

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 788 077**

51 Int. Cl.:

C22C 38/00 (2006.01)
C22C 38/58 (2006.01)
F02B 37/24 (2006.01)
F02B 39/00 (2006.01)
C22C 38/40 (2006.01)
C22C 38/02 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **18.04.2008 PCT/JP2008/058002**

87 Fecha y número de publicación internacional: **06.11.2008 WO08133320**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **18.04.2008 E 08752081 (3)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **15.04.2020 EP 2138598**

54 Título: **Pieza de guía de los gases de escape de un turbocompresor con tobera de álabes**

30 Prioridad:

19.04.2007 JP 2007110139

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

20.10.2020

73 Titular/es:

**NIPPON STEEL STAINLESS STEEL CORPORATION (100.0%)
8-2 Marunouchi, 1-chome, Chiyoda-ku
Tokyo 100-0005, JP**

72 Inventor/es:

**NAKAMURA, SADAYUKI;
OKU, MANABU y
HORI, YOSHIKI**

74 Agente/Representante:

GONZÁLEZ PECES, Gustavo Adolfo

ES 2 788 077 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

Pieza de guía de los gases de escape de un turbocompresor con tobera de álabes

5 Campo técnico

La presente invención se refiere a un elemento de guía de los gases de escape para formar la tobera de álabes de un turbocompresor equipado con una tobera de álabes, que es para cambiar la velocidad de los gases de escape que circulan a través de una turbina en función del régimen de rotación del motor, y el elemento forma una guía de los gases de escape para guiar los gases de escape a la turbina.

Técnica anterior

Como turbocompresor, son bien conocidos el del tipo de válvula de escape y el del tipo de tobera de álabes. El turbocompresor del tipo de válvula de escape es principalmente para mejorar la potencia del motor, pero el turbocompresor del tipo de tobera de álabes contribuye no sólo a la mejora de la potencia sino también a la clarificación de los gases de escape, y recientemente, en particular, se ha montado también en motores diesel. El elemento que forma esta última tobera de álabes y que forma una guía de los gases de escape para guiar los gases de escape a una turbina se fabrica principalmente mediante el uso de una placa de acero inoxidable, por ejemplo, una placa de acero resistente al calor de SUS310S o similar. Como caso especial, el documento JP 2002 332 862 A describe una invención de la fabricación de un conjunto de guía de los gases de escape de este tipo con un material de alto contenido de cromo y níquel mediante fundición y mecanizado de precisión.

La Fig. 1 muestra una vista en despiece de una forma de realización de elementos que forman una guía de los gases de escape de un turbocompresor de toberas de álabes. Se trata de un anillo de accionamiento 1, una palanca de accionamiento 2, un anillo intermedio de la tobera 3, una tobera de álabes 4 y un anillo exterior de la tobera 5; y la tobera de álabes 4 comprende varios álabes 6 para formarla y ejes de las aletas 7 para soportar las aletas respectivas 6. Estos elementos 1 a 5 están ensamblados de manera concéntrica y colocados en el lado aguas arriba de la turbina de un turbocompresor; y el conjunto forma una guía de los gases de escape que guía un gas de escape a la turbina de un turbocompresor a través de la abertura central 8 de la tobera de álabes 4. Los ejes 7 de los respectivos álabes 6 de la tobera 4 giran todos en la misma dirección; y en función del grado de rotación, el área abierta (abertura) de la abertura central 8 rodeada por los álabes 6 aumenta y disminuye. Cuando el régimen de rotación del motor es bajo, entonces el desplazamiento es bajo y la presión de los gases de escape es baja, y en ese estado, el área abierta de la abertura central 8 es estrecha, pero cuando se aumenta el régimen de rotación del motor y de ese modo aumenta el desplazamiento, entonces el elemento es impulsado para ampliar el área abierta. Por consiguiente, en el caso que tiene una tobera de este tipo, el accionamiento es de tal manera que la velocidad de los gas de escape que deben llevarse hasta una turbina varía en función del régimen de rotación del motor, o sea, la velocidad de los gases de escape aumenta cuando el régimen de rotación del motor es bajo pero disminuye cuando es alta, en comparación con un caso que no tiene la tobera de álabes.

