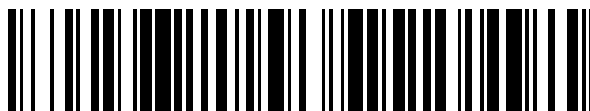


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 684 780**

51 Int. Cl.:

C22C 19/05 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **19.08.2015 E 15181489 (4)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **01.08.2018 EP 3133178**

54 Título: **Superalación basada en níquel optimizada**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
04.10.2018

73 Titular/es:

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

72 Inventor/es:

**GÖHLER, THOMAS;
RETTIG, RALF;
SINGER, ROBERT F. y
RITTER, NILS**

74 Agente/Representante:

ELZABURU, S.L.P

ES 2 684 780 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

Superaleación basada en níquel optimizada

Antecedentes de la invención**Campo de la invención**

- 5 La invención se refiere a una aleación basada en níquel, particularmente a una superaleación basada en níquel para aplicaciones a alta temperatura, preferiblemente para uso en turbomáquinas como motores de aviación, así como a un componente correspondiente de una turbomáquina, particularmente un motor de aviación, de una de dichas aleaciones basadas en níquel.

- 10 Se entiende por aleación basada en níquel un material que presenta níquel como componente principal. Representan una configuración especial de las aleaciones basadas en níquel las superaleaciones basadas en níquel, bajo las que se entienden aleaciones que son utilizables por su composición especial y estructura cristalina a altas temperaturas hasta casi su punto de fusión. El término de aleación basada en níquel, como se usa a continuación, comprende por ello también el término de superaleación basada en níquel.

Estado de la técnica

- 15 Las superaleaciones basadas en níquel se utilizan en aplicaciones a alta temperatura, p.ej. en la construcción de turbinas de gas estacionarias o motores de aviación, a causa de su resistencia a alta temperatura. Se entiende por aplicación a alta temperatura en la presente memoria una aplicación en que la temperatura de uso de un componente preparado a partir de la aleación se encuentra en un intervalo de temperatura superior a la mitad de la temperatura de fusión de la aleación.

- 20 Las superaleaciones basadas en níquel deben sus buenas propiedades a alta temperatura y particularmente su notable resistencia a alta temperatura a una estructura cristalina especial, que se caracteriza por una matriz γ y los precipitados γ' en ella acumuladas. La fase γ' cúbica centrada en las caras de la matriz está compuesta por el componente principal níquel, así como elementos como cobalto, cromo, molibdeno, renio y wolframio, que se alean con las superaleaciones basadas en níquel. Mediante dichos componentes de aleación como wolframio, renio y molibdeno, se consigue una solidificación cristalina mixta de la matriz y que confiere a la aleación adicionalmente endurecimiento por envejecimiento con los precipitados γ' .

Los componentes de aleación renio, wolframio y molibdeno producen aparte de la solidificación cristalina mixta de la matriz y adicionalmente una estabilización de los precipitados γ' y contrarrestan su engrosamiento, que conduciría a un descenso de la resistencia a la deformación.

- 30 Por otro lado, en la aleación de metales refractarios, como renio, wolframio y molibdeno, existe el problema de que se forman las denominadas fases TCP (TCP topological closed packed (topológicamente compactas)), que son quebradizas y conducen a la formación de fisuras.

Habitualmente, los precipitados γ' poseen igualmente una estructura cúbica centrada en las caras de composición $Ni_3(Al, Ti, Ta, Nb)$.

- 35 Además, la resistencia de las superaleaciones basadas en níquel puede elevarse mediante la formación de carburos, que estabilizan los límites de grano y por ello contribuyen a la resistencia a la deformación.

- 40 Correspondientemente, es de importancia decisiva para el perfil de propiedades de las superaleaciones basadas en níquel en aplicaciones a alta temperatura, elegir la composición respecto a los metales refractarios cobalto, cromo, molibdeno, renio y wolframio como formadores de cristales mixtos, así como las proporciones de aluminio, tantalio y titanio como componentes de los precipitados γ' . Obtener una superaleación basada en níquel óptima para aplicaciones a alta temperatura con altas temperaturas de uso cerca del punto de fusión de la aleación con alta resistencia a la deformación y el peso específico más bajo posible, así como buena procesabilidad, depende correspondientemente de la configuración óptima de los elementos de aleación.

