



(19)



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

(11) Número de publicación: **2 312 737**

(51) Int. Cl.:
H01L 39/04 (2006.01)
H01L 39/14 (2006.01)

(12)

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

(96) Número de solicitud europea: **03292462 .3**
(96) Fecha de presentación : **06.10.2003**
(97) Número de publicación de la solicitud: **1406317**
(97) Fecha de publicación de la solicitud: **07.04.2004**

(54) Título: **Compuesto metal-cerámico superconductor de alta temperatura y proceso para adherir un superconductor cerámico de alta temperatura a un metal.**

(30) Prioridad: **04.10.2002 EP 02292448**

(73) Titular/es: **Nexans**
16, rue de Monceau
75008 Paris, FR

(45) Fecha de publicación de la mención BOPI:
01.03.2009

(72) Inventor/es: **Walter, Heribert y**
Isfort, Dirk

(45) Fecha de la publicación del folleto de la patente:
01.03.2009

(74) Agente: **Elzaburu Márquez, Alberto**

ES 2 312 737 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

Compuesto metal-cerámico superconductor de alta temperatura y proceso para adherir un superconductor cerámico de alta temperatura a un metal.

La presente invención se refiere a un proceso para adherir un superconductor de alta temperatura (AT) hecho de un material cerámico a un metal así como a un compuesto metal-cerámico superconductor de alta temperatura.

En general, los superconductores se hacen de materiales cerámicos.

Para su aplicación, el superconductor cerámico de AT se debe enfriar por debajo de la temperatura crítica a la cual el material cerámico llega a ser superconductor. Para la mayoría de los materiales cerámicos superconductores esta temperatura crítica es extremadamente baja.

Se conoce como enfriar el superconductor poner el superconductor en contacto directo con unos medios de enfriamiento a baja temperatura tales como nitrógeno líquido, helio líquido o hidrógeno líquido (LN2, LHe, LH2).

Según otro método, el superconductor se conecta a una máquina frigorífica. En este caso, el superconductor debe ser conectado a un conductor de calor eficiente para extraer el calor del superconductor. El conductor de calor se hace generalmente metálico y en forma de una placa o tubo en los cuales se monta el superconductor y que se unen a la máquina frigorífica. Son metales adecuados Cu, Al, Ni, acero inoxidable, etc.

Para asegurar una buena transferencia de calor entre el superconductor cerámico y la superficie por ejemplo de la placa metálica, el superconductor debe estar en contacto íntimo con la superficie de la placa metálica. Generalmente, para asegurar el contacto íntimo entre el superconductor y la placa metálica necesario para una buena transferencia de calor, se adhiere firmemente la placa al superconductor cerámico por un aglutinante tal como una pasta conductora térmica o un pegamento conductor térmico o por soldadura usando una aportación de soldadura de buena conductividad térmica, por ejemplo, hecha de indio, de aleación de bismuto-indio, de aleación de plata o de cualquier otra material de soldadura con un punto de fusión por debajo de 700°C. De este modo se forma un compuesto de metal y cerámica HTSC (Superconductividad de alta Temperatura).

Sin embargo, debido a los coeficientes de dilatación térmica muy diferentes de un material cerámico tal como el material del cual se forma el superconductor y un metal del cual se forma el conductor térmico, se produce una tensión de esfuerzo cortante sobre la superficie del superconductor dando por resultado daños en la superficie de contacto e incluso en el cuerpo del superconductor.

Otro problema reside en que en las cerámicas HTSC la dilatación térmica dentro del cuerpo cerámico es extremadamente anisótropa debido a la naturaleza cristalina de la cerámica superconductora.

Por ejemplo, en el material superconductor bien conocido de tipo YBCO, la dilatación térmica tiene un factor diez veces superior en la dirección cristalográfica ab de los cristales que en la dirección de eje cristalográfico c. Particularmente en un superconductor cerámico YBCO la diferencia de coeficiente de dilatación térmica es todavía más drástica en la dirección ab con respecto a los metales tales como el Cu, teniendo el Cu un coeficiente perceptiblemente más alto de dilatación.

	Conductividad térmica λ (W/m°K)	Coeficiente de dilatación térmica a temperatura ambiente $\alpha \cdot 10^{-8}$ (1/K)
Cobre	384	1,68
Aluminio	204	2,38
YBCO Orto	2c) / 10 (ab)	0,3 (70°K)-1,0 (300 K)

Para los superconductores cerámicos YBCO cuando están adheridos, por ejemplo, a una placa de cobre, la destrucción en la dirección de los planos ab se observó a una temperatura entre 160 y 180 K. En las cerámicas YBCO los planos en la dirección ab son los planos de fisura preferidos.

Hay dos problemas que conducen a daños del superconductor cerámico a baja temperatura tal como la de LN2.

Al enfriarse se genera un esfuerzo cortante dentro de los planos ab - alineados paralelamente a la placa de cobre - en la interfaz entre el superconductor cerámico y la placa metálica debido al diferente coeficiente de dilatación térmica.

