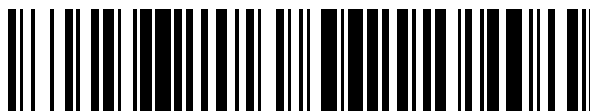


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 673 936**

51 Int. Cl.:

| | |
|-------------------|-----------|
| C22C 30/02 | (2006.01) |
| B22F 3/105 | (2006.01) |
| C22C 1/04 | (2006.01) |
| C22C 5/02 | (2006.01) |
| C22C 9/00 | (2006.01) |
| A44C 27/00 | (2006.01) |
| B33Y 70/00 | (2015.01) |
| B33Y 80/00 | (2015.01) |

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **18.05.2015 PCT/IB2015/053657**
- 87 Fecha y número de publicación internacional: **19.11.2015 WO15173790**
- 96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **18.05.2015 E 15732379 (1)**
- 97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **04.04.2018 EP 3142814**

54 Título: **Uso de aleaciones de oro en polvo para la fabricación de artículos de joyería mediante fusión selectiva con láser**

30 Prioridad:

16.05.2014 IT VI20140128
16.05.2014 IT VI20140129

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
26.06.2018

73 Titular/es:

PROGOLD S.P.A. (100.0%)
Via Postale Vecchia 26/A
36070 Trissino (VI), IT

72 Inventor/es:

ZITO, DAMIANO

74 Agente/Representante:

ILLESCAS TABOADA, Manuel

ES 2 673 936 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

Uso de aleaciones de oro en polvo para la fabricación de artículos de joyería mediante fusión selectiva con láser

5 Campo de aplicación

La presente invención es aplicable en general al campo técnico de la producción de joyería, y particularmente se refiere al uso de aleaciones en polvo de oro amarillo, blanco o rojo para la fabricación de artículos de joyería mediante fusión selectiva por láser (SLM), tanto para la creación rápida de prototipos como para producción directa.

10

Definiciones

En el presente texto, la expresión "fusión selectiva por láser" o derivados significa un proceso para fabricar objetos capa por capa a partir de dibujos en 3D computarizados mediante la adición posterior de capas de polvo que se derriten con un rayo láser a alta potencia. Este proceso se describe, por ejemplo, en la patente estadounidense número 6215093.

15

En el presente texto, la expresión "pureza" o derivados de una aleación de oro o artículo de joyería significan, a menos que se indique lo contrario, la concentración mínima de oro en la aleación o el artículo de joyería. Habitualmente, la pureza de oro se expresa en milésimas de masa sobre masa o quilates. La pureza de una aleación o de un artículo de joyería está regulada por patrones legales nacionales y/o supranacionales.

20

Para Europa, el patrón de referencia para las purezas de las aleaciones de metales preciosos es la norma DIN EN 29202.

25

En el presente texto, la expresión "quilates" o derivados relacionados con la pureza de una aleación o de un artículo de joyería significa, a menos que se indique lo contrario, la vigésimo cuarta parte de la masa total de una aleación o de un artículo de joyería de oro. Por lo tanto, por ejemplo, una aleación de 18 K o un artículo de joyería de oro contiene un mínimo del 75 % de oro. El símbolo del quilate es una K pospuesto al número que indica la pureza de la aleación (18K para 18 quilates, 14K para 14 quilates, 10K para 10 quilates, 9K para 9 quilates).

30

En el presente texto, la expresión "consiste" o derivados relacionados con una composición o un producto relacionado que consiste en dos o más componentes significa, a menos que se indique lo contrario, que el producto o la composición consiste totalmente en los componentes enumerados, es decir, el total de los componentes listados ascienden al 100 % de la composición o del producto, a menos que las impurezas usuales generalmente estén presentes en ese producto o composición.

35

En el presente texto, la expresión "artículo de joyería" o derivados significa, a menos que se indique lo contrario, un producto acabado, de cualquier forma y tamaño, que se deriva de la fabricación de una aleación con una pureza predeterminada.

40

En el presente texto, la expresión "porcentajes en peso" o "% en peso" o derivados significa, a menos que se indique lo contrario, el porcentaje en peso de un componente afectado con respecto al peso total de la composición en la que se incluye el mismo componente.

45

Antecedentes de la invención

El llamado proceso SLM proporciona la fusión selectiva por láser de polvo de metal para construir capa por capa el elemento deseado.

50

Cada sección del elemento se construye mediante el barrido consecutivo del rayo láser, que determina la fusión lineal del polvo metálico, con la consecuente formación progresiva de una capa compacta de aleación.

Uno de los principales problemas de este proceso de fabricación es el reflejo de la radiación electromagnética, que provoca una absorción deficiente de energía y una capacidad de fusión reducida de las partículas metálicas.

55

Este inconveniente se padece particularmente en materia de joyería, debido a la alta reflectividad de las aleaciones preciosas, particularmente las aleaciones de oro, un material que tiene una resistividad eléctrica considerablemente más alta que la plata.

