

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 757 569**

51 Int. Cl.:

C22C 19/05 (2006.01)
C22F 1/00 (2006.01)
C22F 1/10 (2006.01)
F23R 3/00 (2006.01)
F01D 5/28 (2006.01)
F01D 25/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **06.08.2014 PCT/JP2014/070795**
- 87 Fecha y número de publicación internacional: **12.02.2015 WO15020117**
- 96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **06.08.2014 E 14835088 (7)**
- 97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **16.10.2019 EP 3031940**

54 Título: **Aleación a base de Ni, aleación a base de Ni para la cámara de combustión de la turbina de gas, miembro de la cámara de combustión de la turbina de gas**

30 Prioridad:

06.08.2013 JP 2013163524

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

29.04.2020

73 Titular/es:

**HITACHI METALS, LTD. (100.0%)
2-70, Konan 1-chome
Minato-ku, Tokyo 108-8224, JP**

72 Inventor/es:

**OKADA IKUO;
TANEIKE MASAKI;
OGUMA HIDETAKA;
UEMURA YOSHITAKA;
YOSHIDA DAISUKE;
INOUE YOSHIYUKI;
ITOH MASATO;
YAGUCHI KENICHI;
FUKUDA TADASHI y
MATSUI TAKANORI**

74 Agente/Representante:

GARCÍA GONZÁLEZ, Sergio

ES 2 757 569 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 a base de Ni, aleación a base de Ni para la cámara de combustión de la turbina de gas, miembro de la cámara de combustión de la turbina de gas

5 La presente invención se refiere a una aleación a base de Ni con excelentes características de resistencia a la alta temperatura y resistencia a la corrosión a alta temperatura y a una aleación a base de Ni para la cámara de combustión de la turbina de gas, y un miembro para la cámara de combustión de la turbina de gas.

Las aleaciones a base de Ni se han aplicado ampliamente como materiales para miembros usados en aviones, turbinas de gas y similares, como se divulga por ejemplo, en los documentos JP-S61-034497-B, JP-S61-139633-A y JP-2009-185352-A.

10 En una turbina de gas, una cámara de combustión está dispuesta en la parte posterior de un compresor y en una ubicación más cercana a la periferia del mismo, que funciona para inyectar combustible en el aire descargado desde el compresor, generar gas a alta temperatura y alta presión para accionar la turbina mediante la combustión de combustible y guiar el gas combustible hacia toberas (álabes) dispuestas en la entrada de la turbina, es decir, las cámaras de combustión de la turbina de gas se utilizan en ambientes de alta temperatura.

15 En particular, el revestimiento (cilindro interno) y la pieza de transición (tubo de escape) entre los miembros y partes de una cámara de combustión están expuestos a gases de combustión a alta temperatura. Además, el revestimiento y la pieza de transición están sujetos a frecuentes ciclos de calentamiento/enfriamiento en los que el calentamiento y enfriamiento se repiten con mucha frecuencia para iniciar, detener y controlar las salidas de la turbina de gas.

20 Para considerar las condiciones de uso mencionadas anteriormente, se desea que las aleaciones a base de Ni utilizadas para la cámara de combustión y similares de turbinas de gas tengan resistencias a altas temperaturas tales como resistencia a la tracción a alta temperatura, resistencia a la ruptura por deformación, resistencia a la fatiga de ciclo bajo y resistencia a la fatiga térmica, excelente resistencia a la corrosión a altas temperaturas, tales como resistencia a la oxidación o sulfuración a altas temperaturas, y alta trabajabilidad en frío, maquinabilidad, soldabilidad, características de soldadura fuerte. De manera similar en aviones y similares, se aplica el ambiente de uso descrito anteriormente y, por lo tanto, se requieren las características descritas anteriormente.

En tales aleaciones a base de Ni, para asegurar las características descritas anteriormente, se requiere controlar estrictamente los componentes de la composición y la estructura metálica, y también los materiales para cargar están altamente restringidas. Estas restricciones se aplican porque la característica descrita anteriormente se puede reducir debido a la presencia de inclusiones en una aleación a base de Ni, tal como nitruros y óxidos. En particular, se sabe que los nitruros influyen más notablemente en diversas características a medida que su tamaño se hace más grande, y se ha reconocido que los nitruros en los que se incluye Ti como el componente principal de los componentes metálicos son dañinos. Específicamente, los nitruros pueden ser los puntos de inicio de grietas que se producen debido a deformaciones y deformaciones por fatiga causadas durante el uso de turbinas de gas y, por lo tanto, reducen la vida útil de los miembros de aleación a base de Ni, y también reducen considerablemente la vida útil de las herramientas debido al desgaste anormal y a las virutas producidas por las herramientas de corte durante el corte.

30 A este respecto, por ejemplo, el documento JP-S61-139633-A divulga que la cantidad de nitrógeno presente en una aleación a base de Ni se debe limitar a 0,01% en masa o menor.

El documento JP-2009-185352-A divulga que el tamaño máximo de partícula de los carburos y nitruros se debe limitar a 10 mm o menor. Se señala que si el tamaño de partícula de los carburos y nitruros supera 10 mm, se pueden producir grietas en la interfaz entre los carburos o nitruros y la fase de la matriz durante el trabajo a temperatura ambiente.

Además, es sabido en el campo de la industria siderúrgica que un procedimiento para evaluar las inclusiones en las aleaciones de Fe-Ni, tales como la aleación de Fe-36% Ni y la aleación de Fe-42% Ni, se lleva a cabo mediante la estimación del tamaño máximo de partícula de inclusiones no metálicas, especialmente óxidos, como se divulga en los documentos JP-2005-265544-A y JP-2005-274401-A.

45 Sin embargo, el documento JP-S61-139633-A divulga que el valor límite superior de la cantidad de nitrógeno está controlado, pero el control de la cantidad de nitrógeno no está ligado con el tamaño máximo de partícula de nitruros, y por lo tanto, puede haber un problema de que una aleación a base de Ni que tiene una resistencia a la fatiga suficientemente alta no se puede obtener de manera segura incluso si se reduce la cantidad de nitrógeno.

50 Además, el documento JP-2009-185352-A divulga que el tamaño máximo de partícula de los nitruros se controla para que sea de 10 mm o menor, pero se requiere esencialmente que las aleaciones a base de Ni tenga factores de limpieza muy altos porque se usan para partes de aeronaves y turbinas de gas para la generación de energía, y por lo tanto, en realidad es difícil captar el tamaño máximo de partículas mediante la observación de todas las porciones. Los tamaños de partículas de los carburos se miden en los ejemplos del documento JP-2009-185352-A, y también en este punto, se sugiere que es difícil captar el tamaño máximo de partículas de los nitruros. Además, para predecir el tamaño

máximo de partícula de los nitruros, la distribución del tamaño máximo de partícula de los nitruros en el campo de visión para la medición real es importante, pero el documento JP-2009-185352-A no menciona este punto y no divulga cualquier predicción de un tamaño de partícula máximo estimado de nitruros.

5 En los documentos JP-2005-265544-A y JP-2005-274401-A, los sujetos de medición son los óxidos, que en particular tienden a tener un tamaño de partícula grande entre las aleaciones de Fe-Ni en las que precipita una gran cantidad de inclusiones no metálicas relativamente grandes, y es muy difícil estimar el tamaño máximo de partícula de nitruros para mejorar la resistencia a la fatiga de las aleaciones a base de Ni, lo que requiere realizar varios exámenes. Además, en aleaciones a base de Ni, la cantidad de oxígeno y la cantidad de nitrógeno se han reducido por fusión y refusión al vacío, y por lo tanto el número de inclusiones no metálicas es menor y los tamaños de tales inclusiones no metálicas son menores que los incluidos en los materiales de acero. Además, debido a que las aleaciones a base de Ni incluyen una variedad de fases, la separación de los patrones de emisión de luz y la observación de inclusiones no metálicas no se pueden realizar de manera similar a las realizadas en el campo del hierro y el acero.