Además, en el superconductor YBCO tiene lugar un gradiente de temperatura de aproximadamente 20 K en la dirección del eje c a una temperatura de enfriamiento de 77 K. Ambos efectos dan lugar a la destrucción, a la formación de grietas y a la separación del superconductor en la dirección de los planos ab.

Por otra parte, por la anisotropía inherente al material del superconductor debida a su naturaleza cristalina, las características de funcionamiento en enfriamiento de tales superconductores no son uniformes. Estas características de funcionamiento en enfriamiento no uniformes requieren una potencia de enfriamiento superior en la máquina frigorífica para llevar la superficie del superconductor cerámico a la baja temperatura deseada. Esto es particularmente problemático en materiales superconductores de anisotropía significativa, tales como los YBCO.

Para solucionar estos problemas se sugirió fijar el superconductor a un envase metálico para formar el contacto íntimo necesario para la transferencia térmica en las caras laterales del superconductor, es decir en los planos ab, que tenga una mejor conductividad térmica que en la dirección del eje c.

Sin embargo esta solución se restringe a aplicaciones específicas y no puede ser aplicada en todos los casos.

El documento US 6.440.904 describe una disposición de superconductor cerámico de alta temperatura a utilizar como limitador de corriente compuesto de una capa de superconductor de alta temperatura y de una primera capa metálica de puente, preferiblemente de acero al Cr-Ni o de una aleación de Ni, en la que se proporciona una nueva capa metálica de puente, preferiblemente de plata o de una aleación de plata, entre la capa de superconductor de alta temperatura y la primera capa metálica de puente.

El documento DE 198 32 273 C1 se refiere a un limitador de corriente resistente integrado por un sustrato de material no conductor o conductor y una capa de material superconductor de alta temperatura aplicada sobre el sustrato. En la capa de superconductor de alta temperatura se disponen unas zonas no superconductoras que se pueden formar por agujeros que pasan a través del espesor de la capa de superconductor de alta temperatura.

la influencia de la variación de la densidad de corriente crítica en el comportamiento de la conmutación del limitador actual se reducirá por las zonas no superconductoras.

El objeto de la presente invención era proporcionar un superconductor de alta temperatura (AT) compuesto metal-cerámico que esté estabilizado mecánicamente y que se pueda enfriar a la baja temperatura necesaria para que el superconductor llegue a ser tal superconductor sin daños en el enfriamiento y tenga unas características de funcionamiento en enfriamiento mejoradas.

Este objeto se logra por un compuesto metal-cerámico de superconductor de AT que comprende un superconductor cerámico de AT adherido a un soporte de metal por un aglutinante conductor térmico donde en el superconductor cerámico de AT se proporciona al menos un taladro pasante que está en comunicación con el aglutinante en la interfaz entre el soporte de metal y el superconductor cerámico de AT, donde se proporciona un aglutinante adicional en al menos un taladro pasante y en el que el aglutinante en la interfaz y el aglutinante en al menos un taladro pasante están en contacto mutuo.

Según un aspecto adicional, se proporciona un método para adherir un superconductor cerámico de AT a un soporte de metal en el que el superconductor cerámico de AT se adhiere a un soporte de metal por un aglutinante conductor térmico, rellenando de aglutinante conductor térmico el al menos uno taladro pasante realizado en el superconductor cerámico de AT, formando dicho aglutinante en la interfaz entre el soporte de metal y el superconductor cerámico de AT y el aglutinante dentro del al menos un taladro pasante una conexión.

Según la presente invención, se puede utilizar como aglutinante conductor térmico cualquier aglutinante utilizado típicamente para conectar un superconductor cerámico de AT con un soporte de metal para extraer el calor a una máquina frigorífica.

Anteriormente se indican unos ejemplos adecuados de pastas conductoras térmicas, pegamentos conductores térmicos y metales de aportación en soldadura conductores térmicos, tales como In, Bi/In y aleaciones de plata o cualquier otro material de aportación en soldadura con un punto de fusión por debajo de 700°C. Otros ejemplos de materiales de aportación en soldadura adecuados son composiciones binarias tales como SnPb, SnZn, InZn, InAg, BiSn, AuSn, SnCd, SnAg, InSn, SnSb, SnCu, así como las composiciones o aleaciones ternarias o cuaternarios de los componentes arriba citados.

Si se utilizan pegamentos conductores térmicos, en caso necesario, el coeficiente de dilatación térmica del pegamento se puede adaptar al coeficiente respectivo de dilatación térmica del soporte de y/o del superconductor agregando un material de relleno adecuado al pegamento.

Son ejemplos de materiales de relleno adecuados el nitrato de aluminio y el dióxido de silicio o cualquier otro material adecuado para este fin.

Es una característica esencial de la presente invención que dentro del superconductor se disponga al menos un taladro pasante para recibir aglutinante adicional.

Como es obvio, el número y el tamaño de los taladros pasantes dependen del tamaño del cuerpo de superconductor. El cuerpo de superconductor posible puede tener tamaños en una gama de varios mm hasta más de 100 mm. Dependiendo del tamaño respectivo del cuerpo de superconductor se pueden preparar taladros pasantes con diámetros menores de 1 milímetro hasta mayores de 10 milímetros.

