

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 751 392**

51 Int. Cl.:

C22C 14/00 (2006.01)

C22C 1/02 (2006.01)

C22C 1/04 (2006.01)

C22C 21/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **14.07.2014** **E 14176860 (6)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **28.08.2019** **EP 3054023**

54 Título: **Aleación de Ti-Al de alta temperatura rica en Al**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
31.03.2020

73 Titular/es:

MTU AERO ENGINES AG (100.0%)
Dachauer Strasse 665
80995 München, DE

72 Inventor/es:

SMARSLY, WILFRIED;
SCHLOFFER, MARTIN;
CLEMENS, HELMUT y
MAYER, SVEA

74 Agente/Representante:

ISERN JARA, Jorge

ES 2 751 392 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

Aleación de Ti-Al de alta temperatura rica en Al

5 ANTECEDENTES DE LA INVENCION

CAMPO DE LA INVENCION

10 La siguiente invención se refiere a una aleación de TiAl para uso a altas temperaturas, en particular en el intervalo de 750 °C a 950 °C, y a su preparación y uso.

ESTADO DE LA TÉCNICA

15 Las aleaciones basadas en compuestos de aluminio de titanio intermetálico se usan en la construcción de turbinas de gas estacionarias o motores de aviones, por ejemplo, como material para mover palas, ya que tienen las propiedades mecánicas requeridas para su uso y además tienen un peso específico bajo, por lo que el uso de dichas aleaciones mejora la eficiencia de turbinas de gas estacionarias y motores de aviones.

20 En consecuencia, ya se ha desarrollado una gran cantidad de aleaciones de TiAl, con aleaciones de TiAl basadas en la fase intermetálica γ -TiAl en particular, que se alean con niobio y molibdeno o boro y, por lo tanto, se denominan aleaciones TNM o TNB. Dichas aleaciones tienen como constituyente principal el titanio y también aproximadamente del 40 al 45 % atómico de aluminio, el 5 % atómico de niobio y, por ejemplo, el 1 % atómico de molibdeno y también pequeñas cantidades de boro. La microestructura se caracteriza por una alta proporción de γ -TiAl y también por marcadas proporciones de α_2 -Ti₃Al, en la que otras fases, tales como la fase β o la fase B19 pueden aparecer en una proporción menor.

30 Las aleaciones TNM o TNB conocidas basadas en γ - TiAl generalmente tienen una microestructura globular γ - TiAl equiaxial, una microestructura laminar o una microestructura en dúplex con granos globulares equiaxiales de γ - TiAl y regiones laminares de γ - TiAl y α_2 - Ti₃Al. Aunque dichas aleaciones de γ -TiAl, en particular con microestructuras laminares, tienen propiedades mecánicas muy buenas en general hasta 750 °C, las propiedades mecánicas se deterioran a temperaturas más altas debido a la inestabilidad termodinámica de la microestructura, disminuyendo en particular la resistencia a la fluencia. A temperaturas de más de 700 °C, además se produce la difusión de oxígeno en la zona del borde del componente con el resultado de inestabilidades de fase, cambios microestructurales y la fragilidad del material.

35 El documento EP 0 592 189 A1 describe una aleación de TiAl con alta resistencia a altas temperaturas, en la que una fracción de una fase β finamente dispersa está incorporada en una microestructura de γ - TiAl.

40 El documento US 5 284 620 A describe una aleación de TiAl en la que se incorporan boruros para formar un material que tiene mayor resistencia.

DIVULGACIÓN DE LA INVENCION

OBJETIVO DE LA INVENCION

45 Por lo tanto, es un objetivo de la presente invención proporcionar una aleación que tenga un peso específico bajo similar a las aleaciones conocidas de γ -TiAl y propiedades mecánicas comparables, en particular a altas temperaturas, el intervalo de aplicación preferentemente a temperaturas que se extienden en el intervalo de 750° a 900 °C o 950 °C. Dicha aleación debe ser fabricable y procesable a escala industrial sin un esfuerzo excesivo y debe usarse de manera fiable en turbinas de gas estacionarias y motores de aviones.

