

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 698 415**

51 Int. Cl.:

**H01F 5/02** (2006.01)  
**H01F 27/16** (2006.01)  
**H01F 27/22** (2006.01)  
**H01F 27/28** (2006.01)  
**H01F 5/06** (2006.01)  
**H01B 7/42** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **23.11.2015 PCT/EP2015/002355**

87 Fecha y número de publicación internacional: **09.06.2016 WO16087029**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **23.11.2015 E 15798332 (1)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **22.08.2018 EP 3227894**

54 Título: **Dispositivo de conductores eléctricos y procedimiento para la fabricación de una disposición de conductores eléctricos**

30 Prioridad:

**03.12.2014 DE 102014017857**

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

**04.02.2019**

73 Titular/es:

**MAX-PLANCK-GESELLSCHAFT ZUR  
FÖRDERUNG DER WISSENSCHAFTEN E.V.  
(100.0%)  
Hofgartenstrasse 8  
80539 München, DE**

72 Inventor/es:

**PEDERSEN, THOMAS SUNN y  
PASCHKOWSKI, NORBERT**

74 Agente/Representante:

**ESPIELL VOLART, Eduardo María**

ES 2 698 415 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****DISPOSICIÓN DE CONDUCTORES ELÉCTRICOS Y PROCEDIMIENTO PARA LA FABRICACIÓN DE UNA DISPOSICIÓN DE CONDUCTORES ELÉCTRICOS**

- 5 La invención se refiere a una disposición de conductores eléctricos que comprende un haz de conductores con al menos un cable eléctrico individual y al menos un conducto de refrigeración para el paso de un fluido refrigerante. La invención se refiere además a un procedimiento para la fabricación de tal disposición de conductores eléctricos.
- 10 Disposiciones de conductores eléctricos en forma de hilos eléctricos refrigerados con agua se conocen desde hace mucho en el estado de la técnica, por ejemplo, en forma de bobinas eléctricas o electromagnéticas con un enrollamiento compuesto de espiras de alambre. La resistencia de la bobina provoca un calentamiento de la bobina, de tal modo que bobinas solicitadas con elevada potencia generalmente deben ser refrigeradas para mantener la bobina en un determinado intervalo de temperatura de funcionamiento óptimo.
- 15 Para la refrigeración de tales bobinas se conoce por la práctica la realización de los conductores eléctricos de la bobina como conductores huecos, por ejemplo, en forma de conductores de cobre huecos que son recorridos por un fluido refrigerante, por regla general agua, para la derivación del calor de corriente generado en el lado interior hueco del alambre. Además, por la práctica se conoce llevar los enrollamientos de la bobina a una geometría aplanada, por ejemplo, a una denominada "forma de torta", de tal modo que sea eficiente una refrigeración marginal de los enrollamientos. En caso de densidades de potencia bajas también se conoce la refrigeración de los enrollamientos por medio de una refrigeración por aire.
- 20 Desventajoso en estos conductores de cobre huecos conocidos por el estado de la técnica es que estos son relativamente ineficientes y complejos para bobinas pequeñas, porque la resistencia a la corriente  $p$  se eleva con la reducción del radio de canal de refrigeración, dado que, según la fórmula de Poiseuille, la resistencia a la corriente  $p$  es proporcional a  $r^4$  ( $p \sim r^4$ ). Las geometrías planas a modo de tortas, por otro lado, no son practicables para muchas aplicaciones. La conocida refrigeración por aire funciona solo para bajas potencias eléctricas y no para una geometría compacta.
- 30 El documento JP 3841340 B2 propone una bobina con cables con aislamiento mineral (MIC) en los que, por ejemplo, un conducto de cobre está aislado por medio de una capa envolvente de óxido de magnesio que a su vez está rodeada de un revestimiento de cobre. Para la refrigeración de la bobina se propone rodear el cable aislado con mineral de la bobina con un metal de baja temperatura de fusión que forme la conexión térmica entre los cables y uno o varios conductos de refrigeración recorridos por agua en la bobina. Desventajoso en este planteamiento, sin embargo, es que el uso de cables aislados con mineral es inadecuado para muchas aplicaciones, dado que estos son relativamente caros y no se pueden realizar en particular pequeñas bobinas de alta potencia con una densidad de potencia deseada debido al diámetro relativamente grande de tales cables aislados con mineral.
- 35 Además, por el documento DE 100 42 013 A1 se conoce un electroimán con un yugo y una bobina magnética cuyos enrollamientos presentan un aislante eléctrico entre sí. Se propone que la masa de relleno sea un metal o una aleación de metal cuya temperatura de fusión se sitúe por encima de la temperatura de funcionamiento más elevada y por debajo de la temperatura que destruiría el aislamiento.
- 40 Por tanto, es un objetivo de la invención proporcionar una disposición mejorada de conductores eléctricos refrigerados con fluido con la que se puedan evitar desventajas de técnicas convencionales. El objetivo de la invención es en particular proporcionar una disposición de conductores eléctricos refrigerados con fluido que también pueda estar dispuesta de manera compacta con solicitud con una elevada densidad de potencia y, simultáneamente, pueda ser refrigerada de manera eficiente y se pueda fabricar preferentemente de manera económica. Otro objetivo de la invención es proporcionar un procedimiento para la fabricación de tal disposición que se caracterice en particular por una realización de procedimiento simplificada.
- 45 Estos objetivos se resuelven por medio de una disposición de conductores eléctricos con las características de la reivindicación principal y mediante un procedimiento con las características de la reivindicación secundaria. Formas de realización ventajosas y aplicaciones de la invención son objeto de las reivindicaciones dependientes y se explican con más detalle en la siguiente descripción haciendo referencia en parte a las figuras.
- 50 La disposición de conductores eléctricos de acuerdo con la invención comprende un haz de conductores con al menos un cable eléctrico individual y al menos un conducto de refrigeración para el paso de un fluido refrigerante. Por un cable individual se entiende un alambre de metal aislado, es
- 60

