

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 682 362**

51 Int. Cl.:

C22C 19/05 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **05.05.2015** E 15166317 (6)

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **11.07.2018** EP 3091095

54 Título: **Superalcación a base de níquel exenta de renio con baja densidad**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
20.09.2018

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.;
NEUMEIER, STEFFEN y
RITTER, NILS

74 Agente/Representante:

ELZABURU, S.L.P

ES 2 682 362 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 a base de níquel exenta de renio con baja densidad

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 con relación con la resistencia al deslizamiento de las superaleaciones a base de níquel de la segunda generación y presenta una densidad reducida con respecto a aleaciones equiparables.

En turbinas de gas tales como turbinas de gas estacionarias o turbopropulsores se emplean superaleaciones a base de níquel, por ejemplo como materiales de los álabes, dado que estos materiales presentan, también en el caso de las elevadas temperaturas de trabajo, todavía una resistencia suficiente para las elevadas solicitaciones mecánicas. Por ejemplo, los álabes de turbinas en el caso de turbinas de gas estacionarias o motores a reacción en aeronaves comerciales están expuestas a una corriente de gases de escape con temperaturas de hasta 1500°C y, al mismo tiempo, son sometidas a solicitaciones mecánicas muy elevadas por parte de fuerzas centrífugas. Bajo estas condiciones se trata, en particular, de que la resistencia al deslizamiento del material empleado satisfaga los requisitos. Con el fin de continuar aumentando la resistencia al deslizamiento, desde hace algunas décadas se fabrican álabes de turbinas también de modo monocristalino, con el fin de continuar mejorando la resistencia al deslizamiento evitando las superficies límite de los granos.

En el caso de las superaleaciones a base de níquel actualmente empleadas, 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 continúa mejorando la resistencia al deslizamiento.

No obstante, debido a la escasa disponibilidad de renio, la adición de renio es muy costosa. De manera correspondiente, en el estado de la técnica existen ya esfuerzos por reducir la proporción de renio o bien de renunciar por completo a la adición por aleación de renio, debiéndose mantener al mismo tiempo las propiedades mecánicas, en particular con relación a la resistencia al deslizamiento. Investigaciones al respecto existen por parte de A. Heckl, S. Neumeier, M. Goken, R.F. Singer, "The effect of Re and Ru on γ/γ' microstructure, γ -solid solution strengthening and creep strength in nickel-base superalloys", 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 aleaciones correspondientes son objeto de solicitudes de patente y patentes tales como, por ejemplo, EP 2 725 110 A1, DE 102010037046, US 2011/0076180 A1, EP 2 314 727 A1, EP 2 305 847 A1, EP 2 305 848 A1, US 2013/0129522 A1, WO 2013/083101 A1, EP 2 576 853 B1, WO 2009/032578 A1, WO 2009/032579 A1, EP 0 962 542 A1, US 6,054,096, US 2013/0230405 A1 y US 2010/0135846 A1.

Por ejemplo, el documento EP 2 725 110 A1 da a conocer una aleación a base de níquel que está esencialmente exenta de renio y presenta una temperatura del solidus mayor que 1320°C, en donde, a temperaturas de 1050°C a 1100°C, se presentan segregaciones de una fase γ' en una matriz γ con una proporción de 40 a 50% en vol., el desajuste γ/γ' a temperaturas de 1050°C a 1100°C se encuentra en el intervalo de - 0,15% a - 0,25% y el contenido en wolframio en la matriz γ es mayor que en las fases γ' segregadas. La aleación presenta la siguiente composición química: aluminio de 11 a 13% at., cobalto de 4 a 14% at., cromo de 6 a 12% at., molibdeno de 0,1 a 2% at., tántalo de 0,1 a 3,5% at., titanio de 0,1 a 3,5% at., wolframio de 0,1 a 3% at., así como el resto níquel e impurezas inevitables.