SOLUCIÓN TÉCNICA

55 Este objetivo se logra mediante una aleación de TiAl que tiene las características de la reivindicación 1, un procedimiento para producir una aleación de TiAl que tiene las características de la reivindicación 7 y el uso de la aleación de TiAl que tiene las características de la reivindicación 10. Otras realizaciones ventajosas son objeto de reivindicaciones dependientes.

60 A continuación, se entiende que aleación de TiAl significa una aleación cuyos componentes principales son titanio y aluminio, de modo que la proporción de aluminio y titanio en % o % en peso es mayor en cada caso que la proporción correspondiente de cualquier otro componente de aleación. Aquí, el contenido de aluminio en % o % en peso puede ser mayor que el contenido de titanio, incluso aunque el nombre TiAl parece indicar lo contrario. Además, se entiende que una aleación de TiAl de acuerdo con la invención significa una aleación que está compuesta predominantemente por fases intermetálicas con los constituyentes titanio y/o aluminio. Las fases intermetálicas se entienden como fases del sistema TiAl que tienen una alta proporción de fuerzas de unión covalentes dentro del enlace metálico y, por lo tanto, tienen alta resistencia y, en particular, resistencia a altas temperaturas.

De acuerdo con la invención, se propone una aleación de TiAl que tiene un contenido de aluminio del 50 % atómico o más y está formada con una matriz de γ -TiAl. Además, la microestructura de la aleación de TiAl de acuerdo con la invención tiene fases incorporadas de aluminio y titanio en la matriz, que son diferentes de la fase de γ -TiAl, así como precipitados de óxidos y/o carburos.

La microestructura de acuerdo con la invención hace posible lograr las propiedades requeridas de la aleación de TiAl con respecto a la ductilidad, resistencia, en particular resistencia a altas temperaturas, tenacidad a la fractura y resistencia a la deformación y oxidación con el uso de temperaturas de hasta 950 °C, los precipitados incorporados en la matriz de γ - TiAl en forma de otras fases que contienen titanio y aluminio y óxidos y/o carburos dan la resistencia requerida.

El contenido de aluminio de dicha aleación puede ser de hasta el 75 % atómico, preferentemente hasta el 65 % atómico, En particular hasta el 60 % atómico, de modo que, en particular, pueden formarse fases intermetálicas ricas en aluminio, tales como Al_3Ti y Al_2Ti , resistentes a altas temperaturas y en particular resistentes a los ataques de oxidación.

En particular, la aleación de TiAl se puede ajustar de modo que la matriz de γ - TiAl ocupe el 50 % en volumen o más de la microestructura y, en particular, forme una matriz cerrada, globular o reticular de γ - TiAl, de modo que esté presente una microestructura dúctil continua. Se entiende que matriz cerrada o reticulada significa una forma de la matriz de γ - TiAl en la que no hay o no hay casi ninguna región aislada de γ - TiAl que está completamente rodeada por otras fases y, por lo tanto, no habría conexión con regiones adyacentes de la fase de γ - TiAl.

Además de las fases intermetálicas ricas en aluminio mencionadas anteriormente, en particular Al_3Ti y Al_2Ti , la microestructura puede contener fases adicionales, que están formadas esencialmente de aluminio y titanio, es decir, contienen predominantemente estos constituyentes de aleación, tales como, por ejemplo, β -titanio y morfologías de fase β como la fase β_0 .

Las fases intermetálicas presentes en la matriz de γ -TiAl pueden estar presentes como precipitados laminares, como precipitados en forma de placa, o como precipitados globulares, y pueden estabilizar los límites del grano y/o, con una formación fina de los precipitados, también el movimiento de dislocación está obstaculizado. La estabilización de los límites del grano puede causar una reducción en el crecimiento del grano a altas temperaturas.

Los precipitados de óxido y/o carburo pueden formarse mediante diversos componentes de aleación que se describirán a continuación.