decir, un alambre de metal con un revestimiento aislante. El alambre de metal puede ser un alambre de cobre. El al menos un canal de refrigeración puede estar realizado como tubo de cobre. El haz de conductores se compone preferentemente de varios cables eléctricos individuales, pero también puede componerse de un solo cable individual.

5 De acuerdo con puntos de vista generales de la invención, los objetivos mencionados pueden resolverse integrando, para la conexión térmica del haz de conductores, es decir, del cable individual o de los cables individuales con el al menos un conducto de refrigeración, una sección del al menos un conducto de refrigeración y los cables individuales en un metal de baja temperatura de fusión, estando realizado el revestimiento aislante de los cables individuales como aislante de plástico.

10 Mediante la disposición de acuerdo con la invención se realiza una elevada transmisión de calor de los alambres de metal de los cables individuales al conducto de refrigeración, influido, por un lado, por la elevada capacidad de conducción térmica generalmente intrínseca a los metales de baja temperatura de fusión y, por otro lado, por el fino revestimiento aislante de los alambres, que forma una gran superficie de contacto entre el aislante de plástico de los alambres de metal y el metal de baja

15 temperatura de fusión. Sorprendentemente, los inventores han puesto de manifiesto que, a pesar del fino aislante de plástico de alambres convencionales, al ser integrados en un metal de baja temperatura de fusión fundido y eléctricamente conductor no se producen cortocircuitos. Ensayos realizados en el marco de la invención han mostrado que el aislante de plástico eléctrico de alambres eléctricos comercialmente

20 disponibles basta para evitar tales cortocircuitos. Formas de realización particularmente preferentes prevén en este sentido que el aislante de plástico sea un aislante de poliimida o un aislante de poliéster. Una variante particularmente ventajosa de un aislante de poliimida es un revestimiento de Kapton® extrudido. Una variante particularmente ventajosa del aislante de poliéster es un aislante de lacado de poliéster. Estas variantes ofrecen la

25 ventaja de que no tienen lugar reacciones químicas perturbadoras entre un aislante de poliimida o poliéster y metales de baja temperatura de fusión habituales, en particular, una aleación de estaño-bismuto. Estas variantes de aislamiento ofrecen además la ventaja, en comparación con un aislamiento mineral, de que las dos variantes de aislamiento posibilitan radios de flexión de alambre ilimitados y, sorprendentemente, respecto a cortocircuitos, son claramente más robustos que aislantes de mineral

30 debido a la porosidad o fisuras. Una ventaja particular de alambres aislados con lacado de poliéster la representan además sus bajos costes de fabricación, que generalmente son hasta un 50% más económicos que típicos cables aislados con mineral.

35 Otra ventaja de la invención reside en que, en una refrigeración por medio de un canal de refrigeración independiente propio que está conectado térmicamente con los cables individuales por medio del metal de baja temperatura de fusión, el diámetro del canal de refrigeración puede establecerse independientemente del diámetro de los alambres, lo que posibilita una optimización esencialmente más eficiente de la refrigeración y un establecimiento independiente de ello de la relación de potencia

40 tensión-corriente. Esta ventaja es significativa en particular para pequeñas bobinas debido a la fuerte linealidad luminosa de los flujos de agua, véase fórmula de Poiseuille. El concepto de un metal de baja temperatura de fusión (en lo que sigue también abreviado como MBTF, en inglés: "low melt temperature metal" (LMTM)) debe comprender también aleaciones de baja temperatura de fusión. Por un metal de baja temperatura de fusión se entiende, por tanto, un metal o

45 una aleación con una temperatura de fusión baja. Tales metales también se designan como metales o aleaciones de baja fusión. El metal de baja temperatura de fusión utilizado para la conexión térmica de los cables individuales tiene en particular una elevada capacidad de conducción térmica. Preferentemente, el metal de baja temperatura de fusión tiene un punto de fusión por debajo de los 260 °C, más preferentemente un punto de fusión por debajo de los 150 °C. El metal de baja

50 temperatura de fusión puede ser, por ejemplo, una aleación de estaño-bismuto, una aleación de estaño-plomo o una aleación para soldar. En el contexto de la invención, el metal de baja temperatura de fusión puede contener al menos un metal o una aleación del grupo estaño, estaño-plomo, estaño-cinc o estaño-bismuto.

55 La temperatura de funcionamiento ideal máxima predefinida del material del revestimiento aislante es preferentemente mayor que la temperatura de fusión del metal de baja temperatura de fusión, de tal modo que al introducir el metal fundido se asegura que no sea dañado el aislamiento de los cables individuales.

