

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 488 126**

51 Int. Cl.:

C22C 19/05 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **25.03.2010 E 10157795 (5)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **30.07.2014 EP 2302085**

54 Título: **Aleación forjada a base de níquel**

30 Prioridad:

04.09.2009 JP 2009204557

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

26.08.2014

73 Titular/es:

**MITSUBISHI HITACHI POWER SYSTEMS, LTD.
(100.0%)**

**3-1, Minatomirai 3-chome, Nishi-ku
Yokohama, Kanagawa 220-8401, JP**

72 Inventor/es:

**SATO, JUN;
IMANO, SHINYA y
DOI, HIROYUKI**

74 Agente/Representante:

DE ELZABURU MÁRQUEZ, Alberto

ES 2 488 126 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 forjada a base de níquel

Antecedentes de la invención

5 Elevar la temperatura de combustión es efectivo para mejorar la eficiencia de una turbina de vapor de agua y una turbina de gas para la generación de energía.

10 Actualmente, la temperatura del vapor de agua de una central eléctrica convencional alimentada por carbón es 550 a 600°C. Como material para la turbina o la caldera se usa un acero ferrítico térmicamente resistente. Puesto que el acero ferrítico térmicamente resistente es excelente para la fabricación de grandes lingotes de acero, se produce un gran producto para forja que excede de 10 toneladas y se utiliza en el eje para el rotor de una turbina y en tuberías para la caldera. Sin embargo, puesto que la temperatura que como máximo puede soportar un acero ferrítico térmicamente resistente es aproximadamente 650°C, el acero ferrítico térmicamente resistente no puede usarse a una temperatura mayor que aproximadamente 650°C debido a su insuficiente resistencia mecánica a alta temperatura.

15 En una turbina de gas, una pieza a alta temperatura usa una aleación base níquel que tiene una excelente resistencia mecánica a alta temperatura.

20 La aleación base níquel contiene un elemento reforzante de la disolución de sólidos, tal como W, Mo o Co, y un elemento reforzante de la precipitación, tal como Al, Ti, Nb o Ta, y tiene una excelente resistencia mecánica a alta temperatura. Una fase γ' (Ni₃Al), la cual es una fase principal reforzante de la precipitación, tiene la propiedad de que la resistencia mecánica aumenta cuando la temperatura aumenta y es muy efectiva en mejorar las características de resistencia mecánica a alta temperatura. Cuando se añade un elemento, tal como Ti, Nb o Ta, la fase γ' es estabilizada y puede persistir hasta una temperatura mayor. Por consiguiente, cuando se tiene que mejorar el comportamiento de la aleación base níquel, un punto principal de desarrollo ha sido cómo estabilizar la fase γ' .

25 Sin embargo, la forja en caliente se hace más difícil cuando aumenta la resistencia mecánica. Por tanto, llega a ser imposible producir, por forjado, una pala del rotor que soporte una carga más grande en la turbina o el motor.

Por consiguiente, la pala del rotor se produce en general mediante colada de precisión (véase, por ejemplo, el documento JP-A-09-272933). Puesto que el peso trabajable está limitado, en la colada de precisión es difícil producir una gran pieza como un rotor de turbina de vapor de agua a partir de una aleación base níquel convencional de alta resistencia mecánica.

30 Por otra parte, el documento JP-A-2009-097052 describe una aleación base níquel que tiene en combinación la excelente propiedad de ser forjada en caliente y una excelente resistencia mecánica a alta temperatura, la cual puede obtenerse seleccionando un elemento aleante. La aleación base níquel puede ser preferiblemente aplicada a un material de una turbina de vapor de agua y a una turbina de gas.

35 Como factor que inhibe que una aleación base níquel llegue a ser un gran lingote, aparte de la propiedad de forjado en caliente, está su mala procesabilidad en grandes lingotes de acero.

40 Como se mencionó anteriormente, a una aleación base níquel se le añaden muchos elementos reforzantes, y estos elementos son propensos a segregarse en el momento de la solidificación. Cuando se produce segregación en un lingote de acero, se generan grietas durante el forjado en caliente y el material se transforma en no homogéneo de modo que no puede obtenerse la resistencia mecánica necesaria. Por consiguiente, no puede obtenerse un material adecuado. Cuando el tamaño de un lingote de acero aumenta, la velocidad de enfriamiento y la de solidificación se tornan lentas y se da lugar a un estado en el que se tiende a generar segregación.

45 Con una aleación base níquel convencional es difícil de producir un material de forjado grande que supere 10 toneladas cuando se usa en una turbina de vapor de agua. Aunque hay un método en el que pequeñas piezas se unen por soldado para producir una pieza grande, existe la preocupación del coste de soldar y el problema de la fiabilidad de las porciones soldadas.

Por consiguiente, se desea una aleación base níquel que sea improbable que genere segregación y que sea excelente para la fabricación de grandes lingotes de acero.

Sumario de la invención

50 El documento JP-A-2009-097052 describe que la resistencia mecánica a alta temperatura y la procesabilidad en caliente pueden combinarse cuando el elemento reforzante de la precipitación añadido está limitado sólo a Al; y no se añaden Ti, Ta, Nb y similares, o se añaden en una pequeña cantidad de no más que 0,5%. Durante la solidificación, el Ti, Ta y Nb se distribuyen en gran parte en una masa fundida y generan segregación. Por

consiguiente, una aleación de diseño del documento JP-A-2009-097052 se dice que es deseable desde el punto de vista de la mejora de la fabricación de grandes lingotes de acero, lo cual es un objeto de la presente invención.

