

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 625 825**

51 Int. Cl.:

C22C 19/05 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **26.10.2012** E 12190156 (5)

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **03.05.2017** EP 2725110

54 Título: **Súper-aleación a base de níquel exenta de renio y resistente a la fluencia**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
20.07.2017

73 Titular/es:

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

72 Inventor/es:

**RETTIG, RALF;
SINGER, ROBERT F.;
HELMER, HARALD y
NEUMEIER, STEFFEN**

74 Agente/Representante:

DE ELZABURU MÁRQUEZ, Alberto

ES 2 625 825 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

Súper-aleación a base de níquel exenta de renio y resistente a la fluencia

Antecedentes de la invención

Sector de la invención

5 La presente invención se refiere a una aleación a base de níquel que está esencialmente exenta de renio pero que, al mismo tiempo, alcanza las propiedades en relación con la resistencia a la fluencia de las súper-aleaciones a base de níquel de segunda generación.

Estado de la técnica

10 En turbinas de gas, tales como turbinas de gas estacionarias o grupos motopropulsores, las súper-aleaciones a base de níquel se emplean, por ejemplo, como materiales para los álabes, dado que estos materiales presentan, también en el caso de las elevadas temperaturas de trabajo, todavía una resistencia mecánica suficiente para las elevadas sollicitaciones mecánicas. Por ejemplo, los álabes de turbina en el caso de turbinas de gas estacionarias o motores turbo-reactores en aeronaves de tráfico aéreo se exponen a una corriente de gases de escape con temperaturas de hasta 1500°C y se someten al mismo tiempo a sollicitaciones mecánicas muy elevadas por las fuerzas centrífugas.

15 Bajo estas condiciones, se trata, en particular, que la resistencia a la fluencia del material empleado satisfaga los requisitos. Con el fin de continuar aumentando la resistencia a la fluencia, desde algunas décadas se fabrican también de manera monocristalina álabes de turbinas con el fin de continuar mejorando la resistencia a la fluencia mediante la evitación de límites de granos.

20 En el caso de las súper-aleaciones a base de níquel empleadas actualmente de las denominadas segunda y tercera generación, las aleaciones presentan habitualmente el elemento químico renio, a saber, con una proporción de tres o bien seis por ciento en peso, dado que el renio mejora adicionalmente la resistencia a la fluencia.

No obstante, debido a la escasa disponibilidad del renio, la adición de renio es muy cara. De manera correspondiente, en el estado de la técnica existen ya esfuerzos para reducir la proporción de renio o bien renunciar por completo a la adición por aleación de renio, debiendo mantenerse al mismo tiempo las propiedades mecánicas, en particular en relación con la resistencia a la fluencia. Investigaciones al respecto existen por parte de A. Heckl. S. Neumeier, M. Göken, R.F. Singer, "The effect of Re and Ru on γ/γ' microstructure, γ -solid solution strengthening and creep strength in nickel-base-super alloys", en Material Science and Engineering A 528 (2011)3435-3444 y Paul J. Fink, Joshua L. Miller, Douglas G. Konitzer, "Rhenium Reduction – Alloy Design Using an Economically Strategic Element", JOM, 62(2010), 55-57. Además de ello, también correspondientes aleaciones son objeto de sollicitudes de

25 patente tales como, por ejemplo, en los documentos EP 2 305 847 A1, EP 2 305 848 A1, EP 2 314 727 A1, US 2010/0135846, WO 2009/032578 A1 y WO 2009/032579 A1.

A pesar de que con ello ya existen algunas propuestas de solución para una reducción del renio o bien para súper-aleaciones a base de níquel exentas de renio, sigue existiendo la necesidad de desarrollar súper-aleaciones a base de níquel reducidas en renio o bien exentas de renio, cuyas propiedades mecánicas, en particular propiedades a alta

35 temperatura tales como resistencias a la fluencia se encuentren en la gama de las súper-aleaciones a base de níquel con contenido en renio actualmente empleadas o bien eviten el empleo de determinados elementos tales como hafnio.

Otros ejemplos de aleaciones se dan en el documento JP 2000 144 289 A y el documento US 4 582 548 A.