60

Para evitar este inconveniente, se realizan tratamientos superficiales adicionales (oxidación, pintura, etc.), que conducen a la formación de capas delgadas que tienen una absorción superior a la del sustrato, que luego se calienta de forma indirecta.

65

Además, la alta reflectividad de las aleaciones preciosas implica la formación de una gran rugosidad superficial, constituida por la proyección de partículas de polvo metálico por encima de la capa de construcción, siendo las

partículas también responsables de la formación de protuberancias y porosidades superficiales no deseadas.

De la solicitud internacional WO2005/025783 se sabe que una mezcla en polvo es susceptible para fabricar artículos de joyería por SLS. Esta mezcla se compone de un material básico y un material fundente que se sinterizan juntos.

5 Está claro que, dado que el material de partida es muy heterogéneo, el artículo de joyería así fabricado tiene irregularidades muy fuertes en su estructura químico-física.

10 Además, este documento sugiere el uso de un único polvo que consiste en partículas que tienen una capa superficial completamente fusible y un núcleo solo parcialmente fusible.

Sumario de la invención

15 La presente invención se refiere a aleaciones de polvo de oro amarillo, rojo o blanco para la fabricación de artículos de joyería mediante fusión selectiva por láser (SLM).

20 Los artículos de joyería fabricados por las aleaciones de oro de acuerdo con la invención tienen una alta ductilidad, es decir, son poco frágiles, una rugosidad superficial reducida y una porosidad interna muy baja, características particularmente valoradas en materia de joyería.

25 Como se describe a continuación, los artículos de joyería fabricados por la aleación de la presente invención ventajosamente pueden tener una rugosidad total R_t inferior a $65 \mu\text{m}$ y una porosidad interna en volumen inferior al 2 %, preferiblemente inferior al 1 % e incluso más preferiblemente inferior al 0,5 %.

De manera conocida *per se*, durante el proceso de SLM, una capa de la aleación de polvo se superpone a las ya trabajadas y se funde con un rayo láser de potencia apropiada.

30 En este proceso, la parte del polvo impactada por el rayo láser se derrite completa y homogéneamente. En esta característica mencionada anteriormente, el proceso SLM difiere significativamente con respecto al proceso SLS, en el que es el polvo fundente el que funde y sinteriza el polvo básico, que no se funde, o se funde solo parcialmente. El proceso SLS se describe, por ejemplo, en la patente de EE.UU. US5156697.

35 Otro aspecto importante que hace diferente la técnica de SLM con respecto a la técnica de SLS es el hecho de que en esta última el láser tiene la función de sinterizar y no de fundir el polvo.

Convenientemente, la potencia del láser se puede seleccionar de manera que la parte del polvo afectada por el rayo se derrita completa y homogéneamente en toda la altura de la capa.

40 Como se describe a continuación, para tener una buena calidad en los artículos de joyería fabricados con la aleación de la presente invención, la potencia del láser puede ser de al menos 70 vatios.

La aleación de la presente invención puede ser un polvo único y homogéneo, no un polvo bifásico como en la técnica de SLS.

45 Más particularmente, la aleación de polvo de la presente invención puede consistir en una pluralidad de partículas, cada una que tiene la misma composición.

Preferiblemente, dicho polvo puede tener un tamaño de partícula de $1 \mu\text{m}$ a $60 \mu\text{m}$.

50 La aleación de la presente invención puede ser una aleación de oro, rojo o blanco de 18, 14, 10 o 9 quilates.

En general, cada una de las partículas que constituye la aleación de polvo puede comprender:

55 (A) del 37,5 % al 38,5 % en peso (9 quilates); o
del 41,7 % al 42,5 % en peso (10 quilates); o
del 58,5 % al 59,5 % en peso (14 quilates); o
del 75 % al 76 % en peso (18 quilates)
de oro;

60 y
(D) del 0,01 % al 3 % en peso de al menos un metaloide seleccionado del grupo que consiste en germanio, silicio, boro, telurio, fósforo y selenio, preferiblemente, seleccionado del grupo constituido por germanio, silicio y boro.

65 La adición de metaloides en el polvo tiene un papel fundamental en la mejora de la fusión selectiva por láser (SLM) y su efecto se puede apreciar tanto en términos de menor rugosidad superficial y porosidad como en términos de

proyección reducida de partículas de metal durante la acción del láser.

De hecho, las aleaciones de oro clásicas, aunque permiten obtener artículos de joyería con buenas propiedades mecánicas, no permiten tener una buena rugosidad superficial y/o porosidad interna.

5 Lo mismo ocurre con la técnica de SLS, en la que la porosidad interna generalmente es del 8-10 %.

Se pretende que el elemento (D) mencionado anteriormente pueda consistir en dos o más de los metaloides mencionados anteriormente, siendo el intervalo del 0,01 % al 3 % en peso con respecto al peso total de la aleación.