5 Sin embargo, un elemento reforzante indispensable como el Al también es un elemento propenso a segregarse aunque su tendencia es pequeña en comparación con el Ti, Ta y Nb, y ha sido problemático cuando se aumenta el tamaño de un lingote de acero.

Un objeto de la presente invención es proporcionar una aleación base níquel que pueda tener en combinación una resistencia mecánica a alta temperatura y la propiedad de ser forjada en caliente y que sea improbable que genere segregación y que sea excelente para la fabricación de grandes lingotes de acero, y una pieza forjada para una central con turbina de vapor de agua fabricada con la misma.

10 Una aleación base níquel de la presente invención incluye, en masa, carbono: 0,001 a 0,1%, Cr: 12 a 23%, Co: 15 a 25%, Al: 3,5 a 5,0%, Mo: 4 a 12%, y W: 0,1 a 7,0%, y opcionalmente Ti, Ta y Nb: la cantidad total es no mayor que 0,5%, siendo el resto hasta 100% Ni e impurezas accidentales, y un parámetro Ps representado por la fórmula (1) siguiente es 0,6 a 1,6.

$$Ps = -7 \times [C] - 0,1 \times [Mo] + 0,5 \times [Al] \quad (1)$$

15 en la que [C] indica la cantidad de carbono; [Mo] indica la cantidad de molibdeno; y [Al] indica la cantidad de aluminio, en porcentaje en masa.

Según la presente invención, puede producirse un material forjado grande que pueda usarse en una central de turbina de vapor de agua en la que la temperatura del vapor de agua exceda de 750°C y que supere 10 toneladas.

20 Otros objetos, características y ventajas de la invención llegarán a ser evidentes a partir de la siguiente descripción de las realizaciones de la invención tomadas junto con los dibujos acompañantes.

Breve descripción de los dibujos

La Fig. 1 es un gráfico que muestra la correlación entre la cantidad de Mo y el parámetro Ps de aleaciones base níquel de los ejemplos según la presente invención y los ejemplos comparativos;

25 La Fig. 2 es un gráfico que muestra las curvas de deformación por fluencia de aleaciones base níquel de los ejemplos según la presente invención y un ejemplo comparativo;

La Fig. 3 es un gráfico que muestra el tiempo de rotura por fluencia de aleaciones base níquel de los ejemplos según la presente invención y los ejemplos comparativos;

La Fig. 4A es una vista en perspectiva que muestra un rotor de turbina integrado que usa una aleación base níquel de la presente invención;

30 La Fig. 4B es una vista en perspectiva que muestra un rotor de turbina tipo soldado que usa una aleación base níquel de la presente invención;

La Fig. 5 es una vista en perspectiva que muestra una tubería de caldera que usa una aleación base níquel de la presente invención; y

35 La Fig. 6 es una vista lateral que muestra un perno de carcasa que usa una aleación base níquel de la presente invención.

Descripción detallada de la invención

La presente invención se refiere a una aleación base níquel adecuada para un material grande para una central térmica de alta eficiencia y una pieza forjada para una turbina de vapor de agua con la misma.

40 Los presentes inventores estudiaron en detalle la influencia de los respectivos elementos de la aleación sobre la segregación mediante experimentos y un cálculo termodinámico referente al equilibrio térmico, y encontraron que la segregación puede suprimirse controlando el contenido de Mo, W, Al, carbono y elementos similares, y de este modo consiguieron la invención de una aleación que es mejor para la fabricación de grandes lingotes de acero.

45 Esto es, la aleación base níquel de la presente invención (de aquí en adelante en la presente memoria también denominada como una "aleación base Ni para forja" o simplemente denominada como una "aleación") incluye, en masa, carbono: 0,001 a 0,1%, Cr: 12 a 23%, Co: 15 a 25%, Al: 3,5 a 5,0%, Mo: 4 a 12%, W: 0,1 a 7,0%, y opcionalmente Ti, Ta y Nb en una cantidad total que no es mayor que 0,5%, siendo el resto hasta 100% Ni e impurezas accidentales, donde el parámetro Ps representado por la fórmula (1) mostrada más adelante siguiente es 0,6 a 1,6 ($0,6 \leq Ps \leq 1,6$).

$$Ps = -7 \times [C] - 0,1 \times [Mo] + 0,5 \times [Al] \quad (1)$$

en la que [C] indica la cantidad de carbono; [Mo] indica la cantidad de molibdeno; y [Al] indica la cantidad de aluminio, en porcentaje en masa.

Además, una aleación base níquel capaz de obtener una fabricación más excelente de lingotes de acero grandes incluye 5 a 8% en masa de Mo.

- 5 En la fórmula (1), la cantidad de carbono, la cantidad de Mo y la cantidad de Al, respectivamente, representan cantidades en porcentaje (% en masa) de carbono, molibdeno y aluminio contenidas en la aleación base níquel para forjar.

Una aleación base níquel capaz de obtener una fabricación más preferible de lingotes de acero tiene el parámetro Ps de 0,8 a 1,4.

- 10 En la presente invención, cuando se toma en consideración un equilibrio entre la resistencia mecánica a alta temperatura y la propiedad de forjar en caliente, es deseable que la cantidad total de Mo y W no sea mayor que 12% en porcentaje en masa ($Mo + W \leq 12\%$ en masa).

Estas aleaciones pueden usarse en aplicaciones para piezas de forja para una central de turbinas de vapor, tales como el rotor de una turbina, el tubo de una caldera, un perno o una tuerca.