Las características materiales necesarias de estos elementos difieren individualmente de la siguiente manera:

[Anillo de accionamiento 1 y palanca de accionamiento 2]

Estos elementos sirven para controlar con precisión la apertura de la tobera de álabes, funcionando con un actuador; y en general, se fabrican mediante el corte fino con una prensa y se requiere que satisfagan la capacidad de corte fino (capacidad de trabajo de corte fino de precisión) de tal manera que todas las caras cortadas podrían ser caras de corte fino. Además, en su entorno de servicio, la temperatura puede aumentar hasta unos 500 °C, por lo que su resistencia a las altas temperaturas en un intervalo de temperaturas medias es importante.

[Anillo intermedio de la tobera 3 y anillo exterior de la tobera 5]

Estos dos tienen agujeros de situación para girar suavemente los ejes de los álabes 7. El anillo exterior de la tobera 5 tiene una parte de anillo forjada (rebaba) dando una forma que se corresponde con la forma de una turbina, en la abertura central. Por consiguiente, se requiere que tengan unas buenas características de mecanizado y de recibir una forma mediante prensado. Se trata de elementos que sirven también para guiar los gases de escape y, por lo tanto, que son necesarios para mantener una buena resistencia a altas temperaturas y resistencia a la oxidación, incluso si están expuestos a altas temperaturas de unos 800 °C.

[Tobera de álabes 4]

La tobera de álabes 4 es para controlar el área abierta de una ruta de gases de escape. Por lo tanto, está todo el tiempo expuesta a los gases de escape que circulan a través de ella, y está expuesta a la temperatura más alta (800 a 900 °C) de entre todos los elementos. Por consiguiente, es necesario que tenga una resistencia a las altas temperaturas suficiente para resistir la presión pulsante de los gases de escape y que tenga una resistencia a la oxidación a altas temperaturas para un accionamiento suave, incluso a altas temperaturas. Debido a estas

características necesarias, para ello se usan generalmente placas de acero resistentes al calor de SUS310S o similares, pero las placas de acero de SUS310S tienen una baja facilidad de trabajo.

5 Como en el caso anterior, las características materiales necesarias de los elementos de guía de los gases de escape de los turbocompresores del tipo de toberas de álabes difieren individualmente para cada uno de los elementos respectivos y, por lo tanto, en general, se usan diferentes materiales de acero para cada uno de los elementos y se emplean procesos diferentes de manera individual para cada uno de ellos. Sin embargo, cuando los elementos formados de diferentes materiales se ensamblan en un conjunto de guía de los gases de escape que tiene una tobera de álabes, entonces la diferencia en el coeficiente de expansión térmica entre los elementos y la diferencia en el grado de la escala de oxidación formada entre ellos puede interferir con el control de apertura suave del área abierta en la ruta de los gases de escape, que es la función intrínseca del turbocompresor de tobera de álabes. Este problema podría resolverse si todos los elementos de la guía de los gases de escape estuvieran formados por el mismo material (acero del mismo tipo); sin embargo, no se conoce un material capaz de satisfacer simultáneamente de manera suficiente las características antes mencionadas, que son individualmente diferentes. Por consiguiente, en la actualidad, los respectivos elementos están formados por diferentes materiales que satisfacen individualmente las respectivas características necesarias.

