

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 706 474**

51 Int. Cl.:

B22D 11/00 (2006.01)

B22D 11/04 (2006.01)

B22D 11/041 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **04.04.2014** **E 14461523 (4)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **17.10.2018** **EP 2873475**

54 Título: **Procedimiento de fabricación de alambres de aleaciones de Cu-Ag**

30 Prioridad:

05.04.2013 PL 40344313

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

29.03.2019

73 Titular/es:

**KGHM POLSKA MIEDZ SPÓLKA AKCYJNA
(25.0%)**

ul. Marii Sktodowskiej-Curie 48

59-301 Lubin, PL;

**TELE-FONIKA KABLE SPÓLKA AKCYJNA
(25.0%);**

AKADEMIA GORNICZO-HUTNICZA IM.

STANISŁAWA STASZICA W KRAKOWIE (25.0%) y

INSTYTUT METALI NIEZELAZNYCH (25.0%)

72 Inventor/es:

Kawecki, Artur;

Knych, Tadeusz;

Mamala, Andrzej;

Kwasniewski, Pawel;

Kiesiewicz, Grzegorz;

Smyrak, Beata y

Sieja-smaga, Eliza

74 Agente/Representante:

Carpintero López, Mario

ES 2 706 474 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 fabricación de alambres de aleaciones de Cu-Ag

La presente invención se refiere a un procedimiento de fabricación de alambres, incluyendo micro-alambres, de aleaciones de Cu-Ag, en particular de una aleación que comprende Cu-(3÷7,9) % de Ag en peso. Estas aleaciones que tienen la forma de barras y que vienen de una línea de fundición y colada se someten a secuencias de tratamiento de calor apropiadamente seleccionadas y se dan forma de alambres, presentando un conjunto de propiedades mecánicas y eléctricas excelentes.

De acuerdo con los informes recientes, las aleaciones de Cu-Ag pueden usarse como conductores en aplicaciones de suministro de potencia, en la industria de la automoción, en sistemas de suministro de potencia y de señalización de vías férreas de alta velocidad, en accesorios médicos y como componentes de suministro de bobinas generadoras de campos magnéticos fuertes.

Hasta ahora, las aleaciones conductoras en base a cobre, que pueden contener también Nb, Be, Zn, Sn, Zr, Cr, etc. se han aplicado en los campos de tecnología analizados. Sin embargo, estas aleaciones, aparte de sus propiedades mecánicas relativamente altas, se caracterizan por baja conductividad eléctrica. Aparte de sus altas propiedades mecánicas, las aleaciones de Cu-Ag muestran también valores excepcionalmente altos de conductividad eléctrica. Un número de soluciones globales se centra en desarrollar estas propiedades seleccionando una tecnología apropiada para obtener y procesar materiales. La investigación en centros científicos e institutos de investigación en todo el mundo se dirige a obtener alambres con propiedades mecánicas excelentes y, al mismo tiempo, la conductividad eléctrica más alta posible. La producción de lingotes con diversas formas en sección transversal y longitudes limitadas y los sistemas continuos de fundición y colada que aseguran que pueda obtenerse un material con longitud teóricamente sin fin, están entre las soluciones de ingeniería comúnmente conocidas aplicadas para obtener aleaciones.

Un análisis de las estructuras globales indica que las aleaciones obtenidas con esos procedimientos se procesan posteriormente mediante la aplicación de diversas tecnologías, en particular por trabajo plástico, por ejemplo, laminar, forjar, estirar, extrudir, además se aplican funciones de tratamiento térmico en diversas etapas de procesamiento mecánico para aumentar las propiedades mecánicas y eléctricas de los productos.