Aunque el tamaño del diámetro de los taladros pasantes no está particularmente restringido, es obvio que el diámetro de los taladros pasantes debe ser al menos lo bastante grande para asegurar que se logra un relleno de aglutinante suficiente en los taladros pasantes. Si el diámetro es demasiado pequeño, debido a la tensión superficial ya no es un posible un relleno suficiente.

Aplicando el aglutinante no sólo en la interfaz entre el superconductor cerámico de AT y el metal de soporte sino también dentro del al menos de un taladro pasante realizado dentro del superconductor de forma que el aglutinante en la interfaz y el aglutinante dentro del al menos un taladro pasante estén en contacto mutuo, se genera una sujeción flexible entre el superconductor cerámico y el soporte de metal.

Debido a esta sujeción flexible, se compensan las diferencias de longitud entre el superconductor y el soporte de metal que se producen en el enfriamiento debido a los diferentes coeficientes de dilatación térmica.

Por el contrario, en los compuestos hasta ahora conocidos según lo tratado anteriormente en los que el aglutinante está presente solamente en la interfaz entre el superconductor y el metal de soporte, la adherencia es rígida no permitiendo así compensación suficiente alguna.

Además, puesto que el aglutinante tiene un coeficiente de dilatación térmica superior al del superconductor cerámico de AT por el aglutinante presente en el al menos un taladro pasante, se ejerce una tensión mecánica que actúa a lo largo del taladro pasante. Si los planos preferidos de fisura están orientados verticalmente respecto al taladro pasante, la tensión puede impedir la fisura. Debido a este coeficiente de dilatación térmica superior del aglutinante presente en el al menos un taladro pasante y que además está en contacto con el aglutinante en la superficie del soporte de metal, se alcanza una consolidación mecánica del superconductor en la dirección de la tensión.

Mediante el aglutinante presente en el al menos un taladro pasante, se puede extraer el calor uniformemente sobre el conjunto del volumen de los superconductores, puesto que el aglutinante dentro de los taladros pasantes está en contacto íntimo con el superconductor. Así, mediante la presente invención, se puede evitar la generación de un gradiente de temperatura desventajoso dentro del superconductor en el enfriamiento.

Para la presente invención los términos “superconductor” y “superconductor cerámico (AT)” respectivamente, significan un cuerpo conformado hecho de un material superconductor o de un material precursor de un material superconductor que se convierte en superconductor mediante un tratamiento adecuado adicional tal como un tratamiento térmico como es generalmente conocido en el campo de los superconductores cerámicos.

En principio, la presente invención es aplicable a cualquier tipo de superconductor o de aplicación de superconductor asociado a los mismos problemas o a problemas similares a los arriba indicados que surgen precisado de la diferencia de coeficiente de dilatación térmica entre un superconductor y un material al cual se adhiere el superconductor.

Particularmente, se puede utilizar la presente invención para sujetar un superconductor cerámico a cualquier cuerpo de metal.

Los materiales adecuados de superconductor cerámico incluyen, por ejemplo, los superconductores cerámicos de tipo óxido, sulfuro, selenuro, telururo, nitruro, carburo de boro y oxicarbonato. Se prefieren los superconductores cerámicos de tipo óxido, por ejemplo, los miembros de la familia de las tierras raras (REBCO), la familia del bismuto (BSCCO), la familia del talio (TBCCO) o la familia del mercurio (HBCCO).

Los elementos adecuados para el RE se pueden seleccionar del grupo que consiste en Y, Pr, Nd, Sm, Eu, Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Tm e Yb.

Son ejemplos particularmente preferidos de superconductores cerámicos a los cuales es aplicable la presente invención los materiales cerámicos superconductores a los cuales se hace generalmente referencia como BSCCO 2212 y 2223, así como YBCO 123. Además, los materiales superconductores derivados de los mismos por sustitución total o parcial de uno o más componentes de metal y/o adición de otros componentes y/o compuestos adecuados para ajustar las propiedades del superconductor resultante. Tales sustitutos y/o aditivos son bien conocidos para los expertos en la materia.

A continuación se ilustran los aspectos anteriores de la presente invención así como aspectos adicionales con más detalle con referencia a un material superconductor YBCO 123 que es una realización preferida de la presente invención, y haciendo referencia a las figuras anexas.

ES 2 312 737 T3

Se muestra en:

la Figura 1 un ejemplo de un superconductor adecuado para la presente invención;

5 la Figura 2 una vista esquemática del compuesto superconductor de AT metal-cerámico según la presente invención;

la Figura 3 un corte a través del compuesto de la presente invención mostrado en la Figura 2; y

10 la Figura 4 una foto de una realización de un compuesto metal-cerámico superconductor de alta temperatura según la presente invención.

Los superconductores YBCO ($Y_1Ba_2Cu_3O_7$) tienen una temperatura crítica de 93 K. Son producidos típicamente por el método de crecimiento en fusión con sembrado por arriba (TSMG) que es generalmente bien conocido.

15 En general en el método TSMG se mezcla un polvo que tiene la composición estequiométrica de Y123 con aditivos adecuados, siendo, por ejemplo, una mezcla de partida adecuada Y123 + 25% molar Y_2O_3 , + 1% en peso CeO_2 .