El documento JP 2002 332 862 A describe una invención para la fabricación de un conjunto de guía de los gases de escape de un turbocompresor según un método de fundición a la cera perdida, usando un acero especial de alto contenido de cromo y alto contenido de níquel, resistente al calor que contiene Pb, Se y Te. En la invención, el mecanizado principal comprende el corte fino y el pulido, por lo que pueden omitirse la conformación del acero y el problema de la conformabilidad necesaria para el acero. Sin embargo, el acero contiene elementos aditivos especiales y para ello se emplea la fundición de precisión, y por lo tanto esto requiere un proceso de fabricación especial, inevitablemente con baja productibilidad y con un aumento de costes, en comparación con un caso de fabricación de guías de gases de escape en una línea de producción ordinaria. En caso de que se utilice una placa de acero de SUS310S para un elemento que se requiere que tenga resistencia a la oxidación a altas temperaturas a un tratamiento adicional de nivel más alto de la superficie del acero cromado (tratamiento para difundir y penetrar el cromo en la superficie del acero) o similar puede ser eficaz, pero esto es problemático puesto que el proceso de producción es inevitablemente complicado y sus costes deben aumentar. El tratamiento de cromado se describe en el documento JP 6 10 114 A. El documento JP 2002 332 857 A revela un conjunto de guía de los gases de escape para un turbocompresor VGS (Sistema de Geometría Variable) aplicado con modificación de la superficie que ha mejorado la resistencia al desgaste a alta temperatura, la resistencia a la oxidación y la dureza en caliente a temperaturas elevadas. Un elemento constitutivo del conjunto de guía de los gases de escape incluye un álabe variable, un bastidor de turbina o un mecanismo variable. Se componen de un elemento resistente al calor que contiene níquel, cuyo contenido no es inferior al 25 % de níquel y tiene un recubrimiento de carburo de cromo en la superficie del elemento. El documento US 4 530 720 A divulga un acero austenítico resistente a la oxidación a alta temperatura que tiene una mayor resistencia a la oxidación a alta temperatura, comprendiendo no más del 0,10 % de C, el 0,1-5,0 % de Si, no más del 3 % de Mn, el 7-45 % de Ni, 15-30 % de Cr y el contenido de azufre está limitado a no más del 0,003 %. El contenido de azufre se limita a no más del 0,003 % para lograr una mayor resistencia a la oxidación en condiciones severas, que incluyen el calentamiento repetido a altas temperaturas y el enfriamiento a temperatura ambiente. Además, el documento JP S53 149 114 A revela un acero inoxidable resistente a la corrosión por un gas de escape del motor que consiste, en % en peso, en no más del 0,05 % de C, no más del 1,5 % de Mn, el 8-12 % de Ni, el 17-20 % de Cr, el 1,5-3,5 % de Si y el 19-22 % de la suma de Cr y Si, completándose con Fe e impurezas inevitables.

45 **Problemas que debe resolver la invención**

El objetivo de la presente invención es resolver los problemas anteriormente mencionados y hacer posible la producción de un elemento de guía de los gases de escape de un turbocompresor que tenga una buena resistencia a la oxidación a alta temperatura y una resistencia a altas temperaturas de una placa de acero inoxidable del mismo tipo con buena productibilidad, proporcionando por consiguiente un elemento de guía de los gases de escape barato y excelente duración.

Medios para resolver los problemas

55 Conforme a la presente invención, se proporciona un elemento de guía de los gases de escape de un turbocompresor del tipo de tobera de álabes, equipado con una tobera de álabes para cambiar la velocidad de los gases de escape que circulan por una turbina en función del régimen de rotación del motor, tal como se establece en la reivindicación 1. En las reivindicaciones dependientes se incluyen otras formas de realización. Para formar la tobera de álabes y para formar una guía de los gases de escape para conducir los gases de escape a la turbina, el elemento, incluida la superficie del mismo, está formado por un acero inoxidable austenítico que contiene, en términos de % en masa, como máximo el 0,08 % de C, del 2,0 al 4,0 % de Si, como máximo el 2,0 % de Mn, del 8,0 al 16,0 % de Ni, del 18,0 al 20,0 % de Cr y como máximo el 0,04 % de N y conteniendo estos ingredientes de tal manera que satisfagan un valor DE de la siguiente fórmula (en la fórmula, el código del elemento indica el contenido (el % en masa) del ingrediente en el acero) para que sea de 5,0 a 12,0:

65 Valor DE = Cr + 1,5Si + 0,5Nb + Mo – Ni – 0,3Cu – 0,5Mn – 30(C+N)

completándose con Fe e inevitables impurezas.