Un procedimiento para obtener micro-alambres de una aleación con la composición química de Cu-(2÷14) % de Ag en peso se conoce a partir de una solicitud de patente japonesa JP 200-199042. La descripción proporciona un procedimiento de fabricación de microalambres con un diámetro de 0,01 ÷ 0,1 mm usando ocho variantes de tratamiento. Los descubrimientos de investigación presentados en la descripción de la patente se han centrado en un material en forma de barras moldeadas con un diámetro de 8 mm y que contienen plata como un constituyente de la aleación en la cantidad del 5 y el 10 % de Ag en peso. El esquema para obtener microalambres de acuerdo con la descripción referida proporciona ejecutar las siguientes secuencias de tratamiento. Las barras moldeadas de la aleación de Cu-10 % de Ag en peso se sometieron a una reducción de diámetro en el proceso de estirado de 10 mm a 5 mm, a una reducción ajustada del 61 %. A continuación, el material deformado se trató con calor a 450 °C durante 10 h, para aplicar posterior reducción global de bien el 94,2 % o el 99 %. El diámetro del alambre final fue 1,2 mm y 0,5 mm, respectivamente. Los alambres con dicha historia de desarrollo de tratamiento termo-mecánico alcanzaron propiedades mecánicas y eléctricas a un alto nivel de 1530 MPa y el 76 % de IACS (100 % IACS = 58,0 MS/m). Una variante de tratamiento separada de barras moldeadas con un contenido de plata un poquito menor que en la versión previa (6 % en peso de Ag) de acuerdo con esta solución, proporcionó la aplicación del tratamiento de calor realizado en las mismas condiciones: 450 °C/10 h aplicado al material inicial, es decir, la barra moldeada. A continuación, se ajustó la reducción global alcanzando el 98,4 % (para un diámetro de 1,0 mm), que finalmente permitió una resistencia a la tensión de 1320 MPa a lograrse. La conductividad eléctrica alcanzó el 78 % de IACS. Aparte de las variantes de tratamiento descritas anteriormente, los autores de esta patente introdujeron una etapa adicional de mantener a 370 °C/15 h. Empezando con una barra con un diámetro al moldear de 8 mm, las posteriores etapas implicaron la reducción global del 61 % (a un diámetro de 5 mm), un tratamiento térmico (450 °C/10 h), de nuevo una reducción global del 84 % (a un diámetro de 2 mm).

A continuación, se aplicaron una o dos etapas adicionales de tratamiento térmico (370 °C/15 h). Una de las variantes asumió, después de la reducción global del 84 %, un tratamiento térmico (370 °C/15 h) y un tratamiento adicional a diámetros de 0,05 ÷ 0,03 mm (reducción total del 99,3 ÷ 99,8 %). Dicho procedimiento permite un aumento significativo de propiedades mecánicas dentro del intervalo de 1420 ÷ 1735 MPa y un aumento de la conductividad eléctrica a 60 ÷ 65 % de IACS. La segunda de las variantes experimentó, después de la reducción global inicial del 61 %, un tratamiento térmico a 450 °C/10 h, la reducción global del 84 %, un tratamiento térmico a 370 °C/15 h, seguido de la reducción global del 97,8 % a un diámetro de 0,3 mm y un tratamiento térmico posterior a 370 °C/60 h y la reducción global final del 99,6 % a un diámetro de 0,02 mm. Dicho procedimiento de proceder permitió que los alambres lograran la resistencia a la tensión de 1250 MPa y la conductividad eléctrica del 71 % de IACS.

Otro procedimiento para obtener materiales a partir de una aleación de Cu-Ag se presenta en la descripción de la solicitud internacional n.º WO 2007-046378. El material de entrada fue un lingote de aleación de Cu-Ag con dimensiones de 10x10x30 mm, obtenido fundiendo en un horno Tamman eléctrico a una temperatura de 1250 °C.

Las aleaciones del intervalo de Cu-(1 ÷ 10) % de Ag en peso, Cu-(2 ÷ 6) % de Ag en peso se sometieron a una reducción en el proceso de estirado. Los procesos de tratamiento térmico aplicados en la fase central de la reducción se llevaron a cabo a temperaturas de 400 ÷ 500 °C durante un periodo de 1 a 50 horas en una atmósfera de vacío o de gas inerte para evitar la oxidación de la superficie del material. Las relaciones presentadas en la descripción de la patente se refieren a aleaciones principalmente en el intervalo de Cu-(1 ÷ 10) % de Ag en peso. Un lingote de Cu-Ag con dimensiones como se mencionan anteriormente y un contenido de plata del primer 1 %, 2 % y 3 % de Ag en peso se sometió a un tratamiento térmico a 450 °C/20 h, y posteriormente a una reducción global con una medida logarítmica 0,6 (la tensión verdadera es el logaritmo natural del coeficiente de alargamiento en el proceso de estirado del alambre, el coeficiente de alargamiento significa un cuadrado del cociente del diámetro inicial del alambre y el diámetro final del alambre).