- 15 En la presente memoria, carbono: 0,001 a 0,1% en masa quiere decir que, un componente de la aleación, el carbono (C), está contenido en la aleación en una cantidad en el intervalo de 0,001 a 0,1%, esto es, no menos que 0,001% pero no más que 0,1% en relación con la masa de la aleación base níquel de la presente invención. Puede expresarse como 0,001 a 0,1% en masa. En este caso, 0,001% y 0,1%, representan, respectivamente, los límites inferior y superior, y los límites inferior y superior están contenidos en el intervalo de la presente invención. Esto aplica también a otros componentes. Cuando una composición de una aleación está representada por una unidad de tanto por ciento (%), la unidad de tanto por ciento quiere decir "tanto por ciento en masa", a menos que se especifique claramente otra unidad.

Es necesario inhibir la generación de segregación durante la solidificación con el fin de mejorar la fabricación de grandes lingotes de acero, lo cual es un objeto de la presente invención.

- 25 Se considera que una razón de porqué se genera segregación es que un elemento soluto está distribuido en una interfase sólido-líquido y provoca una diferencia de densidad en una masa fundida.

En la tabla 1 se muestran los resultados de la investigación de los coeficientes de distribución (la relación de concentraciones de un elemento constituyente en la fase líquida entre de la fase sólida) que muestran la tendencia de la distribución de elementos de la aleación base níquel de la presente invención.

- 30 Tabla 1. Coeficientes de distribución de los respectivos elementos

Elemento	C	Al	Cr	Co	Ni	Mo	W
Coefficiente de distribución	17,1	1,5	1,1	1,0	0,9	1,8	1,1

- 35 Un elemento que tiene el coeficiente de distribución próximo a 1 es difícil que genere una diferencia de concentración, esto es, difícil que se segregue. Por el contrario, cuanto más alejado de 1 es el coeficiente de distribución más fácilmente se genera segregación. En la tabla 1, el carbono (C), Al y Mo tienen fuerte tendencia. Sin embargo, puesto que el Al es un elemento más ligero que el níquel, que es un componente principal, y el Mo es un elemento más pesado que el níquel, estos elementos tienen una acción opuesta sobre la densidad de la masa fundida. Además, el carbono disminuye mucho el punto de fusión de la fase líquida y de este modo tiende a aumentar la densidad de la masa fundida. Por consiguiente, equilibrando elementos de diferentes tendencias a la segregación puede controlarse la diferencia de densidades en la masa fundida y, de este modo, puede suprimirse la segregación para mejorar la fabricación de grandes lingotes de acero.

Más adelante se mostrarán los intervalos composicionales de los elementos constituyentes de la aleación base níquel de la presente invención y las razones para la selección de los mismos.

- 45 El carbono (C) se disuelve en una matriz para mejorar la resistencia a la tracción a alta temperatura. Forma un carburo tal como M^1C (M^1 representa un elemento metálico tal como Ti, Ta o Nb), y $M^2_{23}C_6$ (M^2 representa un elemento metálico tal como Cr o Mo) para mejorar la resistencia en el límite de grano. Estos efectos son notables por encima de aproximadamente 0,001%. Sin embargo, cuando se añade carbón en exceso, se genera carburo eutéctico grueso que da lugar a un deterioro de la tenacidad. Por consiguiente, el límite superior se fija en 0,1%. El contenido de 0,001 a 0,1% es preferible. Un intervalo más preferible es 0,03 a 0,08%.

- 50 Además, el carbono tiene una tendencia muy fuerte a distribuirse en una fase líquida y un efecto muy fuerte de disminución del punto de fusión para hacer mayor la densidad de la masa fundida. Cuando se añade carbono en

exceso de 0,1%, el carburo grueso precipita en agrupaciones y de este modo se deterioran las características de resistencia mecánica.

El aluminio (Al) es un elemento que forma una fase γ' (Ni_3Al) y es un elemento indispensable para reforzar una aleación base níquel reforzada por una fase γ' . Además, el Al tiene el efecto de mejorar la resistencia a la oxidación. Cuando el Al es insuficiente, la cantidad de precipitación de fase γ' debido al envejecimiento es pequeña. Así, no puede obtenerse suficiente resistencia mecánica a alta temperatura.

Puesto que en la aleación base níquel de la presente invención la cantidad de otros elementos reforzantes como Ti, Ta y Nb, es pequeña, es necesaria una cantidad de Al de al menos 3,5% para obtener suficiente resistencia mecánica. Sin embargo, cuando el contenido de Al es excesivo la temperatura de disolución de sólidos se hace mayor y, de este modo, se hace más difícil la forja en caliente. Por consiguiente, el Al está contenido en el intervalo que no exceda de 5,0%. Un contenido de 3,5 a 5,0% es preferible y un intervalo más preferible es 3,6 a 4,5%.

Además, el Al tiene una fuerte tendencia a distribuirse en una fase líquida y el efecto de disminuir el punto de fusión de la masa fundida. Por consiguiente, cuando se añade Al en exceso de 5,0% se provoca segregación y se disminuye el punto de fusión de modo que se generan grietas durante el trabajo en caliente.

El Mo (molibdeno) tiene el efecto de reforzar una matriz reforzando la disolución de sólidos y mejora la resistencia mecánica a una concentración de aproximadamente 0,1%. Sin embargo, desde el punto de vista de la fabricación de grandes lingotes de acero es necesario que el Mo se añada en no menos que 4,0%. De este modo, la densidad de la masa fundida se hace mayor y puede inhibirse la producción de segregación. Sin embargo, cuando el Mo se añade en exceso de 12% precipita una fase frágil perjudicial y que afecta adversamente a la propiedad de forjar a alta temperatura y a la resistencia mecánica. Por tanto, el contenido de Mo es preferiblemente 4,0 a 12%. Un intervalo más preferible de Mo es 5,0 a 8,0%.