El acero inoxidable austenítico puede contener uno o dos de Nb y Ti en una cantidad total del 0,05 al 1,0 % en masa, uno o dos de Mo y Cu en una cantidad total del 0,50 al 5,0 % en masa y uno o dos de REM (elemento de tierras raras que incluye Y) y Ca en una cantidad total del 0,01 al 0,20 % en masa. El elemento de guía de los gases de escape según la invención puede ser al menos uno del anillo de accionamiento, la palanca de accionamiento, el anillo de la tobera y el álabe y su eje de la tobera de álabes ilustrada en la Fig. 1.

El elemento de la guía de los gases de escape de un turbocompresor del tipo de tobera de álabes de la invención se puede sin necesidad de ningún método de fabricación y tratamiento especiales, y su resistencia a la oxidación a altas temperaturas es buena, y su resistencia a altas temperaturas y su capacidad de deslizamiento a altas temperaturas (resistencia a la abrasión a alta temperatura) también son buenas.

Breve descripción del dibujo

La Fig. 1 es una vista en despiece que muestra una guía de los gases de escape de un turbocompresor, tal y como se ha desglosado en los elementos que lo forman.

Formas de realización preferidas de la invención

El elemento de guía de los gases de escape de un turbocompresor del tipo de tobera de álabes debe tener las características mencionadas anteriormente; y en resumen, se requiere que la parte que va a estar en contacto con los gases de escape detenga propiedades de resistencia al calor, tales como la resistencia a altas temperaturas, y los elementos correspondientes deben tener las siguientes características individuales de acuerdo sus funciones.

El anillo de la tobera debe tener características de endurecimiento por mecanizado adecuadas para mantener la necesaria capacidad de expansión de los agujeros. Los álabes de la tobera de álabes deben tener una excelente ductilidad ya que están forjadas en frío para tener una forma parecida a un ala. El anillo de accionamiento y la palanca de accionamiento deben tener una buena capacidad de deslizamiento a altas temperaturas.

En el caso de que se aplique acero inoxidable a requisitos tan variados, un acero inoxidable austenítico metaestable, tal como normalmente SUS304, puede formar martensita inducida por el mecanizado en la cara tratada, cuando se trabaja por medio de un corte fino; y cuando después se trata mecánicamente por medio de la expansión de agujeros o similar, entonces a menudo puede comenzar a agrietarse a partir del borde cortado del mismo. Por consiguiente, su capacidad de mecanización (capacidad de rebabado) después del corte fino es escasa. Por otra parte, una austenita estable como normalmente SUS310S no forma martensita inducida por el trabajo mecánico durante la transformación, y por lo tanto, en comparación con el acero austenítico meta-estable mencionado anteriormente, su capacidad de rebabado es excelente pero su alargamiento uniforme es escaso. Por consiguiente, no podría tener una excelente capacidad de expansión de los agujeros. La misma tendencia se observa también en el aspecto de la capacidad de forjado en frío, necesaria para la tobera de álabes; y el tipo de acero mencionado anteriormente que produce martensita inducida por el trabajo mecánico y el tipo de acero con un escaso alargamiento uniforme son inadecuados para la fabricación de la tobera de álabes ya que tienen una fluidez plástica deficiente.

Los presentes inventores han hecho varias pruebas e investigaciones para solucionar estos problemas. Como resultado, en primer lugar, se ha encontrado que cuando se añade Si a un acero inoxidable austenítico estable en una cantidad del 2,0 al 4,0 % en masa, entonces la blandura del material puede mantenerse como tal y el material puede tener características de endurecimiento por mecanizado adecuadas, y además, su alargamiento puede aumentar así como también su eficiencia de expansión de los agujeros, y por lo tanto es adecuado para la fabricación de elementos de guía de los gases de escape. La razón principal es que la adición de una cantidad adecuada de Si puede reducir la energía de fallo de apilamiento y, por lo tanto, el índice de endurecimiento del acero inoxidable austenítico estable también puede aumentar. Además, se ha descubierto que la adición de Si puede mejorar la capacidad de deslizamiento a altas temperaturas de los anillos y de las palancas de accionamiento. Esto se debe a que el acero con adición de Si produce poca escoria de oxidación a altas temperaturas, y aunque se produce, la escoria tiene una excelente resistencia al descascarillado causando poco descascarillado y abrasión por deslizamiento, y el acero puede mantener una excelente capacidad de deslizamiento a altas temperaturas.