20 Este polvo de partida se conforma para obtener la forma de cuerpo deseada tal como una placa, un cuerpo cilíndrico, etc., por ejemplo por prensado.

Subsiguientemente al prensado, el cuerpo prensado obtenido se somete a un proceso de sinterización. En el curso del proceso de sinterización, aumenta drásticamente la densidad del cuerpo prensado.

25 Del proceso de sinterización se obtiene un cuerpo sinterizado con una composición de Y123 que sin embargo no es un superconductor.

Se tiene que realizar un proceso de texturizado para el crecimiento cristalino orientado que es esencial para las características superconductoras del superconductor final.

30 Generalmente, el crecimiento cristalino orientado se realiza por un tratamiento térmico en el que el cuerpo sinterizado es parcialmente fundido y el producto de fusión parcial se enfría por un proceso de enfriamiento apropiado.

35 En el TSMG, para inducir y mejorar el crecimiento cristalino en la orientación preferida, encima del cuerpo sinterizado se coloca como semilla un solo cristal de $R_1Ba_2Cu_3$, siendo R = tierra rara, teniendo dicha semilla una malla cristalina idéntica a la malla del superconductor final Y123, que es de perovskita, y teniendo un punto de fusión que es superior al del Y123 de 1000°C.

40 Por ejemplo, un material adecuado de semilla para el Y123 es $Sm_1Ba_2Cu_3O_7$ que tiene un punto de fusión del 1060°C.

45 El cuerpo sinterizado con el material de semilla en su parte superior se calienta a una temperatura a la cual el cuerpo sinterizado se derrite parcialmente pero el material de semilla sigue siendo sólido, es decir, no se derrite. Por la semilla cristalina de SmBCO que es sólida en el punto de fusión del material de YBCO del cuerpo sinterizado se transfiere la información de la estructura cristalina de la semilla al cuerpo sinterizado parcialmente derretido. Mediante un proceso de enfriamiento apropiado tiene lugar el crecimiento de la malla cristalina deseada a partir de la semilla.

50 Para convertir el cuerpo texturizado obtenido en el superconductor deseado se tiene que realizar un tratamiento térmico para ajustar el contenido en oxígeno de una manera bien conocida.

En la Figura 1 se muestra esquemáticamente un superconductor Y123 en forma de una placa.

55 En la Figura 1 la referencia 1 indica el superconductor de YBCO texturizado con los planos de fisura paralelos al eje cristalográfico ab 2. Además, se muestran las direcciones de los ejes a, b y c.

Mediante el método TSMG anterior, se pueden obtener superconductores monolíticos Y123 de un solo dominio que tienen una longitud de borde de aproximadamente 60 mm. Tales superconductores se pueden utilizar, por ejemplo, para la construcción de sistemas de cojinetes magnéticos.

60 En la Figura 2 se muestra esquemáticamente una realización de compuesto metal-cerámico superconductor de AT de la presente invención. El superconductor cerámico 1 es adherido por un aglutinante 6 a un soporte 4 de metal en forma de placa.

65 La presente invención es aplicable a la adherencia de un superconductor cerámico a cualquier tipo de soporte de metal. El metal del cual se hace el soporte puede ser un metal del grupo del hierro (hierro, cobalto y níquel) o un metal de cualquier grupo distinto del hierro. Son preferidos el Cu, Al, Ni y el acero inoxidable.

ES 2 312 737 T3

Además, tampoco se restringe particularmente la forma del soporte. El soporte puede tener la forma de una chapa, cilindro, tubo, etc.

Preferiblemente, el superconductor 1 se adhiere al soporte 4 por soldadura usando las aportaciones de soldaduras precisadas anteriormente.

Preferiblemente, se utiliza una aportación de soldadura de indio o una aportación de soldadura que contenga indio.

Para asegurar el contacto íntimo entre el superconductor 1 y el metal de soporte 4, preferiblemente el aglutinante 6 forma una capa intermedia que cubre toda la superficie de contacto entre el superconductor cerámico 1 y el soporte 4 de metal según lo indicado en la Figura 2.

Sin embargo, si es apropiado, es también posible que el aglutinante 6 cubra solamente en parte la superficie de contacto a condición de que se consiga la finalidad de la presente invención. En este caso se debe cuidar que el aglutinante de la interfaz y el aglutinante que llena los taladros pasantes 5 estén en contacto mutuo.

El superconductor está dotado de unos taladros pasantes 5, aquí se muestran cuatro taladros pasantes. Los taladros pasantes 5 se alinean verticalmente con respecto al soporte 4 y con respecto a los planos 2 ab del superconductor Y123. Los taladros pasantes 5 están en comunicación con el aglutinante 6 en la interfaz entre el superconductor 1 y el soporte 4.

El taladro pasante 5 puede tener también una orientación inclinada con respecto al soporte.

Además, en la Figura 2 el taladro pasante 5 es cónico, disminuyendo el diámetro hacia el soporte. No obstante, también es posible hacer los taladros pasantes de manera recta, aunque se prefiere la forma cónica. En caso de forma cónica se puede lograr un contacto particularmente intensivo entre el aglutinante y la superficie interna de los taladros pasantes.