60 El haz de conductores está unido por arrastre de material con la sección del al menos un conducto de refrigeración preferentemente mediante moldeo con el metal de baja temperatura de fusión para asegurar una buena conexión térmica. Una aplicación destacada de la invención se refiere a una realización de la disposición de conductores eléctricos como bobina eléctrica o electromagnética refrigerada con líquido en la que el haz de conductores forma con el al menos un cable eléctrico individual al menos un enrollamiento de la bobina. La sección del conducto de refrigeración integrada en el metal de baja temperatura de fusión

es en este sentido preferentemente circular.

Una bobina así realizada puede ser proporcionada, debido a la utilización de alambres aislados con plástico, de manera compacta y económica y, debido a la eficiente refrigeración, simultáneamente con elevada capacidad de potencia. En el marco de la invención se ofrece en este sentido la posibilidad de que la bobina presente un cuerpo de bobina con forma de toro hueco como soporte del al menos un enrollamiento de la bobina que rodee el al menos un enrollamiento y la sección integrada del conducto de refrigeración. Tal cuerpo de bobina con forma de toro hueco ofrece además la posibilidad de que este pueda servir al mismo tiempo como molde de fundición en la fabricación de la bobina. El conducto de refrigeración puede estar realizado, por ejemplo, como tubo de cobre y/o discurrir esencialmente en el centro del espacio hueco del cuerpo de bobina y, por tanto, estar rodeado uniformemente por los enrollamientos de la bobina. En el cuerpo de bobina pueden estar montados, además, un tubo de alimentación y un tubo de vaciado que pueden ser utilizados para la evacuación del cuerpo de bobina en el marco de un procedimiento de fundición al vacío y para la introducción del metal de baja temperatura de fusión fundido.

De acuerdo con la invención, se propone un procedimiento para la fabricación de la disposición de conductores eléctricos de acuerdo con la invención como se ha desvelado anteriormente. De acuerdo con puntos de vista generales de la invención, la integración del haz de conductores o de los cables individuales y de la sección del al menos un conducto de refrigeración en el metal de baja temperatura de fusión se efectúa por medio de un procedimiento de fundición al vacío.

La introducción del metal de baja temperatura de fusión fundido por medio de un procedimiento de fundición al vacío impide que se formen burbujas de aire y, además, asegura que tampoco puedan producirse huecos en zonas estrechas entre alambres.

Una variante de realización ventajosa prevé en este sentido que el cuerpo de bobina esté realizado estanco al vacío y, por tanto, pueda utilizarse como molde de fundición. El procedimiento de fundición al vacío puede presentar las siguientes etapas:

En el cuerpo de bobina se instalan un tubo de alimentación y un tubo de desagüe, que están conectados fluidicamente en cada caso con el espacio hueco del cuerpo de bobina. El tubo de alimentación es cerrado, antes de la evacuación del cuerpo de bobina, con un metal de baja temperatura de fusión, preferentemente con el metal de baja temperatura de fusión que en el subsiguiente procedimiento de fundición al vacío es introducido en el cuerpo de bobina para la conexión térmica. El tubo de alimentación puede cerrarse o taponarse, por ejemplo, sumergiendo la abertura del tubo de alimentación en una pequeña cantidad de metal de baja temperatura de fusión fundido, el cual después vuelve a solidificarse y, de esta manera, cierra la abertura.

A continuación, es evacuado el interior del cuerpo de bobina en el que se encuentran los enrollamientos de bobina y una sección de conducto de refrigeración por medio del tubo de desagüe. En este sentido, se ha puesto de manifiesto que la evacuación que se puede obtener con una bomba de vacío es suficiente. Después de la evacuación del cuerpo de bobina, se funde el metal de baja temperatura de fusión que cierra el tubo de alimentación, por ejemplo, mediante aplicación de corriente y, por tanto, calentamiento de la bobina hasta una temperatura algo por encima de la temperatura de fusión del MBTF. Antes de la reapertura del tubo de alimentación mediante fundición del MBTF, el tubo de alimentación se posiciona de tal modo que su abertura de entrada está sumergida en un depósito de MBTF de tal manera que, tras la fundición del MBTF en el tubo de alimentación, el MBTF fundido fluye, empujado por la fuerza de vacío en el cuerpo de bobina, del depósito al espacio hueco del cuerpo de bobina hasta que el restante espacio hueco en el cuerpo de bobina está completamente lleno con el MBTF. Mediante enfriamiento luego el MBTF se vuelve sólido. Para evitar repeticiones, características reveladas puramente de acuerdo con el dispositivo deben valer como reveladas en el marco del procedimiento de fabricación y ser reivindicables. Otros detalles y ventajas de la invención se describen a continuación haciendo referencia a los dibujos adjuntos.

Muestran:

- 50 la figura 1, una vista de sección esquemática a través de una sección de la bobina de acuerdo con una forma de realización de la invención;
- la figura 2, una vista en perspectiva de una bobina, habiéndose omitido en aras de una mejor representación un cuarto del cuerpo exterior y del relleno de MBTF;
- la figura 3, un diagrama de desarrollo para la ilustración de las etapas del procedimiento de fabricación; y
- 55 la figura 4, una representación en perspectiva esquemática de la bobina de acuerdo con otra forma de realización de la invención.