10 Como el metaloide afecta negativamente a la ductilidad de la aleación, la cantidad de este elemento es relativamente baja. La cantidad de metaloides en la aleación aumenta a la vez que reduce el porcentaje de oro en ella.

15 Además de los elementos (A) y (D) anteriores, la aleación de la presente invención puede consistir en otros dos elementos (B) y (C), aparte de las impurezas habituales. Se entiende que, aparte de estas últimas impurezas, la aleación de la presente invención puede consistir exclusivamente en los elementos (A), (B), (C) y (D), es decir, la suma de estos últimos equivale al 100 % de la aleación.

20 Los elementos (B) y (C) pueden ser diferentes independientemente de que la aleación sea una aleación de oro amarillo o de oro rojo o una aleación de oro blanco.

En particular, en el caso de una aleación de oro amarillo o rojo, la aleación de polvo de la presente invención puede constar, aparte de las impurezas habituales:

25 (A) del 37,5 % al 38,5 % o del 41,7 % al 42,5 % o del 58,5 % al 59,5 % en peso o del 75 % al 76 % en peso de oro;
(B) del 10 % al 55 % en peso de cobre;
30 (C) del 2 % al 15 % en peso de plata;
(D) del 0,01 % al 3 % en peso de al menos un metaloide seleccionado del grupo mencionado anteriormente.

Además, dado que el paladio tiene baja conductividad térmica, las aleaciones de oro amarillo o rojo de la presente invención pueden estar libres de este elemento.

35 Preferentemente, una aleación de polvo de oro amarillo o rojo de 18K puede consistir, aparte de las impurezas habituales, de:

40 (A) oro del 75 % al 76 % en peso;
(B) cobre del 10 % al 23 % en peso;
(C) plata del 2 % al 15 % en peso;
(D) al menos un metaloide seleccionado como se describe anteriormente del 0,01 % al 1 % en peso y preferiblemente del 0,01 % al 0,5 % en peso.

45 Más en particular, una aleación de polvo de oro amarillo o rojo de 18K puede consistir, aparte de las impurezas habituales, de:

50 (A) oro del 75 % al 76 % en peso;
(B) cobre del 10 % al 14 % en peso;
(C) plata del 10 % al 14 % en peso;
(D) al menos un metaloide seleccionado como se describe anteriormente del 0,01 % al 1 % en peso y preferiblemente del 0,01 % al 0,5 % en peso.

Por otro lado, una aleación de polvo de oro rojo de 18K puede consistir, aparte de las impurezas habituales, de:

55 (A) oro del 75 % al 76 % en peso;
(B) cobre del 18 % al 23 % en peso;
(C) plata del 2 % al 5 % en peso;
(D) al menos un metaloide seleccionado como se describe anteriormente del 0,01 % al 1 % en peso y preferiblemente del 0,01 % al 0,5 % en peso.

60 Convenientemente, una aleación de polvo de oro rojo de 14K puede consistir, aparte de las impurezas habituales, de:

65 (A) oro del 58,5 % al 59,5 % en peso;
(B) cobre del 30 % al 40 % en peso;
(C) plata 5 % al 10 % en peso;

(D) al menos un metaloide seleccionado como se describe anteriormente del 0,01 % al 1,5 % en peso y preferiblemente del 0,01 % al 1 % en peso.

5 En una realización preferida pero no exclusiva, una aleación de polvo de oro rojo de 10K puede consistir, aparte de las impurezas habituales, de:

- (A) oro del 41,7 % al 42,5 % en peso;
- (B) cobre del 45 % al 50 % en peso;
- (C) plata del 8 % al 13 % en peso;
- 10 (D) al menos un metaloide seleccionado como se describe anteriormente del 0,01 % al 2 % en peso.

Preferentemente, una aleación de polvo de oro rojo de 9K puede consistir, aparte de las impurezas habituales, de:

- 15 (A) oro del 37,5 % al 38,5 % en peso;
- (B) cobre del 47 % al 55 % en peso;
- (C) plata del 8 % al 15 % en peso;
- (D) al menos un metaloide seleccionado como se describe anteriormente del 0,01 % al 2 % en peso.

20 En lo que respecta a la aleación de oro blanco de la presente invención, se pueden proporcionar dos pares de elementos (B) y (C), que son alternativos entre sí.

Una primera aleación de polvo de oro blanco de acuerdo con la presente invención puede consistir, aparte de las impurezas habituales, de:

- 25 (A) del 37,5 % al 38,5 % o del 41,7 % al 42,5 % o del 58,5 % al 59,5 % en peso o del 75 % al 76 % en peso de oro;
- (B) del 10 % al 50 % en peso de paladio;
- (C) del 10 % al 50 % en peso de plata;
- 30 (D) del 0,01 % al 3 % en peso del al menos un metaloide seleccionado como se ha descrito anteriormente.

En este caso, el paladio y la plata están en una relación en peso de 0,75:1 a 1:0,75.