0019] Además, se ha descubierto que la adición de Nb, Ti, Mo, Cu, REM y Ca al acero inoxidable de este tipo podría mejorar la resistencia a la alta temperatura y la resistencia a la oxidación a alta temperatura del acero, pero deben añadirse al mismo de manera adecuada en relación a la adición de Si. Específicamente, la adición de Si a una austenita estable podría promover la formación de una fase de δ -ferrita en un intervalo de alta temperatura; sin embargo, la formación adecuada de una fase de δ -ferrita podría mejorar la capacidad de trabajo mecánico en caliente, pero el exceso de formación de la misma más bien disminuye la capacidad de trabajo en caliente, por lo tanto, puede causar a menudo la rotura de bordes o similares, y la producibilidad es por lo tanto muy reducida. Se ha descubierto que este problema basado en la adición de Si puede resolverse incorporando estos elementos al acero de tal manera que el valor DE de la siguiente fórmula puede caer dentro de un intervalo de 5,0 a 12,0, y de este modo el acero puede

mantener una buena capacidad de trabajo en caliente. En la fórmula, el código del elemento indica el contenido (el % en masa) del ingrediente en el acero.

$$\text{Valor DE} = \text{Cr} + 1,5\text{Si} + 0,5\text{Nb} + \text{Mo} - \text{Ni} - 0,3\text{Cu} - 0,5\text{Mn} - 30(\text{C} + \text{N})$$

La presente invención se ha hecho sobre la base de estos hallazgos y ha permitido fabricar un elemento de guía de los gases de escape de un turbocompresor que tiene una buena resistencia a la oxidación a alta temperatura y resistencia a altas temperaturas de un acero del mismo tipo con buena producibilidad para satisfacer al mismo tiempo las características materiales necesarias para los elementos individuales. La presente invención se caracteriza porque aclara la composición de ingredientes constitutivos del acero que tiene la propiedad aplicable a todos los elementos de guía de los gases de escape. El resumen de las razones para la definición del contenido de cada ingrediente constitutivo del acero se describe a continuación.

El C es un elemento formador de austenita y aumenta la resistencia del acero a las altas temperaturas. Sin embargo, en el entorno de servicio de los elementos de la guía de los gases de escape de un turbocompresor del tipo de toberas de álabes, cuando el C es superior al 0,08 % en masa, a menudo se puede formar un carburo en un intervalo de alta temperatura en el entorno, y cuando se forma un carburo, la resistencia a alta temperatura del acero puede disminuir. En consecuencia, la cantidad de C es como máximo del 0,08 % en masa, preferentemente como máximo el 0,06 % en masa.

El Si es un ingrediente del acero que desempeña un papel importante en la invención, como se mencionó anteriormente; y la adición de Si al acero mejora la capacidad de expansión de los agujeros y la resistencia a la oxidación a alta temperatura del acero. Para esto es necesario añadir al menos un 2,0 % en masa; sin embargo, una adición excesiva puede restar estabilidad a la fase de austenita y puede empeorar la capacidad de trabajo mecánico del acero. Por consiguiente, la cantidad de Si es del 2,0 al 4,0 % en masa.

Cuando se añade Mn al acero en una cantidad superior al 2,0 % en masa, entonces la cantidad de escamas de oxidación que se forman en un intervalo de altas temperaturas en el entorno de servicio de los elementos de la guía de los gases de escape puede aumentar y por lo tanto puede empeorar el funcionamiento de los elementos. En consecuencia, el contenido de Mn es como máximo del 2,0 % en masa.

El Ni es un elemento que estabiliza una fase de austenita; y por lo tanto, se incorpora en una cantidad de al menos el 8,0 % en masa. Sin embargo, es caro y cuando se añade en exceso puede disminuir en cierto grado la cantidad de δ -ferrita que es necesaria; y por lo tanto, la cantidad de Ni es del 8,0 al 16,0 % en masa.

