

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 673 476**

51 Int. Cl.:

C22C 14/00 (2006.01)

C22B 9/20 (2006.01)

C22C 1/03 (2006.01)

C22F 1/18 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **23.09.2011** **PCT/RU2011/000731**

87 Fecha y número de publicación internacional: **05.04.2012** **WO12044205**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **23.09.2011** **E 11829669 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **28.03.2018** **EP 2623620**

54 Título: **Método para la fusión de una aleación de pseudo γ -titanio que comprende (4,0-6,0)% Al - (4,5-6,0)% Mo - (4,5-6,0)% V - (2,0-3,6)% Cr, (0,2-0,5)% Fe - (0,1-2,0)% Zr**

30 Prioridad:

27.09.2010 RU 2010139693

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

22.06.2018

73 Titular/es:

**PUBLIC STOCK COMPANY "VSMPO-AVISMA"
CORPORATION (100.0%)
Ul. Parkovaya 1 Verkhnyaya Salda
Sverdlovskaya obl. 624760, RU**

72 Inventor/es:

**TETYUKHIN, VLADISLAV VALENTINOVICH y
LEVIN, IGOR VASILIEVICH**

74 Agente/Representante:

ELZABURU, S.L.P

ES 2 673 476 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

Método para la fusión de una aleación de pseudo β -titanio que comprende (4,0-6,0)% Al - (4,5-6,0)% Mo - (4,5-6,0)% V - (2,0-3,6)% Cr, (0,2-0,5)% Fe - (0,1-2,0)% Zr

Campo de la invención

- 5 Esta invención se refiere al campo de la metalurgia no ferrosa, y específicamente a la producción de aleaciones de pseudo β -titanio que comprenden titanio y también a los siguientes elementos de aleación: molibdeno, vanadio, cromo, circonio, hierro y aluminio.

Estado de la técnica

- 10 Se conocen aleaciones que contienen los elementos especificados (Documentos de Patentes de RF de Número 2283889 y Número 2169782). La invención de estas aleaciones ha estado supeditada previamente por las tendencias actuales para aumentar las características de peso y tamaño de los aviones comerciales, lo que dio como resultado el aumento de las secciones de los componentes altamente cargados, tales como los trenes de aterrizaje. Al mismo tiempo, los requisitos de material se han vuelto más estrictos al imponer una buena combinación de alta resistencia a la tracción y alta resistencia al impacto. Estos componentes estructurales están hechos de
- 15 aceros de alta aleación o aleaciones de titanio. La sustitución de aleaciones de titanio por aceros de alta aleación es potencialmente muy ventajosa, ayuda a lograr la reducción de al menos 1,5 veces del peso de los componentes, minimiza la corrosión y los problemas funcionales. Sin embargo, a pesar del comportamiento beneficioso de la resistencia específica de las aleaciones de titanio en comparación con el acero, su uso está limitado por las capacidades de procesamiento, en particular, por las dificultades con propiedades mecánicas uniformes para
- 20 tamaños de sección de más de 7,62 cm (3 pulgadas) de grosor. Dichas aleaciones superan este conflicto y se pueden usar en la fabricación de una amplia gama de componentes críticos, incluidas grandes piezas forjadas y piezas forjadas por estampa con tamaños de sección de más de 150-200 mm y también productos semiacabados pequeños, tales como barras, placas con espesores de hasta 75 mm, que se usan ampliamente para su aplicación en aeronaves, incluida la aplicación de medios de unión.

- 25 Los métodos disponibles de fusión de lingotes homogéneos que contienen altas cantidades de estabilizadores β de alto punto de fusión, que son característicos de estas aleaciones, no satisfacen los requisitos actuales en toda su extensión.

- Es bien sabido que la aleación $\alpha+\beta$ que contiene 7% de aluminio y 4% de molibdeno con el resto titanio se puede producir fácilmente con química homogénea mediante fusión de aleaciones maestras de Al-Mo y esponja de titanio.
- 30 También se conocen ampliamente las aleaciones maestras dobles y triples similares, tales como Al-V, Al-Sn, Al-Mo-Ti y Al-Cr-Mo, que se pueden usar junto con metales puros, según corresponda, para fundir cualesquiera aleaciones de titanio de baja y media-aleación ("Melting and casting of titanium alloys", A. L. Andreyev, N. F. Anoshkin et al., M., Metallurgy, 1994, página 127, tabla 20 [1]).

- 35 Sin embargo, estas y otras aleaciones maestras similares no se pueden usar para fundir aleaciones de alta aleación con el contenido relativamente bajo (5%) de aluminio y un alto contenido de elementos de alto punto de fusión, altamente segregantes y volátiles (Mo, V, Cr, Fe, Zr).

Existe una aleación maestra conocida (Documento de Patente de la RF de Número 2238344, IPC C22C21/00, C22C1/03) usada para fundir aleaciones de titanio, que contienen aluminio, vanadio, molibdeno, hierro, silicio, cromo, circonio, oxígeno, carbono y nitrógeno en los siguientes porcentajes en masa:

- 40 Vanadio 26-35
Molibdeno 26-35
Cromo 13-20
Hierro 0,1-0,5
Circonio 0,05-6,0

- 45 Silicio 0,35 máx.

