

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 527 532**

51 Int. Cl.:

H01L 39/24 (2006.01)

H01L 39/14 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **11.05.2006 E 06743521 (4)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **22.10.2014 EP 1880426**

54 Título: **Procedimiento de producción de un elemento superconductor**

30 Prioridad:

13.05.2005 FI 20050509

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

26.01.2015

73 Titular/es:

LUVATA ESPOO OY (100.0%)

P.O. Box 78

02101 Espoo, FI

72 Inventor/es:

SOMERKOSKI, JUKKA

74 Agente/Representante:

CARPINTERO LÓPEZ, Mario

ES 2 527 532 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

Procedimiento de producción de un elemento superconductor

5 La invención se refiere a un procedimiento de producción de un elemento superconductor y al elemento superconductor producido por el procedimiento, tal superconductor se usará como superconductor de alambre en canal en aplicaciones de imagen por resonancia magnética (RMI) y en resonancia magnética nuclear (RMN).

10 Los superconductores de alambre en canal (WIC) han sido desarrollados para aplicaciones de RMI y RMN porque estas aplicaciones requieren grandes longitudes de unidad, grandes pesos de unidad y fracciones de volumen bastante grandes de cobre en el conductor. La solución preferida es procesar el alambre compuesto superconductor caro y el componente de cobre por separado y unirlos juntos en las etapas de procedimiento final con el fin de conseguir un conductor de alambre en canal. Para esta unión entre el componente de cobre y el alambre superconductor, el componente de cobre está provisto de una ranura longitudinal, en la que se inserta el alambre superconductor.

15 En la fabricación de conductor de alambre en canal es conocido el uso de una soldadura, que contiene el 60% en peso de plomo y el 40% en peso de estaño. Cuando se produce este conductor el alambre se inserta dentro del componente de cobre ranurado de manera que el alambre queda situado esencialmente en la ranura. La combinación del alambre y el componente de cobre ranurado se consigue llevando a ambos a través de una fusión de plomo-estaño y a continuación a través de una matriz de estirado, que proporciona al superconductor dimensiones precisas y propiedades mecánicas apropiadas. El plomo sirve como lubricantes apropiado en esta etapa de estirado en estado fundido.

20 El procedimiento que implica la etapa simultánea del estañado en caliente y el estirado en estado fundido posee inconvenientes inherentes, por ejemplo reacciones de flujo con la fusión y la disolución del cobre en la fusión que dan como resultado frecuentes necesidades de limpieza y descubrado y de este modo se consigue una producción reducida, longitudes de unidad menores y mayores tasas de desechos inesperadas. Además, el uso de soldadura libre de plomo para lubricar la acción del estirado por matriz creará nuevos desafíos.

25 La publicación JP 2000-294053 se refiere a un procedimiento de producción de un superconductor de alambre en canal para aplicaciones de imagen por resonancia magnética. En este procedimiento los inconvenientes del plomo quedan eliminados de manera que no se usa cualquier soldadura en la producción de un superconductor de alambre en canal. Se consigue un contacto mecánico estable entre el alambre superconductor y el componente de cobre ranurado trabajando el componente de cobre ranurado de manera que el alambre circule esencialmente y completamente por el componente de cobre ranurado. Sin embargo, este tipo de contacto mecánico no es suficiente, porque en particular las aplicaciones de imagen por resonancia magnética requieren un contacto que tiene una buena conductividad térmica y una buena conductividad eléctrica entre el alambre y la pared de la ranura.

El documento DE 2749052 A1 divulga un superconductor y un procedimiento de producción de un superconductor. El superconductor está fijado en una ranura de un alambre de cobre mediante soldadura.

35 El documento JP 56053871 A divulga un procedimiento para fijar un superconductor en una ranura de un alambre de cobre mediante soldadura sin introducir burbujas de aire en una interfaz entre el alambre y el superconductor.