Después el material de Cu-4 % de Ag en peso se sometió a mantenimiento a 450 °C/10 h y estirado con una tensión de 0,6 en la escala logarítmica. Conforme aumentó el contenido de plata en la aleación, el tiempo del tratamiento térmico aplicado disminuyó. Un lingote de Cu-10 % de Ag en peso se sometió a mantenimiento a 450 °C durante 5 horas. Cada aleación descrita, en la etapa posterior de procesamiento, se sometió a una tensión verdadera de 8 o 12. Como resultado de la investigación, se obtuvieron alambres con una resistencia a la tensión de 1400 MPa y una conductividad eléctrica del 76,4 % de IACS, así como con una resistencia a la tensión de 1200 MPa y una conductividad del 81,7 % de IACS. En la opinión del autor de esta solución, el cociente de la resistencia de las aleaciones de Cu-Ag excediendo el 10 % en peso de Ag al contenido de Ag es desventajoso, de esta manera el intervalo seleccionado de las aleaciones ensayadas estuvo entre el 1 y el 10 % de Ag en peso.

En la descripción de la solicitud americana n.º US 2008/0202648 A1 se presentan descubrimientos de investigación de aleaciones de Cu-Ag con el contenido de plata dentro del intervalo de 1 ÷ 3,5 % de Ag en peso. En este caso, el material inicial es un lingote con el contenido máximo de impurezas de 10 ppm o menos, obtenido en el proceso de colada en molde. El metal durante la colada se enfría a una velocidad de enfriamiento de 400 ÷ 500 °C/min. El producto de acuerdo con esta solución se procesa además por ejemplo por estirado, laminado, etc.

Las funciones de tratamiento térmico después de los procesos de tratamiento plástico se llevan a cabo a 300 ÷ 350 °C durante 10 ÷ 20 h, 350 ÷ 450 °C durante 5 ÷ 10 h, o a temperaturas de 450 ÷ 550 °C durante 0,5 ÷ 5 h en una atmósfera de gas inerte. Después de los procesos de mantenimiento, el programa para obtener productos del Cu-(1 ÷ 3,5 %) de Ag en peso de acuerdo con la presente invención proporciona un estiramiento a un diámetro de 0,05 mm o menos. De acuerdo con la descripción a la que se hace referencia la resistencia a la tensión del material final está dentro del intervalo de 800 ÷ 1200 MPa, mientras que la conductividad eléctrica está dentro del intervalo de ÷ 84 % de IACS. Esta solución también asume, a una cierta etapa de obtención de alambres a partir de la aleación de Cu-(1 ÷ 3,5 %) de Ag en peso, un proceso de mantenimiento adicional a temperaturas de 600 ÷ 900 °C durante un tiempo muy corto, es decir, de 5 a 120 segundos.

Una desventaja compartida por las soluciones es la subutilización de una posibilidad de desarrollar ventajosamente la microestructura de aleaciones de Cu-Ag, y una posibilidad relacionada de fabricar alambres con un conjunto incluso más alto de propiedades mecánicas y eléctricas.

Los procesos de tratamiento termo-mecánico multi-secuenciales llevados a cabo a intervalos de temperatura seleccionados desfavorablemente, combinados con un tiempo de tratamiento térmico demasiado extendido, no influyen negativamente en la maximización de propiedades mecánicas y eléctricas. Además, los tratamientos con calor intermedios adicionales (inherentes a la generación del coste de producción completo), usados en una etapa inapropiada de la producción de alambre, no se traducen completamente en un alto conjunto de propiedades mecánicas y eléctricas del producto final.