Las siguientes figuras describen una bobina refrigerada con agua como ejemplo de aplicación destacada de la invención y su procedimiento de fabricación. Elementos iguales o funcionalmente equivalentes están referenciados en todas las figuras con las mismas referencias.

Un ejemplo de realización de la bobina refrigerada con agua está representado de manera esquemática en las figuras 1 y 2. La bobina 1 comprende un cuerpo exterior 6 de cobre que está realizado con forma de toro hueco. La figura 1 muestra una sección transversal a lo largo del plano de corte A-A de la figura 2 para la representación de un meridiano del toro, mientras que la figura 2

muestra una vista en perspectiva de la bobina 1, en la que, para la ilustración de la estructura interna se ha suprimido un octavo del cuerpo exterior 6, así como el metal de baja temperatura de fusión 5 de este lugar.

5 En las figuras 1 y 2 se puede reconocer que centralmente en el espacio hueco interior formado por el cuerpo exterior de bobina 6 discurre una sección circular 4 del conducto de refrigeración para el paso de un fluido refrigerante, preferentemente agua. La sección 4 del canal de refrigeración está formada por un único enrollamiento de un tubo hueco de cobre con un diámetro de 3 mm. Por medio de un conducto de alimentación 4a, penetra agua en la sección de conducto circular 4 y es extraída por medio de un conducto de salida 4b de nuevo fuera del cuerpo de bobina 6. El resto del circuito de refrigeración, que está realizado de manera conocida, no está representado.

10 Alrededor del tubo de refrigeración con agua 4 están dispuestos varios enrollamientos de un alambre de cobre de tal manera que en la representación de la figura 2 la sección de conducto circular 4 del tubo de refrigeración está cubierta en su mayor parte por los enrollamientos. En el presente ejemplo, estos son 60 enrollamientos. Los enrollamientos se componen de cables individuales 2 cuyos conductores eléctricos están formados de hilos de cobre que están revestidos con un aislante de poliimida o un aislante de poliéster 3. Los cables individuales 2 o enrollamientos están unidos por arrastre de material mediante moldeo con un metal de baja temperatura de fusión (MBTF) 5 con la sección circular 4 del conducto de refrigeración. El MBTF 5 llena, por tanto, todos los espacios intermedios entre los cables y la sección 4 del conducto de refrigeración y deriva de esta manera el calor de los cables individuales 2 que se genera en el funcionamiento de la bobina a la sección 4 del conducto de refrigeración recorrido por agua durante el funcionamiento de la bobina.

15 Debe recalcar que las figuras 1 y 2 muestran únicamente una representación esquemática y que las distancias reales entre los enrollamientos son menores a como están representadas. El diámetro de los cables individuales 3 en el presente ejemplo de realización, es, por ejemplo, de 1,2 mm, mientras que el diámetro del conducto de refrigeración es de 4 mm. Estos datos se ofrecen solo a modo de ejemplo y pueden modificarse correspondientemente en función del ámbito de aplicación de la bobina. En la figura 2, se muestran adicionalmente los dos conductos de conexión eléctrica 2a para la aplicación de corriente a los enrollamientos. En el presente ejemplo de realización, se ha utilizado como ejemplo de un aislante de poliimida Kapton® extrudido. La temperatura de funcionamiento máxima ideal del alambre Kapton® se sitúa según datos del fabricante en 230 °C y, por tanto, claramente por debajo de la temperatura de fusión de la aleación de estaño-bismuto utilizada. El aislante Kapton®, por tanto, no se daña al introducir una aleación fundida de estaño-bismuto.

20 Como ejemplo de poliéster, se ha empleado un aislante de lacado de poliéster del tipo W210 de la firma Stefan Maier GmbH. Como MBTF 5, se ha empleado una aleación de estaño-bismuto que se ha introducido con un procedimiento de fundición al vacío en el cuerpo de bobina 6.

25 Bobinas refrigeradas con agua de este tipo se utilizan en diferentes áreas técnicas, por ejemplo, para experimentos de Física, para transformadores de alta potencia compactos o diferentes dispositivos compactos de actuadores.

30 Un procedimiento de fabricación ventajoso de la bobina 1 se describe a continuación más detalladamente con ayuda de la figura 3.

35 En la etapa S1, el cuerpo de bobina 6 se prepara para el procedimiento de fundición al vacío. A este respecto, los enrollamientos anteriormente descritos de los cables individuales 2 y la sección circular 4 del tubo de refrigeración son introducidos en el espacio hueco del cuerpo exterior de bobina 6. Para ello, el cuerpo exterior de bobina 6 puede estar formado, por ejemplo, de dos mitades que pueden colocarse alrededor de los cables individuales 2 y la sección de tubo de refrigeración 4 y ser unidas entre sí de manera estanca al vacío mediante soldadura. El cuerpo exterior de bobina 6 presenta orificios de paso para el conducto de alimentación y el conducto de salida 4b del circuito de refrigeración. Además, se instala un tubo de alimentación 7 (véase figura 4) y un tubo de desagüe 8 en el cuerpo de bobina 6. El tubo de desagüe 8 sirve también como tubo de bomba para una bomba de vacío conectada.