- 45 Son ya conocidos en el estado de la técnica una pluralidad de superaleaciones basadas en níquel con distintas composiciones, como se divulgan por ejemplo en los documentos EP 0663462A1 y EP 2128284 A1. Aunque en la solicitud de patente europea EP 0663462 A1 se establece que dos grupos de elementos de aleación, a saber por un lado el grupo de molibdeno, cromo y niobio y por otro lado el grupo de aluminio, titanio y wolframio, están contenidos en una proporción cuantitativa añadida determinada en la solicitud, el documento EP 2128284 A1 propone una superaleación basada en níquel en que las proporciones de los elementos wolframio, cromo, molibdeno y renio en % en peso, que se pondera respectivamente con un factor individual, no deben sobrepasar en total un valor determinado.

En la solicitud de patente europea EP 0663462 A1, se describe además cómo mediante la adición de rutenio puede desplazarse la distribución de otros componentes de aleación entre la matriz y los precipitados γ' , de modo que puede influir en la formación de fases TCP.

No obstante, se llega en las superaleaciones basadas en níquel conocidas en la preparación por técnicas de colada a segregaciones de colada de los elementos inertes a la difusión, como renio y wolframio, que impiden un perfil de propiedades homogéneo de la aleación. Correspondientemente, deben llevarse a cabo para conseguir un alto grado de homogeneización costosos ciclos térmicos de disolución.

- 5 Además, en las superaleaciones basadas en níquel conocidas, se forman a temperaturas correspondientemente altas no obstante fases TCP quebradizas, que pueden perjudicar la resistencia de los correspondientes componentes.

Además, es deseable elevar la resistencia de dichas superaleaciones basadas en níquel presentando los correspondientes metales refractarios, como wolframio y molibdeno, en una proporción lo más baja posible en los precipitados γ' , sino contribuyendo a la solidificación cristalina mixta de la matriz y, de modo que debe evitarse por determinados componentes de aleación, como p.ej. rutenio, una distribución inapropiada de los componentes de aleación como, p.ej., de los elementos químicos contribuyentes a la solidificación cristalina mixta, entre la matriz y los precipitados γ' .

Divulgación de la invención

Objetivo de la invención

15 Es por eso objetivo de la presente invención procurar una superaleación basada en níquel optimizada en que se mejore el problema abordado anteriormente de segregación de colada así como evitar la formación de fases TCP, y además mejorar las propiedades mecánicas respecto a la resistencia a alta temperatura y resistencia a la deformación. A este respecto, la densidad de la aleación debe mantenerse sin embargo lo más baja posible y garantizar una buena y sencilla preparación, así como procesabilidad, de la aleación.

20 Solución técnica

Este objetivo se consigue mediante una aleación basada en níquel con los rasgos de la reivindicación 1, así como un componente correspondiente de la aleación basada en níquel según la reivindicación 8. Las configuraciones ventajosas son objeto de las reivindicaciones subordinadas.

25 Para la solución de las tareas anteriormente citadas, la presente invención propone proporcionar una composición optimizada de una aleación basada en níquel, particularmente respecto de los elementos de aleación cobalto, renio, wolframio, tantalio, aluminio y titanio, ya que estos elementos de aleación influyen considerablemente en la estructura cristalina y microestructura así como en las correspondientes propiedades mecánicas de la aleación.

Según la invención, se propone proporcionar una superaleación basada en níquel con una composición química según la reivindicación 1.

30 La proporción de níquel de la aleación es el componente principal de la aleación, así pues el componente que se presenta en la proporción más alta en % en peso o % en at. en la aleación. Ni que decir tiene que la correspondiente aleación se presenta siempre a un 100 %, de modo que no se realice adición de los valores límite de los intervalos de proporción dados de forma que la composición de la aleación constituya menos o más del 100 % o el níquel no se suministre a la correspondiente máxima proporción. Más bien, en el uso de un elemento de aleación a una alta proporción, se ha de realizar una reducción correspondiente de otros elementos de aleación correspondientes a una proporción baja correspondientemente a los datos.

35 La aleación basada en níquel se caracteriza particularmente porque la proporción de tantalio es siempre mayor o igual a la proporción de aluminio, de modo que la relación de proporciones de tantalio a aluminio en % en peso sea mayor o menor a 1, así pues es aplicable que $c(\text{Ta})/c(\text{Al}) \geq 1$. Además, la relación de tantalio a aluminio en % en peso debe ser menor o igual a 2. Se ha mostrado señaladamente que para que sea alcanzable una distribución mejorada de wolframio y molibdeno entre la matriz y los precipitados γ' , la proporción de wolframio y/o molibdeno en la matriz y es mayor que en los precipitados γ' .