Divulgación de la invención

40 Misión de la invención

Por lo tanto, es misión de la presente invención indicar una súper-aleación a base de níquel que presente propiedades mecánicas equiparables, en particular propiedades a alta temperatura tales como resistencia a la fluencia como las de las súper-aleaciones a base de níquel empleadas actualmente de la segunda y tercera generación, pero que renuncia por completo a la adición por aleación del elemento renio. Además de ello, la aleación debe poder ser producida de forma rentable y eficiente y, en particular, ser fácilmente vertible así como solidificable de modo monocristalino o de manera dirigida.

45

Solución técnica

Este problema se resuelve mediante una aleación con las características de la reivindicación 1 y un correspondiente objeto, en particular un componente de una turbina de gas con las características de la reivindicación 8. Ejecuciones ventajosas son objeto de las reivindicaciones subordinadas.

50

La invención parte del reconocimiento de que el renio en el caso de las de las súper-aleaciones a base de níquel coopera en el endurecimiento del cristal mixto de la matriz y de las súper-aleaciones a base de níquel. Con el fin de poder reemplazar de manera eficaz el renio, debe estar presente, por lo tanto, un componente de la aleación que

5 adopte la misión del endurecimiento del cristal mixto de renio. La invención se aplica en este punto y propone que wolframio pueda ser utilizado como endurecedor del cristal mixto eficiente en la aleación. No obstante, el wolframio no sólo se presenta habitualmente en la matriz γ de súper-aleaciones a base de níquel, sino también en las fases γ' precipitadas que habitualmente son formadas mediante Ni_3Al o Ni_3Ti o bien mezclas de los mismos. Aquí se aplica la invención al proponer súper-aleaciones a base de níquel en las que, bajo condiciones límites predeterminadas, la composición de la aleación está optimizada de manera que el contenido de wolframio en la matriz γ sea mayor que en las fases γ' precipitadas.

10 Para ello, conforme a la invención, se propone que como condición límite se fije una composición química de la aleación con un contenido en aluminio de 11 a 11,2% at., cobalto de 9,1 a 9,3% at., cromo de 6 a 6,2% at., molibdeno de 0,85 a 1,0% at., tántalo de 3,3 a 3,5% at., titanio de 1,5 a 1,7% at., wolframio de 2,8 a 3% at., así como el resto níquel e impurezas inevitables. Una aleación de este tipo debe presentar, además, como condición límite, una temperatura de solidus de más 1.320°C, y la proporción de la fase γ' debe encontrarse en el intervalo de 40 a 50% en vol., en particular de 44 a 46% en vol. a una temperatura en el intervalo de 1050°C a 1100°C. Adicionalmente, como condición límite debe estar establecido que el ajuste erróneo γ/γ' a temperaturas de 1050 hasta 1100°C se encuentre en el intervalo de -0,15% a -0,25%. El ajuste erróneo γ/γ' se define como la diferencia normalizada de las constantes de la red de las dos fases γ y γ' :

$$\frac{a_{\gamma'} - a_{\gamma}}{1/2 * (a_{\gamma'} + a_{\gamma})}$$

20 Con el fin entonces de configurar a la aleación de manera resistente a la fluencia, la composición se elige de manera que la proporción de wolframio en la matriz γ sea mayor que en la fase γ' . Una aleación con una composición de este tipo con un contenido en wolframio correspondientemente elevado en la matriz γ presenta la resistencia mecánica necesaria a temperaturas elevadas y, en particular, la resistencia a la fluencia necesaria. Ciertamente, es también imaginable aumentar en conjunto el contenido de wolframio, de modo que con ello se aumente también el contenido de wolframio en la matriz γ . No obstante, con ello se aumenta la densidad de la aleación, de manera que es ventajoso mejorar de manera correspondiente la relación del contenido de wolframio de la matriz a secreciones γ' . La composición de la aleación puede variarse dentro de los límites indicados o bien de las condiciones límites.

25 Según una ejecución de la invención, la composición de la aleación puede elegirse de manera que en el caso de una temperatura de 1050°C a 1100°C, el contenido de wolframio en la matriz γ sea $\geq 3,5\%$ at.

Preferiblemente, sin embargo, la composición química se elige de manera que el contenido de wolframio en la matriz γ sea máximo.

30 Esto se puede alcanzar, en particular, debido a que en el caso de un contenido mínimo de aluminio se ajusta un contenido máximo de tántalo y un contenido medio de titanio. A saber, se ha comprobado que, en particular mediante los contenidos de tántalo y titanio, así como el contenido de aluminio se puede variar la concentración de wolframio en la matriz γ .