40 La abertura del tubo de alimentación 7 ha sido estrechada aproximadamente en un intersticio de 1 mm<sup>2</sup>, de tal modo que el nivel de flujo de MBTF (véase etapa S6) se reduce en órdenes de magnitud de una a dos veces a aproximadamente un litro por minuto. De esta manera se puede asegurar que el MBTF entra y sale durante la etapa de vertido de manera controlada y no llega a la bomba de vacío conectada, sino que, en lugar de ello, tapona el tubo de vaciado 8 después de que el cuerpo de bobina 6 se haya llenado por completo. De esta manera, se pueden evitar de manera segura burbujas de vacío en la bobina y un daño de la bomba de vacío previa.

45 A continuación, en la etapa S2 se cierra el tubo de alimentación 7 sumergiendo el tubo de alimentación 7 en una pequeña cantidad del MBTF, en este caso una aleación de estaño-bismuto. La aleación de estaño-bismuto fundida se solidifica después en el tubo de alimentación 7 y lo tapona. A continuación, en la etapa S3, el tubo de vaciado 8 es conectado con la bomba de vacío y se evacúa el cuerpo de bobina 6 con el enrollamiento de bobina, es decir, con la bomba de vacío previa vaciada.

50 La abertura hasta el momento taponada del tubo de alimentación 7, ahora se sumerge en la etapa S5 en un depósito que contiene el MBTF en el estado fundido. Además, la bobina es calentada mediante

5 aplicación de corriente a una temperatura de hasta 140 °C, es decir, una temperatura que se sitúa algo por encima de la temperatura de fusión del MBTF, en el presente caso 132 °C. De esta manera, se funde el taponamiento del tubo de alimentación 7 del material del MBTF, de tal modo que el MBTF sale del depósito, empujado por las fuerzas de vacío, por medio del tubo de alimentación 7 ya no taponado, fluye al interior del cuerpo de bobina 6 y llena este por completo, de tal manera que los enrollamientos de los cables individuales 2 y el tubo de refrigeración 4 se integran en el interior del cuerpo de bobina 6 completamente con el MBTF y, de esta manera, quedan conectados entre sí térmicamente. A continuación, se enfría la bobina de tal modo que el MBTF se solidifica (etapa S6).

10 La separación entre la evacuación del volumen interior del cuerpo de bobina 6 (paso S3) de la subsiguiente introducción del MBTF fundido (etapa S6) evita de manera segura la formación de burbujas de aire y mejora la transmisión de calor de la bobina al conducto de refrigeración y, por tanto, al fluido refrigerante.

15 En la figura 4, se muestra la bobina 1 de la figura 2 con la diferencia de que, como se ha mencionado anteriormente, están previstos adicionalmente el tubo de alimentación 7 y el tubo de desagüe 8 en el cuerpo exterior de bobina 6, que pueden ser retirados tras concluir el procedimiento de llenado.

20 Aunque la invención se ha descrito haciendo referencia a determinados ejemplos de realización, para un experto es obvio que pueden realizarse diferentes modificaciones y pueden utilizarse equivalentes sustitutorios sin abandonar el terreno de la invención. Adicionalmente, pueden realizarse muchas modificaciones sin abandonar el correspondiente terreno. En consecuencia, no debe limitarse la invención a los ejemplos de realización divulgados, sino que la invención debe comprender todos los ejemplos de realización que se inscriben dentro del terreno de las reivindicaciones adjuntas. En particular, la invención reivindica también protección para el objeto y las características de las reivindicaciones dependientes independientemente de las reivindicaciones tomadas como referencia.