El Cr (cromo) es un elemento que forma una película densa de óxido que incluye Cr_2O_3 sobre una superficie de la aleación base níquel para mejorar la resistencia a la oxidación y la resistencia a la corrosión a alta temperatura. Con el fin de utilizar la aleación base níquel como un material de alta temperatura el cual es el objetivo de la presente invención, es necesario que al menos contenga 12%. Sin embargo, cuando el Cr se añade en más que 23% precipita una fase σ que deteriora la ductilidad y la tenacidad a la fractura del material. Por consiguiente, el contenido de Cr está en el intervalo que no supera 23%. El contenido de Cr es preferiblemente 12 a 23% y más preferiblemente en el intervalo de 16 a 20%.

El Co (cobalto) sustituye al níquel y se disuelve en una matriz para mejorar la resistencia mecánica a alta temperatura, y disminuye la temperatura de disolución de sólidos de una fase γ' y, de este modo, hace más fácil el trabajo en caliente. En el caso en el que se aumente la cantidad de Al para mejorar la resistencia mecánica a alta temperatura y la resistencia a la oxidación, puede mantenerse una excelente trabajabilidad en caliente añadiendo Co en no menos que 15%. Cuando el Co se añade excesivamente, se promueve la precipitación de una fase perjudicial tal como una fase σ o una fase μ . Por consiguiente, el límite superior se fija en 25%. El contenido de 15 a 25% es preferible y el intervalo de contenido de 17 a 23% es más preferible.

El W (wolframio) tiene una influencia sobre la resistencia mecánica muy similar a la de Mo, y se refuerza una matriz reforzando la disolución de sólidos. Con el fin de obtener suficiente resistencia mecánica, es necesario añadir no menos que 0,1% de W. Sin embargo, cuando el contenido de W supera 7%, se promueve el crecimiento de una fase mixta intermetálica dura y frágil y se deteriora la propiedad de forjar a alta temperatura. Por tanto, el contenido de W es preferiblemente 0,1 a 7,0% y más preferiblemente está en el intervalo de 2,0 a 6,0%.

Además, es deseable que la cantidad total de Mo y W no sea mayor que 12%. Puesto que los límites inferiores de Mo y W son, respectivamente, 4,0% y 0,1%, la cantidad total de Mo y W es deseablemente 4,1 a 12%. Un intervalo más deseable es 5,0 a 12%.

Como se describió anteriormente, el Al tiene el efecto opuesto que el Mo y el carbono con respecto a la fabricación de grandes lingotes de acero. Por consiguiente, es necesario seleccionar elementos para que el parámetro Ps representado por la fórmula (1) satisfaga la relación predeterminada.

Cuando se selecciona un intervalo de composiciones de la aleación que satisfaga $0,6 \leq \text{Ps} \leq 1,6$ puede mejorarse la fabricación de grandes lingotes de acero, lo cual es un objeto de la presente invención, y de este modo puede esperarse un lingote de no menos que 10 toneladas que no tenga ninguna segregación. Un intervalo más preferible es $0,8 \leq \text{Ps} \leq 1,4$.

Ejemplos

A continuación se describirán ejemplos según la presente invención.

Se produjeron aleaciones que tenían un peso de 10 kg y que tenían las composiciones mostradas en la tabla 2 con el uso de un horno de fusión por inducción a vacío.

Los ejemplos 1 a 8 muestran materiales de la presente invención y los ejemplos comparativos 1 a 4 muestran aleaciones, composiciones o los parámetros Ps que están fuera de los intervalos de la presente invención. Entre éstos, en los ejemplos comparativos 3 y 4 se usan prácticamente aleaciones de base níquel de alta resistencia mecánica y contienen mucho titanio.

5 En la tabla 2 también se muestran los valores de Ps calculados por la fórmula (1).

Tabla 2. Composiciones de muestras de aleaciones

Nº	Material	Composición de la aleación (% en masa)										Ps
		C	Al	Cr	Co	Ni	Mo	W	Ti	Ta	Nb	
1	Ejemplo 1	0,03	4,1	17	22	Resto hasta 100%	4	4	0	0	0	1,44
2	Ejemplo 2	0,10	4,1	18	22	Resto hasta 100%	4	4	0	0	0	0,95
3	Ejemplo 3	0,03	4,2	17	22	Resto hasta 100%	6	2	0	0	0	1,29
4	Ejemplo 4	0,10	4,2	17	22	Resto hasta 100%	6	2	0	0	0	0,80
5	Ejemplo 5	0,05	3,8	16	20	Resto hasta 100%	8	1	0,1	0	0	0,75
6	Ejemplo 6	0,05	4,4	15,5	18,5	Resto hasta 100%	5	2	0	0,1	0,1	1,35
7	Ejemplo 7	0,03	3,6	20	20,5	Resto hasta 100%	5	5	0,1	0	0,1	1,09
8	Ejemplo 8	0,08	4,5	18	22	Resto hasta 100%	10	2	0,2	0	0	0,69
9	Ejemplo comparativo 1	0,05	4,0	18	22	Resto hasta 100%	0	8	0	0	0	1,65
10	Ejemplo comparativo 2	0,05	3,6	18	23	Resto hasta 100%	10	2	0	0	0	0,45
11	Ejemplo comparativo 3	0,05	0,5	20	20	Resto hasta 100%	6	0	2,2	0	0	0,70
12	Ejemplo comparativo 4	0,05	2,1	20	12	Resto hasta 100%	6	1	3	0	0	0,10

10 La Fig. 1 es un gráfico que muestra la relación entre Ps y la cantidad de Mo. En la figura, el área rodeada por la línea a trazos es un intervalo de la presente invención y los ejemplos 1 a 8 caen en el área. Los ejemplos comparativos 1 a 4 están fuera del intervalo de la presente invención. En la figura, los números de referencia 1 a 8 representados indican los ejemplos 1 a 8 y los números de referencia 9 a 12 indican los ejemplos comparativos 1 a 4. Estos números de referencia corresponden a los números (Nº) de la tabla 2.