Aunque con ello ya existen algunas propuestas de solución para una reducción de renio bien para superaleaciones a base de níquel exentas de renio, sigue existiendo la necesidad de desarrollar superaleaciones a base de níquel reducidas en renio o bien exentas de renio, cuyas propiedades mecánicas, en particular propiedades a alta temperatura, tales como resistencia al deslizamiento, se encuentren en el intervalo de las superaleaciones a base de níquel con contenido en renio y exentas de renio actualmente empleadas y presenten, con respecto a estas aleaciones, propiedades adicionalmente mejoradas tales como, por ejemplo, una menor densidad.

Por lo tanto, es misión de la presente invención indicar una superaleación a base de níquel que presente propiedades mecánicas equiparables, en particular propiedades a alta temperatura, tales como resistencia al deslizamiento, como las de las superaleaciones a base de níquel de la segunda y tercera generación, actualmente empleadas, pero que no contenga esencialmente renio. Además de ello, la aleación debe presentar una densidad lo más baja posible y una buena capacidad de incandescencia en solución, pueda ser fabricada de manera rentable y eficaz y consolide de modo monocristalino o de forma orientada y presente, con respecto a la aleación a base de níquel exenta de renio dada a conocer en el documento EP 2 725 110 A1, en el caso de una resistencia al deslizamiento equiparable, propiedades mejoradas, en particular una menor densidad, una menor proporción de mezcla eutéctica residual y una incandescencia en solución mejorada.

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 estacionaria o turbina de gas de aviación con las características de la reivindicación 12. Ejecuciones ventajosas son objeto de las reivindicaciones dependientes.

5 La presente invención se refiere a una superaleación a base de níquel que contiene al menos los elementos Al, Cr, Mo y Ta, que se optimizó con los siguientes objetivos:

- índice de dureza de cristal mixto ponderado I_{SSS} en la matriz lo más elevado posible
- morfología γ/γ' óptima:
 - o desajuste γ/γ' a 1100°C de - 0,1 a - 0,5%

10 o proporción de γ' a 1100°C de 44 a 48% en moles

- temperatura del solidus > 1320°C.

En este caso, $I_{SSS} = 2,44 x_{Re}^Y + 1,22 x_{W}^Y + x_{Mo}^Y$ (x_i^Y = concentración en % at. del elemento respectivo en la matriz) y el desajuste γ/γ' está definido como la diferencia normalizada de las constantes de red de las dos fases γ y γ' :

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

15 Conforme a la optimización anterior, una aleación a base de níquel puede presentar la siguiente composición química: aluminio de 4,1 a 7,7% en peso, cobalto de 0 a 16,8% en peso, cromo de 6 a 11,8% en peso, molibdeno de 3,6 a 11,3% en peso, tántalo de 0 a 3,9% en peso, titanio de 0 a 3,6% en peso, wolframio de 0 a 11,3% en peso, carbono de 0 a 0,05% en peso, fósforo de 0 a 0,015% en peso, cobre de 0 a 0,05% en peso, zirconio de 0 a 0,015% en peso, silicio de 0 a 0,01% en peso, azufre de 0 a 0,001% en peso, hierro de 0 a 0,15% en peso, manganeso de 0 a 0,05% en peso, boro de 0 a 0,003% en peso, hafnio de 0 a 0,15% en peso, ytrio de 0 a 0,002% en peso, así como el resto níquel e impurezas inevitables. Como se puede observar, la aleación está esencialmente exenta de renio, es decir, contiene renio en todo caso solo en un intervalo de cantidades trazas (p. ej., no mayor que 0,001% en peso). La aleación puede estar, además, también esencialmente exenta de tántalo.