En los taladros pasantes se rellena con aglutinante adicional.

No es necesario llenar los taladros pasantes totalmente de aglutinante. Sin embargo, se prefiere un relleno completo o aproximadamente completo para asegurar la generación de una tensión suficientemente alta en la dirección a longitudinal del taladro pasante 5.

Por ejemplo, en un superconductor Y123, para evitar daños en los planos ab la tensión generada por el aglutinante dentro de los taladros pasantes 5 actúa en dirección paralela al eje c como se muestra en la Figura 2.

Para la generación de una tensión suficientemente alta, se prefiere que el aglutinante presente un coeficiente de dilatación térmica superior al del material superconductor.

Al enfriarse, debido al coeficiente de dilatación térmica superior se alcanza una contracción mayor del aglutinante en comparación con la contracción del material superconductor. La fuerza de tracción que resulta de la contracción del aglutinante actúa directamente en la pared del taladro pasante, preferiblemente de forma cónica, y da lugar a un contacto intensivo entre el aglutinante y el material HTSC en todo el ciclo completo de temperatura durante el proceso de enfriamiento.

La Figura 3 es un corte transversal a lo largo de la línea de dos taladros pasantes 5 de la Figura 2 que muestra la conexión continua formada por el aglutinante 6 dentro de los taladros pasantes 5 y el aglutinante 6 que cubre la interfaz entre el superconductor cerámico 1 y el soporte 4.

En la Figura 3 se indica mediante la flecha de la parte derecha dirigida hacia el soporte 4 la dirección de la tensión ejecutada por el aglutinante dentro de los taladros pasantes 5.

Como se precisa anteriormente, para evitar los daños de un superconductor en la dirección de los planos correspondientes a un material superconductor dado, se debe aplicar un aglutinante que tenga un coeficiente de dilatación térmica suficientemente superior al coeficiente de dilatación térmica del material superconductor para asegurar la generación de una tensión suficientemente alta perpendicular a dichos planos, por ejemplo, en el caso del Y123 en la dirección del eje c. Por ejemplo, para el superconductor Y123, la aportación de soldadura de In constituye un aglutinante particularmente adecuado a este respecto.

El al menos un taladro pasante 5 dentro del superconductor 1 se puede producir por cualquier método adecuado, tal como la perforación etc.

Se pueden disponer los taladros pasantes 5 en el superconductor 1 después del prensado, después del sinterizado o después del texturizado del cuerpo sinterizado. Preferiblemente, se realizan los taladros pasantes 5 antes del texturizado. En este caso los cristales crecientes crecerán alrededor de los taladros pasantes 5.

ES 2 312 737 T3

Si se aplica una adherencia por soldadura según una realización preferida de la presente invención, la superficie del superconductor adyacente al soporte, que es la superficie por la cual el superconductor se pega al soporte, y/o la superficie interna de la pared de los taladros pasantes 5 puede estar totalmente o al menos parcialmente metalizada proporcionando una capa fina de metal sobre la misma.

La capa metalizada se puede realizar por electrólisis de la capa superficial o puede ser una capa de metal aportada por quemado, tal como una capa de plata aportada por quemado. Los materiales y las técnicas para proporcionar tales aportaciones por quemado de metal en los superconductores se conocen generalmente. Por ejemplo se puede proporcionar el metal en las superficies respectivas por medio de rociado, inmersión, cepillado, etc.

Metalizando la superficie del superconductor adherida al soporte y/o la superficie interna o pared de los taladros pasantes 5 al menos parcialmente o preferiblemente en su totalidad se puede mejorar adicionalmente la estabilidad mecánica de la adherencia a bajas temperaturas y particularmente en el enfriamiento cuando tienen lugar grandes descensos escalonados de temperatura.

Según una realización adicional, se proporcionan unos agujeros o cavidades en la superficie del soporte 2 de metal que está frente al superconductor 1.

En el compuesto final, se llenan también estos agujeros adicionales de aglutinante dando como resultado una mejora de la estabilidad del compuesto así como un mejor soporte de la disipación de calor.

El emplazamiento en la superficie del soporte de metal, el número, tamaño y forma de estos agujeros adicionales no está particularmente restringido sino que se puede elegir según las necesidades.

Los agujeros se pueden situar en cualquier posición respecto al miembro de soporte. Se colocan preferiblemente frente a un taladro pasante 6. Preferiblemente los agujeros son taladros ciegos.

Los agujeros son preferiblemente de forma cónica, particularmente en los casos en que el diámetro aumenta hacia la parte inferior de los agujeros. Es decir, la forma del agujero cónico es por lo demás redonda, como es el caso de la forma cónica preferida en los taladros pasantes.

Según otra realización más, se pueden disponer unos vástagos en la superficie del soporte de metal que sobresalen en los taladros pasantes 5 del superconductor cerámico 1.

Preferiblemente, los vástagos se hacen de un material que tenga una buena conductividad térmica tal como un metal u otro material de buena conductividad térmica.