Cada elemento en el grupo que contiene Oxígeno, Carbono y Nitrógeno 0,2 máx.

Resto aluminio.

- 50 El lingote piloto se calienta hasta que se funde (refusión por arco en vacío (VAR, por sus siglas en inglés)) usando la aleación maestra similar que facilita la producción de aleaciones de titanio de alta aleación con un contenido controlado de aluminio y alta homogeneidad química del lingote.

Exhaustivas pruebas mecánicas de las aleaciones fundidas revelaron la inestabilidad de las propiedades y una tenacidad a la fractura relativamente baja, lo que es perjudicial para el valor comercial de estas aleaciones y evita su aplicación en el sector aeroespacial.

5 La principal causa primera de lo anterior es la formación de capas delgadas de óxido en los límites de la matriz del grano, que es el resultado de la presencia del oxígeno en los componentes de la aleación maestra y también del silicio, pero en un grado considerablemente menor, lo que deteriora la ductilidad.

10 Existe un método conocido para fundir lingotes de aleación de titanio, que incluye preparación de la aleación maestra, pesaje, mezcla y compactación por porciones de los componentes sólidos y sueltos que comprenden esponja de titanio, aleación maestra y chatarra reciclable para hacer un electrodo consumible para su posterior refusión doble por arco en vacío o por una fusión en auto-crisol sencilla seguida de una refusión sencilla por arco en vacío ("Melting and casting of titanium alloys", A. L. Andreyev et al., M., Metallurgy, 1994, páginas 125-128, 188-230) - prototipo.

15 El Documento de Patente de Número RU2238344 C1 describe una aleación maestra para la producción de Ti usada para fundir aleaciones de titanio, que contiene en masa: Vanadio 26-35%, Molibdeno 26-35%, Cromo 13-20%, Hierro 0,1-0,5%, Zirconio 0,05-6,0%, Silicio 0,35% máx., cada elemento en el grupo que contiene Oxígeno, Carbono y Nitrógeno 0,2% máx., y el resto Aluminio.

20 El método conocido tiene un cierto inconveniente, es decir, la introducción de elementos de aleación de alto punto de fusión en forma de metales puros durante la fusión de las aleaciones de titanio (molibdeno en particular), sin importar cuán finamente trituradas están, lo que puede conducir a inclusiones que pueden sobrevivir incluso al segundo refundido. Es por eso por lo que estos elementos se introducen en forma de aleaciones intermedias: aleaciones maestras. La fabricación de tales aleaciones maestras para la fusión comercial de aleaciones de titanio es rentable solo cuando se realiza mediante un proceso aluminotérmico. En la presente invención una aleación maestra compleja contiene cantidades considerables de oxígeno, que se añaden al oxígeno en otros componentes de la mezcla, y también al de la atmósfera residual del horno por arco en vacío, lo que conduce a un deterioro crítico del comportamiento mecánico de la aleación de titanio. El oxígeno se absorbe por el titanio y promueve la formación de estructuras intersticiales en los límites del grano con alta resistencia, dureza (puede ser dos veces más alta que la del titanio), y baja ductilidad. Los especialistas son conscientes del hecho de que la tenacidad a la fractura aumenta considerablemente con la disminución del contenido de oxígeno en la matriz de titanio.

Descripción de la invención

30 El objetivo de esta invención es la posibilidad de producir una aleación de pseudo β -titanio con una composición química altamente homogénea, que se alea con elementos de alto punto de fusión, tiene un contenido de aluminio $\leq 6\%$ y tiene propiedades estables de alta resistencia en combinación con alta resistencia al impacto.

35 El objetivo establecido se puede lograr fundiendo una aleación de pseudo β -titanio que comprende (4,0-6,0)% Al - (4,5-6,0)% Mo - (4,5-6,0)% V - (2,0-3,6)% Cr, (0,2- 0,5)% Fe - (0,1-2,0)% Zr con preparación preliminar de una aleación maestra que contiene dos o más elementos aleantes, aleación de la mezcla, fabricación del electrodo consumible, y fundido de la aleación en un horno por arco en vacío.

Al, Mo, V y Cr se introducen en la mezcla en forma de una aleación maestra compleja hecha mediante un proceso aluminotérmico y con los siguientes componentes (% en masa):

Molibdeno - 25 - 27

40 Vanadio - 25 - 27

Cromo - 14 - 16

Titanio - 9 - 11

Aluminio - base,

45 mientras que el hierro y el circonio se introducen en forma de metales puros. La aleación se produce a través de un doble refundido mínimo, siendo el primer fundido el método de refundido por arco en vacío o el método de electrodo fundido – auto-crisol.

50 La naturaleza de esta invención radica en una alta calidad de la aleación, que está supeditada previamente por la relación de los elementos de aleación que se corresponden entre sí, por la homogeneidad, y por la pureza de la aleación (ausencia de inclusiones). La alta resistencia de esta aleación se basa fundamentalmente en la fase β debido a una relativamente amplia gama de estabilizadores β (V, Mo, Cr, Fe).