40 El objeto de la presente invención es eliminar algunos inconvenientes de la técnica anterior y conseguir un procedimiento mejorado para la producción de un elemento superconductor de alambre en canal para su uso en aplicaciones de imagen por resonancia magnética (RMI) y resonancia magnética nuclear (RMN) en cuyo procedimiento se usa soldadura libre de plomo en el contacto mecánico entre el alambre superconductor y la pared del componente de cobre ranurado. La invención se refiere asimismo al elemento superconductor de alambre en canal producido por este procedimiento mejorado. Las características esenciales de la invención se enuncian en las reivindicaciones adjuntas.

45 Según la invención, un superconductor de alambre en canal para su uso en aplicaciones de imagen por resonancia magnética (RMI) y resonancia magnética nuclear (RMN) contiene un alambre superconductor y un componente de cobre de manera que el alambre superconductor se posiciona en una ranura longitudinal formada en el componente de cobre, y el contacto mecánico entre el alambre superconductor y la pared de la ranura en el componente de cobre se consigue con un material de soldadura libre de plomo. El material de soldadura está revestido por al menos una de sus superficies, el alambre superconductor y/o la pared de la ranura en el componente de cobre, antes de conseguir en contacto mecánico para producir un elemento superconductor de alambre en canal.

55 En una realización preferida de la invención, el alambre superconductor antes de su posicionamiento en la ranura del componente de cobre se reviste con una soldadura, tal como aleaciones a base de estaño libres de plomo. El estaño puro tiene a baja temperatura una fase de transición y se vuelve frágil. Por lo tanto se prefiere usar aleaciones a base de estaño libres de plomo tales como la aleación binaria de estaño-plata que contiene del 0,1 al 20% en peso de plata, preferiblemente del 0,1 al 5% en peso de plata. Otras aleaciones basadas en estaño libres de plomo son por ejemplo aleaciones binarias tales como estaño-cobre, estaño-cinc, estaño-antimonio, estaño-bismuto y estaño-indio. Como las aleaciones basadas en estaño libres de plomo son asimismo también aleaciones ternarias y

cuaternarias así como aleaciones que tienen incluso cuatro componentes aleados con el estaño del grupo del cobre, plata, cinc, antimonio, bismuto e indio de manera que el contenido de cada componente aleado sea del 0,1 al 20% en peso, preferiblemente del 0,1 al 5% en peso, siendo el resto estaño y posibles impurezas.

5 Es además ventajoso usar como aleaciones preferidas basadas en estaño libres de plomo una aleación binaria de estaño-bismuto en cuya aleación el contenido de bismuto es del 20 al 60% en peso, siendo el resto estaño y posibles impurezas. La aleación binaria de estaño-bismuto con el contenido de bismuto del 20 al 60% en peso puede además alearse con uno o dos componentes del grupo de cobre, plata, cinc, antimonio e indio de manera que el contenido de cada componente aleado sea del 0,1 al 20% en peso, preferiblemente del 0,1 al 5% en peso y siendo el resto estaño y posibles impurezas.

10 Según una realización preferida de la invención, la aleación a base de estaño libre de plomo es una aleación binaria de estaño-indio en cuyas aleaciones el contenido de indio es del 20 al 60% en peso, siendo el resto estaño y posibles impurezas. La aleación binaria de estaño-indio con el contenido de indio del 20 al 60% en peso puede asimismo alearse con uno o dos componentes del grupo de cobre, plata, cinc, antimonio y bismuto de manera que el contenido de cada componente aleado sea del 0,1 al 20% en peso, preferiblemente del 0,1 al 5% en peso y siendo el resto estaño o posibles impurezas.

En otra realización de la invención, la ranura del componente de cobre está revestido con estaño o una de las aleaciones a base de estaño libres de plomo. En este caso, el alambre superconductor está libre de cualquier revestimiento.

20 En otra realización adicional de la invención, tanto el alambre superconductor como la ranura del componente de cobre está revestidos con estaño o una de las aleaciones a base de estaño libres de plomo.