Los ejemplos 1 a 8 del intervalo de la presente invención son excelentes en cuanto a la fabricación de grandes lingotes de acero.

15 Después de que se eliminaran las películas de óxido y los defectos sobre sus superficies, las aleaciones preparadas se conformaron en caliente en barras redondeadas de \square 15 mm. Los materiales tipo barra redondeada se trataron térmicamente de manera apropiada y a continuación se muestrearon de los mismos varias probetas y se sometieron a evaluaciones de sus características. Se realizó un ensayo de fluencia a alta temperatura para evaluar la resistencia mecánica. La temperatura de ensayo se fijó en 800°C y la carga de ensayo se fijó en 294 MPa. La propiedad de forjado en caliente se juzgó sobre la base de si se podía realizar conformado en caliente o no, y midiendo la temperatura de disolución de sólidos de la fase γ' , esto es de la fase reforzante, mediante análisis térmico. En un aparato convencional de forja, la temperatura durante el forjado es aproximadamente 1000°C, y es

20

5 difícil usar un material cuya temperatura de disolución de sólidos de la fase γ' supere 1000°C para producir un material grande para forja debido a la gran resistencia a la deformación. Con el fin de evaluar la fabricación de grandes lingotes de acero, se fundieron separadamente las aleaciones, a la vez que se controlaba la velocidad de enfriamiento para generar segregación por simulación, y de este modo se evaluó cuán fácilmente se genera segregación. Los resultados de varios ensayos se suman en la tabla 3.

Tabla 3

Resultados de varios ensayos característicos

Nº	Material	Resultado del ensayo de fluencia (800°C, 294 MPa)		Temperatura de disolución de sólidos de la fase γ'	Fabricación de grandes lingotes de acero
		Tiempo de rotura (horas)	Elongación en la rotura (%)		
1	Ejemplo 1	334	25	965	Ninguna segregación
2	Ejemplo 2	284	41	968	Ninguna segregación
3	Ejemplo 3	334	21	968	Ninguna segregación
4	Ejemplo 4	267	28	971	Ninguna segregación
5	Ejemplo 5	281	38	942	Ninguna segregación
6	Ejemplo 6	308	26	981	Ninguna segregación
7	Ejemplo 7	345	40	945	Ninguna segregación
8	Ejemplo 8	278	35	978	Ninguna segregación
9	Ejemplo comparativo 1	124	8	983	Ligera segregación
10	Ejemplo comparativo 2	237	15	925	Segregación
11	Ejemplo comparativo 3	60	48	990	Segregación
12	Ejemplo comparativo 4	272	25	1052	Segregación

10 La Fig. 2 es un gráfico que muestra un ejemplo de una curva de deformación por fluencia obtenida mediante un ensayo de fluencia.

En la figura, los ejemplos 1 a 3 son superiores al ejemplo comparativo 1 tanto en tiempo de rotura por fluencia como en la elongación en la rotura por fluencia.

La Fig. 3 es un gráfico que muestra el tiempo de rotura por fluencia de las aleaciones.

15 Cuando en las condiciones de ensayo se alcanza un tiempo de rotura que no es más corto que 100 horas, puede esperarse que el material soporte una temperatura no menor que 750°C para un material para turbinas de vapor de agua. Los tiempos de rotura por fluencia de los ejemplos 1 a 8 son en gran parte superiores a 100 horas y se estimó que las temperaturas que soportaban (a 100 MPa y para 100.000 horas) eran de 780 a 800°C.

20 En cuanto a los ejemplos comparativos 1 a 4, todos los materiales, excepto el del ejemplo comparativo 3, alcanzaron tiempos de rotura no menores que 100 horas. Así, la resistencia mecánica fue relativamente excelente. En el ejemplo comparativo 3, puesto que el contenido de Al fue pequeño y la cantidad de precipitación de la fase γ' fue pequeña a la temperatura de uso, no se obtuvo suficiente resistencia mecánica.

25 Todas las temperaturas de disolución de sólidos de las fases γ' de los ejemplos 1 a 8 no fueron mayores que 1000°C y exhibieron una muy excelente propiedad de forjado en caliente también durante el procesado en caliente real. Puesto que las temperaturas de disolución de sólidos de los ejemplos comparativos 1 a 3 tampoco fueron mayores que 1000°C, no hubo ningún problema con la propiedad de forjado en caliente. Sin embargo, un material tipo barra redonda del ejemplo comparativo 4 mostró parcialmente grietas generadas durante el forjado en caliente. Se considera que el procesado se hace difícil ya que hay mucho Ti contenido y hay una fase γ' presente durante el forjado en caliente.

30 En la evaluación de la fabricación de grandes lingotes de acero había una gran diferencia entre los ejemplos y los ejemplos comparativos. La fabricación de grandes lingotes de acero se evaluó por un ensayo de simulación de la segregación.

En la tabla 3, las muestras en las que no se observó segregación mediante el ensayo de simulación de segregación se expresan mediante "ninguna segregación". Las muestras en las que se observó segregación y en las que en gran

parte se deterioró la procesabilidad y sus características se expresan mediante “segregación”, y una muestra que mostró ligera segregación se expresa mediante “ligera segregación”.