10 En consecuencia, incluso si los procedimientos realizados en el campo del hierro y el acero se aplican simplemente, la relación entre los nitruros incluidos en una aleación a base de Ni y la resistencia a la fatiga de la aleación a base de Ni no se puede evaluar suficientemente.

15 Además, debido a que las aleaciones a base de Ni descritas anteriormente incluyen una gran cantidad de metales conocidos como metales secundarios para asegurar sus características, es difícil asegurar de manera estable los materiales. En consecuencia, para las aleaciones a base de Ni descritas anteriormente, se desea mejorar el reciclado de los desechos. Sin embargo, si se aumenta la cantidad de uso de desechos, se puede generar una gran cantidad de inclusiones debido a la posible contaminación por elementos de impurezas y similares. En consecuencia, se desean medios para evaluar las inclusiones en las aleaciones a base de Ni con una alta precisión.

20 El documento EP-A-2009123 describe una aleación resistente al calor a base de Ni para una cámara de combustión de la turbina de gas, que comprende una composición que contiene, en % en masa, Cr: 14,0 a 21,5%, Co: 6,5 a 14,5%, Mo: 6,5 a 10,0%, W: 1,5 a 3,5%, Al: 1,2 a 2,4%, Ti: 1,1 a 2,1%; Fe: 7,0% o menor, B: 0,001 a 0,020%, C: 0,03 a 0,15%, y un resto que consiste en Ni e impurezas inevitables, en la que el contenido de S y P presentes en las impurezas inevitables se controla para que sea, en % en masa, S: 0,015% o menor, y P: 0,015% o menor, en la que la aleación tiene una textura que el carburo tipo M6C y el carburo tipo MC se dispersan uniformemente en la matriz de fase γ .

25 La presente invención se ha concebido en consideración de las circunstancias descritas anteriormente. Los inventores han completado la presente invención en base al conocimiento de que el tamaño máximo de partícula de los nitruros incluidos en una aleación a base de Ni influye en gran medida en la resistencia a la fatiga de la aleación y en base a los resultados de los exámenes de una relación entre los tamaños más grandes estimados de nitruros en el área de las secciones transversales para la predicción y la resistencia a la fatiga, que se realizó porque en realidad es difícil observar todas las secciones transversales del presente material. Un objeto de la presente invención es proporcionar una aleación a base de Ni con excelentes propiedades de resistencia a alta temperatura y resistencia a la corrosión a alta temperatura, una aleación a base de Ni para la cámara de combustión de la turbina de gas y un miembro para la cámara de combustión de la turbina de gas.

30 De acuerdo con un aspecto de la presente invención, se proporciona una aleación a base de Ni que comprende: una composición que consiste en, en masa, 20,0% a 26,0% de Cr, 4,7% a 9,4% de Co, 5,0% a 16,0% de Mo, 0,5% a 4,0% de W, 0,3% a 1,5% de Al, 0,1% a 1,0% de Ti, 0,001% a 0,15% de C, y opcionalmente 0,01% a 5% de Fe, opcionalmente 0,0005% a 0,05% Ca, opcionalmente 0,0005% a 0,05% de Mg, opcionalmente 0,001% a 0,15% un elemento de tierras raras, opcionalmente 0,01% a 1,0% Nb, opcionalmente 0,01% a 1,0% Ta, opcionalmente 0,01% a 1,0% V, opcionalmente 0,002% a 0,01% B, opcionalmente 0,001% a 0,05% Zr, y el resto de Ni con impurezas inevitables; en la que la aleación a base de Ni comprende nitruros de titanio, cuyo mayor tamaño estimado es un diámetro de área equivalente, el mayor tamaño estimado de los nitruros de titanio se determina mediante el cálculo de un diámetro de área equivalente D que se define como $D = A^{1/2}$ en relación con un área A de un nitruro de titanio con un mayor tamaño entre los nitruros de titanio presentes en un campo de visión del área de medición S_0 de una observación de la aleación a base de Ni, y se realiza repetidamente esta operación durante n veces correspondiente a un número n de mediciones del campo de visión para adquirir n piezas de datos del diámetro de área equivalente D, se disponen las piezas de datos del diámetro de área equivalente D en orden ascendente en D_1, D_2, \dots, D_n para calcular una variable estandarizada y_j que se define por la siguiente expresión: $y_j = -\ln[-\ln\{j/(n+1)\}]$ en la que j indica el número del orden ascendente dispuesto de los datos del diámetro de área equivalente D, que representa el diámetro de área equivalente D y la variable estandarizada y_j en los ejes X e Y de un sistema de coordenadas X-Y, respectivamente, para obtener una línea de regresión $y_j = a x D + b$ (en la que a y b son constantes), se calcula y_j mediante la siguiente expresión:

$$y_j = -\ln\left(-\ln\frac{S}{S_0 + S}\right)$$

5 en la que un área transversal prevista S es 100 mm^2 , y se sustituye el valor obtenido de y_j en la línea de regresión para obtener el mayor tamaño estimado de los nitruros de titanio; en la que S_0 es igual a $0,306 \text{ mm}^2$, n es igual a 50 y la observación de la aleación a base de Ni tiene un aumento de observación de 450 veces para seleccionar los nitruros y 1000 veces para medir los nitruros; caracterizado porque el mayor tamaño estimado de los nitruros de titanio está entre $12 \text{ }\mu\text{m}$ y $25 \text{ }\mu\text{m}$.

10 De acuerdo con la aleación a base de Ni de la presente invención que tiene la configuración descrita anteriormente, cuando el área transversal prevista S es 100 mm^2 , el mayor tamaño estimado de los nitruros es un diámetro de área equivalente de $25 \text{ }\mu\text{m}$ o menor, y, por lo tanto, no existen nitruros de gran tamaño dentro de la aleación a base de Ni, lo que permite mejorar las propiedades mecánicas (propiedades de fatiga) de la aleación a base de Ni. Además, se puede evitar la degradación temprana de las herramientas que se puede producir durante el mecanizado.

15 Para controlar el diámetro de área equivalente para que el mayor tamaño estimado sea menor de $12 \text{ }\mu\text{m}$, es necesario que reducir el tiempo de permanencia del Ti en el metal fundido durante un procedimiento de fusión para impartir una alta tasa de solidificación en un procedimiento de solidificación. Esto puede aumentar drásticamente los costos de producción debido a que se deben limitar las condiciones en las que se van a usar materias primas para restringir el tiempo de carga de Ti, ya que el intervalo de temperatura permisible puede ser estrecho y el material de fundición puede volverse pequeño. Para evitar estos problemas, en algunos ejemplos, el mayor tamaño estimado de los nitruros se establece en $12 \text{ }\mu\text{m}$ o más en términos del diámetro de área equivalente.

20 La observación de los nitruros se lleva a cabo preferiblemente mediante un aumento de 400 a 1000 veces en el número de campos de medición de vista n de 30 o más. La medición del área de nitruro se lleva a cabo preferiblemente mediante la adquisición de la distribución de luminancia mediante el procesamiento de imagen para determinar un umbral para la luminancia, y la diferenciación de los nitruros de la fase de matriz, los carburos y similares para medir el área de nitruro. En esta medición, se puede usar la diferencia de color (RGB) en lugar de la luminancia.

