y al menos un elemento soporte (4, 5, 21, 22, 23) está colocado entre la pared del criostato (20) y el cuerpo del rotor (10).

4. La máquina según la reivindicación 1, caracterizada porque el elemento soporte (4, 5, 21, 22, 23) es un componente de plástico reforzado con fibra de vidrio y la estructura de capas del elemento soporte (4, 5, 21, 22, 23) se produce mediante una disposición correspondiente de fibras de vidrio en el plástico reforzado con fibra de vidrio.

30 5. Máquina según una de las reivindicaciones precedentes, caracterizada porque el elemento soporte (4, 5, 21, 22, 23) esencialmente está expuesto a cargas de presión.

6. Máquina según una de las reivindicaciones precedentes, caracterizada porque al menos un bobinado del rotor (16a, 16b) se compone de un material superconductor.

7. Máquina según la reivindicación 6, caracterizada porque el material superconductor es un material LTC.

8. Máquina según la reivindicación 6, caracterizada porque el material superconductor es un material HTC.

FIG 1

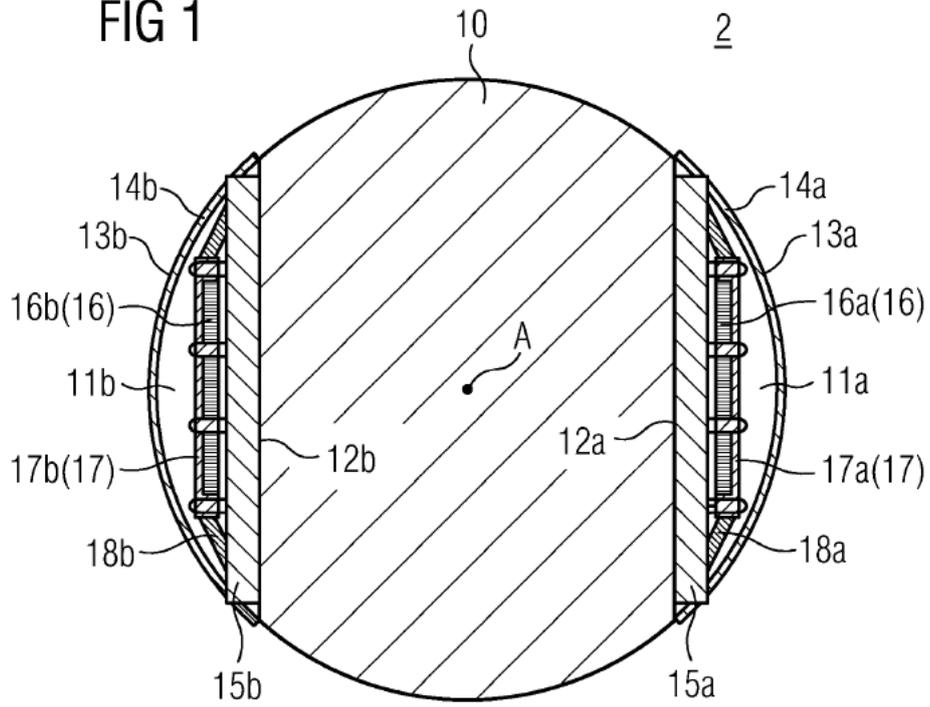


FIG 2

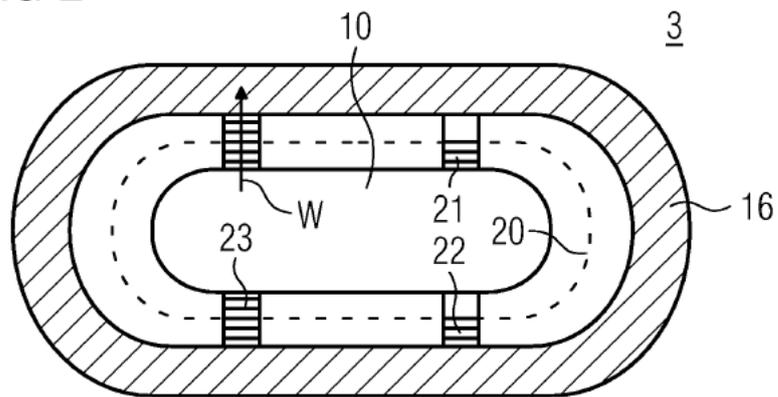


FIG 3

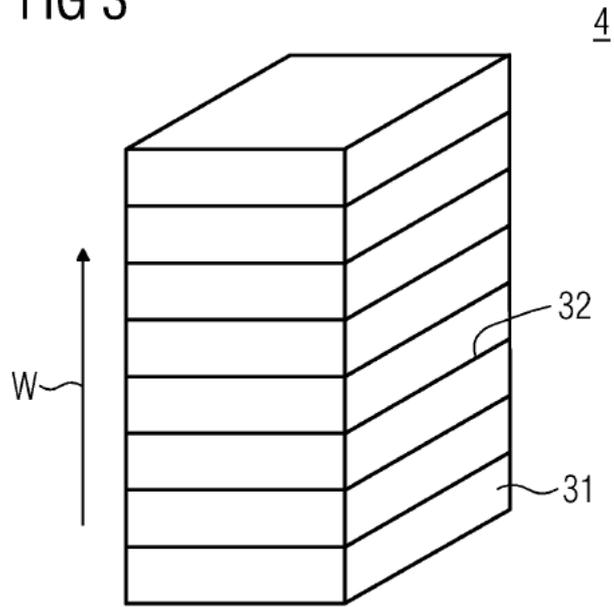


FIG 4

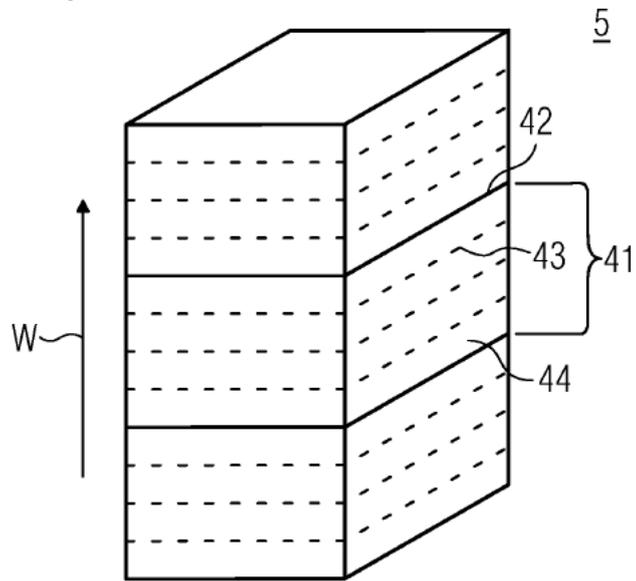


FIG 5

6