Entre otras cosas, el dióxido de zirconio y el óxido de itrio pueden estar finamente dispersos en la matriz para evitar que se muevan las dislocaciones a altas temperaturas. Los óxidos pueden tener un tamaño de partícula medio o máximo de 1 μm o menor, en particular tamaños de partícula en el intervalo de nanómetros, de modo que resulta una distribución muy fina de los óxidos en la microestructura.

Los óxidos incorporados en la matriz de γ - TiAl se pueden introducir en la aleación mediante aleación mecánica, pudiendo ser aleados directamente los óxidos correspondientes. Además, también es posible alear óxido, tal como de itrio o de zirconio, finamente dividido en forma metálica, de modo que, en el tratamiento térmico en el proceso de producción de la aleación o un componente formado a partir de la misma, el oxígeno pueda reaccionar con los formadores de óxido y formar los óxidos finamente dispersos distribuidos en la matriz. También es concebible aquí que los precipitados se formen solo durante el funcionamiento a temperaturas de funcionamiento correspondientemente altas.

Otros precipitados que pueden incorporarse en la matriz incluyen carburos tales como el carburo de tungsteno, el carburo de cromo o el carburo de zirconio, en los que los carburos estables a altas temperaturas pueden estabilizar los límites del grano y prevenir o reducir el crecimiento del grano.

La aleación puede comprender uno o más del grupo que consiste en niobio, molibdeno, tungsteno, cobalto, cromo, vanadio, zirconio, silicio, carbono, erbio, gadolinio, hafnio, itrio y boro.

La adición de silicio, erbio y/o gadolinio puede inhibir la difusión de oxígeno en el material, reduciendo o eliminando la difusión de oxígeno observada en las aleaciones actuales de TiAl a temperaturas superiores a 700 °C, por lo tanto, la desestabilización de la microestructura mediante el ataque de oxígeno en las zonas del borde del componente se puede reducir o prevenir de forma independiente y en conjunto con las fases ricas en aluminio insensibles al ataque de oxígeno.

Los componentes de la aleación pueden estar presentes en la aleación con las siguientes proporciones para poder ajustar la microestructura ventajosa descrita anteriormente:

65 W 0 al 3 % atómico

5 Si 0,2 al 0,35 % atómico
 C 0 al 0,6 % atómico
 Zr 0 al 6 % atómico
 Y 0 al 0,5 % atómico
 Hf 0 al 0,3 % atómico
 Er 0 al 0,5 % atómico
 Gd 0 al 0,5 % atómico
 B 0 al 0,2 % atómico y
 10 Nb 4 al 25 % atómico y
 Mo 1 al 10 % atómico y/o
 W 0,5 al 3,0 % atómico y/o
 Co 0,1 al 10 % atómico y/o
 Cr 0,5 al 3,0 % atómico y/o
 15 V 0,5 al 10 % atómico.

La aleación de γ - TiAl de la presente invención puede fabricarse mediante metalurgia por fusión o pulvimetalurgia, y las dos rutas de producción pueden combinarse, por ejemplo, produciendo mediante metalurgia por fusión al menos una parte del material requerido para la pulvimetalurgia, y a continuación pulvimetalurgia con polvo de otros constituyentes para ser procesado adicionalmente. En particular, al menos partes de los componentes de la aleación se pueden alear mecánicamente, por ejemplo, para permitir la distribución fina de los óxidos (refuerzo de la dispersión de óxidos).

En particular, la aleación puede fundirse mediante fusión por arco al vacío o atmósfera de gas protector.

25 La aleación desechada puede densificarse mediante prensado isostático en caliente para eliminar, por ejemplo, los poros formados tras la solidificación. El prensado isostático en caliente también se puede llevar a cabo en la producción por pulvimetalurgia.

30 Una aleación correspondiente ya puede fundirse cerca del contorno final o puede fabricarse mediante la producción por pulvimetalurgia de un componente a fabricar o la aleación puede formarse después del moldeo por forja, en particular forja isotérmica.