El objeto de la invención es presentar un procedimiento consistente, integrado para la fabricación de componentes de alambre, incluyendo microalambres, que comprende los procesos continuos de fusión y colada de barras de aleaciones de Cu-Ag y un tratamiento térmico secuencial combinado con estirado, permitiendo que se obtengan alambres, incluyendo micro-alambres, con una resistencia a la tensión R_m dentro del intervalo de 1100 ÷ 1400 MPa y simultáneamente una conductividad eléctrica dentro del intervalo del 68 ÷ 84 % de IACS.

Las aleaciones de Cu-Ag tienen la posibilidad de solubilidad limitada mutua en el estado sólido de plata en cobre y cobre en plata. La microestructura de la aleación consiste en una matriz que comprende principalmente cobre que contiene una cierta cantidad de plata sin precipitar y precipita rica en plata, que contiene también una pequeña cantidad de cobre sin precipitar. Usando un tratamiento termo-mecánico multi-etapa de coladas y apropiadamente temperatura y tiempo seleccionados del tratamiento térmico (enfriamiento bruscamente y envejecimiento), muchos precipitados numerosos de plata fina pueden precipitar dentro del volumen entero de la solución de plata supersaturada en cobre. La aplicación de una tensión plástica significativa contribuye a un alargamiento sustancial de los precipitados formados como resultado del tratamiento termo-mecánico de la aleación. La estructura en una sección longitudinal de los alambres (microalambres) consiste en fibras muy numerosas, delgadas, considerablemente alargadas que comprenden casi completamente plata con una pequeña mezcla de cobre y comprendiendo la matriz casi completamente cobre. El diámetro de estas fibras tiene dimensiones nanométricas.

En la solución de acuerdo con esta invención, los materiales en forma de cobre y plata con una alta pureza química

ES 2 706 474 T3

- se mezclan a una temperatura de 1083 ÷ 1300 °C en un crisol de grafito colocado en un horno y posteriormente se cuela en continuo a una temperatura de 1083 ÷ 1300 °C, en una atmósfera de gas inerte usando un molde de grafito, en condiciones de enfriamiento primario (enfriamiento en molde) y condiciones de enfriamiento secundario (la aleación solidificada después de dejar el molde) y así la colada obtenida con este procedimiento se somete a un
- 5 tratamiento termo-mecánico durante el cual la colada obtenida se recuece en una solución a una temperatura de 600 ÷ 779,1 °C durante 0,5 ÷ 100 horas y posteriormente enfriada bruscamente a una velocidad más rápida que el proceso de precipitado de sus constituyentes de la solución sólida y después se somete a unos procesos de
- 10 tratamiento térmico de dos etapas adicionales en los que la primera etapa es el mantenimiento a 150 ÷ 300 °C durante 0,1 ÷ 100 horas, seguido por - en la segunda etapa - mantenimiento a una temperatura de 300 ÷ 500 °C durante 0,1 ÷ 20 horas y después enfriamiento lento, seguido de estirar en alambres de la sección transversal final.
- Preferentemente, durante el tratamiento termo-mecánico, la colada obtenida, después de recocerse en solución a una temperatura de 600 ÷ 779,1 °C durante 0,5 ÷ 100 horas y posteriormente enfriarse bruscamente y, posteriormente, se extrae, con una medición de tensión verdadera de 0,1 ÷ 1 y después se somete a los procesos de tratamiento térmico de dos etapas adicionales, seguido de estirar en alambres de la sección transversal final.
- 15 Preferentemente, cuando se deforma el material en los alambres de sección transversal finales, se produce al menos un tratamiento térmico intermedio dentro de 200 ÷ 600 °C durante 0,1 ÷ 50 horas, seguido de enfriamiento lento.
- Preferentemente, durante la deformación del material en los alambres de sección transversal finales se produce al menos un tratamiento térmico intermedio a 600 ÷ 900 °C durante 0,1 ÷ 1000 segundos, seguido de enfriamiento
- 20 bruscamente.
- Preferentemente, los alambres de sección transversal finales se someten a un tratamiento térmico a una temperatura de 50 ÷ 300 °C durante 0,1 ÷ 1000 horas.
- Preferentemente, después del recocido en solución, la colada se enfría bruscamente con agua.
- Preferentemente después del recocido en solución, la colada se enfría bruscamente con aceite.
- 25 Preferentemente después del recocido en solución, la colada se enfría bruscamente con nitrógeno líquido.
- Preferentemente después del recocido en solución, la colada se enfría bruscamente con emulsión.
- Preferentemente, el crisol de grafito está hecho de un grafito altamente puro, en el que los constituyentes de la aleación se colocan bajo una capa de carbón vegetal o de grafito.
- Preferentemente, el crisol de grafito se coloca en atmósfera protectora.
- 30 Preferentemente, el molde de grafito se enfría con un sistema que se monta en él, a través del que fluye un agente de enfriamiento (el sistema de enfriamiento primario).
- Preferentemente, la colada que deja el molde se enfría adicionalmente mediante un agente de enfriamiento administrado directamente sobre la colada (el sistema de enfriamiento secundario).
- 35 Gracias a la aplicación del procedimiento de acuerdo con la invención, se han obtenido los siguientes efectos técnicos y funcionales, es decir una posibilidad de formar un conjunto de propiedades eléctricas y mecánicas excelentes del producto, reducción de los costes de fabricación gracias a los tratamientos termo-mecánicos apropiadamente seleccionados, una posibilidad de seleccionar las condiciones óptimas de la secuencia de tratamiento termo-mecánico para obtener las propiedades mecánicas y eléctricas requeridas, una relación ventajosa del peso a los parámetros mecánicos de los productos obtenidos.
- 40 La solución de acuerdo con la invención se presenta en los ejemplos de realización en la Tabla 1, en la que con un ejemplo de tres aleaciones de Cu-Ag con diversos contenidos de plata dentro del intervalo de la presente invención, se presenta el procedimiento para obtener alambres (incluyendo micro-alambres), junto con una lista de propiedades mecánicas y eléctricas en diferentes etapas de fabricación del producto.