**REIVINDICACIONES**

1. Disposición de conductores eléctricos que comprende un haz de conductores con al menos un cable eléctrico individual (2); y  
 5 al menos un conducto de refrigeración (4, 4a, 4b) para el paso de un fluido refrigerante, estando integrados una sección (4) del al menos un conducto de refrigeración (4, 4a, 4b) y el haz de conductores en un metal de baja temperatura de fusión (5) para la conexión del haz de conductores con el al menos un conducto de refrigeración (4, 4a, 4b); **caracterizada porque** un revestimiento aislante (3) del al menos un cable individual (2) está realizado con aislante de plástico.
- 10 2. Disposición de conductores eléctricos según la reivindicación 1, **caracterizada porque** el aislante de plástico es un aislante de poliimida o un aislante de poliéster.
- 15 3. Disposición de conductores eléctricos según la reivindicación 1 o 2, **caracterizada porque** el haz de conductores está unido por arrastre de material con la sección (4) del al menos un conducto de refrigeración (4, 4a, 4b) mediante moldeo con el metal de baja temperatura de fusión (5).
- 20 4. Disposición de conductores eléctricos según la reivindicación 2 o 3, **caracterizada**  
 (a) **porque** el aislante de poliimida es un revestimiento de Kapton® extrudido; y/o  
 (b) **porque** el aislante de poliéster es un aislante de lacado de poliéster; y/o  
 (c) **porque** los conductores eléctricos del cable individual (2) son hilos de cobre.
- 25 5. Disposición de conductores eléctricos según una de las reivindicaciones precedentes, **caracterizada**,  
 (a) **porque** el metal de baja temperatura de fusión (5) tiene un punto de fusión por debajo de 260 °C, más preferentemente tiene un punto de fusión por debajo de 150 °C; y/o  
 (b) **porque** el metal de baja temperatura de fusión (5) es una aleación de estaño-bismuto, una aleación estaño-plomo o una aleación para soldar; y/o  
 30 (c) **porque** el metal de baja temperatura de fusión (5) contiene al menos un metal o una aleación del grupo, estaño, estaño-plomo, estaño-cinc y estaño-bismuto.
- 35 6. Disposición de conductores eléctricos según una de las reivindicaciones precedentes, **caracterizada porque** la disposición está realizada como bobina (1) eléctrica o electromagnética refrigerada con líquido en la que el haz de conductores forma con el al menos un cable eléctrico individual (2) al menos un enrollamiento de la bobina.
- 40 7. Disposición de conductores eléctricos según la reivindicación 6, **caracterizada por** un cuerpo de bobina (6) con forma de toro hueco que rodea el al menos un enrollamiento y la sección (4) integrada del conducto de refrigeración (4, 4a, 4b) como soporte del al menos un enrollamiento.
- 45 8. Procedimiento para la fabricación de una disposición de conductores eléctricos según una de las reivindicaciones precedentes, **caracterizado porque** la integración del haz de conductores y de la sección (4) del al menos un conducto de refrigeración (4, 4a, 4b) en el metal de baja temperatura de fusión (5) se fabrica por medio de un procedimiento de fundición al vacío.
- 50 9. Procedimiento según la reivindicación 8 para la fabricación de una disposición según la reivindicación 7, estando realizado el cuerpo de bobina estanco al vacío, **caracterizado por** las siguientes etapas del procedimiento de fundición al vacío:  
 disposición de un tubo de alimentación (7) y un tubo de desagüe (8) en el cuerpo de bobina (6) (S1);  
 cierre del tubo de alimentación (7) con un metal de baja temperatura de fusión (S2);  
 evacuación del cuerpo de bobina (6) por medio del tubo de desagüe (8) (S3);  
 fusión del metal de baja temperatura de fusión (5) en el tubo de alimentación (S5), que está sumergido en un depósito de metal de baja temperatura de fusión líquido (S4), de tal modo  
 55 que, tras fundición del metal de baja temperatura de fusión en el tubo de alimentación (7), metal de baja temperatura de fusión fundido empujado por fuerzas de vacío fluye al interior del espacio hueco del cuerpo de bobina (6) (S6).