Como se indicó anteriormente, la introducción de metales comercialmente puros, tales como molibdeno, en la masa fundida durante la fusión por arco en vacío conduce a una fusión incompleta de grumos individuales, lo que a su vez da como resultado una falta de homogeneidad química. Es por eso por lo que se introducen metales de alto punto

de fusión en la masa fundida en forma de aleaciones maestras. La composición óptima de una aleación maestra compleja se ha determinado experimentalmente. Esta aleación maestra comprende molibdeno, cromo, vanadio, aluminio y titanio. Cuando el contenido de los componentes principales de la aleación maestra está por debajo del límite inferior, no se puede lograr el contenido mínimo requerido de aluminio (5%) en la aleación. Cuando el contenido de los componentes principales de la aleación maestra está por encima del límite superior, aumenta el punto de fusión de la aleación maestra mientras que se deteriora drásticamente su fragilidad, lo que dificulta o imposibilita el aplastamiento. El titanio se introduce para estabilizar la reacción térmica. El punto de fusión de esta aleación maestra es 1.760°C, que es considerablemente más bajo que la temperatura en la zona de fusión asegurando así su fusión completa.

- 10 El circonio se introduce en la masa fundida en forma de metal comercialmente puro con un tamaño de sección transversal de hasta 20 mm. Es un hecho conocido que la afinidad del circonio por el oxígeno es más alta que la del titanio. La reactividad del circonio aumenta considerablemente durante su introducción en la masa fundida en forma de metal comercialmente puro en lugar de un componente de aleación maestra. La presencia de fracciones bastante grandes en la mezcla proporciona una interacción del circonio con el oxígeno durante el período de tiempo requerido, lo que impide la absorción activa de oxígeno por el titanio. El circonio facilita la redistribución del oxígeno de la superficie de los granos de la matriz de titanio impidiendo así la formación de estructuras intersticiales (que son duras y tienen baja ductilidad) en esta zona. El hierro se introduce en forma de perforaciones de acero o astillas finamente trituradas.

El efecto de esto es bastante inesperado: alta tenacidad a la fractura y alta resistencia de la aleación.

- 20 Cuando se introducen grandes cantidades de desechos reciclables en la mezcla, es factible realizar la primera fusión a través de la ruta del electrodo de consumo – auto-crisol. Esto garantizará una buena combinación de los componentes químicos de la aleación fundida.

Realización de la invención

Ejemplos de la realización real de la invención.

- 25 1. Un lingote de 560 mm de diámetro con la siguiente composición química se ha fundido doblemente por arco en vacío:

Al 5,01%

V 5,36%

Mo 5,45%

- 30 Cr 2,78%

Fe 0,36%

Zr 0,65%

O 0,177%

- 35 El lingote se ha convertido en palanquillas de 250 mm de diámetro con pruebas posteriores de las propiedades del metal. Se obtuvieron las siguientes propiedades mecánicas después del tratamiento térmico apropiado:

Resistencia a la tracción de 1.293 MPa

Límite elástico de 1.239 MPa

Alargamiento del 2%

Reducción de área del 4,7%

- 40 Tenacidad a la fractura de 66,3 MPa√m

2. Un lingote de 190 mm de diámetro con la siguiente composición química se ha fundido doblemente por arco en vacío:

Al 4,92%

V 5,23%

- 45 Mo 5,18%

Cr 2,92%

Fe 0,40%

Zr 1,21%

O 0,18%

- 5 El lingote se ha convertido en barras de 32 mm de diámetro con pruebas posteriores de las propiedades del metal. Se obtuvieron las siguientes propiedades mecánicas después del tratamiento térmico apropiado:

Resistencia a la tracción de 1.427 MPa

Límite elástico de 1.382 MPa

Alargamiento del 12%

Reducción de área del 40%

- 10 Tenacidad a la fractura de 52,2 MPa√m

El método reivindicado permite la producción de aleaciones con un nivel uniforme y alto de resistencia última a la tracción y alta tenacidad a la fractura.

REIVINDICACIONES

- 1.- El método para fundir una aleación de pseudo β -titanio que comprende (4,0-6,0)% Al - (4,5-6,0)% Mo - (4,5-6,0)% V - (2,0-3,6)% Cr - (0,2-0,5)% Fe - (0,1-2,0)% Zr, que incluye la preparación de aleación maestra con dos o más elementos aleantes, aleación de la mezcla, fabricación del electrodo consumible y fusión de la aleación en horno por arco en vacío en donde Al, Mo, V, Cr se introducen en la mezcla en forma de una aleación maestra compleja hecha mediante un proceso aluminotérmico y con los siguientes elementos (% en masa):
- 5 Molibdeno - 25 - 27
- Vanadio - 25 - 27
- Cromo -14 - 16
- 10 Titanio - 9 - 11
- Aluminio - base, mientras que el Hierro y el Circonio se introducen como metales puros, en donde la aleación se produce por fusión doble mínima con el primer fundido ya sea por refusión por arco en vacío o por el método de electrodo consumible – auto-crisol.