Tabla 1

Contenido de Ag en la aleación [% en peso]		3	5	7
Diámetro [mm]		9,5		
Propiedades de colada	R _m , MPa	190	210	240
	%IACS	89	87	84
Tratamiento térmico [°C/h] (recocido en solución)		750/20 - enfriamiento bruscamente con aceite	750/10 - enfriamiento bruscamente con agua	750/20 - enfriamiento bruscamente con emulsión

45

(continuación)

Contenido de Ag en la aleación [% en peso]		3	5	7
Tensión verdadera ϵ_{rz}		0,4	ninguna	0,4
Propiedades	R_m , MPa	230	no aplicable	260
	% IACS	94	no aplicable	83
Tratamiento térmico [°C/h] (envejecimiento primario)		300/20 - enfriamiento con aire	200/20 - enfriamiento con aire	300/20 - enfriamiento con aire
Tratamiento térmico [°C/h] (envejecimiento secundario)		450/10 - enfriamiento con aire		
Tensión verdadera ϵ_{rz}		2,7		
Propiedades	R_m , MPa	510	540	570
	% IACS	90	87	83
Tratamiento térmico [°C/h]		400/2 - enfriamiento con aire	ninguno	ninguno
Propiedades	R_m , MPa	400	no aplicable	no aplicable
	% IACS	95	no aplicable	no aplicable
Tensión verdadera ϵ_{rz}		7,7	6,5	7,7
Diámetro final de alambre redondo [mm]		0,2	0,37	0,2
Contenido de Ag en la aleación [% en peso]		3	5	7
Tratamiento térmico final [°C/h]		240/2	180/10	150/100
		enfriamiento con aire		
Propiedades	R_m , MPa	1100	1220	1250
	% IACS	82	74	75

5 El procedimiento para obtener microalambres a partir de aleaciones de Cu-Ag se describe con los ejemplos de realización a continuación.