Por ejemplo, los vástagos se pueden hacer del mismo material que el soporte de metal.

Mediante la disposición de tales vástagos, se mejora la estabilidad del compuesto, así como la disipación térmica.

El número de vástagos de este tipo se puede elegir según las necesidades. Por ejemplo, se puede proporcionar un vástago por cada taladro pasante o el número de vástagos puede ser menor que el número de taladros pasantes 5.

El diámetro de los vástagos debería ser menor que el diámetro de los taladros pasantes, de modo que en el estado insertado siga habiendo un hueco entre la superficie interna de los taladros pasantes y la superficie de los vástagos lo bastante grande asegurar la suficiente adherencia de soldadura por la aportación de soldadura.

Además, es posible también una combinación de vástagos y de agujeros adicionales en la superficie del soporte 2 de metal situada frente a la superficie del superconductor cerámico.

Según se establece anteriormente, por la disposición de los agujeros y/o vástagos adicionales se puede mejorar la disipación de calor. Se requiere una disipación de calor particularmente buena en aplicaciones tales como volantes, motores eléctricos y alojamientos de cojinetes para los cuales la presente invención pueda ser utilizada ventajosamente.

Ejemplo

Se mezcló un polvo estequiométrico Y123 con un 25% molar de Y_2O_3 y un 1% en peso de CeO_2 . El polvo fue comprimido en forma de una placa y sinterizado.

En el cuerpo sinterizado obtenido se dispusieron unos taladros pasantes cónicos por perforación siendo el diámetro de los taladros pasantes un poco mayor en la superficie superior de la placa que en la superficie del fondo.

Se colocó un material de semilla de $Sm_1Ba_2Cu_3O_7$ en la superficie superior del cuerpo sinterizado y se realizó un texturizado calentando el cuerpo sinterizado a una temperatura por encima del punto de fusión del Y123, es decir de $1000^{\circ}C$, pero por debajo del punto de fusión del material de semilla, es decir por debajo de $1080^{\circ}C$, derritiendo parcialmente de este modo el cuerpo sinterizado.

ES 2 312 737 T3

Al enfriarse los cristales crecientes crecieron alrededor de los taladros pasantes.

5 El cuerpo de superconductor resultante fue acabado mecánicamente ajustando las dimensiones de acuerdo con la aplicación técnica deseada. Además, se alisó la superficie inferior del cuerpo de superconductor para facilitar la adherencia a un soporte.

En la superficie inferior del cuerpo de superconductor se dispuso plata para generar una capa de metal de aportación por quemado.

10 El cuerpo conformado así obtenido fue sometido a un tratamiento térmico a 850°C en el cual el metal proporcionado en la superficie inferior del cuerpo conformado fue quemado en el cuerpo conformado para formar así una capa de metal de aportación por quemado.

15 Subsiguientemente se disminuyó la temperatura a 480°C y se mantuvo a 480°C durante 120 horas para ajustar la fase del superconductor por absorción de oxígeno induciendo de tal modo la conversión de la fase tetragonal a ortorrómbica, es decir, desde la fase tetragonal no superconductora a la fase ortorrómbica superconductora.

20 Se eliminó una capa de óxido formada en la superficie de la capa de plata durante el tratamiento térmico anterior mediante un ácido débil, tal como ácido cítrico, para asegurar las propiedades adecuadas de la adherencia.

El cuerpo de superconductor resultante es soldado a la superficie de un soporte de metal usando aportación de soldadura de indio, habiendo limpiado la superficie del soporte de metal antes de soldar.

25 Se llenaron totalmente los taladros pasantes en el cuerpo de superconductor de soldadura de indio hasta que se obtuvo un contacto íntimo con la soldadura en la interfaz entre la superficie inferior del superconductor y la superficie del soporte de metal.

El compuesto metal-cerámico de superconductor resultante se podría enfriar por debajo de la temperatura crítica sin daño alguno. No se observó ningún gradiente de temperatura.

30 En la Figura 4 se muestra una foto del compuesto metal-cerámico HTSC obtenible por el proceso arriba referido.

35 En esta realización se coloca un superconductor de YBCO 123 (1) sobre un soporte de cobre (4) que se adhieren entre sí por una adherencia de aportación de soldadura usando BiIn (6). En el superconductor (1) se disponen 6 taladros pasantes (5) rellenos de aportación de soldadura de BiIn (6).

Adicionalmente, es todavía perceptible el cristal de semilla (3) en la superficie del superconductor.

40 En el soporte de cobre (4) se disponen dos taladros (7) para los dispositivos de fijación.

Las dimensiones del compuesto son como sigue:

- cuerpo del superconductor (1): anchura de 37 mm, longitud de 37 mm y altura de 12 mm;

45 - soporte (4) anchura de 40 mm, longitud de 100 mm y altura de 10 mm.