5 En los ejemplos 1 a 8 no se observó segregación en todas las aleaciones. En un ensayo de simulación de segregación en este momento, se fija la velocidad de enfriamiento en un valor menor que el de un material usado en la evaluación de la resistencia mecánica para simular las condiciones de fabricación de un lingote de acero de 10 toneladas. Cuando en el ensayo no hay ninguna segregación se considera que puede producirse un gran lingote de acero real sin segregación.

10 En el ejemplo comparativo 1 se observó una ligera segregación. Cuando este lingote se forjó en caliente no se generó ninguna grieta. Sin embargo, existe la preocupación de que las características no sean homogéneas y no pueda obtenerse una resistencia mecánica suficiente debido a la composición no homogénea de la aleación. En el ejemplo comparativo 2 se observó segregación. Aunque la composición del ejemplo comparativo 2 es próxima a la del ejemplo 8 se considera que una composición de aleación tiende a generar segregación porque Ps está fuera del intervalo de la presente invención y es deficiente en la fabricación de grandes lingotes de acero. Puesto que en los ejemplos comparativos 3 y 4 se observó segregación es difícil de producir un gran lingote de acero que supere 15 toneladas.

Así, según la invención, puede realizarse una aleación usada para una turbina de vapor de agua que puede ser forjada en caliente a la vez que soporta una temperatura no menor que 750°C, y puede producirse un gran lingote de acero de la clase de 10 toneladas.

20 Ejemplos de piezas forjadas producidas con la aleación base níquel de la presente invención se describirán a continuación.

Las Figs. 4A y 4B muestran ejemplos de un caso en el que la aleación base níquel de la presente invención se aplica a un rotor de una turbina de vapor de agua.

La Fig. 4A muestra un rotor de turbina integrado en el que el vapor de agua fluye desde el lado derecho de la figura hacia su lado izquierdo.

25 En la figura, un rotor de turbina integrado 1 está constituido por un eje 11 y un tronco 12. El eje 11 y el tronco 12 están fabricados de una aleación base níquel de la presente invención. El diámetro externo del tronco 12 es 750 mm.

30 Puesto que la aleación base níquel de la presente invención tiene una excelente facilidad para ser fabricada en forma de grandes lingotes de acero y puede forjarse en caliente, la aleación base níquel puede usarse como un rotor de turbina integrado como se muestra en la Fig. 4A.

Por lo tanto, la temperatura del vapor de agua puede elevarse a no menos que 750°C y, de este modo, puede esperarse una mejora en la eficiencia de generación de energía.

La Fig. 4B muestra un rotor de turbina tipo soldado.

35 En la figura, un rotor de turbina 2 tipo soldado está constituido por la unión de un primer eje 21 y un primer tronco 22 con un segundo eje 23 y un segundo tronco 24 en una porción soldada 25. El primer eje 21 y el primer tronco 22 están fabricados de una aleación base níquel de la presente invención. El segundo eje 23 y el segundo tronco 24 están fabricados de acero ferrítico térmicamente resistente (acero ferrítico) o de una aleación base níquel. Los diámetros externos del primer tronco 22 y del segundo tronco 24 son 900 mm.

40 Como se muestra en la figura, cuando se alarga una turbina para dar lugar a una mayor producción, la aleación base níquel de la presente invención también puede usarse en un rotor tipo soldado. En este caso, los materiales de los ejemplos pueden soldarse unos con otros. Sin embargo, como se muestra en la Fig. 4B, es posible que sea soldada con diferentes materiales tales, como acero ferrítico térmicamente resistente, en un lado que soporte una menor temperatura aguas abajo en la dirección del flujo de entrada.

45 La Fig. 5 es un ejemplo de un caso en el que la aleación base níquel de la presente invención se aplica a una tubería de caldera de una central que usa turbinas de vapor.

En la figura, la tubería 31 de la caldera usa la aleación base níquel según la presente invención y tiene un diámetro externo de 40 mm.

50 Con el fin de elevar la temperatura del vapor de agua principal introducido en la turbina hasta 700°C, el vapor de agua principal tiene que calentarse hasta 750°C en la caldera. Por consiguiente, la temperatura soportable por el material de la tubería no tiene que ser menor que 750°C. Sin embargo, cuando se usa la aleación base níquel de la presente invención, puede hacerse una central de turbinas en la cual la temperatura del vapor de agua principal sea 700°C. La tubería 31 de la caldera está unida por soldadura y las grietas tienden a iniciarse en una porción soldada, en comparación con el material base, debido a defectos en la soldadura y a la influencia térmica. Puesto que la aleación base níquel de la presente invención puede proporcionar una materia prima más grande en comparación

con una aleación convencional, las porciones soldadas pueden reducirse y, de este modo, puede mejorarse la fiabilidad.

La Fig. 6 es un ejemplo de un caso en el que la aleación base níquel de la presente invención se usa como un perno y una tuerca de una carcasa de turbina.

- 5 En la figura, una carcasa 42 de turbina está sujeta con un perno 41 y una tuerca 43. El perno 41 y la tuerca 43 usan la aleación base níquel de la presente invención. La carcasa 42 de turbina usa un material forjado de NiCrMo y similares.

La carcasa 42 de turbina es una pieza resistente a la presión y en general está integrada ligando, con el uso del perno 41 y la tuerca 43, piezas forjadas que se producen separadamente.

- 10 Cuando la temperatura sube, un material forjado convencional sufre deformación por fluencia aflojándose el perno y la tuerca y de este modo se provoca un problema por fugas de vapor de agua. Sin embargo, la aleación base níquel de la presente invención tiene una alta resistencia mecánica y, así, no se produce deformación por fluencia y el perno y la tuerca no se aflojan.