Ejemplo 1

10 Los materiales en forma de gránulos de plata de alta pureza del 99,99 % y cobre OFE se fundieron a la temperatura de 1200 °C en un crisol de grafito colocado en un horno de inducción. El proceso de colada continua se llevó a cabo a una temperatura de 1200 °C en una atmósfera de gas inerte. La colada continua de las barras con una composición química de Cu-3 % de Ag en peso, usando un molde de grafito se realizó en condiciones de enfriamiento primario (enfriamiento en molde) y un enfriamiento secundario (la aleación solidificada que deja el molde). Las barras redondas obtenidas como resultado del proceso de colada continua tuvieron un diámetro de 9,5 mm y una resistencia a la tensión $R_m = 190$ MPa, y la conductividad eléctrica del 80 % de IACS. El material se sometió después a los procesos de tratamiento termo-mecánico. La colada se recoció en solución a una temperatura de 750 °C durante 20 horas y posteriormente se enfrió bruscamente en aceite para conservar la estructura homogénea del material. El procedimiento adicional incluyó ajustar una tensión en el proceso de estirado, con la medición de la tensión verdadera de 0,4. Después de este proceso, las barras demostraron la resistencia a la tensión de $R_m = 230$ MPa y la conductividad eléctrica del 94 % de IACS. A continuación, se llevó a cabo un proceso de envejecimiento de dos etapas para extraer tanta plata como fuera posible de la solución sólida homogénea de Cu-Ag. El envejecimiento primario (la primera etapa) se llevó a cabo a 300 °C durante 30 horas. El envejecimiento secundario (la segunda etapa) se llevó a cabo a la temperatura de 450 °C durante 10 horas. Después de los tratamientos con calor preliminares completados, la microestructura con aleación consistió en precipitados de plata finos muy numerosos en la matriz de cobre. A continuación, el material se estiró en alambres con una tensión verdadera de 2,7, seguido de un tratamiento térmico intermedio que consistió en un mantenimiento a una temperatura de 400 °C durante 2 horas. A continuación, el material se estiró en los alambres del diámetro final. Para potenciar las propiedades eléctricas, los alambres de diámetro final se sometieron a un tratamiento térmico a una temperatura de 240 °C durante 2 horas. Al final, los alambres con un diámetro de 0,2 mm y una tensión verdadera de 7,7 tuvieron una resistencia a la tensión $R_m = 1100$ MPa y una conductividad eléctrica del 82 % de IACS. La microestructura final del alambre, como se observa en su sección longitudinal, presentó bandas de plata delgadas muy numerosas, alargadas y matrices de cobre, favorable para obtener un conjunto de altas propiedades mecánicas y una conductividad eléctrica alta del producto.

15

20

25

30

Ejemplo 2

Los materiales en forma de gránulos de plata de alta pureza del 99,99 % y cobre OFE se fundieron a la temperatura de 1200 °C en un crisol de grafito colocado en un horno de inducción. El proceso de colada continua se llevó a cabo a una temperatura de 1210 °C en una atmósfera de gas inerte. La colada continua de las barras con una composición química de Cu-5 % de Ag en peso, usando un molde de grafito se realizó en condiciones de un enfriamiento primario (enfriamiento en molde) y un enfriamiento secundario (de la aleación solidificada después de dejar el molde). Las barras redondas obtenidas como resultado del proceso de colada continua tuvieron un diámetro de 9,5 mm y una resistencia a la tensión $R_m = 210$ MPa, y la conductividad eléctrica del 87 % de IACS. De esta manera el material obtenido se sometió a los proceso de tratamiento termo-mecánico. La colada se recoció en solución a una temperatura de 750 °C durante 10 horas y posteriormente se enfrió bruscamente en agua para conservar la estructura homogénea del material. Después de este proceso, fue necesario llevar a cabo un proceso de envejecimiento en dos etapas, para extraer tanta plata como fuera posible de la solución sólida homogénea de Cu-Ag. El envejecimiento primario (la primera etapa) se llevó a cabo a 200 °C durante 20 horas. El envejecimiento secundario (la segunda etapa) se llevó a cabo a una temperatura de 450 °C durante 10 horas. Después de los tratamientos con calor preliminares, la microestructura de aleación consistió en precipitados de plata finos muy numerosos en la matriz de cobre. A continuación, el material se estiró en los alambres de diámetro final. Para potenciar las propiedades eléctricas, los alambres de diámetro final se sometieron a un tratamiento térmico a una temperatura de 180 °C durante 10 horas. Finalmente, los alambres con un diámetro de 0,37 mm y una tensión verdadera de 6,5 tuvieron una resistencia a la tensión $R_m = 1220$ MPa y una conductividad eléctrica del 74 % de IACS. La microestructura final del alambre, como se observa en su sección longitudinal, presentó bandas de plata delgadas muy numerosas, alargadas y matrices de cobre, favorable para obtener un conjunto de altas propiedades mecánicas y una conductividad eléctrica alta del producto.