25 Los nitruros incluyen nitruros cristalizados y nitruros precipitados, los primeros se producen a partir de una fase líquida durante un procedimiento de solidificación de un metal fundido, y los últimos se producen a partir de una fase sólida que se ha solidificado una vez. Los nitruros cristalizados y los nitruros precipitados son diferentes entre sí ya que los nitruros precipitados pueden variar mucho en tamaño porque los nitruros se disuelven en la matriz y se reprecipitan durante un procedimiento de trabajo en caliente o tratamiento térmico después de un procedimiento de fusión, mientras que el tamaño de los nitruros cristalizados, que se obtienen en una etapa de solidificación durante un procedimiento de fusión, se mantiene básicamente independientemente de un procedimiento de trabajo en caliente o tratamiento térmico realizado después de la solidificación. En general, en comparación con los nitruros precipitados, los nitruros cristalizados se vuelven fácilmente de mayor tamaño y, por lo tanto, los nitruros cristalizados tienen un efecto altamente perjudicial sobre la resistencia a la fatiga o similares. En algunos ejemplos, los nitruros cristalizados pueden ser el objetivo como el nitruro de mayor tamaño para calcular el diámetro de área equivalente D .

35 Además, se puede proporcionar una aleación a base de Ni de alta calidad que tiene una excelente resistencia a la corrosión a alta temperatura, excelentes propiedades de resistencia a alta temperatura tales como propiedades de deformación y deformación por fatiga, y una excelente trabajabilidad. Además, un contenido de Fe de 0,01 - 5% en masa puede evitar que la resistencia a alta temperatura se reduzca significativamente.

40 Se puede usar un material de desecho como materia prima para la aleación a base de Ni.

45 Mediante la producción de un material de desecho utilizable, se puede asegurar de forma estable una cantidad suficiente de metales secundarios como materias primas. Además, de acuerdo con las formas de los materiales de desecho, se puede promover suficientemente la fusión y se puede reducir la energía requerida para la fusión. Si se usa un material de desecho, se puede evitar que las propiedades mecánicas, la maquinabilidad o similares se reduzcan porque los nitruros se pueden evaluar con una alta precisión como se describió anteriormente.

50 El material de desecho en los ejemplos divulgados incluye un material preparado para otros fines que la materia prima, una parte realizada del material y otros materiales o partes generados durante un procedimiento de producción de la parte, que tienen una variedad de formas, tales como granel, virutas y polvo. Se pueden usar apropiadamente diferentes materiales de desecho en combinación, y por lo tanto, se puede usar un material de desecho que incluye una concentración diferente de un elemento de aleación de la concentración objetiva del mismo, o se puede usar un material de desecho integrado que incluye tales materiales de desecho que tienen las diferentes concentraciones, por ejemplo, por soldadura

Además, la relación de composición de los materiales de desecho es preferiblemente de 5% en masa o más debido a que las contribuciones de los desechos a la estabilidad de producción, el suministro y precio de los materiales son mayores a medida que la relación de la composición de los desechos se hace mayor. Cuando la relación de composición es aún mayor, se puede reducir la energía requerida para los materiales de fusión y el tiempo de fusión se puede acortar, pero los desechos pueden contener factores componentes inesperados, y por lo tanto, la relación de composición es preferiblemente del 40% al 99% en masa.

Debido a que el Ti es un elemento reactivo, su nitruro se puede formar fácilmente. El nitruro de titanio tiene una forma poligonal en una vista transversal que afecta en gran medida las propiedades mecánicas, incluso si el tamaño de partícula del nitruro de titanio es pequeño. En consecuencia, la evaluación del mayor tamaño de los nitruros de titanio en una aleación a base de Ni con una alta precisión usando el procedimiento descrito anteriormente puede mejorar de forma segura las propiedades mecánicas de la aleación a base de Ni.

Además, una aleación a base de Ni para la cámara de combustión de la turbina de gas de acuerdo con la presente invención, que se usa en una cámara de combustión de la turbina de gas, se caracteriza por consistir en la aleación a base de Ni descrita anteriormente.

Como se explicó anteriormente, la aleación a base de Ni de acuerdo con la presente invención tiene una excelente resistencia a la corrosión a alta temperatura, excelentes propiedades de resistencia a alta temperatura tales como la propiedad de deformación y la deformación por fatiga, y una excelente trabajabilidad y es particularmente adecuada como material para una cámara de combustión de la turbina de gas.

Un miembro para un cámara de combustión de la turbina de gas de acuerdo con la presente invención se caracteriza por estar realizado de la aleación a base de Ni para la cámara de combustión de la turbina de gas descrita anteriormente.

Debido a que las cámaras de combustión de la turbina de gas se utilizan en ambientes de alta temperatura, las propiedades mecánicas de alta temperatura y la resistencia a la corrosión a alta temperatura se pueden mejorar mediante la constitución de una cámara de combustión de la turbina de gas con la aleación a base de Ni para la cámara de combustión de la turbina de gas descrita anteriormente. Los miembros ejemplares para la cámara de combustión de la turbina de gas incluyen materiales para constituir partes de una cámara de combustión de la turbina de gas, tales como materiales de placa y materiales de barra, productos fundidos y forjados que tienen formas específicas, porciones soldadas formadas por la soldadura de estos materiales o productos, varillas de soldadura, y similares.

Un miembro de revestimiento para la cámara de combustión de la turbina de gas se puede caracterizar por estar realizado de una aleación a base de Ni para la cámara de combustión de la turbina de gas descrita anteriormente.

Un miembro de la pieza de transición para la cámara de combustión de la turbina de gas se puede caracterizar por estar realizado de la aleación a base de Ni para la cámara de combustión de la turbina de gas descrita anteriormente.

Un revestimiento para la cámara de combustión de la turbina de gas se puede caracterizar por estar realizado de la aleación a base de Ni para cámara de combustión de la turbina de gas descrita anteriormente.

Una pieza de transición para la cámara de combustión de la turbina de gas se puede caracterizar por estar realizado de la aleación a base de Ni para la cámara de combustión de la turbina de gas descrita anteriormente.

Debido a que el revestimiento (cilindro interno) de la cámara de combustión de la turbina de gas y la pieza de transición (tubo de derivación) se usan particularmente en ambientes de alta temperatura descritos anteriormente, la vida útil del miembro de revestimiento, el miembro de la pieza de transición, el revestimiento, y la pieza de transición se puede extender mediante el uso de la aleación a base de Ni para la cámara de combustión de la turbina de gas descrita anteriormente.

De acuerdo con la presente invención, se puede proporcionar una aleación a base de Ni con excelentes propiedades de resistencia a alta temperatura y resistencia a la corrosión a alta temperatura, y una aleación a base de Ni para la cámara de combustión de la turbina de gas, y un miembro para la cámara de combustión de la turbina de gas.

La FIG. 1 es una vista explicativa que muestra un procedimiento de selección de un nitruro con el mayor tamaño dentro del campo de visión de observación microscópica en una realización de una aleación a base de Ni de acuerdo con la presente invención.

La FIG. 2 es un gráfico que muestra el resultado de la representación de los diámetros de área equivalentes y las variables estandarizadas de los nitruros en un sistema de coordenadas X-Y en una realización de una aleación a base de Ni de acuerdo con la presente invención.

La FIG. 3 es un gráfico que muestra el resultado de la representación de los diámetros de área equivalentes y las variables estandarizadas de los nitruros en un sistema de coordenadas X-Y en los ejemplos.

5 A continuación se describirá una realización de una aleación a base de Ni de acuerdo con la presente invención. La realización de una aleación a base de Ni de acuerdo con la presente invención se usa como materia prima para un miembro para la cámara de combustión de la turbina de gas, a miembro de revestimiento o miembro de la pieza de transición para la cámara de combustión de la turbina de gas, y un revestimiento o pieza de transición para la cámara de combustión de la turbina de gas.

Los motivos para los intervalos de contenido de los elementos de la aleación mencionados anteriormente se describirán a continuación.