- 15 Según la invención puede producirse un gran material forjado de no menos que 10 toneladas, y puede obtenerse una resistencia mecánica de no menos que 100 MPa en el ensayo de resistencia a la rotura por fluencia a 750°C y durante 100.000 horas. Cuando se usa el material forjado grande como un material para turbinas de vapor de agua y de gas, pueden obtenerse una mayor temperatura y una mayor eficiencia.

- 20 Los expertos en la técnica deben además entender que aunque la descripción precedente ha sido hecha sobre realizaciones de la invención, la invención no está limitada a las mismas y que pueden hacerse varios cambios y modificaciones sin apartarse de la invención dentro del alcance de las reivindicaciones adjuntas.

REIVINDICACIONES

1. Una aleación base níquel que comprende, en masa,
 0,001 a 0,1% de carbono,
 12 a 23% de cromo,
 5 15 a 25% de cobalto,
 3,5 a 5,0% de aluminio,
 4 a 12% de molibdeno,
 0,1 a 7,0% de wolframio, y
 opcionalmente no más que 0,5% de cantidad total de titanio, tántalo y niobio,
 10 siendo el resto hasta 100% níquel e impurezas accidentales,
 donde un parámetro Ps representado por la fórmula (1) mostrada a continuación es 0,6 a 1,6.
- $$Ps = -7 \times [C] - 0,1 \times [Mo] + 0,5 \times [Al] \quad (1)$$
- en la que [C] indica la cantidad de carbono; [Mo] indica la cantidad de molibdeno; y [Al] indica la cantidad de aluminio, en porcentaje en masa.
- 15 2. La aleación base níquel según la reivindicación 1, donde la aleación base níquel contiene 5 a 8% de molibdeno en masa.
3. La aleación base níquel según la reivindicación 1 ó 2, donde el parámetro Ps es 0,8 a 1,4.
4. La aleación base níquel según cualquiera de las reivindicaciones precedentes, donde la cantidad total de molibdeno y wolframio no es mayor que 12% en masa.
- 20 5. Una pieza forjada para una central de turbinas de vapor de agua, que usa la aleación base níquel según cualquiera de las reivindicaciones precedentes.
6. La pieza forjada según la reivindicación 1, donde la pieza forjada es un rotor (1; 2) de turbina de vapor de agua, un tubo (31) de caldera, un perno (41) o una tuerca (43) para una central de turbinas de vapor.