25 En una ejecución preferida, una aleación a base de níquel de acuerdo con la presente invención puede presentar la siguiente composición química: aluminio de 4,7 a 5,7% en peso, cobalto de 2,6 a 13,6% en peso, cromo de 6,3 a 7,3% en peso, molibdeno de 3,7 a 4,7% en peso, tántalo de 0 a 0,5% en peso, titanio de 2,8 a 3,6% en peso, wolframio de 7,4 a 8,4% en peso, carbono de 0 a 0,05% en peso, fósforo de 0 a 0,015% en peso, cobre de 0 a 0,05% en peso, zirconio de 0 a 0,015% en peso, silicio de 0 a 0,01% en peso, azufre de 0 a 0,001% en peso, hierro de 0 a 0,15% en peso, manganeso de 0 a 0,05% en peso, boro de 0 a 0,003% en peso, hafnio de 0 a 0,15% en peso, ytrio de 0 a 0,002% en peso, así como el resto níquel e impurezas inevitables.

30 En otra ejecución preferida, una aleación a base de níquel de acuerdo con la presente invención puede presentar la siguiente composición química: aluminio de 5,0 a 5,4% en peso, cobalto de 2,9 a 13,3% en peso, cromo de 6,6 a 7% en peso, molibdeno de 4 a 4,4% en peso, tántalo de 0 a 0,2% en peso, titanio de 3,1 a 3,5% en peso, wolframio de 7,7 a 8,1% en peso, carbono de 0 a 0,05% en peso, fósforo de 0 a 0,015% en peso, cobre de 0 a 0,05% en peso, zirconio de 0 a 0,015% en peso, silicio de 0 a 0,01% en peso, azufre de 0 a 0,001% en peso, hierro de 0 a 0,15% en peso, manganeso de 0 a 0,05% en peso, boro de 0 a 0,003% en peso, hafnio de 0 a 0,15% en peso, ytrio de 0 a 0,002% en peso, así como el resto níquel e impurezas inevitables.

35 En otra ejecución preferida, una aleación a base de níquel de acuerdo con la presente invención puede presentar un contenido en cobalto menor que 5% en peso, preferiblemente menor que 4% en peso. Dado que el cobalto presenta una masa molar menor que el níquel, un contenido en cobalto relativamente bajo repercute ventajosamente sobre la densidad total de la aleación a base de níquel y, por consiguiente, también sobre el peso total de la pieza componente objetivo fabricada a partir de esta aleación.

40 Alternativamente, la aleación a base de níquel de acuerdo con la presente invención puede presentar, sin embargo, también un contenido en cobalto mayor que 11% en peso, preferiblemente mayor que 13% en peso. Un contenido en cobalto correspondientemente elevado repercute positivamente para las segregaciones en el caso de la consolidación y la estabilidad de la microestructura frente a la formación indeseada de fases de TCP.

45 Se prefiere, además, que la aleación a base de níquel de acuerdo con la presente invención contenga al menos 67% at., en particular al menos 68% at. de níquel.

50 Se prefiere, además, que la aleación a base de níquel de acuerdo con la presente invención presente una o varias (y preferiblemente todas) las siguientes propiedades:

- densidad no mayor que 8,5 g/cm³, preferiblemente no mayor que 8,4 g/cm³;
 - temperatura del solidus mayor que 1320°C;
 - 44 a 48% en vol. de secreciones de una fase γ' en una matriz γ a una temperatura de 1100°C;
 - desajuste γ/γ' en el intervalo de - 0,1% a - 0,5% a una temperatura de 1100°C;
- 5 - mezcla eutéctica residual no mayor que 4%, preferiblemente no mayor que 3%.

Por “impurezas inevitables” en la aleación se han de entender elementos, cuya adición no está prevista, pero que, por motivos técnicos no se pueden impedir o solo se puede hacer con una complejidad extremadamente elevada. Por ejemplo, en la aleación de acuerdo con la invención pueden estar presentes los siguientes elementos en forma de elementos traza, cuyo contenido se limita, sin embargo, a los siguientes intervalos: bismuto de 0 a 0,00003% en peso, selenio de 0 a 0,0001% en peso, talio de 0 a 0,00005% en peso, plomo de 0 a 0,0005% en peso y telurio de 0 a 0,0001% en peso.