Cr

10 El Cr es un elemento que tiene un efecto para mejorar la resistencia a la corrosión a alta temperatura tal como una resistencia a la oxidación o sulfuración a alta temperatura mediante la formación de una excelente película protectora.

Si el contenido de Cr es menor que 20% en masa, no se puede asegurar suficiente resistencia a la corrosión a alta temperatura. En contraste, si el contenido de Cr es mayor que 26% en masa, fases perjudiciales tales como una fase σ y la fase μ pueden precipitar, y por lo tanto, se puede reducir adversamente la resistencia a la corrosión a alta temperatura. Para evitar esto, el contenido de Cr se ajusta dentro de un intervalo de 20,0% a 26,0% en masa.

15 Co

El Co es un elemento que tiene un efecto para mejorar las propiedades de resistencia a alta temperatura tales como las propiedades de deformación mediante el refuerzo de la solución sólida con la matriz.

20 Si el contenido de Co es menor que 4,7% en masa, no se pueden impartir suficientes propiedades de resistencia a alta temperatura. En contraste, si el contenido de Co es mayor que 9,4% en masa, se puede reducir la trabajabilidad en caliente y se puede reducir la ductilidad a alta temperatura durante el uso de la cámara de combustión. Para evitar esto, el contenido de Co se ajusta dentro de un intervalo de 4,7% a 9,4% en masa.

Mo

25 El Mo es un elemento que tiene un efecto para mejorar las propiedades de resistencia a alta temperatura tal como las propiedades de tracción a alta temperatura, las propiedades de deformación y las propiedades de deformación por fatiga mediante el refuerzo de la solución sólida con la matriz. El efecto descrito anteriormente se exhibe como un efecto combinado particularmente en la presencia de W.

30 Si el contenido de Mo es menor que 5,0% en masa, no se pueden impartir propiedades suficientes de propiedades de ductilidad a alta temperatura y deformación por fatiga. En contraste, si el contenido de Mo es mayor que 16,0% en masa, se puede reducir la trabajabilidad en caliente y se pueden precipitar las fases perjudiciales tal como una fase μ , que puede producir el desarrollo de fragilidad. Para evitar esto, el contenido de Mo se ajusta dentro de un intervalo de 5,0% a 16,0% en masa.

W

35 W es un elemento que tiene un efecto para mejorar las propiedades de resistencia a alta temperatura tal como las propiedades de tracción a alta temperatura, las propiedades de deformación, y las propiedades de deformación por fatiga mediante el refuerzo de la solución sólida con la matriz. El efecto descrito anteriormente se exhibe como un efecto combinado particularmente en la presencia de Mo.

40 Si el contenido de W es menor que 0,5% en masa, no se pueden impartir suficientes propiedades de ductilidad a alta temperatura y deformación por fatiga. En contraste, si el contenido de W es mayor que 4,0% en masa, se puede reducir la trabajabilidad en caliente y también se puede reducir la ductilidad, que no es preferible. Para evitar esto, el contenido de W se ajusta dentro de un intervalo de 0,5% a 4,0% en masa.

Al

45 Al es un elemento que refuerza una solución sólida con la matriz y forma una fase γ' (Ni_3Al) durante el uso de la cámara de combustión, y tiene un efecto para mejorar las propiedades de resistencia a alta temperatura tal como las propiedades de tracción a alta temperatura, las propiedades de deformación, y las propiedades de deformación por fatiga. En una aleación a base de Ni que tiene una fase γ' , el nitruro forma una fase perjudicial.

Si el contenido de Al es menor que 0,3% en masa, los grados de la solución sólida efectúan la matriz y la precipitación de la fase γ' durante el uso pueden ser insuficientes, y por lo tanto, no se puede asegurar la resistencia a alta temperatura deseada.

50 En contraste, si el contenido de Al es mayor que 1,5% en masa, puede reducir la trabajabilidad en caliente y también se puede reducir la trabajabilidad en frío, que no es preferible. Para evitar esto, el contenido de Al se ajusta dentro de un intervalo de 0,3% a 1,5% en masa.

Ti

5 El Ti es un elemento que refuerza una solución sólida con la matriz y la fase γ' y tiene un efecto para mejorar las propiedades de resistencia a alta temperatura tal como las propiedades de tracción a alta temperatura, las propiedades de deformación, y las propiedades de deformación por fatiga. El Ti también tiene un efecto para mejorar la resistencia del límite de grano al formar un carburo, es decir, principalmente un carburo de tipo MC, y un efecto para prevenir el crecimiento de granos de cristal, lo que puede ocurrir debido al calentamiento durante el trabajo en caliente y el tratamiento térmico con solución.

10 Si el contenido de Ti es menor que 0,1% en masa, los grados del efecto de la solución sólida con la matriz y la precipitación de la fase γ' durante el uso pueden volverse insuficientes y, por lo tanto, no se puede asegurar la resistencia a alta temperatura deseada; por lo tanto, la cantidad de carburo que se va a formar puede ser insuficiente, y no se puede obtener el efecto deseado de evitar el crecimiento de granos de cristal. En contraste, si el contenido de Ti es mayor que 1,0% en masa, se puede reducir la trabajabilidad en caliente y la tendencia de generar nitruros gruesos con nitruro de titanio y puede aumentar el carburo que actúa como núcleo, lo que no es preferible. Para evitar esto, el contenido de Ti se ajusta dentro de un intervalo de 0,1% a 1,0% en masa.

C

El C es un elemento que tiene un efecto para mejorar la resistencia límite de grano mediante la formación de carburos tipo M_6C y tipo MC con Ti y Mo y un efecto para evitar el crecimiento de granos de cristal, lo que se puede producir debido al calentamiento durante el trabajo en caliente y el tratamiento térmico de solución.

20 Si el contenido de C es menor que 0,001% en masa, debido a que la relación de precipitación de los carburos de tipo M_6C y tipo MC se puede volver insuficiente, no se puede obtener una función de refuerzo del límite de grano suficiente y un efecto de fijación del límite de grano. En contraste, si el contenido de C es mayor que 0,15% en masa, los carburos se pueden formar por una cantidad constitucional excesiva, y se pueden reducir la trabajabilidad en caliente, la soldabilidad y la ductilidad y similares, y se puede facilitar la formación de un nitruro grueso con el carburo de tipo MC generado en el procedimiento de solidificación después de que la fusión sea el sitio de nucleación del nitruro, lo que no es preferible. Para evitar esto, el contenido de C se ajusta dentro de un intervalo de 0,001% a 0,15% en masa.

Fe

30 El Fe es un elemento que se incorpora fácilmente en una aleación a base de Ni como elemento impureza. Si el contenido de Fe es mayor que 5% en masa, la resistencia a alta temperatura se puede reducir drásticamente, lo que no es preferible. Para evitar esto, es necesario limitar el contenido de Fe a 5% en masa o menor.

Debido a que el Fe es asequible y económico y tiene un efecto para mejorar la trabajabilidad en caliente, opcionalmente el Fe también se puede añadir dentro de un intervalo de 0,01% a 5% en masa.

35 Además de los elementos descritos anteriormente, la composición de la presente realización de aleación a base de Ni puede contener además uno o más elementos seleccionados del grupo que consiste opcionalmente, en masa, 0,0005% a 0,05% Ca, 0,0005% a 0,05% de Mg, 0,001% a 0,15% un elemento de tierras raras, 0,01% a 1,0% Nb, 0,01% a 1,0% Ta, 0,01% a 1,0% V, 0,002% a 0,01% B, y 0,001% a 0,05% Zr.

El Ca y el Mg son elementos que tienen un efecto para mejorar la trabajabilidad en caliente y la trabajabilidad en frío.

Los elementos de tierras raras tales como Y, Ce y La son elementos que tienen un efecto para mejorar la resistencia a la oxidación y la trabajabilidad en caliente.