Lista de números de referencia

- 50
- | | |
|----|--------------------|
| 1 | superconductor |
| 2 | plano de fisura ab |
| 3 | semilla |
| 55 | 4 soporte de metal |
| | 5 taladro pasante |
| | 6 aglutinante |
| 60 | 7 taladros |

65

REIVINDICACIONES

1. Compuesto metal-cerámico superconductor de alta temperatura que comprende un superconductor cerámico (1) de AT adherido a un soporte metálico (2) por un aglutinante conductor térmico (3), **caracterizado** porque en el superconductor cerámico (1) de AT se dispone al menos un taladro pasante (5) que está en comunicación con el aglutinante (6) en la interfaz entre el soporte de metal (2) y el superconductor cerámico (1) de AT, en el que se proporciona un aglutinante adicional (6) en el al menos un taladro pasante (5) y en el que el aglutinante (6) en la interfaz y el aglutinante (6) en el al menos un taladro pasante (5) están en contacto mutuo.
2. Compuesto metal-cerámico superconductor de AT según la reivindicación 1, en el que el al menos un taladro pasante (5) tiene una forma cónica con diámetro que disminuye hacia el soporte de metal (4).
3. Compuesto metal-cerámico superconductor de AT según la reivindicación 1 ó 2, en el que la adherencia entre el superconductor (1) y el soporte de metal (4) se escoge de un grupo que consiste en una adherencia por aportación de soldadura y una adherencia por un sistema adhesivo.
4. Compuesto metal-cerámico superconductor de AT según cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en el que el superconductor es un superconductor de tipo $\text{REBa}_2\text{Cu}_3\text{O}$ siendo RE un metal de tierras raras seleccionado de Y, Pr, Nd, Sm, Eu, Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Tm e Yb.
5. Compuesto metal-cerámico superconductor de AT según cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en el que la adherencia entre el superconductor (1) y el soporte de metal (4) es una adherencia por aportación de soldadura y en el que la superficie inferior del superconductor (1) adyacente al soporte de metal (4) y/o la superficie interna de la pared de los taladros pasantes (5) están al menos parcialmente metalizadas.
6. Compuesto metal-cerámico superconductor de AT según cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en el que el superconductor (1) es de tipo $\text{REBa}_2\text{Cu}_3\text{O}$ que tiene una capa de plata aportada por quemado en su superficie inferior y/o una capa de plata aportada por quemado en la superficie interna de la pared de los taladros pasantes (5).
7. Compuesto metal-cerámico superconductor de AT según cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en el que se realiza al menos un agujero en la superficie del soporte de metal (2) situada frente al superconductor (1).
8. Compuesto metal-cerámico superconductor de AT según cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en el que se dispone al menos un vástago en la superficie del soporte de metal (2) que se proyecta en un taladro pasante (5).
9. Método para adherir un superconductor cerámico de AT a un soporte de metal, en el que el superconductor cerámico de AT (1) es adherido al soporte de metal (4) por un aglutinante (6) conductor térmico, **caracterizado** porque se rellena de aglutinante (6) conductor térmico al menos un taladro pasante (5) realizado en el superconductor cerámico de AT (1), estando dicho aglutinante (6) en la interfaz entre el soporte de metal (4) y el superconductor cerámico de AT y el aglutinante (6) en al menos un taladro pasante (5) en contacto mutuo.
10. Método según la reivindicación 9, en el que el al menos un taladro pasante (5) tiene una forma cónica con un diámetro que disminuye hacia el soporte (4).
11. Método según la reivindicación 9 ó 10, en el que la adherencia del superconductor (1) al soporte de metal (4) se realiza por aportación de soldadura.
12. Método según la reivindicación 9 ó 10, en el que la adherencia del superconductor (1) al soporte de metal (4) se realiza por un sistema adhesivo.
13. Método según las reivindicaciones 9 a 11, en el que la superficie inferior del superconductor (1) y/o la superficie interna de la pared del al menos un taladro pasante (5) están al menos parcialmente metalizadas por aplicación de un metal en la superficie.
14. Método según la reivindicación 13, en el que la metalización se realiza formando una capa de metal aportada por quemado aplicando el metal en la superficie a metalizar y sometiendo la superficie a un tratamiento térmico.
15. Método según las reivindicaciones precedentes 9 a 13, en el que el superconductor (1) es de tipo $\text{REBa}_2\text{Cu}_3\text{O}$ siendo RE un metal seleccionado del grupo de las tierras raras que consiste en Y, Pr, Nd, SM, Eu, Gd, TB, Dy, Ho, Er, Tm e Yb.
16. Uso de un compuesto metal-cerámico superconductor de AT según las reivindicaciones 1 a 8 para volantes, motores eléctricos y alojamientos de cojinetes.