40 Además, en la superaleación basada en níquel de la presente invención, la relación de proporciones de cobalto a wolframio en % en peso se elige mayor o igual a 2 y menor o igual a 5, ya que mediante la elevación del contenido de cobalto son alcanzables una mejora del comportamiento de segregación, es decir una menor segregación de colada, y un mayor grado de homogeneización, de modo que puedan encontrar uso ciclos térmicos de disolución más cortos o sencillos. En combinación con la alta proporción de wolframio en la matriz y por la relación ajustada de tantalio a aluminio, puede elevarse la resistencia o en la solidificación cristalina mixta constante total reducirse el contenido de wolframio, lo que repercute particularmente también de forma ventajosa sobre la densidad de la aleación.

50 Particularmente, la relación de proporciones de cobalto a wolframio en % en peso puede ser menor o igual a 4.

Además de la relación de tantalio a aluminio y de cobalto a wolframio, la aleación basada en níquel puede ajustarse de modo que la relación de las proporciones de wolframio a molibdeno en % en peso sea mayor o igual a 1 y menor o igual a 4. También pueden conseguirse así los fines de evitar la segregación de colada, evitar la formación de fases TCP así como una mejor distribución de wolframio y molibdeno entre la matriz y los precipitados γ' .

ES 2 684 780 T3

Con esta finalidad, puede elegirse también la relación de proporciones de cobalto a renio en % en peso mayor o igual a 1 y menor o igual a 2.

Los componentes de aleación esenciales para las propiedades mecánicas aluminio, cobalto, cromo, molibdeno, renio, rutenio, tantalio, titanio y/o wolframio pueden alearse particularmente con

- 5 5,0 a 7,0 %, particularmente 5,5 a 6,0 % de Al y/o
10,5 a 15,0 %, particularmente 11,0 a 12,0 % de Co y/o
4,0 a 6,0 %, particularmente 4,5 a 5,5 % de Cr y/o
1,1 a 2,5 %, particularmente 1,1 a 2,0 % de Mo y/o
5,5 a 7,0 %, particularmente 5,7 a 6,5 % de Re y/o
- 10 3,1 a 5,5 %, particularmente 3,3 a 5,0 % de Ru y/o
5,0 a 9,0 %, particularmente 5,5 a 8,0 % de Ta y/o
0 a 2,0 %, particularmente 0,5 a 2,0 %, preferiblemente 1,1 a 1,7 % de Ti y/o
3,0 a 4,5 %, particularmente 3,5 a 4,5 % de W.
- 15 Una aleación correspondiente puede presentar una densidad de 8,94 g por cm³, particularmente ≤ 8,85 g por cm³ y preferiblemente ≤ 8,8 g por cm³.

La aleación basada en níquel de la presente invención puede utilizarse tanto monocristalina como solidificada direccionalmente, encontrando uso componentes monocristalinos particularmente para aplicaciones a alta temperatura en la construcción de motores de aviación.

EJEMPLOS DE REALIZACIÓN

- 20 La siguiente tabla muestra la composición de cuatro aleaciones según la invención respecto a los componentes principales aluminio, cobalto, cromo, molibdeno, renio, rutenio, tantalio, titanio y wolframio, con el resto níquel, en % en peso, pudiendo presentarse otros componentes como carbono, silicio, manganeso, fósforo, azufre, boro, cobre, hierro, hafnio, circonio e itrio en total a una proporción de menos del 0,7 % en peso.

Aleación	Al	Co	Cr	Mo	Re	Ru	Ta	Ti	W
Aleación 1	5,9	11,2	4,6	1,1	6,4	5	7,6	0	4
Aleación 2	5,7	11,4	5	1,9	6	3,3	5,8	1,2	3,7
Aleación 3	5,9	11,4	5	2,2	6	3,3	6,5	0,5	3,7
Aleación 4	5,9	11,3	5	2,4	6	3,3	7,4	0	3,7

- 25 Las correspondientes aleaciones presentan las propiedades dadas en la siguiente tabla.

Propiedades	Aleación 1	Aleación 2	Aleación 3	Aleación 4
Densidad [g/cm ³]	8,933	8,754	8,796	8,848
Desacoplamiento [%]	-0,544	-0,56	-0,55	-0,55
Temperatura de solidus [° C]	1324	1327	1327	1324
Temperatura de solvus de γ' [° C]	1261	1240	1247	1255
Índice de MKH 1100	11,96	12	11,97	12,14
Contenido de γ' a 1100 ° C [%]	43,3	43,9	42,53	42,17

5 El índice MKH caracteriza el índice de cristalinidad mixta según E. Fleischmann "Einfluss der Mischkristallhärtung der Matrix auf die Kriechbeständigkeit einkristalliner Nickelbasis - Superlegierungen", Tesis de la Universidad de Bayreuth, 2013, en la que se registran los contenidos de elementos ponderados Re, W y Mo en la matriz en % en peso (índice $MKH = 1,6 Re + W + Mo$). Es ventajoso un índice MKH lo más alto posible para la formación de una aleación resistente a la deformación y resistente a alta temperatura. La proporción de elementos de aleación en la matriz puede determinarse mediante medidas por sondas atómicas o microscopio electrónico de transmisión.