40 Nb, Ta y V son elementos que tienen un efecto para formar carburos y evitar el crecimiento de granos de cristal que pueden ocurrir debido al calentamiento durante el trabajo en caliente y el tratamiento térmico de solución.

B es un elemento que tiene un efecto para mejorar la resistencia a la deformación mediante la formación de un boruro y el fortalecimiento del límite de grano.

45 Zr es un elemento que tiene un efecto para mejorar la ductilidad del límite de grano mediante la segregación en el límite de grano.

Para obtener tal efecto, es preferible añadir los respectivos tipos de elementos dentro de los intervalos descritos anteriormente.

50 En la presente realización de la aleación a base de Ni, un mayor tamaño estimado de los nitruros es un diámetro de área equivalente D de 12 μm a 25 μm . mayor tamaño estimado de los nitruros se determina mediante el cálculo de un diámetro de área equivalente D que se define como $D = A^{1/2}$ en relación con un área A de un nitruro con un mayor tamaño entre los nitruros presentes en un campo de visión del área de medición S_0 de una observación de la aleación a

base de Ni, y se realiza repetidamente esta operación durante n veces correspondiente a un número n de mediciones del campo de visión para adquirir n piezas de datos del diámetro de área equivalente D, se disponen las piezas de datos del diámetro de área equivalente D en orden ascendente en D₁, D₂,... D_n para calcular una variable estandarizada y_j que se define por la siguiente expresión:

[Expresión 3]

$$y_j = -\ln[-\ln\{j/(n+1)\}]$$

5

en la que j indica el número del orden ascendente dispuesto de los datos del diámetro de área equivalente D, que representa el diámetro de área equivalente D y la variable estandarizada y_j en los ejes X e Y de un sistema de coordenadas X-Y, respectivamente, para obtener una línea de regresión y_j = a x D + b (en la que a y b son constantes), se calcula y_j a partir de la siguiente expresión:

[Expresión 4]

$$y_j = -\ln\left(-\ln\frac{S}{S_0 + S}\right)$$

10

en la que un área transversal prevista S es 100 mm², y se sustituye el valor obtenido de y_j en la línea de regresión para obtener el mayor tamaño estimado de los nitruros.

En la presente realización, los nitruros son principalmente nitruros de titanio.

15

El procedimiento para estimar el mayor tamaño estimado de nitruros descrito anteriormente se describirá a continuación con referencia a las FIG. 1 y 2.

20

En primer lugar, se establece el campo de visión del área de medición S₀ para microscopía y se observan los nitruros en este campo de visión del área de medición S₀. En esta operación, el aumento de observación es preferiblemente de 400 a 1000 veces. Entonces, como se muestra en la FIG. 1, se selecciona un nitruro con un tamaño máximo entre los nitruros observados en el campo de visión del área de medición S₀. Para medir el tamaño con una alta precisión, se aumenta el nitruro elegido, se mide el área A del nitruro seleccionado y se calcula el diámetro equivalente al área D = A^{1/2}. En esta operación, el aumento de observación es preferiblemente de 1000 a 3000 veces.

25

La observación de los nitruros se lleva a cabo con un aumento de 400 a 1000 veces para preferiblemente 30 o más campos de visión de medición, más preferiblemente 50 o más, como el número n de mediciones del campo de visión. Para la medición del área de los nitruros, es preferible llevar a cabo la medición mediante un procedimiento en el que la distribución de luminancia se adquiere mediante el procesamiento de imágenes, se determina un umbral para la luminancia y se separan los nitruros, la fase de matriz, los carburos y similares. En esta medición, la diferencia de color (RGB) se puede usar en sustitución de la luminancia. Particularmente, si los carburos mencionados en el documento JP-2009-185352-A existen, difícilmente se pueden distinguir de los nitruros usando solo la luminancia, por lo que es preferible separarlos por diferencia de color (RGB). Las piezas de prueba utilizadas para la observación se observaron con un microscopio electrónico de barrido y se analizaron usando un analizador de rayos X por energía dispersiva (EDS) provisto con el microscopio electrónico de barrido y, por lo tanto, se verificó que los nitruros eran nitruro de titanio.

30

Esta operación se lleva a cabo repetidamente durante n veces que corresponde al número n de medición del campo de visión para obtener n piezas de datos del diámetro de área equivalente D. Posteriormente, las n piezas del diámetro de área equivalente D se disponen en orden ascendente de diámetro equivalente al área para obtener los datos D₁, D₂,... D_n.

35

Posteriormente, la variable estandarizada y_j definida por la siguiente expresión se calcula utilizando los datos D₁, D₂,... D_n:

[Expresión 5]

$$y_j = -\ln[-\ln\{j/(n+1)\}]$$

(en la que j indica el número del orden ascendente dispuesto de los datos del diámetro de área equivalente D).

Posteriormente, como se muestra en la FIG. 2, los datos D_1, D_2, \dots, D_n de n diámetros de área equivalente y los valores de las variables estandarizadas y_1, y_2, \dots, y_n correspondientes a estas piezas de datos se representan en un eje X y un eje Y de un sistema de coordenada X-Y, respectivamente.

Se obtiene una línea de regresión $y_j = a \times D + b$ (a y b son constantes) mediante el gráfico trazado.

Entonces, la solución para y_j se calcula mediante la siguiente expresión. En este caso, un área transversal prevista S es 100 mm^2 .

[Expresión 6]

$$y_j = -\ln\left(-\ln\frac{S}{S_0 + S}\right)$$

Específicamente, en el gráfico mostrado en la FIG. 2, el valor de D_j de la línea de regresión para el valor de y_j correspondiente al área transversal prevista S (una línea recta H en la FIG. 2) es el mayor tamaño estimado de nitruros, y el mayor tamaño estimado de los nitruros se ajusta dentro de un intervalo de $12 \mu\text{m}$ a $25 \mu\text{m}$.

A continuación se describirá un ejemplo de un procedimiento para producir una aleación a base de Ni de acuerdo con la presente invención.

En primer lugar, las materias primas de fusión se mezclan y la mezcla de las materias primas se trata con ácido, y la fusión se lleva a cabo en un horno de fusión al vacío. Se utiliza una variedad de materiales de desecho como materias primas de fusión. En esta etapa, se añade preferiblemente un metal reactivo tal como Al y Ti para que la concentración resultante del mismo sea menor que la concentración objetivo del mismo.

En el presente ejemplo, los materiales de desecho incluyen un material preparado para otros fines que la materia prima, una parte realizada del material y otros materiales o partes generados durante un procedimiento de producción de la parte, que tienen una variedad de formas, tales como granel, virutas y polvo. Se pueden usar apropiadamente diferentes materiales de desecho en combinación, y por lo tanto, se puede usar un material de desecho que incluye una concentración diferente de un elemento de aleación de la concentración objetiva del mismo, o se puede usar un material de desecho integrado que incluye tales materiales de desecho que tienen las diferentes concentraciones, por ejemplo, por soldadura

Además, una relación de composición de los materiales de desecho es preferiblemente de 5% en masa o más debido a que las contribuciones de los desechos a la estabilidad de producción, el suministro y el precio de los materiales son mayores a medida que la relación de la composición de los desechos se hace mayor. Cuando la relación de composición es aún mayor, se puede reducir la energía requerida para los materiales de fusión y el tiempo de fusión se puede acortar, pero los desechos pueden contener factores componentes inesperados, y por lo tanto, la relación de composición es preferiblemente del 40% al 99% en masa.