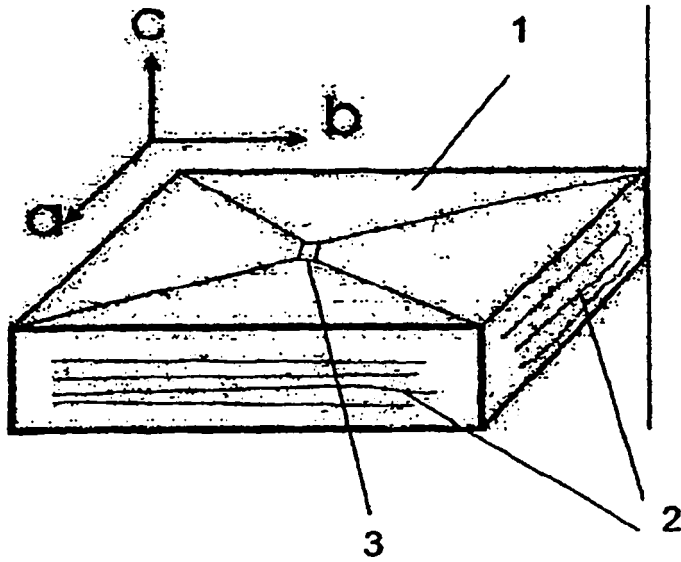


Fig. 1

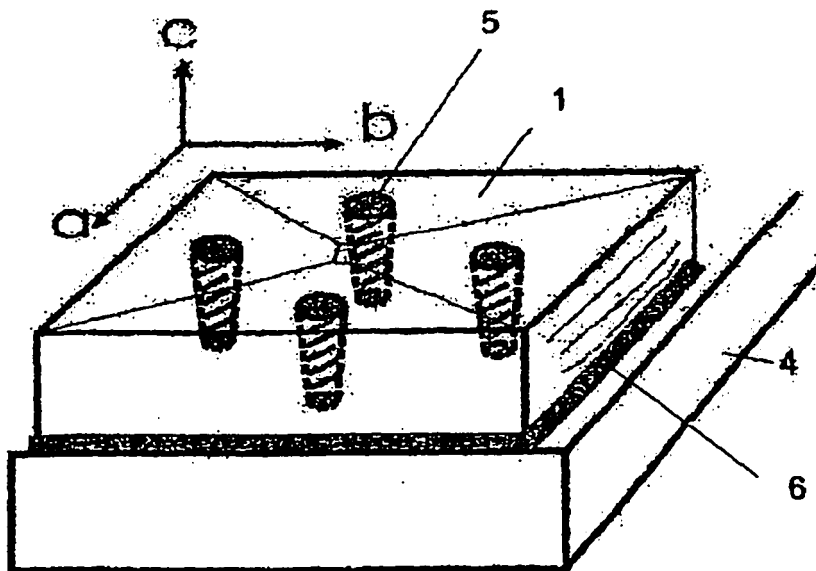


Fig. 2

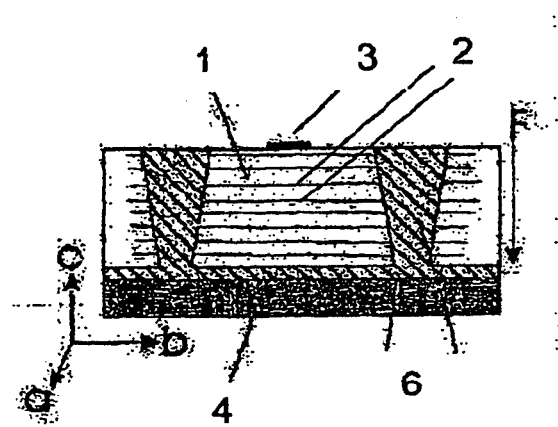


Fig. 3

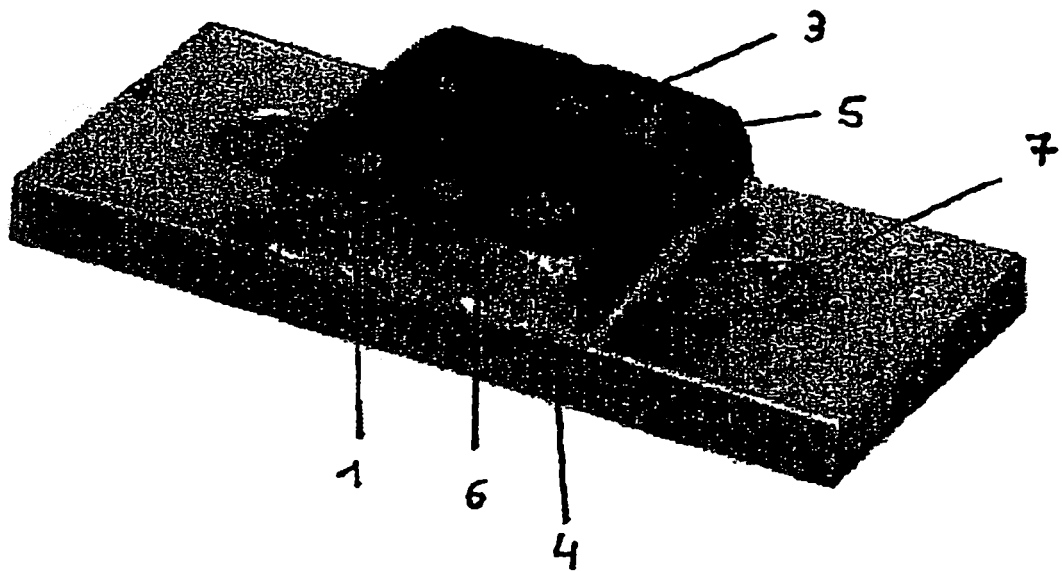


Figure 4.