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

- 15 La Figura adjunta muestra una gráfica de Larson – Miller para explicar la estabilidad al deslizamiento de la aleación de acuerdo con la presente invención en comparación con aleaciones conocidas.

Se preparó una aleación de acuerdo con la presente invención, cuya composición se puede deducir de la siguiente Tabla (aleación 1). Como aleaciones comparativas se eligieron las aleaciones 2 y 3, correspondiendo la aleación 3 en la composición química esencialmente a aquella del material con contenido en rutenio CMSX-4 y siendo la aleación 2 la superaleación a base de níquel exenta de renio dada a conocer en el documento EP 2 725 110 A1. Los componentes de las aleaciones están indicados en porcentaje en peso en la Tabla (resto níquel e impurezas inevitables).

Aleación Nº	Al	Co	Cr	Mo	Re	Ta	Ti	W
1	5,2	3,1	6,8	4,2	-	-	3,3	7,9
2	4,8	8,6	5,0	1,4	-	10,1	1,3	8,8
3	5,6	9,0	6,5	0,6	3,0	6,5	1,0	6,0

- 25 La aleación 1 de acuerdo con la presente invención se preparó en una instalación de colada de laboratorio Bridgman en una geometría de tres varillas de forma cristalina columnar. Las varillas tenían un diámetro de en cada caso 12 mm y una longitud de en cada caso 180 mm y mostraron una microestructura dendrítica típica con una distancia entre dendritas de aproximadamente 230 μm . La proporción de mezcla eutéctica residual es con 2,8%, muy baja (las aleaciones 2 y 3 presentan una mezcla eutéctica residual de 6,5% o bien 9,0%). En el caso de un tratamiento térmico adecuado (véase más adelante), la aleación 1 tiene una típica morfología de fases γ' totalmente cúbica.

- 30 Además, en cilindros fabricados a partir de las aleaciones 1 a 3 tratadas térmicamente acabadas (diámetro 4,0 mm, altura 6,4 mm) se llevaron a cabo ensayos de deslizamiento a presión. Las superficies frontales estaban giradas con el fin de garantizar su paralelismo en el plano. Todos los ensayos de deslizamiento se llevaron a cabo a tensiones constantes y con los siguientes parámetros: 1100°C/137 MPa, 1050°C/200 MPa, 950°C/300 MPa, 950°C/400 MPa. Las curvas de deslizamiento correspondientes están representadas en la Figura (1% de dilatación plástica, material DB, $\lambda = 220 \mu\text{m}$).

- 40 Como resulta de la Figura, la aleación 1 (L1) de acuerdo con la invención presenta una resistencia al deslizamiento que es esencialmente igual a la de la aleación 2 (L2) exenta de renio, siendo las resistencias al deslizamiento de estas aleaciones similares a la resistencia al deslizamiento de la aleación 3 (L3), que corresponde a una superaleación a base de níquel de la segunda generación. En comparación con las aleaciones 2 y 3, la aleación 1 presenta, sin embargo, en particular, una densidad menor. El análisis de la microestructura de la aleación 1 de acuerdo con la presente invención después del deslizamiento no proporcionó formación de fase TCP alguna.

- 45 Con ello resulta claro que mediante la enseñanza de acuerdo con la invención se pueden proporcionar superaleaciones a base de níquel que pueden renunciar al elemento renio difícilmente disponible, pero que, al mismo tiempo, pueden proporcionar propiedades a alta temperatura mecánicas tales como, por ejemplo, una correspondiente estabilidad al deslizamiento tal como pueden proporcionar aleaciones con contenido en renio

ES 2 682 362 T3

conocidas y, además, pueden presentar una menor densidad que las aleaciones con contenido en renio y exentas de renio conocidas.

En la siguiente Tabla se confrontan entre sí algunas propiedades de las aleaciones 1-3.