Antes de comenzar la fusión, la atmósfera dentro del horno se sustituye con argón de alta pureza durante 3 veces o más, se realiza la evacuación y posteriormente se eleva la temperatura del interior del horno. Después de mantener el metal fundido durante un tiempo predeterminado, los metales reactivos Ti y Al se añaden al metal fundido. La mezcla resultante se mantiene durante un tiempo predeterminado y posteriormente se descarga en un molde para obtener un lingote. Desde el punto de vista de prevenir el aumento de tamaño de grano de los nitruros, la adición de Ti se lleva a cabo preferiblemente lo antes posible antes de la descarga de la mezcla.

Este lingote posteriormente se somete a forja en caliente para producir una pieza forjada en caliente que no incluye una estructura de fundición. Además, el laminado en caliente se lleva a cabo para dar forma a la pieza forjada en caliente en una placa laminada en caliente, y posteriormente se realiza un tratamiento térmico de solución en la placa laminada en caliente. La aleación a base de Ni de acuerdo con el presente ejemplo se produce mediante los procedimientos descritos anteriormente.

En la aleación a base de Ni producida por el procedimiento de producción descrito anteriormente, la concentración de nitrógeno en la aleación a base de Ni es baja, y el tiempo de retención del elemento reactivo de Ti a altas temperaturas es corto, y por lo tanto, se puede evitar la generación y el crecimiento de nitruro de titanio. Con esta configuración, como se describió anteriormente, el mayor tamaño estimado del nitruro (nitruro de titanio) es 12 μm a 25 μm cuando el área de transversal para predecir S cumple la expresión: $S = 100 \text{ mm}^2$.

De acuerdo con la aleación a base de Ni del presente ejemplo que tiene la configuración descrita anteriormente, el mayor tamaño estimado del nitruro cuando el área transversal prevista S es 100 mm^2 es 25 μm o menor por el diámetro de área equivalente D_j , y por lo tanto, no existe nitruro de gran tamaño en el interior de la aleación a base de Ni, lo que permite mejorar las propiedades mecánicas de la aleación a base de Ni. Además, debido a que el mayor tamaño estimado del nitruro cuando el área transversal prevista S es de 100 mm^2 es 12 μm o más por el diámetro de área equivalente D_j , se puede evitar un gran aumento en los costos de producción de la aleación de Ni de acuerdo con la presente realización, lo que permite la producción industrial de la aleación a base de Ni.

En particular, en el presente ejemplo, el elemento reactivo contenido es Ti y el nitruro es nitruro de titanio. Debido a que el nitruro de titanio tiene una forma poligonal en una vista transversal, incluso si el tamaño de partícula del nitruro de titanio es pequeño, las propiedades mecánicas se pueden afectar mucho. En consecuencia, las propiedades mecánicas de la aleación a base de Ni se pueden mejorar de forma segura mediante la evaluación del mayor tamaño de nitruro de titanio en la aleación a base de Ni con una alta precisión utilizando el procedimiento descrito anteriormente.

Además, la aleación a base de Ni de acuerdo con el presente ejemplo tiene una composición que incluye, en masa, 20,0% a 26,0% de Cr, 4,7% a 9,4% de Co, 5,0% a 16,0% de Mo, 0,5% a 4,0% de W, 0,3% a 1,5% de Al, 0,1% a 1,0% de Ti, 0,001% a 0,15% de C, y como máximo 5% de Fe, y por lo tanto tiene excelente resistencia a la corrosión a alta temperatura, excelentes propiedades de resistencia a alta temperatura tal como propiedades de deformación y deformación por fatiga, y excelente trabajabilidad, y por lo tanto, la aleación a base de Ni de acuerdo con la presente realización es adecuada para usar como una materia prima para una variedad de miembros de las cámaras de combustión de la turbina de gas.

Además, en la aleación a base de Ni de acuerdo con el presente ejemplo, los desechos se usan como materias primas de fusión y, por lo tanto, se pueden asegurar de forma estable las materias primas tales como metales secundarios. Además, mediante la selección apropiada de las formas y similares de los desechos, se puede promover suficientemente la fusión y se puede reducir la energía requerida para la fusión. Si se usan desechos, la evaluación de los nitruros se puede realizar con una alta precisión como se describió anteriormente, y así se puede evitar la degradación de las propiedades mecánicas, la maquinabilidad y similares.

Las realizaciones de la aleación a base de Ni de acuerdo con la presente invención son como se describieron anteriormente. Sin embargo, el experto puede apreciar que las realizaciones se pueden modificar o alterar apropiadamente dentro del alcance de las reivindicaciones adjuntas.

Además, el procedimiento de producción de esta aleación a base de Ni no se limita a los ejemplos descritos anteriormente con referencia a la realización y se puede producir por otros procedimientos de producción. Por ejemplo, la aleación a base de Ni se puede producir mediante la realización de la fusión en una atmósfera de vacío y fundición continua. Para producir la aleación a base de Ni de los ejemplos y realizaciones divulgados, los resultados de la evaluación de los nitruros por el procedimiento descrito anteriormente pueden mostrar que el mayor tamaño estimado del nitruro cuando el área transversal prevista S es 100 mm^2 está dentro de un intervalo de 12 μm o más y 25 μm o menor por el diámetro de área equivalente.

Por ejemplo, se puede emplear un procedimiento en el que se burbujea un gas Ar de alta pureza en el metal fundido que se fusiona dentro de un horno de fusión al vacío para reducir la concentración de nitrógeno en el metal fundido, y posteriormente elementos reactivos tales como Ti son adicionales.

Como alternativa, se puede emplear otro procedimiento en el que se reduce la presión en el interior de una cámara de un horno de fusión al vacío, posteriormente se introduce un gas Ar de alta pureza en la cámara y, por lo tanto, la presión en el interior de la cámara se controla para que sea positiva para evitar que el aire exterior ingrese a la cámara, y en este estado, se añaden elementos reactivos tales como Ti antes de la fusión.

Como se describió anteriormente, los desechos se usan como materia prima de fusión; sin embargo, la materia prima de fusión no está limitada a esto.

Ejemplos

Los resultados de las pruebas de verificación realizadas para verificar los efectos divulgados se describirán a continuación.

Ejemplos 1 a 12

5 Las aleaciones de los Ejemplos 1 a 11 mostradas en la Tabla 1 se fundieron por fusión al vacío en un horno de fusión por inducción para producir lingotes con un diámetro de 100 mm y una altura de 150 mm por fundición. Una aleación del Ejemplo 12 de la presente invención se fundió por fusión atmosférica en el horno de fusión por inducción para producir un lingote con el mismo tamaño que los ejemplos mencionados anteriormente mediante fundición. Estos lingotes se forjaron en caliente para producir piezas forjadas en caliente con dimensiones de un grosor de 50 mm, un ancho de 120 mm y una longitud de 200 mm. Las piezas forjadas en caliente también se laminaron en caliente para producir placas laminadas en caliente que tienen un grosor de 5 mm, que se sometieron a un tratamiento térmico de solución, en el que las placas se mantuvieron a la temperatura de 1,180 °C durante 15 minutos y posteriormente se enfriaron con agua.

10 Las aleaciones que tenían una relación de composición de desechos de 35% en masa o menor, como se muestra en la Tabla 1, se fundieron de las siguientes maneras.

15 Las materias primas vírgenes tales como Ni, Cr, Co, Mo y similares, excepto Al y Ti, y los materiales de desecho que tienen la composición promedio que satisface el intervalo de composición química definido en la reivindicación 1 se trataron con ácido y cargaron en un crisol de MgO en las relaciones de composición mostradas en la Tabla 1. Después de cargar las materias primas, se evacuó la atmósfera del interior del horno antes de comenzar la fusión, se repitió 3 veces o más la sustitución con argón en la que se introdujeron hasta 0,5 atm de argón de alta pureza, posteriormente se realizó la evacuación, se aumentó la temperatura del interior del horno y se llevó a cabo la fusión a 1,450 °C. Después de que pasaron 10 minutos desde la fusión, se añadieron los elementos reactivos de Ti y Al.