La aleación o un componente hecho de la aleación puede someterse a un tratamiento térmico de una o varias etapas para ajustar la estructura correspondiente con los precipitados.

35 La aleación de TiAl se puede utilizar en particular para componentes de motores turbo, por ejemplo, para componentes de un motor de avión, en el que las temperaturas de funcionamiento pueden ser de hasta 950° Celsius.

40 BREVE DESCRIPCIÓN DE LA FIGURA

La figura adjunta muestra de una manera puramente esquemática una realización de una microestructura de una aleación de TiAl de acuerdo con la invención.

45 EJEMPLO DE REALIZACIÓN

Otras ventajas, características y elementos de la presente invención serán evidentes en la siguiente descripción detallada de una realización, pero la invención no se limita a esta realización.

50 La figura muestra una microestructura de una aleación de TiAl de acuerdo con la invención en una representación puramente esquemática.

La figura 1 muestra en una vista en sección los granos globulares 1 de γ - TiAl, que forman la matriz de γ - TiAl. En los límites de grano, se precipitan parcialmente los carburos 4 y los siliciuros 5 y los óxidos 6, que estabilizan los límites del grano. Dentro de los granos de γ - TiAl se observan precipitados de fases intermetálicas, tales como Al_3Ti y Al_2Ti , que se forman como precipitados globulares 3 o como precipitados laminares 2 en los granos de γ - TiAl o entre los granos de γ - TiAl 1, respectivamente.

60 En los granos de γ - TiAl hay además incorporadas partículas de óxido 7 finamente dispersas, por ejemplo en forma de óxido de itrio o dióxido de zirconio, con un tamaño de partícula medio o máximo en el intervalo menor o igual a 1 micra, preferentemente en el intervalo nanométrico.

Dicho material ofrece en particular para componentes mecánicamente altamente estresados a altas temperaturas, tales como componentes de turbinas de gas o motores de aviones, un perfil de propiedades equilibrado con bajo peso específico, alta resistencia mecánica, suficiente ductilidad y buen comportamiento a altas temperaturas con alta resistencia a la fluencia y buena resistencia a la oxidación.

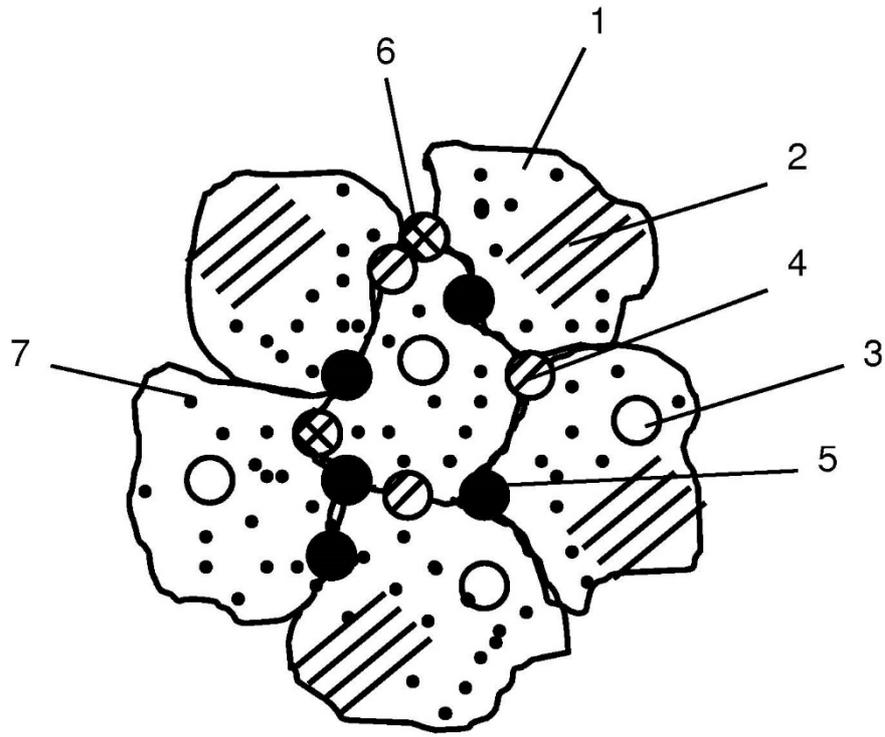
Aunque la presente invención se ha descrito en detalle con referencia a la realización, la invención no se limita a esta realización, sino que hay modificaciones en la forma en que se pueden omitir las características individuales u otras combinaciones de características, siempre y cuando no se abandone el alcance de las reivindicaciones adjuntas.