Propiedad	Aleación 1 calculado	Aleación 1 medido	Aleación 2 medido	Aleación 3 calculado
Densidad, g/cm³	8,3	8,4	9,0	8,7
Temp. del liquidus, °C	1373	1371	1371	1381
Temp. del solidus, °C	1348	1302*	1318*	1338
Temp. del solvente γ/γ', °C	1232	1255	1242	1257
Desajuste γ/γ', 1110°C, %	- 0,5	- 0,45**	- 0,02**	- 0,17
Proporción de γ', 1100°C, % en moles	44,0	-	-	44,9
* estado gaseoso ** temperatura ambiente				

- 5 Se ha de destacar, en particular, la densidad relativamente menor de la aleación 1 de acuerdo con la invención. El desajuste γ/γ' solo pudo medirse a la temperatura ambiente; habitualmente, los valores son más elevados a temperaturas más altas.

La incandescencia en solución de la aleación 1 puede llevarse a cabo, por ejemplo, en dos etapas, como sigue:

- calentamiento de la aleación en torno a 4 K/min hasta 1285°C,
- 10 • mantener durante 2 h a 1285°C,
- calentamiento de la aleación en torno a 1 K/min hasta 1300°C,
- mantener durante 6,5 h a 1300°C,
- subsiguiente enfriamiento rápido.

- 15 Además, la aleación 1 puede experimentar, después de la incandescencia en solución, uno o ambos de los tratamientos térmicos de segregación siguientes:

Tratamiento térmico de segregación 1:

Temperatura	Tasa de caldeo	Tiempo de mantenimiento
1000°C	4 K/min	
1050°C	1 K/min	
1050°C		1 h
20°C	enfriamiento rápido	

Tratamiento térmico de segregación 2:

Temperatura	Tasa de caldeo	Tiempo de mantenimiento
840°C	4 K/min	
870°C	1 K/min	
870°C		24 h
20°C	enfriamiento rápido	

Tiempos de incandescencia mayores que 2 horas a 1050°C o temperaturas más elevadas conducen a un envejecimiento excesivo de la microestructura.

- 5 Resumiendo, se puede establecer que la aleación de acuerdo con la invención arriba descrita presenta, en particular, las siguientes propiedades:
- resistencia al deslizamiento próxima a la de CSMX-4
 - baja densidad de 8,4 g/cm³ (comparación: CSMX-4: 8,7 g/cm³)
 - mezcla eutéctica residual baja de 2,8% (comparación: CSMX-4: 9,0%)
- 10
- buena capacidad de incandescencia en solución (mantenimiento durante 8,5 horas a 1285°C/ 1300°C)
 - escasa tendencia a las fases TCP.

15 A pesar de que la presente invención se ha descrito detalladamente con ayuda de un ejemplo de realización, para el experto en la materia resulta natural que la invención no se limite a este ejemplo de realización, sino que más bien, sean posibles modificaciones en el sentido de que puedan omitirse características individuales o combinarse características de otro modo, 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

1. Aleación a base de níquel con elevada resistencia al deslizamiento, que está esencialmente exenta de renio o que comprende no más de 0,001% en peso de renio y que presenta la siguiente composición química:

- 5 aluminio de 4,1 a 7,7% en peso,
- 5 cobalto de 0 a 16,8% en peso,
- 5 cromo de 6 a 11,8% en peso,
- 5 molibdeno de 3,6 a 11,3% en peso,
- 5 tántalo de 0 a 3,9% en peso,
- 5 titanio de 0 a 3,6% en peso,
- 10 wolframio de 0 a 11,3% en peso,
- 10 carbono de 0 a 0,05% en peso,
- 10 fósforo de 0 a 0,015% en peso,
- 10 cobre de 0 a 0,05% en peso,
- 10 zirconio de 0 a 0,015% en peso,
- 15 silicio de 0 a 0,01% en peso,
- 15 azufre de 0 a 0,001% en peso,
- 15 hierro de 0 a 0,15% en peso,
- 15 manganeso de 0 a 0,05% en peso,
- 15 boro de 0 a 0,003% en peso,
- 20 hafnio de 0 a 0,15% en peso,
- 20 ytrio de 0 a 0,002% en peso,
- así como el resto níquel e impurezas inevitables.