20 Las aleaciones que tenían una relación de composición de desechos de 40% en masa o más, como se muestra en la Tabla 1, se fundieron de las siguientes maneras.

25 Las materias primas vírgenes tales como Ni, Cr, Co, Mo y similares, excepto Al y Ti, y los materiales de desecho que incluyen Al en una concentración menor que 0,3% y Ti en una concentración menor que 0,1% se trataron con ácido y cargaron en un crisol de MgO en las relaciones de composición mostradas en la Tabla 1. Después de cargar las materias primas, se evacuó la atmósfera del interior del horno antes de comenzar la fusión, se repitió 3 veces o más la sustitución con argón en la que se introdujeron hasta 0,5 atm de argón de alta pureza, posteriormente se realizó la evacuación, se aumentó la temperatura del interior del horno y se llevó a cabo la fusión a 1,450 °C. Después de que pasaron 10 minutos desde la fusión, se añadieron los elementos reactivos de Ti y Al.

30 Para el Ejemplo 12, los materiales de desecho con el intervalo de composición química deseado se cargaron en forma seriada en el horno, se elevó la temperatura del interior del horno y se realizó la fundición cuando la temperatura en el interior del horno había alcanzado 1,450 °C.

30 **Ejemplos comparativos 1 y 2**

35 Las aleaciones mostradas en la Tabla 1 se fundieron por fusión atmosférica en el horno de fusión por inducción para producir lingotes con un diámetro de 100 mm y una altura de 150 mm por fundición. Estos lingotes se forjaron en caliente para producir piezas forjadas en caliente con dimensiones de un grosor de 50 mm, un ancho de 120 mm y una longitud de 200 mm. Las piezas forjadas en caliente también se laminaron en caliente para producir placas laminadas en caliente con un grosor de 5 mm, que se sometieron a un tratamiento térmico de solución, en el que las placas se mantuvieron a la temperatura de 1,180 °C durante 15 minutos y posteriormente se enfriaron con agua.

40 Las aleaciones se fundieron de las siguientes maneras. Las materias primas tales como Ni, Cr, Co, Mo, Ti, Al y similares se cargaron en un crisol de MgO sin tratamiento con ácido y posteriormente se fundieron. En este procedimiento, después de la fusión, el producto resultante se mantuvo a 1,500 °C durante 10 minutos y posteriormente a 1,450 °C durante 10 minutos.

Estimación del mayor tamaño de los nitruros

Mediante el uso de las placas laminadas en caliente de los ejemplos 1 a 12 y las placas laminadas en caliente de los Ejemplos comparativos 1 y 2 obtenidos de la manera descrita anteriormente, la estimación del mayor tamaño de los nitruros se realizó mediante el siguiente procedimiento.

45 Se cortaron piezas de muestra para la observación de la microestructura de las placas obtenidas, se pulieron y posteriormente se observaron al microscopio. El mayor tamaño estimado de los nitruros se determinó mediante el procedimiento descrito anteriormente, cuando el área transversal prevista S cumplió la expresión: $S = 100 \text{ mm}^2$. En la presente realización, el campo de visión del área de medición cumplió la expresión: $S_0 = 0,306 \text{ mm}^2$. La selección de los nitruros con el mayor tamaño dentro del campo de visión del área de medición se llevó a cabo mediante la observación con un aumento de 450 veces, y la medición del área del nitruro seleccionado llevó a cabo mediante la observación con un aumento de 1000 veces. El número n de mediciones del campo de visión cumplió la expresión: $n = 50$. El mayor tamaño estimado de nitruro se muestra en la Tabla 2. Las líneas de regresión obtenidas mediante el gráfico en el sistema de coordenadas X-Y se muestran en la FIG. 3.

Prueba de corte

5 Las pruebas de corte se llevaron a cabo en la superficie laminada de las placas laminadas en caliente obtenidas mediante el uso de un molino de bolas constituido por metal duro en un ambiente de aceite de corte con disolvente y en las siguientes condiciones: revolución: 20000 rpm, velocidad de alimentación: 1,400 mm/min, velocidad de corte: 188 mm/min, y profundidad de corte axial: 0,3 mm, y se midió la longitud de corte obtenida hasta el momento en que se produjeron virutas en el filo de corte. Los resultados se muestran en la Tabla 2.

Prueba de fatiga de ciclo bajo

10 Las piezas de prueba en forma de placa con las dimensiones que tienen un ancho de porción paralela de 6,4 mm, un grosor de porción paralela de 3 mm y una longitud de porción paralela de 16 mm se muestrearon de las palanquillas obtenidas, y estas piezas de prueba se calentaron hasta 700 °C, se impartió repetidamente una deformación total por tracción/compresión de 0,7%, y de este modo se realizaron pruebas de fatiga de ciclo bajo y el número de ciclos realizados hasta un momento en el que el esfuerzo máximo en el lado de tensión se había reducido a 1/2 del valor máximo o un momento en que la pieza de prueba se rompió. Los resultados se muestran en la Tabla 2.

[Tabla 1]

		Composición química (% en masa)								Relación de composición de los desechos (% en masa)
		Cr	Co	Mo	W	Al	Ti	C	Ni	
Ejemplos de la presente invención	1	21,9	8,1	8,9	3,1	0,9	0,3	0,07	Resto	60
	2	20,0	4,7	16,0	0,5	0,3	0,6	0,03	Resto	5
	3	24,0	6,5	5,0	2,1	1,5	0,2	0,08	Resto	50
	4	25,9	9,4	8,1	4,0	1,1	0,2	0,06	Resto	70
	5	20,1	7,8	9,9	2,7	0,8	0,3	0,08	Resto	99
	6	22,1	7,9	9,4	2,8	1,2	0,1	0,09	Resto	80
	7	21,5	8,1	8,7	3,1	0,8	0,6	0,02	Resto	90
	8	20,9	7,0	8,3	2,1	0,6	1,0	0,01	Resto	25
	9	22,2	8,2	9,2	3,3	0,5	0,8	0,001	Resto	40
	10	22,4	8,0	8,8	2,9	1,3	0,1	0,15	Resto	55
	11	20,1	8,1	8,4	3,0	0,4	0,1	0,04	Resto	0
	12	22,1	7,9	8,5	2,8	0,5	0,3	0,06	Resto	100
Ejemplos comparativos	1	23,1	7,1	7,0	2,3	0,7	0,05	0,13	Resto	0
	2	20,9	9,1	11,7	3,7	1,3	0,8	0,10	Resto	0

[Tabla 2]

		Tamaño mayor de los nitruros (mm)	Longitud de corte obtenida por la prueba de corte (m)	Número de ciclos en la prueba de fatiga de ciclo bajo (ciclos)
Ejemplos de la presente invención	1	17	34	1,717
	2	21	30	1,007
	3	24	29	1,018
	4	19	30	1,031
	5	22	28	1,669
	6	19	31	2,273
	7	19	33	1,521
	8	20	32	1,880
	9	16	36	4,167
	10	12	37	3,127
	11	23	28	1,124
	12	24	27	1,050
Ejemplos comparativos	1	29	20	461
	2	28	22	430

5 En los ejemplos comparativos 1 y 2 en los que el mayor tamaño estimado de los nitruros cuando el área transversal prevista S fue 100 mm² excedió los 25 µm en el diámetro de área equivalente, la longitud de corte que se alcanzó antes del momento en que se produjeran las virutas en el filo de corte en la prueba de corte, fue tan corta como 20 m y 22 m, y por lo tanto, se observó que la maquinabilidad era baja. Además, en la prueba de fatiga de ciclo bajo, el número de ciclos realizados hasta el momento en que las piezas de prueba se rompieron fue tan pequeño como 461 veces y 430 veces, y por lo tanto se observó que la resistencia a la fatiga era baja.