Por otro lado, como alternativa a esta composición, una segunda aleación de polvo de oro blanco puede consistir, aparte de las impurezas habituales, de:

- 35 (A) del 37,5 % al 38,5 % o del 41,7 % al 42,5 % o del 58,5 % al 59,5 % en peso o del 75 % al 76 % en peso de oro;
- (B) del 5 % al 35 % en peso de níquel;
- (C) del 15 % al 50 % en peso de cobre;
- 40 (D) del 0,01 % al 3 % en peso del al menos un metaloide seleccionado como se ha descrito anteriormente.

En este caso, el níquel y el cobre están en una relación en peso de 1:2 a 1:3.

45 Claramente, la aleación de oro blanco de la presente invención, a diferencia de la aleación de oro amarillo o rojo, no incluye plata y cobre al mismo tiempo.

Preferentemente, una aleación de polvo de oro blanco de 18K de acuerdo con la presente invención puede consistir, aparte de las impurezas habituales, de:

- 50 (A) del 75 % al 76 % en peso de oro;
- (B) del 10 % al 15 % en peso de paladio;
- (C) del 10 % al 15 % en peso de plata;
- (D) del 0,01 % al 1 % en peso, preferiblemente del 0,01 % al 0,5 % en peso del al menos un metaloide seleccionado como se ha descrito anteriormente.
- 55

Por otro lado, una aleación de polvo de oro blanco de 18K de acuerdo con la presente invención puede consistir, aparte de las impurezas habituales, de:

- 60 (A) del 75 % al 76 % en peso de oro;
- (B) del 5 % al 10 % en peso de níquel;
- (C) del 15 % al 20 % en peso de cobre;
- (D) del 0,01 % al 1 % en peso, preferiblemente del 0,01 % al 0,5 % en peso del al menos un metaloide seleccionado como se ha descrito anteriormente.

65 Convenientemente, una aleación de polvo de oro blanco de 14K de acuerdo con la presente invención puede consistir, aparte de las impurezas habituales, de:

- 5 (A) del 58,5 % al 59,5 % en peso de oro;
 (B) del 15 % al 25 % en peso de paladio;
 (C) del 15 % al 25 % en peso de plata;
 (D) del 0,01 % al 1,5 % en peso, preferiblemente del 0,01 % al 1 % en peso del al menos un metaloide seleccionado como se ha descrito anteriormente.

Por otro lado, una aleación de polvo de oro blanco de 14K de acuerdo con la presente invención puede consistir, aparte de las impurezas habituales, de:

- 10 (A) del 58,5 % al 59,5 % en peso de oro;
 (B) del 8 % al 20 % en peso de níquel;
 (C) del 23 % al 35 % en peso de cobre;
 15 (D) del 0,01 % al 1,5 % en peso, preferiblemente del 0,01 % al 1 % en peso del al menos un metaloide seleccionado como se ha descrito anteriormente.

En una realización preferida pero no exclusiva, una aleación de polvo de oro blanco de 10K de acuerdo con la presente invención puede consistir, aparte de las impurezas habituales, de:

- 20 (A) del 41,7 % al 42,5 % en peso de oro;
 (B) del 25 % al 45 % en peso de paladio;
 (C) del 25 % al 45 % en peso de plata;
 (D) del 0,01 % al 2 % en peso del al menos un metaloide seleccionado como se he descrito anteriormente.

- 25 Por otro lado, una aleación de polvo de oro blanco de 10K de acuerdo con la presente invención puede consistir, aparte de las impurezas habituales, de:

- 30 (A) del 41,7 % al 42,5 % en peso de oro;
 (B) del 12,5 % al 35 % en peso de níquel;
 (C) del 35 % al 50 % en peso de cobre;
 (D) del 0,01 % al 2 % en peso del al menos un metaloide seleccionado como se ha descrito anteriormente.

Los elementos mencionados anteriormente han sido cuidadosamente seleccionados para lograr las propiedades deseadas.

- 35 Por lo tanto, dado que el galio crea problemas potenciales relacionados con la formación de protuberancias, las aleaciones en polvo de la presente invención, que son de aleación de oro blanco, amarillo o rojo, pueden estar libres de galio.

- 40 Además, dado que el platino y el estaño tienen baja conductividad térmica, las aleaciones en polvo de la presente invención, que pueden ser de aleación de oro blanco, amarillo o rojo, pueden estar libres de estos elementos.

La invención se comprenderá mejor gracias al siguiente ejemplo, que se proporcionan como ejemplos no limitativos de la invención.