5 LISTA DE NÚMEROS DE REFERENCIA

- 1 Granos de γ - TiAl de la matriz de γ - TiAl
- 2 precipitados laminares de Ti - Al
- 3 precipitados globulares de Ti - Al
- 10 4 carburos
- 5 siliciuros
- 6 óxidos
- 7 óxidos (finamente dispersos)

REIVINDICACIONES

1. Aleación de TiAl para uso a altas temperaturas con los constituyentes principales aluminio y titanio, en la que la aleación de TiAl tiene una proporción de aluminio mayor o igual al 50 % atómico y comprende una matriz de γ -TiAl (1) y al menos una fase (2, 3) de Al y Ti incorporada en la matriz de γ -TiAl y diferente de γ -TiAl, y precipitados de óxidos (6, 7) y/o carburos (4), en la que la aleación comprende los siguientes elementos con las proporciones establecidas:
- 5
- 10 Nb 4 al 25 % atómico y
Mo 1 al 10 % atómico y/o
W 0,5 al 3,0 % atómico y/o
Co 0,1 al 10 % atómico y/o
Cr 0,5 al 3,0 % atómico y/o
V 0,5 al 10,0 % atómico y/o
- 15 Si 0,2 al 0,35 % atómico
C 0 al 0,6 % atómico
Zr 0 al 6 % atómico
Y 0 al 0,5 % atómico
Hf 0 al 0,3 % atómico
- 20 Er 0 al 0,5 % atómico
Gd 0 al 0,5 % atómico
B 0 al 0,2 % atómico
así como el resto Ti.
- 25 2. Aleación de TiAl de acuerdo con la reivindicación 1, **caracterizada porque** el contenido de aluminio es de hasta el 75 % atómico, preferentemente hasta el 65 % atómico, en particular hasta el 60 % atómico.
- 30 3. Aleación de TiAl de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizada porque** la matriz de γ -TiAl ocupa el 50 % en volumen o más de la microestructura.
- 35 4. Aleación de TiAl de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizada porque** la matriz de γ -TiAl (1) tiene una microestructura autocontenida, reticular o globular.
- 40 5. Aleación de TiAl de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizada porque** las fases (2,3) de Al y Ti que son diferentes de γ -TiAl comprenden fase β y/o fases intermetálicas ricas en Al, en particular Al_3Ti y Al_2Ti .
- 45 6. Aleación de TiAl de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizada porque** los precipitados comprenden ZrO_2 y/o Y_2O_3 .
- 50 7. Procedimiento para la producción de una aleación de TiAl de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores o un componente producido a partir de esta aleación, en el que la aleación se produce mediante metalurgia por fusión y estiramiento monocristalino o colada policristalina o en el que la aleación se produce al menos parcialmente mediante pulvimetalurgia y preferentemente al menos partes de los componentes de la aleación se alean mecánicamente.
- 55 8. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 7, **caracterizado porque** la aleación se funde mediante fusión por arco al vacío o en atmósfera de gas protector y/o se cuela mediante colada centrífuga.
- 60 9. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 7 u 8, **caracterizado porque** la aleación se prensa isostáticamente en caliente y/o se forja isotérmicamente después de la colada o de la producción por pulvimetalurgia.
10. Uso de una aleación de TiAl de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 6 para formar un componente para un motor turbo, en particular para un motor de avión.



Figura