10 Aunque la presente invención se ha descrito detalladamente mediante los ejemplos de realización, la invención no está limitada a estos ejemplos de realización, sino que más bien son posibles modificaciones de modo que los rasgos individuales dentro de los intervalos protegidos dados de las reivindicaciones adjuntas puedan cambiarse. La divulgación incluye todas las combinaciones de los rasgos individuales propuestos.

REIVINDICACIONES

1. Aleación basada en níquel para aplicaciones a alta temperatura, particularmente para uso en turbomáquinas, con una composición química que comprende en porcentaje en peso:

Al	3,7 a 7,0
Co	10 a 20
Cr	2,1 a 7,2
Mo	1,1 a 3,0
Re	5,5 a 9,2
Ru	3,1 a 8,5
Ta	4,1 a 11,9
Ti	0 a 3,3
W	2,1 a 4,9
C	0 a 0,05
Si	0 a 0,1
Mn	0 a 0,05
P	0 a 0,015
S	0 a 0,001
B	0 a 0,003
Cu	0 a 0,05
Fe	0 a 0,15
Hf	0 a 0,15
Zr	0 a 0,015
Y	0 a 0,001

5 y el resto níquel, así como impurezas inevitables, siendo la relación de las proporciones de Ta a Al en porcentaje en peso mayor o igual a 1 y menor o igual a 2, y siendo la relación de las proporciones de Co a W en porcentaje en peso mayor o igual a 2 y menor o igual a 5.

2. Aleación basada en níquel según la reivindicación 1,

caracterizada porque

la relación de las proporciones de Co a W en porcentaje en peso es menor o igual a 4.

10 3. Aleación basada en níquel según una de las reivindicaciones anteriores,

caracterizada porque

la relación de las proporciones de W a Mo en porcentaje en peso es mayor o igual a 1 y menor o igual a 4.

4. Aleación basada en níquel según una de las reivindicaciones anteriores,

caracterizada porque

la relación de proporciones de Co a Re en porcentaje en peso es mayor o igual a 1 y menor o igual a 2.

5. Aleación basada en níquel según una de las reivindicaciones anteriores,

caracterizada porque

5 la aleación basada en níquel presenta en porcentaje en peso

5,0 a 7,0 %, particularmente 5,5 a 6,0 % de Al y/o

10,5 a 15,0 %, particularmente 11,0 a 12,0 % de Co y/o

4,0 a 6,0 %, particularmente 4,5 a 5,5 % de Cr y/o

1,1 a 2,5 %, particularmente 1,1 a 2,0 % de Mo y/o

10 5,5 a 7,0 %, particularmente 5,7 a 6,5 % de Re y/o

3,1 a 5,5 %, particularmente 3,3 a 5,0 % de Ru y/o

5,0 a 9,0 %, particularmente 5,5 a 8,0 % de Ta y/o

0 a 2,0 %, particularmente 0,5 a 2,0 %, preferiblemente 1,1 a 1,7 % de Ti y/o

3,0 a 4,5 %, particularmente 3,5 a 4,5 % de W.

15 **6.** Aleación basada en níquel según una de las reivindicaciones anteriores,

caracterizada porque

la densidad de la aleación es menor o igual a 9,09 g/cm³, particularmente menor o igual a 8,94 g/cm³, preferiblemente menor o igual a 8,85 g/cm³, lo más preferiblemente menor o igual a 8,80 g/cm³.

7. Aleación basada en níquel según una de las reivindicaciones anteriores,

20 **caracterizada porque**

la aleación comprende una matriz γ y precipitados γ' , siendo la proporción de W y/o Mo en la matriz γ mayor que en los precipitados γ' .

8. Componente de una turbomáquina, particularmente un motor de aviación, que comprende una aleación basada en níquel según una de las reivindicaciones anteriores.

25 **9.** Componente según la reivindicación 8,

caracterizado porque

la aleación basada en níquel es monocristalina o solidificada direccionalmente.