35 De manera correspondiente, se pueden ajustar el contenido de tántalo y el contenido de titanio juntos a un valor de $\geq 3\%$ at., preferiblemente $\geq 4,5\%$ at., en particular $\geq 5\%$ at.

Según otra ejecución, una aleación a base de níquel según la presente invención puede presentar la siguiente composición química: así como el resto níquel e impurezas inevitables.

Además, el contenido de azufre puede limitarse a valores de 2 ppm, en particular 1 ppm (partes por millón) de azufre e inferiores, con el fin de continuar mejorando las propiedades mecánicas.

40 Con la aleación de acuerdo con la invención pueden fabricarse, en particular, objetos tales como componentes de turbinas de gas, preferiblemente álabes de turbinas y similares que pueden estar configurados solidificados de modo monocristalino o de manera dirigida.

Breve descripción de la figura

45 La figura adjunta muestra una gráfica de Larson – Miller para representar la resistencia a la fluencia de la aleación de acuerdo con la invención en comparación con aleaciones conocidas y una aleación comparativa.

Ejemplo de realización

50 Conforme a la invención, se preparó una aleación cuya composición puede deducirse de la Tabla que figura a continuación (Aleación 3). Como aleaciones comparativas se eligieron las Aleaciones 1 y 2, correspondiendo la Aleación 1 esencialmente en la composición química a la del material CMSX-4, y la Aleación 2 es una aleación con una composición similar a la del material CMSX-4, pero está reducida en renio. Los componentes de las aleaciones se indican porcentaje en peso en la tabla.

ES 2 625 825 T3

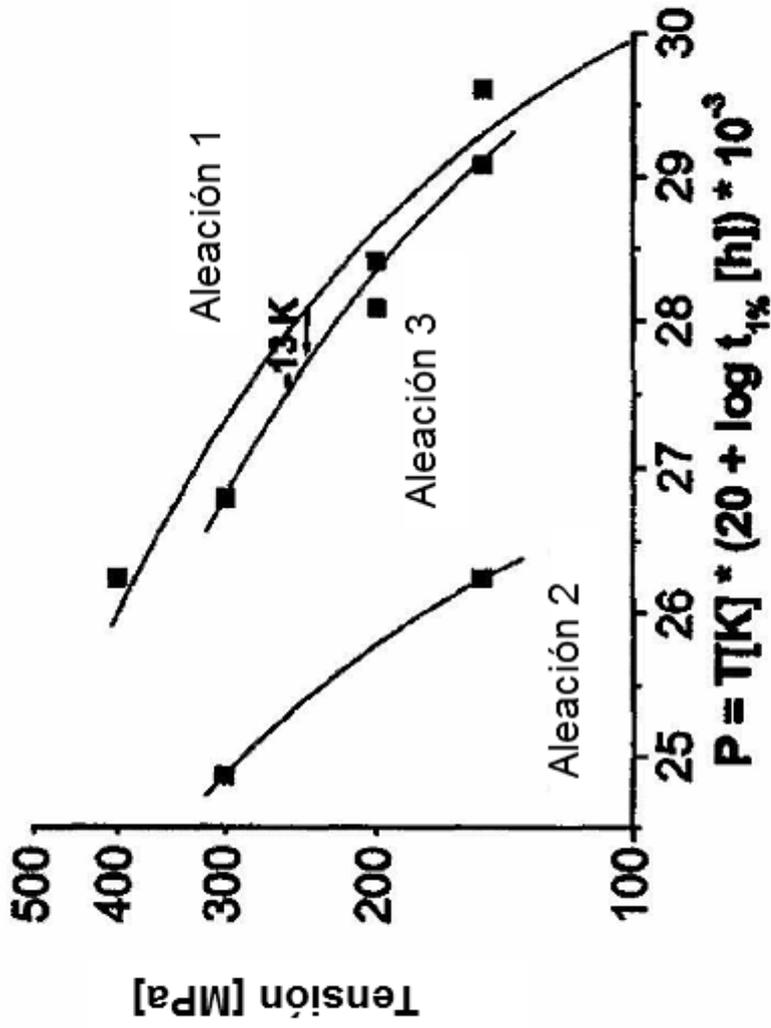
| Aleación | Al | Co | Cr | Mo | Ta | Ti | W | Re | Hf | Ni |
|------------|-----|-----|-----|-----|------|-----|-----|-----|------|-------|
| Aleación 1 | 5,6 | 9,0 | 6,5 | 0,6 | 6,5 | 1,0 | 6,0 | 3,0 | 10,1 | Resto |
| Aleación 2 | 6,1 | 8,9 | 5,3 | 1,0 | 6,7 | 0,0 | 6,2 | 0,0 | 0,0 | Resto |
| Aleación 3 | 4,8 | 8,6 | 5 | 1,4 | 10,1 | 1,3 | 8,8 | 0,0 | 0,0 | Resto |