45 **Ejemplos**

Ejemplo 1 - Preparación de polvo de oro amarillo y rojo

- 50 Se han preparado diversos ejemplos de aleaciones en polvo, que son diferentes en color y pureza del oro, de acuerdo con la tabla 1 a continuación.

| | Ej 1-18 Kt R | Ej 2-18 Kt R | Ej 3-18 Kt Y | Ej 4-14 Kt R | Ej 5-10 Kt R | Ej 6-9 Kt R |
|---|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|-------------|
| (A) Au | 75,2 | 75,2 | 75,2 | 58,7 | 41,9 | 37,7 |
| (B) Cu | 20,8 | 21,0 | 12,4 | 33,45 | 47,06 | 50,46 |
| (C) Ag | 3,6 | 3,6 | 12,0 | 7,45 | 10,64 | 11,44 |
| (D) Ge | 0,4 | 0,2 | 0,4 | 0,4 | 0,4 | 0,4 |
| INDICE-> Ej: Ejemplo; 18-14-10-9 Kt: aleación de oro de 18, 14, 10, 9 K; R: aleación de oro rojo; Y: aleación de oro amarillo. | | | | | | |

- 55 Las aleaciones de los ejemplos 1-6 de la tabla 1 se han preparado con una boquilla de pulverización de gas que trabaja en un entorno completamente protegido con argón y a presión atmosférica.

En la Fig. 1 se muestra el barrido microscópico electrónico (SEM, EDS) del polvo del ejemplo 1, aleación de oro rojo de 18K (d_{50} 15,44 μm , d_{90} 35,90 μm). Está claro que la atomización asegura la formación de polvos constituidos por partículas de forma principalmente esférica.

5 Ejemplo 2 - Fabricación de joyas de oro rojo por SLM

Se ha fabricado un bloque laminar (paralelepípedo que tiene una longitud de 10,0 mm, una anchura de 5,0 mm, un espesor de 5,0 mm y un espaciado nominal uniforme entre las hojas individuales de 500 μm) en oro rojo mediante el polvo del ejemplo 1.

10 Se ha utilizado un dispositivo SLM 50 (Realizer) provisto de un láser de fibra ($W_{\text{máx}} = 100$ vatios) que tiene un punto a partir de 10 μm y una mesa de construcción circular (70 mm), insertada en una cámara con atmósfera protegida con gas inerte (Ar). La velocidad de barrido del láser ha sido de 0,33 m/s.

15 Para evaluar el efecto de la inclusión de los metaloides en la aleación, además de la muestra anterior, se ha fabricado otra muestra sin metaloides (el mismo tamaño y el mismo dispositivo) con una aleación de oro rojo de 18K que consiste en oro al 75,2 % en peso, cobre al 20,8 % en peso y plata al 4 % en peso.

20 Para ambas muestras, la potencia del láser se ha establecido en 72,5 vatios.

Tal como se entiende visualmente a partir de la comparación de las Figs. 2 y 3, la muestra fabricada con la aleación de oro con germanio del ejemplo 1 condujo a la formación de superficies paralelas a la mesa de construcción, con una rugosidad total de aproximadamente $R_t = 55$ μm , es decir aproximadamente un 30 % menos que la misma aleación libre de germanio, cuya rugosidad era $R_t = 72$ μm .

25 La rugosidad se midió utilizando un perfilómetro Taylor Hobson (Talysurf Intra2) provisto de una sonda de fibra de carbono con punta de diamante con un radio de 2,0 μm .

30 Sin estar limitados por la teoría, es posible establecer que las aleaciones que, después del proceso de SLM, proporcionan artículos de joyería que tienen una rugosidad total R_t mayor que o igual a 66 μm , no forman parte de la presente invención.

35 Para verificar la influencia de la potencia del láser, se han preparado los mismos sólidos antes mencionados con el aumento de la potencia del láser de 62,5 W a 92,5 W, siendo iguales el resto de los parámetros del proceso para todas las muestras. La Fig. 4 se refiere a la muestra obtenida con láser que tiene una potencia de 62,5 W, la Fig. 5 se refiere a la muestra obtenida con láser con una potencia de 72,5 W, la Fig. 6 se refiere a la muestra obtenida con láser que tiene una potencia de 82,5 W, y la Fig. 7 se refiere a la muestra obtenida con láser que tiene una potencia de 92,5 W.

40 La reducción de la potencia del láser provoca un adelgazamiento de los portadores, ya que se reducen tanto el volumen del material fundido como el tiempo de solidificación que comienza desde el estado de fusión.

45 Por lo tanto, para obtener artículos de joyería que tengan características mecánicas adecuadas, es preferible fijar la potencia del láser al menos a 70 W. Sin embargo, con el aumento de la velocidad de barrido, se acentúa el fenómeno mencionado anteriormente, por lo que es preferible aumentar gradualmente la potencia del láser.

50 Para comprobar la porosidad de los artículos de joyería fabricados con aleaciones de acuerdo con la invención a través de la aleación del ejemplo 1, se ha fabricado un sólido macizo de forma paralelepípedica (10 mm x 4,5 mm x 3 mm) con los mismos parámetros de proceso mencionados anteriormente. La porosidad interna se ha evaluado sobre las secciones metalográficas mediante el software ImageJ 1.48B.