10 En contraste, en los Ejemplos 1 a 12 en los que el mayor tamaño estimado de los nitruros cuando el área transversal prevista S fue 100 mm² estaba en un intervalo de 12 µm a 25 µm, la longitud de corte que se alcanzó antes del momento en que se produjeran virutas en el filo de corte en la prueba de corte, fue de 27 m o más, lo que fue relativamente larga, y por lo tanto, se observó que la maquinabilidad era alta.

15 Además, en la prueba de fatiga de ciclo bajo, el número de ciclos realizados hasta el momento en que se rompieron las piezas de prueba fue de hasta 1.007 veces o más, y se observó que la resistencia a la fatiga había mejorado mucho. Los mismos efectos que los de los Ejemplos 1 a 10 se observaron también en el Ejemplo 11 en el que la relación de desechos fue de 0% y en el Ejemplo 12 en el que se realizó la fusión atmosférica.

20 Como se describió anteriormente, de acuerdo con la presente invención, se puede proporcionar una aleación a base de Ni que tiene excelentes propiedades de resistencia a alta temperatura y resistencia a la corrosión a alta temperatura, cuyos nitruros presentes en el interior se pueden evaluar de forma apropiada y precisa.

REIVINDICACIONES

1. Una aleación a base de Ni que comprende:

5 una composición que consiste, en masa, de 20,0% a 26,0% de Cr, 4,7% a 9,4% de Co, 5,0% a 16,0% de Mo, 0,5% a 4,0% de W, 0,3% a 1,5% de Al, 0,1% a 1,0% de Ti, 0,001% a 0,15% de C, y opcionalmente 0,01% a 5% de Fe, opcionalmente 0,0005% a 0,05% Ca, opcionalmente 0,0005% a 0,05% de Mg, opcionalmente 0,001% a 0,15% un elemento de tierras raras, opcionalmente 0,01% a 1,0% Nb, opcionalmente 0,01% a 1,0% Ta, opcionalmente 0,01% a 1,0% V, opcionalmente 0,002% a 0,01% B, opcionalmente 0,001% a 0,05% Zr, y el resto de Ni con impurezas inevitables;

10 en la que la aleación a base de Ni comprende nitruros de titanio, cuyo mayor tamaño estimado es un diámetro de área equivalente, el mayor tamaño estimado de los nitruros de titanio se determina mediante el cálculo de un diámetro de área equivalente D que se define como $D = A^{1/2}$ en relación con un área A de un nitruro de titanio con un mayor tamaño entre los nitruros de titanio presentes en un campo de visión del área de medición S_0 de una observación de la aleación a base de Ni, se realiza repetidamente esta operación durante n veces correspondiente a un número n de mediciones del campo de visión para adquirir n piezas de datos del diámetro de área equivalente D, se disponen las piezas de datos del diámetro de área equivalente D en orden ascendente en D_1, D_2, \dots, D_n para calcular una variable estandarizada y_j que se define por la siguiente expresión:

[Expresión 1]

$$y_j = -\ln[-\ln\{j/(n+1)\}]$$

20 en la que j indica el número del orden ascendente dispuesto de los datos del diámetro de área equivalente D, que representa el diámetro de área equivalente D y la variable estandarizada y_j en los ejes X e Y de un sistema de coordenadas X-Y, respectivamente, para obtener una línea de regresión $y = a \times D + b$ (en la que a y b son constantes), calculándose y_j mediante la siguiente expresión:

[Expresión 2]

$$y_j = -\ln\left(-\ln\frac{S}{S_0 + S}\right)$$

25 en la que un área transversal prevista S es 100 mm², y se sustituye el valor obtenido de y_j en la línea de regresión para obtener el mayor tamaño estimado de los nitruros de titanio;

30 en la que S_0 es igual a 0,306 mm², n es igual a 50 y la observación de la aleación a base de Ni tiene un aumento de observación de 450 veces para seleccionar los nitruros y 1000 veces para medir los nitruros;

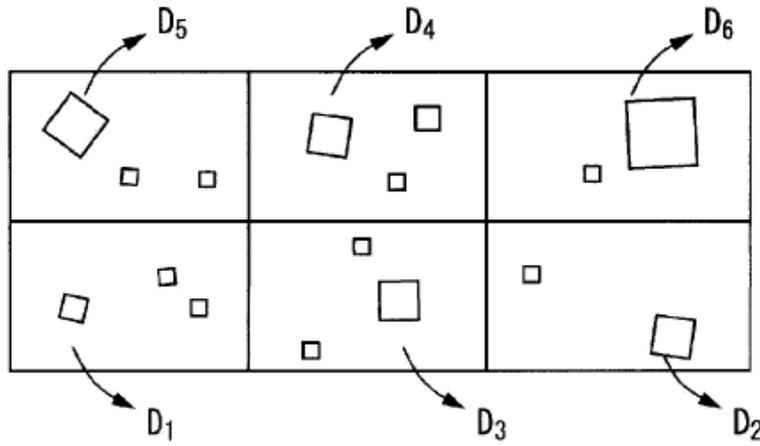
caracterizado porque el mayor tamaño estimado de los nitruros de titanio está entre 12 μm y 25 μm.

2. Uso de una aleación a base de Ni de acuerdo con la reivindicación 1 para un cámara de combustión de la turbina de gas.

35 3. Un miembro para una cámara de combustión de turbina de gas, que comprende la aleación a base de Ni de acuerdo con la reivindicación 1.

4. Una placa laminada en caliente que comprende la aleación a base de Ni de acuerdo con la reivindicación 1, en la que un contenido de Fe es 0,01% a 5% en masa.

FIG.1



}

FIG.2

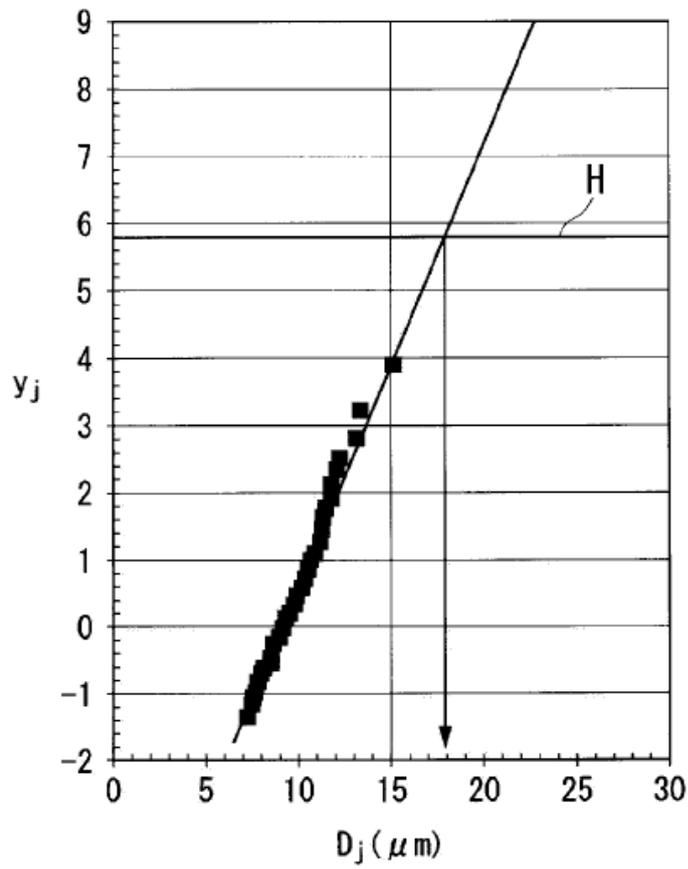


FIG.3