FIG. 1

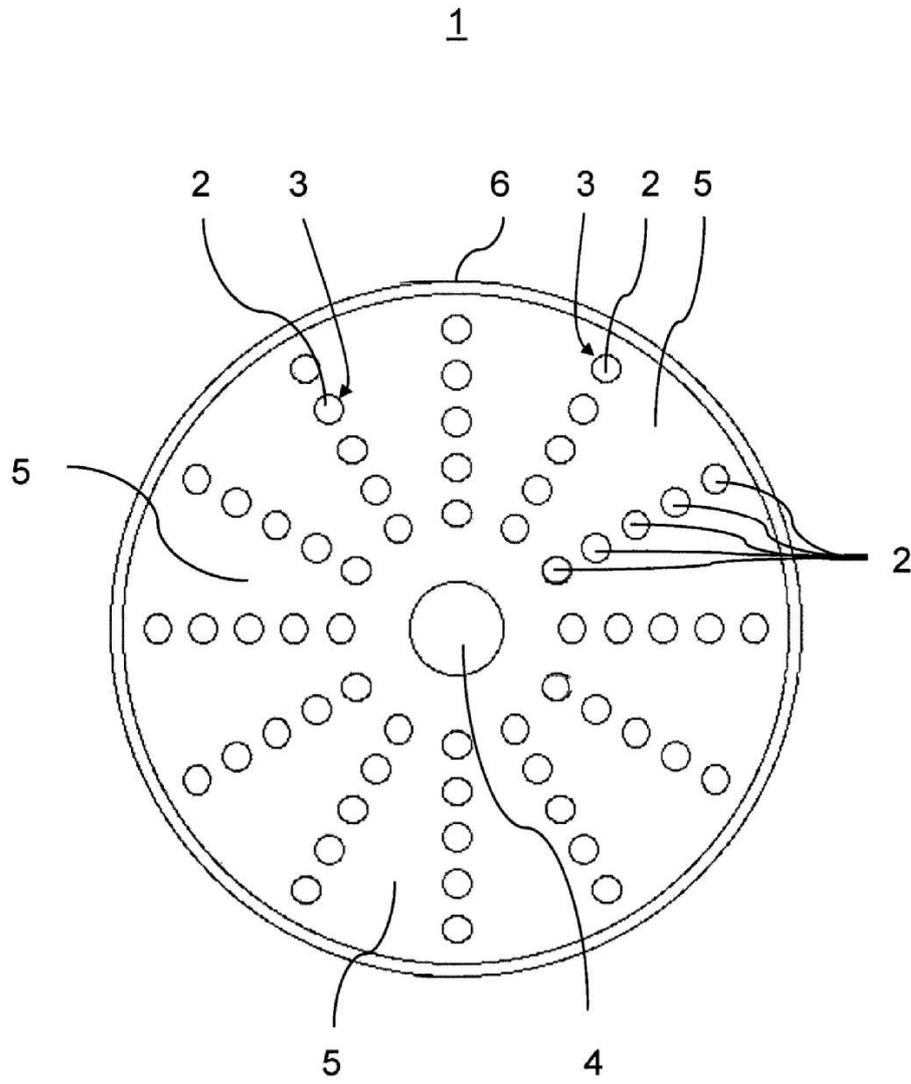


FIG. 2

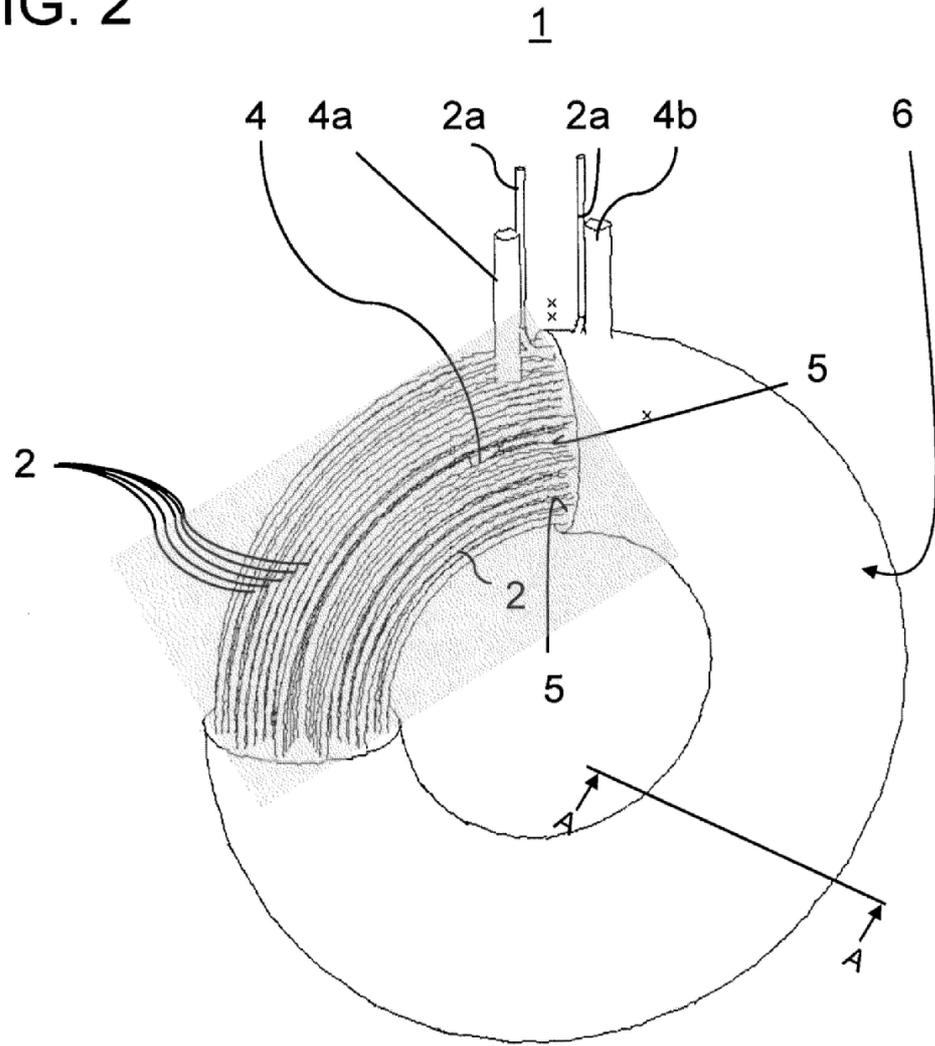


FIG. 3

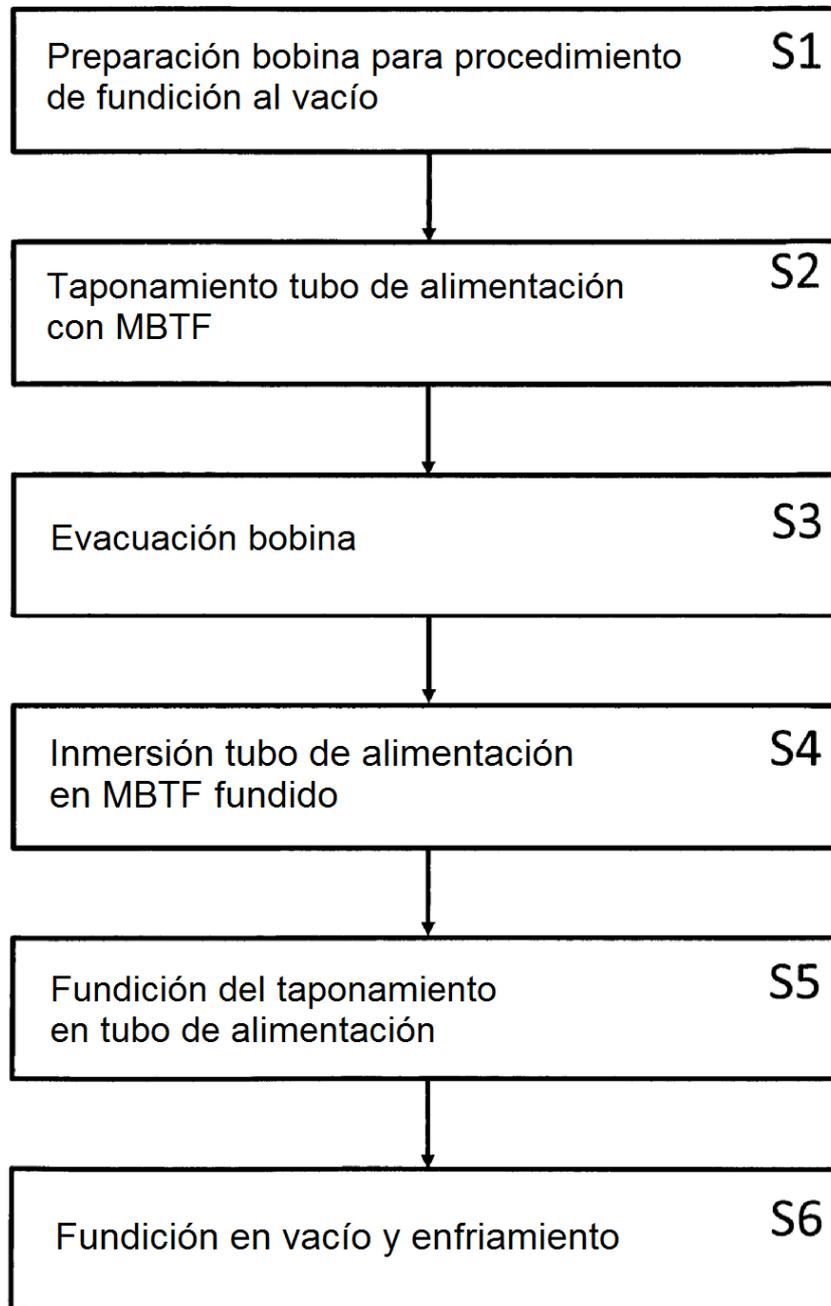
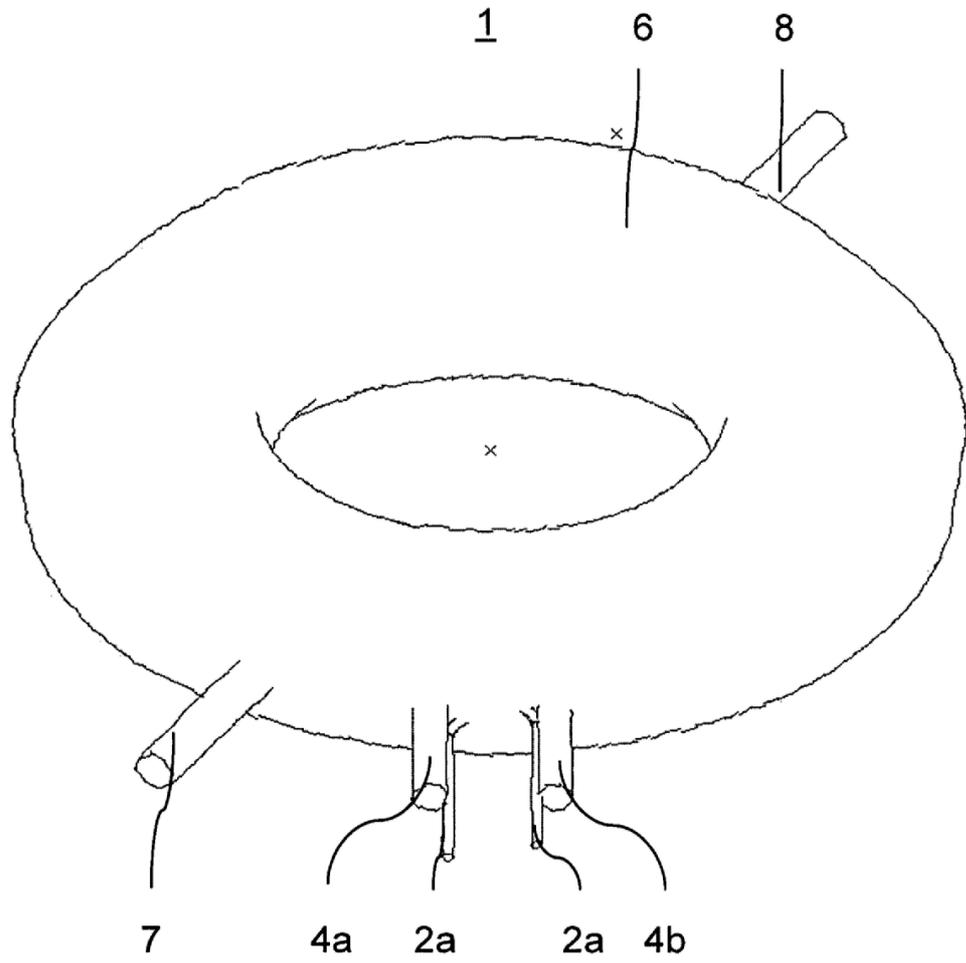


FIG. 4



**REFERENCIAS CITADAS EN LA DESCRIPCIÓN**

Este listado de referencias citadas por el solicitante tiene como único fin la conveniencia del lector. No forma parte del documento de la Patente Europea. Aunque se ha puesto gran cuidado en la compilación de las referencias, no pueden excluirse errores u omisiones y la EPO rechaza cualquier responsabilidad en este sentido.

**Documentos de patentes citados en la descripción**

• JP 3841340 B [0005]

• DE 10042013 A1 [0006]