55 La medición de la porosidad se ha llevado a cabo después de la eliminación de 0,20 mm a partir del espesor inicial de 3 mm. Con un espesor de 2,80 mm, se han realizado mediciones de la porosidad interna en varios puntos. La porosidad siempre ha sido inferior al 1 % y, a menudo, inferior al 0,5 %.

Estos valores son indicativos de la alta calidad del artículo de joyería.

60 Sin estar limitados por la teoría, es posible establecer que las aleaciones que, después del proceso de SLM, proporcionan artículos de joyería que tienen una porosidad interna superior al 2 %, no forman parte de la presente invención.

65 Para evaluar la influencia de la presencia del metaloide en la aleación de oro con respecto a la ductilidad, se prepararon varias muestras de aleación del ejemplo 1, como se ha mencionado anteriormente, teniendo un porcentaje creciente de germanio del 0,2 % al 2 % (Au 75,2 %, Ag 3,6 %, resto de Cu). Los valores de germanio han sido del 0,2 %, 0,4 %, 1 %, 1,5 %, 2 % en peso.

La evaluación de la ductilidad se ha realizado manualmente, como suele ocurrir en las joyas. De hecho, un fabricante de joyas a menudo manipula el artículo de joyería para trabajarlo o colocar piedras.

5 Las muestras con germanio del 1,5 % y el 2 % en peso se rompen si se manipulan, y por lo tanto son inaceptablemente frágiles.

Los mejores resultados han sido mostrados por las muestras con germanio al 0,2 % y 0,4 % en peso.

10 **Ejemplo 3 - Preparación de aleaciones de oro blanco**

Se han preparado dos ejemplos de aleaciones de polvo de oro blanco, ambas de 18K de pureza.

Muestra 1

15 Oro 72,5 % en peso;
Paladio 12,4 % en peso;
Plata 12,2 % en peso;
Germanio 0,2 % en peso.

20 Muestra 2

Oro 72,5 % en peso;
Níquel 7,5 % en peso;
Cobre 17,1 % en peso;
25 Germanio 0,2 % en peso.

Las aleaciones de las muestras 1 y 2 se han preparado con una boquilla de pulverización de gas que funciona en un entorno completamente protegido con argón y a presión atmosférica. La atomización asegura la formación de polvos que consisten en partículas de forma principalmente esférica.

30

Ejemplo 4 - Fabricación de artículos de joyería por SLM

Se han fabricado bloques laminares (paralelepípedo que tienen una longitud de 10,0 mm, una anchura de 5,0 mm, un espesor de 5,0 mm y un espaciado nominal uniforme entre las hojas individuales de 500 μm) en oro blanco por medio de los polvos de las muestras 1 y 2.

35

Se ha utilizado un dispositivo SLM 50 (Realizer) provisto de un láser de fibra ($W_{\text{máx}} = 100$ vatios) que tiene un punto a partir de 10 μm y una mesa de construcción circular (70 mm), insertada en una cámara con atmósfera protegida con gas inerte (Ar). La velocidad de barrido del láser ha sido de 0,33 m/s.

40

Ambos bloques tienen buenas propiedades mecánicas y una rugosidad superficial reducida, como ya se ha verificado para las aleaciones de oro rojo (ejemplo 2).

REIVINDICACIONES

1. Uso de una aleación de polvo de oro amarillo o rojo o blanco de 18K, 14K, 10K o 9K para la fabricación de artículos de joyería capa por capa mediante fusión selectiva por láser (SLM) que incluye una etapa de fusión de cada capa de aleación de oro por al menos un rayo láser, donde la aleación de polvo consiste en:
- (A) del 37,5 % al 38,5 % en peso o del 41,7 % al 42,5 % en peso o del 58,5 % al 59,5 % en peso o del 75 % al 76 % en peso de oro (Au);
- (B) del X% al Y% en peso de un primer elemento;
- (C) del X' % al Y' % en peso de un segundo elemento;
- (D) del 0,01 % al 3 % en peso de al menos un metaloide;
- y las impurezas usuales;
- en la que los porcentajes en peso son porcentajes en peso con respecto al peso total de la aleación;
- en la que el al menos un metaloide se selecciona del grupo que consiste en: germanio (Ge), silicio (Si), boro (B), telurio (Te), fósforo (P) o selenio (Se) o una mezcla de dos o más de los mismos;
- en la que la aleación está libre de galio (Ga), platino (Pt) y estaño (Sn);
- y en la que
- si la aleación es una aleación de oro amarillo o rojo:
- (B) X es 10, Y es 55, el primer elemento es cobre (Cu);
- (C) X' es 2, Y' es 15, el segundo elemento es plata (Ag);
- y la aleación de oro amarillo o rojo está libre de paladio (Pd);
- si la aleación es una aleación de oro blanco:
- (B) X es 10, Y es 50, el primer elemento es paladio (Pd);
- (C) X' es 10, Y' es 50, el segundo elemento es plata (Ag);
- en la que el paladio (Pd) y la plata (Ag) están en una relación en peso de 0,75:1 a 1:0,75; o
- (B) X es 5, Y es 35, el primer elemento es níquel (Ni);
- (C) X' es 15, Y' es 50, el segundo elemento es cobre (Cu);
- en la que el níquel (Ni) y el cobre (Cu) están en una relación en peso de 1:2 a 1:3.
2. Uso de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que la aleación tiene un tamaño de partícula de 1 µm a 60 µm.
3. Uso de acuerdo con la reivindicación 1 o 2, en el que la aleación consiste en una pluralidad de partículas, donde cada una de dichas partículas tiene una composición definida en la reivindicación 1.
4. Uso de acuerdo con la reivindicación 1, 2 o 3, en el que el polvo impactado por el rayo láser se funde completamente de una manera homogénea.
5. Uso de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que la potencia del láser se selecciona para fundir completa y homogéneamente el polvo impactado por la parte del rayo láser a lo largo de la altura total de la capa.
6. Uso de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que la potencia del láser es de al menos 70 vatios.
7. Uso de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que los artículos de joyería tienen una rugosidad total R_t inferior a 65 µm.
8. Uso de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que los artículos de joyería tienen una porosidad interna en volumen inferior al 2 %, preferiblemente inferior al 1 % e incluso más preferiblemente inferior al 0,5 %.
9. Uso de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que dicho al menos un metaloide se selecciona del grupo que consiste: germanio, silicio o boro, o una mezcla de dos o más de los mismos.
10. Uso de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que la aleación se produce por atomización.