5 Como se deduce de la figura adjunta, que muestra una denominada gráfica de Larson – Miller, la Aleación 3 de acuerdo con la invención presenta una resistencia a la fluencia similar a la de la Aleación 1 que corresponde a una súper-aleación a base de níquel de la segunda generación. Frente a ello, la Aleación 2 presenta una resistencia a la fluencia mucho menor, lo cual se justifica por la porción carente de renio y la optimización carente de la composición de la aleación conforme a la presente invención. Con ello resulta claro que mediante las enseñanzas de acuerdo con la invención se pueden proporcionar súper-aleaciones a base de níquel que pueden renunciar al elemento renio difícilmente disponible, pero que, no obstante, pueden proporcionar propiedades a alta temperatura mecánicas tales como, por ejemplo, una correspondiente resistencia a la fluencia, como las de las aleaciones con contenido de renio conocidas.

10 A pesar de que la presente invención se ha descrito detalladamente con ayuda del ejemplo de realización, para el experto en la materia resulta evidente que la invención no se limita a este ejemplo de realización, sino que más bien son posibles variaciones de manera que se puedan eliminar características individuales o combinar de otro modo características, siempre que no se abandone el alcance de protección de las reivindicaciones adjuntas. La presente divulgación da a conocer todas las combinaciones de todas las características individuales presentadas.

REIVINDICACIONES

- 5 1. Aleación a base de níquel que está exenta de renio y que presenta una temperatura de solidus mayor que 1320°C en la que se presentan precipitaciones de una fase γ' en una matriz y con una proporción de 40 a 50% en vol. a temperaturas de 1050°C hasta 1100°C y el ajuste erróneo γ/γ' a temperaturas de 1050 hasta 1100°C se encuentra en el intervalo de -0,15% a -0,25% y presenta la composición química:
- aluminio de 11 a 11,2% at.,
- cobalto de 9,1 a 9,3% at.,
- cromo de 6 a 6,2% at.,
- molibdeno de 0,85 a 1,0% at.,
- 10 tántalo de 3,3 a 3,5% at.,
- titanio de 1,5 a 1,7% at.,
- wolframio de 2,8 a 3% at., así como
- el resto níquel e impurezas inevitables, siendo el contenido de wolframio en la matriz γ mayor que en las fases γ' precipitadas.
- 15 2. Aleación a base de níquel según la reivindicación 1, caracterizada por que el contenido de wolframio en la matriz y a una temperatura de 1100°C es mayor que 3,5% at.
3. Aleación a base de níquel según la reivindicación 1 ó 2, caracterizada por que el contenido de wolframio en la matriz γ es máximo en función de los restantes componentes de la aleación.
- 20 4. Aleación a base de níquel según una de las reivindicaciones precedentes, caracterizada por que el contenido de wolframio y el contenido de molibdeno en la matriz γ juntos ascienden a más de 5% at.
5. Aleación a base de níquel según una de las reivindicaciones precedentes, caracterizada por que en el caso de un contenido mínimo de aluminio se ajusta un contenido máximo de tántalo y un contenido medio de titanio.
- 25 6. Aleación a base de níquel según una de las reivindicaciones precedentes, caracterizada por que el contenido de tántalo y el contenido de titanio juntos es mayor que o igual a 3% at., preferiblemente 4,5% at., en particular mayor que o igual a 5% at.
7. Aleación a base de níquel según una de las reivindicaciones precedentes, caracterizada por que el contenido de azufre es menor que o igual a 2 ppm, preferiblemente es menor que o igual a 1 ppm.
8. Objeto a base de una aleación a base de níquel según una de las reivindicaciones precedentes.
- 30 9. Objeto según la reivindicación 8, caracterizado por que el objeto está solidificado de modo monocristalino o dirigido.
10. Objeto según la reivindicación 8 ó 9, caracterizado por que el objeto es un componente, en particular un álabe de una turbina de gas o de un grupo motopropulsor.



Figura