2. Aleación a base de níquel según la reivindicación 1, caracterizada por que la aleación presenta la siguiente composición química:

- 25 aluminio de 4,7 a 5,7% en peso,
- 25 cobalto de 2,6 a 13,6% en peso,
- 25 cromo de 6,3 a 7,3% en peso,
- 25 molibdeno de 3,7 a 4,7% en peso,
- 25 tántalo de 0 a 0,5% en peso,
- 30 titanio de 2,8 a 3,6% en peso,
- 30 wolframio de 7,4 a 8,4% en peso,
- 30 carbono de 0 a 0,05% en peso,
- 30 fósforo de 0 a 0,015% en peso,
- 30 cobre de 0 a 0,05% en peso,
- 35 zirconio de 0 a 0,015% en peso,
- 35 silicio de 0 a 0,01% en peso,

azufre de 0 a 0,001% en peso,
hierro de 0 a 0,15% en peso,
manganeso de 0 a 0,05% en peso,
boro de 0 a 0,003% en peso,
5 hafnio de 0 a 0,15% en peso,
ytrio de 0 a 0,002% en peso,
así como el resto níquel e impurezas inevitables.

3. Aleación a base de níquel según la reivindicación 2, caracterizada por que la aleación presenta la siguiente composición química:

10 aluminio de 5,0 a 5,4% en peso,
cobalto de 2,9 a 13,3% en peso,
cromo de 6,6 a 7% en peso,
molibdeno de 4 a 4,4% en peso,
tántalo de 0 a 0,2% en peso,
15 titanio de 3,1 a 3,5% en peso,
wolframio de 7,7 a 8,1% en peso,
carbono de 0 a 0,05% en peso,
fósforo de 0 a 0,015% en peso,
cobre de 0 a 0,05% en peso,
20 zirconio de 0 a 0,015% en peso,
silicio de 0 a 0,01% en peso,
azufre de 0 a 0,001% en peso,
hierro de 0 a 0,15% en peso,
manganeso de 0 a 0,05% en peso,
25 boro de 0 a 0,003% en peso,
hafnio de 0 a 0,15% en peso,
ytrio de 0 a 0,002% en peso,
así como el resto níquel e impurezas inevitables.

30 4. Aleación a base de níquel según una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, caracterizada por que la aleación presenta un contenido en cobalto menor que 5% en peso, preferiblemente menor que 4% en peso.

5. Aleación a base de níquel según una cualquiera de las reivindicaciones 1-3, caracterizada por que la aleación presenta un contenido en cobalto mayor que 11% en peso, preferiblemente mayor que 13% en peso.

6. Aleación a base de níquel según una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, caracterizada por que presenta una densidad no mayor que $8,5 \text{ g/cm}^3$, preferiblemente no mayor que $8,4 \text{ g/cm}^3$.

35 7. Aleación a base de níquel según una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, caracterizada por que presenta una temperatura del solidus mayor que 1320°C .

8. Aleación a base de níquel según una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, caracterizada por que presenta una mezcla eutéctica residual no mayor que 4%, preferiblemente no mayor que 3%.

9. Objeto, producido a partir de una aleación a base de níquel según una cualquiera de las reivindicaciones precedentes.
10. Objeto según la reivindicación 9, caracterizado por que el objeto es monocristalino o está consolidado de manera orientada.
- 5 11. Objeto según una de las reivindicaciones 9 y 10, caracterizado por que el objeto es una turbina de gas estacionaria o turbina de gas de aviación, en particular un álabe de turbina.
12. Procedimiento para la producción de una aleación a base de níquel, caracterizado por que el procedimiento comprende la reunión y la fundición de metales en relaciones cuantitativas que resultan en una aleación según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 8.