11. Uso de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que la aleación es una aleación de oro amarillo o rojo de 18K en la que:

- 5
- (A) el oro es del 75 % al 76 % en peso;
 - (B) el cobre es del 10 % al 23 % en peso;
 - (C) la plata es del 2 % al 15 % en peso;
 - (D) el al menos un metaloide es del 0,01 % al 1 % en peso, preferiblemente del 0,01 % al 0,5 % en peso.

12. Uso de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde el oro es oro amarillo, en el que:

- 10
- (B) el cobre es del 10 % al 14 % en peso;
 - (C) la plata es del 10 % al 14 % en peso.

13. Uso de acuerdo con la reivindicación 11, en donde el oro es oro rojo, en el que:

- 15
- (B) el cobre es del 18 % al 23 % en peso;
 - (C) la plata es del 2 % al 5 % en peso;

14. Uso de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 10, en el que la aleación es una aleación de oro blanco de 18K, en la que:

- 20
- (A) el oro es del 75 % al 76 % en peso;
 - (B) el paladio es del 10 % al 15 % en peso;
 - (C) la plata es del 10 % al 15 % en peso;
- 25
- (D) el al menos un metaloide es del 0,01 % al 1 % en peso, preferiblemente del 0,01 % al 0,5 % en peso.

15. Uso de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 10, en el que la aleación es una aleación de oro blanco de 18K, en la que:

- 30
- (A) el oro es del 75 % al 76 % en peso;
 - (B) el níquel es del 5 % al 10 % en peso;
 - (C) el cobre es del 15 % al 20 % en peso;
 - (D) el al menos un metaloide es del 0,01 % al 1 % en peso, preferiblemente del 0,01 % al 0,5 % en peso.