El revestimiento de la superficie en el contacto mecánico entre el alambre superconductor y el componente de cobre se produce ventajosamente por técnicas de galvanoplastia, estañado en caliente, deposición química de vapor (CVD) o deposición física de vapor (PVD).

25 En el caso del estañado en caliente el tratamiento de revestimiento se lleva a cabo en un modo de inmersión en caliente continuo dejando que la superficie del alambre superconductor o la ranura del componente de cobre esté en contacto y humedecida por la fusión de soldadura durante un periodo de tiempo de 0,1 a 30 segundos, preferiblemente de 0,1 a 5 segundos, para asegurar la limpieza de la superficie de trazas de flujo y óxidos de metal. La temperatura de la fusión de soldadura debe ser superior a la temperatura líquida, preferiblemente de 30 a 100°C en función de la velocidad de línea y la aleación de soldadura.

30 Después del revestimiento se trabaja o forma el perfil de canal de manera que se genera un contacto íntimo entre el alambre superconductor y la pared o las paredes de la ranura del componente de cobre. Se consigue la deformación por procedimientos generalmente conocidos, tales como el uso de una técnica de laminación con cuatro rodillos o una matriz, donde a través de la combinación del alambre superconductor y el componente de cobre se estira, siendo el grado de deformación del 1 al 38%, preferiblemente del 2 al 15%.

35 Con el fin de terminar el contacto entre el alambre superconductor y la pared o las paredes de la ranura en el componente de cobre, la combinación del alambre superconductor y el componente de cobre se recuece para formar una unión metálica, que potencia esencialmente la conductividad térmica y eléctrica de la interfaz y aumenta la integridad mecánica de los componentes. El tratamiento de recocido se lleva a cabo a una temperatura superior a la temperatura sólida de la aleación de soldadura, es decir, la temperatura a la que la aleación de soldadura empieza a fundirse al calentarse, preferiblemente por encima de la temperatura líquida donde la soldadura está completamente líquida, para conseguir una interfaz metálica y/o intermetálica entre el alambre y la pared o las paredes de la ranura, dicho tratamiento asegura y proporciona una buena conducción térmica y eléctrica entre las partes. Preferiblemente, el tratamiento de recocido es llevado a cabo en el intervalo de temperatura de 150 a 400°C, preferiblemente de 200 a 350°C, siendo el tiempo de recocido entre segundo y 2 horas y dependiendo de la aleación de soldadura así

40 como de la técnica de recocido. Las técnicas de recocido pueden ser una de las técnicas de recocido conocidas, tales como las técnicas de recocido en lote, recocido por convección de flujo forzado, recocido de alambre, radiación por infrarrojos, recocido inductivo o recocido resistivo.

45 Cuando se recuece es deseable que el material de soldadura se fusione y funda en el intervalo de temperatura inferior a la temperatura de reblandecimiento para de este modo retener las propiedades mecánicas ventajosas del alambre superconductor y el componente de cobre ranurado obtenidas en la operación de conformación anterior.

REIVINDICACIONES

1.- Procedimiento de producción de un elemento superconductor apropiado para su uso como superconductor de alambre en canal en aplicaciones de imagen por resonancia magnética (RMI) y resonancia magnética nuclear (RMN), tal elemento superconductor contiene un alambre superconductor y un componente de cobre que tiene una ranura longitudinal y estando el alambre superconductor posicionado en la ranura,

el procedimiento comprende las etapas de:

- a) revestir con un material de soldadura a base de estaño libre de plomo al menos una de las superficies del alambre superconductor y la ranura del componente de cobre,
- b) disponer el alambre superconductor en la ranura del componente de cobre de manera que se consiga el contacto mecánico, en el que se forma un perfil de canal,

caracterizado porque el procedimiento comprende, además, la etapa

- c) después del revestimiento, se trabaja el perfil de canal con un grado de deformación del 1 al 38%, de manera que se genera un contacto íntimo entre el alambre superconductor y la pared o paredes de la ranura del componente de cobre.

y **porque** el material de soldadura a base de estaño libre de plomo es seleccionado en el grupo de:

- aleaciones de estaño-plata que contienen del 0,1 al 20% en peso de plata, preferiblemente del 0,1 al 5% en peso de plata.
- aleaciones estaño-cobre que contienen del 0,1 al 20% en peso de cobre, preferiblemente del 0,1 al 5% en peso de cobre,
- aleaciones de estaño-cinc que contienen del 0,1 al 20% en peso de cinc, preferiblemente del 0,1 al 5% en peso de cinc,
- aleaciones de estaño-antimonio que contienen del 0,1 al 20% en peso de antimonio, preferiblemente del 0,1 al 5% en peso de antimonio,
- aleaciones de estaño-bismuto que contienen del 0,1 al 20% en peso de bismuto, preferiblemente del 0,1 al 5% en peso de bismuto,
- aleaciones de estaño-indio que contienen del 0,1 al 20% en peso de indio, preferiblemente del 0,1 al 5% en peso de indio,
- aleaciones de estaño ternarias con componentes aleados del grupo del cobre, plata, cinc, antimonio, bismuto e indio de manera que el contenido de cada componente aleado sea del 0,1 al 20% en peso, preferiblemente del 0,1 al 5% en peso, siendo el resto estaño,
- aleaciones de estaño cuaternarias con componentes aleados del grupo del cobre, plata, cinc, antimonio, bismuto e indio de manera que el contenido de cada componente aleado sea del 0,1 al 20% en peso, preferiblemente del 0,1 al 5% en peso, siendo el resto estaño
- aleaciones de estaño que tienen incluso cuatro componentes aleados con el estaño del grupo del cobre, plata, cinc, antimonio, bismuto e indio de manera que el contenido de cada componente aleado sea del 0,1 al 20% en peso, preferiblemente del 0,1 al 5% en peso, siendo el resto estaño,
- aleaciones binarias de estaño-bismuto en las que el contenido de bismuto es del 20 al 60% en peso, una aleación binaria de estaño-indio en la que el contenido de indio es del 20 al 60% en peso
- aleaciones binarias de estaño-indio en las que el contenido es del 20 al 60% en peso.

2.- Procedimiento según la reivindicación 1, en el que la pared de la ranura en el componente de cobre está revestida con el material de soldadura libre de plomo.

3.- Procedimiento según la reivindicación 1, en el que el alambre superconductor y la pared de la ranura en el componente de cobre están revestidos con el material de soldadura libre de plomo.

4.- Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones anteriores en el que la superficie de contacto se reviste usando técnicas de galvanoplastia.

5.- Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, en el que la superficie de contacto se reviste usando técnicas de estañado en caliente.

6.- Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, en el que la superficie de contacto se reviste usando técnicas de deposición química de vapor.

7.- Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, en el que la superficie de contacto se reviste usando técnicas de deposición física de vapor.

8.- Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el procedimiento contiene además la etapa de:

d) recocido de la combinación del alambre superconductor y el componente de cobre a una temperatura superior a la temperatura sólida de la aleación de soldadura para conseguir una interfaz metálica o intermetálica entre el alambre y la pared o paredes de la ranura.

9.- Procedimiento según la reivindicación 8, en el que el recocido se lleva a cabo por recocido en lote.

5 10.- Procedimiento según la reivindicación 8, en el que el recocido se lleva a cabo por recocido de tubo de convección de flujo forzado,

11.- Procedimiento según la reivindicación 8, en el que el recocido se lleva a cabo por recocido de alambre.

12.- Procedimiento según la reivindicación 8, en el que el recocido se lleva a cabo por recocido inductivo.

13.- Procedimiento según la reivindicación 8, en el que el recocido se lleva a cabo por recocido resistivo.

10 14.- Elemento superconductor apropiado para su uso como superconductor de alambre en canal en aplicaciones de imagen por resonancia magnética (RMI) y de resonancia magnética nuclear (RMN) en el que el elemento superconductor es producido según el procedimiento de las reivindicaciones 1-13.