Ejemplo 3

Los materiales en forma de gránulos de plata de alta pureza del 99,99 % y cobre OFE se fundieron a la temperatura de 1220 °C en un crisol de grafito colocado en un horno de inducción. El proceso de colada continua se llevó a cabo a una temperatura de 1220 °C en una atmósfera de gas inerte. La colada continua de las barras con una composición química de Cu-7 % de Ag en peso, usando un molde de grafito se realizó en condiciones de un enfriamiento primario (enfriamiento en molde) y un enfriamiento secundario (de la aleación solidificada después de dejar el molde). Las barras redondas obtenidas como resultado del proceso de colada continua tuvieron un diámetro de 9,5 mm y una resistencia a la tensión $R_m = 240$ MPa, y una conductividad eléctrica del 84 % de IACS. De esta manera el material obtenido se sometió después a los procesos de tratamiento termo-mecánico. La colada se recoció en solución a una temperatura de 750 °C durante 20 horas y posteriormente se enfrió bruscamente en agua para conservar la estructura homogénea del material. El procedimiento adicional incluyó ajustar una tensión en el proceso de estirado, con la medición de la tensión verdadera de 0,4. Después de este proceso, las barras tuvieron una resistencia a la tensión de $R_m = 260$ MPa y una conductividad eléctrica del 83 % de IACS. A continuación, se llevó a cabo un proceso de envejecimiento de dos etapas, que fue para extraer tanta plata como fuera posible de la solución sólida homogénea de Cu-Ag. El envejecimiento primario (la primera etapa) se llevó a cabo a 300 °C durante 20 horas. El envejecimiento secundario (la segunda etapa) se llevó a cabo a la temperatura de 450 °C durante 10 horas. Después de los tratamientos con calor preliminares, la microestructura con aleación consistió en precipitados de plata finos muy numerosos en la matriz de cobre. A continuación, el material se estiró en los alambres del diámetro final. Para potenciar las propiedades eléctricas, los alambres de diámetro final se sometieron a un tratamiento térmico a una temperatura de 150 °C durante 100 horas. Finalmente, los alambres con un diámetro de 0,2 mm y una tensión verdadera de 7,7 tuvieron una resistencia a la tensión $R_m = 1250$ MPa y una conductividad eléctrica del 75 % de IACS. La microestructura final del alambre, como se observa en su sección longitudinal, presentó bandas de plata delgadas muy numerosas, alargadas y matrices de cobre, favorable para obtener un conjunto de altas propiedades mecánicas y una conductividad eléctrica alta del producto.

La solución de acuerdo con la invención es un procedimiento previamente desconocido, consistente, integrado de fabricación de barras terminadas como un resultado del proceso continuo de fundición y colada de aleaciones de Cu-Ag que conllevan una alta pureza química con un contenido de oxígeno permisible en la aleación de 3 ppm o menos y otras impurezas hasta un máximo de 20 ppm. La composición química y la estructura de las barras de aleación de Cu-Ag obtenidas en base a la solución de acuerdo con la invención son constantes a lo largo de la longitud completa de la colada. El producto final en forma de alambres (incluyendo micro-alambres) solamente se obtiene estirando las barras coladas en continuo, usando troqueles con un perfil redondo u otro.