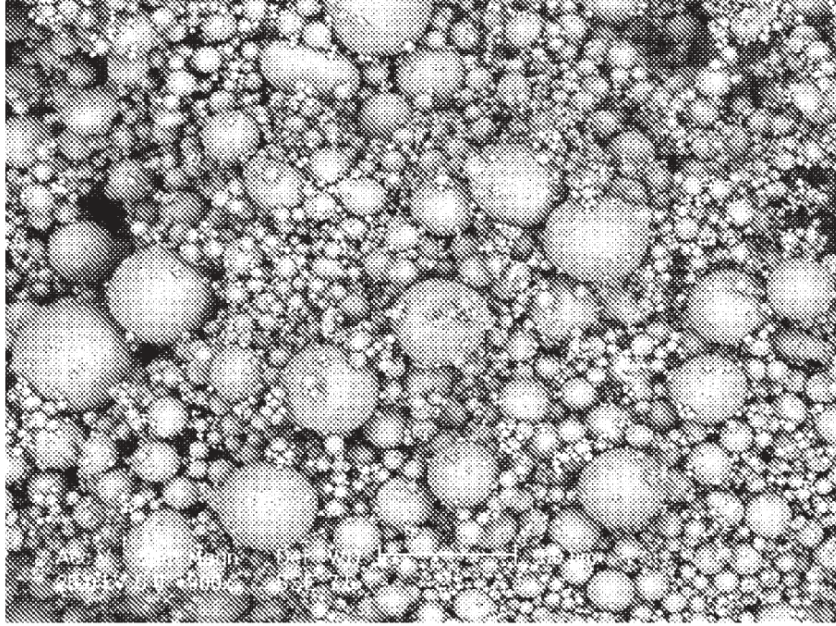


FIG. 1

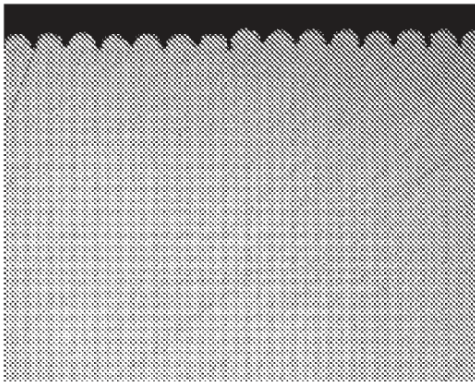


FIG. 2

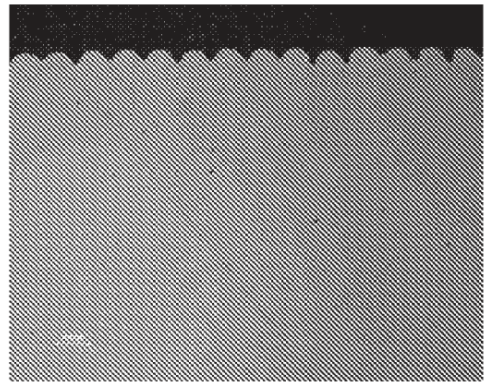


FIG. 3

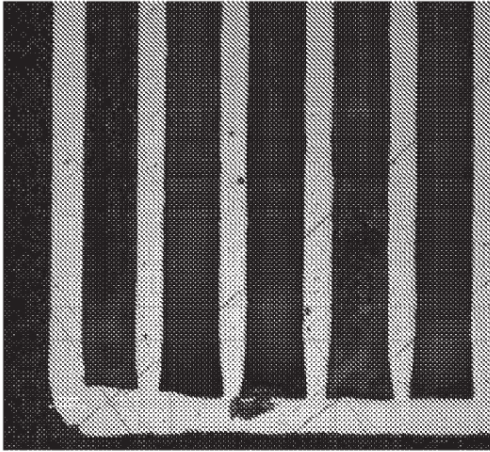


FIG. 4

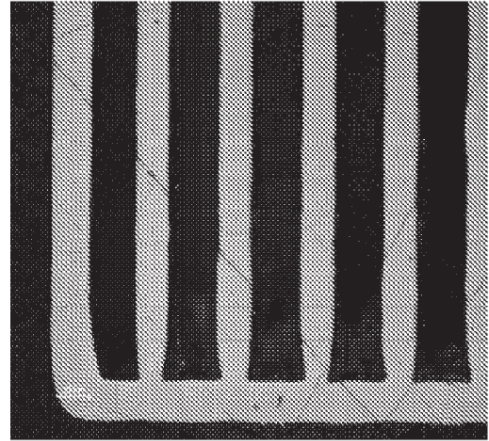


FIG. 5

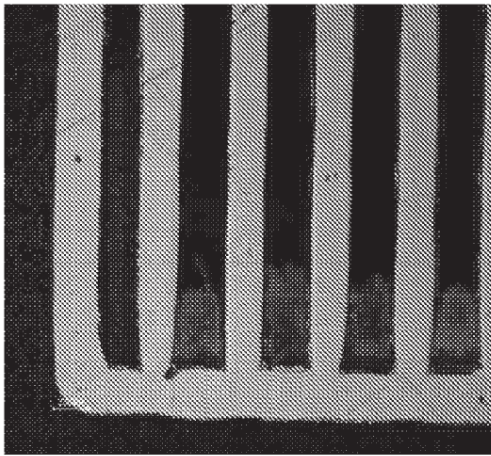


FIG. 6

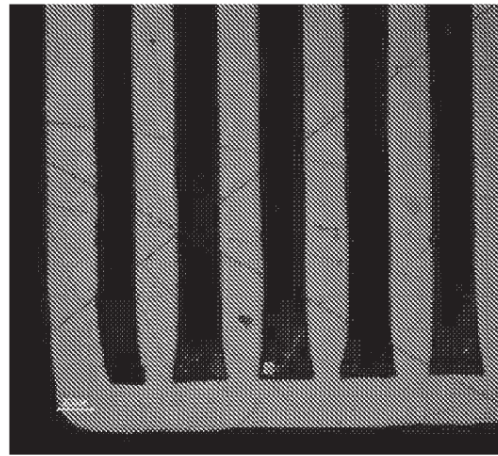


FIG. 7

REFERENCIAS CITADAS EN LA DESCRIPCIÓN

5 La lista de referencias citadas por el solicitante es, únicamente, para conveniencia del lector. No forma parte del documento de patente europea. Si bien se ha tenido gran cuidado al compilar las referencias, no pueden excluirse errores u omisiones y la OEP declina toda responsabilidad a este respecto.

Documentos de patente citados en la descripción

- US 6215093 B [0002]
- WO 2005025783 A [0015]
- US 5156697 A [0022]