FIG. 1

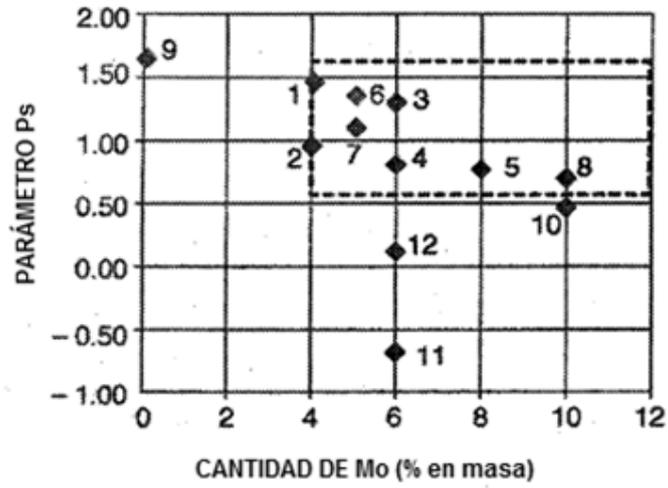


FIG. 2

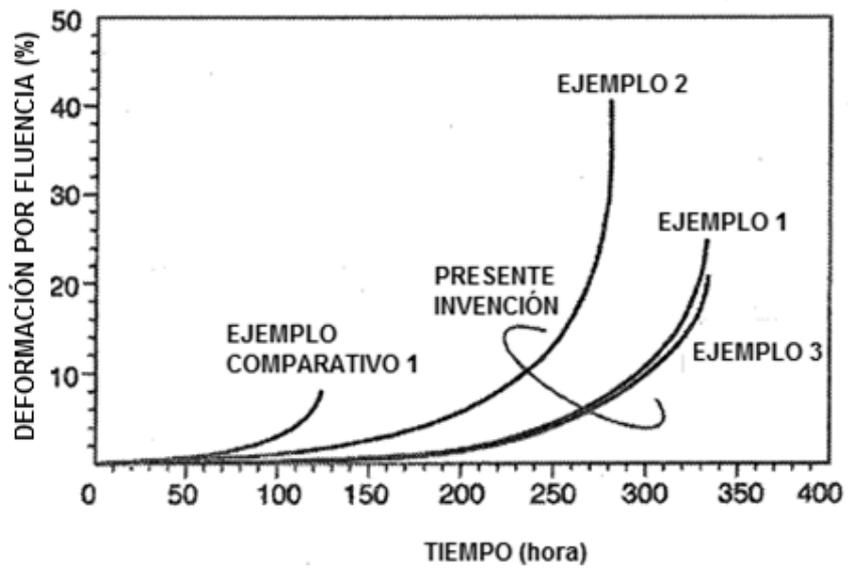


FIG. 3

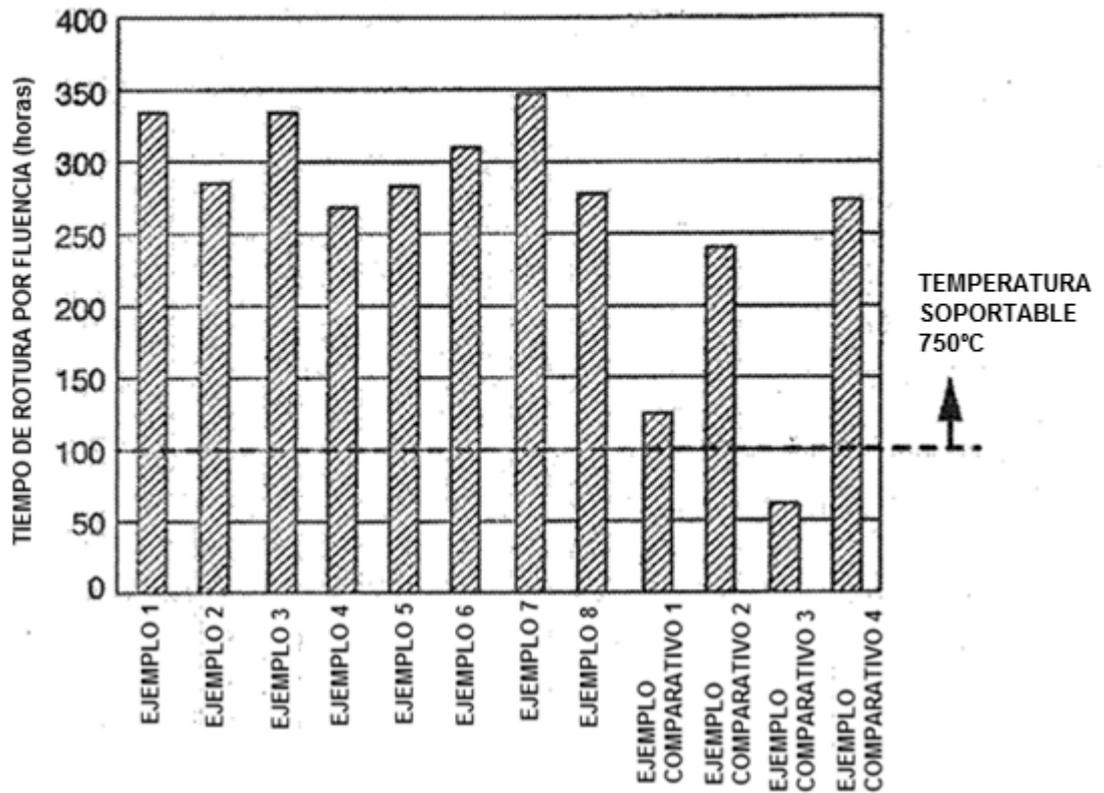


FIG. 4A

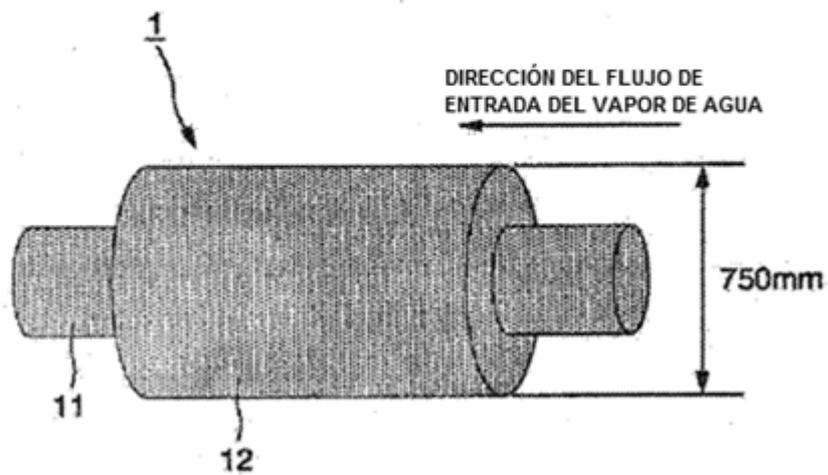


FIG. 4B

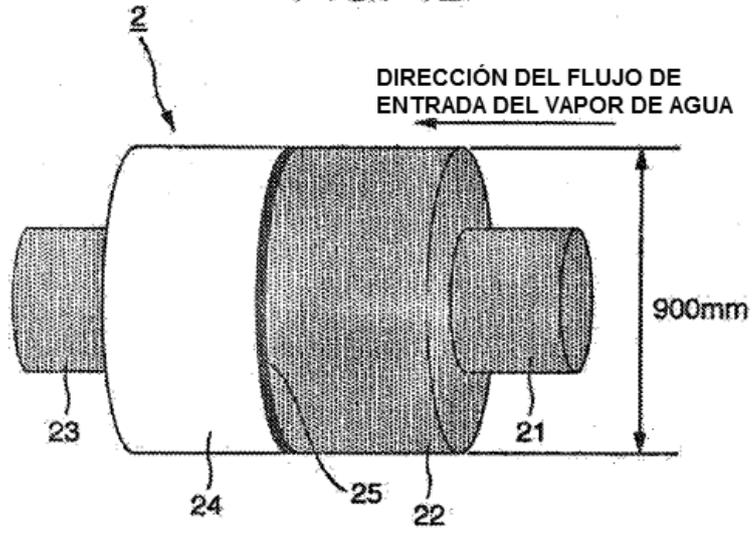


FIG. 5

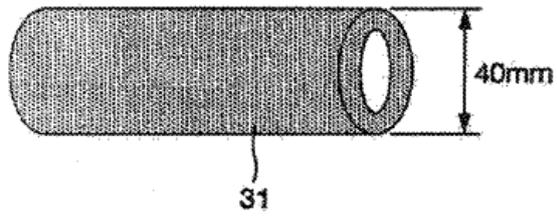


FIG. 6