REIVINDICACIONES

1. Un procedimiento de fabricación de alambres, incluyendo microalambres, de aleaciones de Cu-Ag, en particular de aleaciones con Cu-(3÷7,9) % de Ag en peso **caracterizado porque** los materiales en forma de cobre y plata con una alta pureza química se funden a una temperatura de 1083 ÷ 1300 °C en un crisol de grafito colocado en un horno y posteriormente se cuela en continuo a una temperatura de 1083 ÷ 1300 °C, en una atmósfera de gas inerte usando un molde de grafito, en condiciones de enfriamiento primario (enfriamiento en molde) y de enfriamiento secundario (la aleación solidificada después de dejar el molde) y después la colada obtenida de esta manera se somete a un tratamiento termo-mecánico durante el cual la colada obtenida se recuece en solución a una temperatura de 600 ÷ 779,1 °C durante 0,5 ÷ 100 horas y posteriormente se enfría bruscamente a una velocidad más rápida que el proceso de precipitado de sus constituyentes de la solución sólida y después se somete a unos procesos adicionales de tratamiento térmico de dos etapas en los que la primera etapa es el mantenimiento a 150 ÷ 300 °C durante 0,1 ÷ 100 horas, seguido por - en la segunda etapa - mantenimiento a una temperatura de 300 ÷ 500 °C durante 0,1 ÷ 20 horas y después enfriamiento lento, seguido de estiramiento en alambres de la sección transversal final.
2. Un procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1, **caracterizado porque** durante el tratamiento termo-mecánico la colada obtenida, después de ser recocida en solución a una temperatura de 600 ÷ 779,1 °C durante 0,5 ÷ 100 horas y posteriormente enfriada bruscamente a una velocidad más rápida que el proceso de precipitación de sus constituyentes a partir de la solución sólida, posteriormente se estira, con una medición de tensión verdadera de 0,1 ÷ 1 y después se somete a los procesos adicionales de tratamiento térmico de dos etapas, seguido de estiramiento en alambres de la sección transversal final.
3. Un procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1, **caracterizado porque** durante el estirado del material en alambres de la sección transversal final, se produce al menos un tratamiento térmico intermedio dentro del intervalo de 200 ÷ 600 °C durante 0,1 ÷ 50 horas, seguido de enfriamiento lento o bien de enfriamiento brusco.
4. Un procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1, **caracterizado porque** durante el estirado del material en alambres de la sección transversal final, se produce al menos un tratamiento térmico intermedio dentro del intervalo de 600 ÷ 900 °C durante 0,1 ÷ 1000 segundos, seguido de enfriamiento lento o bien de enfriamiento brusco.
5. Un procedimiento de acuerdo con la reivindicación 2 o 1, **caracterizado porque** los alambres de sección transversal final se someten a un tratamiento térmico a una temperatura de 50 ÷ 250 °C durante 0,1 ÷ 1000 horas.
6. Un procedimiento de acuerdo con la reivindicación 2, **caracterizado porque** después del recocido en solución la colada se enfría bruscamente con agua.
7. Un procedimiento de acuerdo con la reivindicación 2, **caracterizado porque** después del recocido en solución la colada se enfría bruscamente con aceite, en particular con un aceite de proceso.
8. Un procedimiento de acuerdo con la reivindicación 2, **caracterizado porque** después del recocido en solución la colada se enfría bruscamente con nitrógeno líquido.
9. Un procedimiento de acuerdo con la reivindicación 2, **caracterizado porque** después del recocido en solución la colada se enfría bruscamente con emulsión, con la concentración de aceite en agua de entre el 3 y el 25 %.
10. Un procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1, **caracterizado porque** el crisol de grafito está hecho de un grafito altamente puro, en el que los constituyentes de la aleación se colocan bajo una capa de carbón vegetal o de grafito.
11. Un procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1, **caracterizado porque** el crisol de grafito se coloca en una atmósfera protectora.
12. Un procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1, **caracterizado porque** el molde de grafito se enfría con un sistema que se monta en él, a través del que fluye un agente de enfriamiento (el sistema de enfriamiento primario).
13. Un procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1, **caracterizado porque** la colada que deja el molde se enfría adicionalmente mediante un agente de enfriamiento aplicado directamente sobre la colada (el sistema de enfriamiento secundario).