El Cr estabiliza la resistencia a la oxidación a altas temperaturas y debe incorporarse en una cantidad de al menos el 18,0 % en masa. Sin embargo, si se añade en exceso puede restarle producibilidad y aumentar excesivamente la cantidad de δ -ferrita. En consecuencia, la cantidad de Cr es del 18,0 al 20,0 % en masa.

Tanto el Ti como el Nb fijan el C y el N en el acero como carbonitruros y los carbonitruros se dispersan finamente y se precipitan en el acero para aumentar así la resistencia del acero a altas temperaturas; sin embargo, cuando se añaden el Ti y el Nb en exceso, pueden perjudicar la capacidad de trabajar en caliente y las características de calidad de la superficie del acero. Por consiguiente, uno o dos de estos elementos se incorporan preferentemente en una cantidad del 0,05 al 1,0 % en masa en total.

El Mo y el Cu mejoran la resistencia a altas temperaturas y la resistencia a la oxidación del acero en condiciones húmedas de alta temperatura; sin embargo, la adición excesiva de estos elementos puede perjudicar la capacidad de trabajo en caliente del acero. Por consiguiente, uno o dos de Mo y Cu se incorporan preferentemente en una cantidad del 0,50 al 5,0 % en masa en total.

El REM (elemento de tierras raras, incluido el Y) y el Ca tienen el efecto de inhibir la oxidación intergranular a altas temperaturas y mejorar así la resistencia al desprendimiento de la cascarilla de oxidación; sin embargo, una adición excesiva de este elemento puede perjudicar la capacidad de trabajo en caliente del acero. Por consiguiente, uno o dos de REM y Ca se incorporan preferentemente en una cantidad total del 0,01 al 0,20 % en masa.

Incorporados en la cantidad indicada anteriormente, los ingredientes del acero en la invención están controlados de tal manera que satisfacen el valor DE de la fórmula anteriormente mencionada para ser de 5.0 a 12.0. Haciendo que el valor DE controlado de esta manera esté dentro del intervalo anterior, el acero puede mantener una buena capacidad de trabajo en caliente aunque se le añada Si. En general, cuando un acero austenítico estable forma una fase única de austenita a una temperatura de calentamiento en la laminación en caliente, entonces puede disminuir su capacidad de transformación a alta temperatura y puede producirse la rotura de los bordes durante la laminación en caliente y de este modo se reduce la productibilidad. Para evitar esto, el control de los ingredientes es eficaz para formar una pequeña cantidad de una fase de δ -ferrita a una temperatura de laminación en caliente. En este caso, sin embargo, una formación demasiado pequeña de la fase de δ -ferrita y, por el contrario, una formación excesiva de la misma puede empeorar la capacidad de trabajo en caliente del acero. Los presentes inventores han encontrado que, cuando el valor DE es de 5.0 a 12.0, entonces el acero en la invención que tiene la tendencia a facilitar la formación de la fase

5 δ -ferrita por adición de Si a la misma puede mantener una buena capacidad de trabajo en caliente, como se muestra en los ejemplos que se dan a continuación. De manera específica, un rasgo característico de la invención es que la adición adecuada de Si y la selección adecuada del intervalo del valor de DE pueden permitir fabricar un acero que tenga las características estrictas necesarias todo a la vez para la buena producibilidad de los elementos de guía de los gases de escape.

Ejemplos

10 La tabla 1 muestra los datos de los ingredientes químicos y el valor DE de las muestras de acero preparadas aquí. Se fabricaron por fundición al vacío de 30 kg de acero y todos los lingotes de acero producidos se forjaron en barras columnares de ϕ 15 mm y placas de 30 mm de espesor. Las barras columnares obtenidas se procesaron para su tratamiento en solución a 1100 °C. Las placas forjadas obtenidas se laminaron en caliente dando placas de 4 mm de espesor; y a partir de esas placas laminadas en caliente se formaron dos tipos de placas de acero de prueba. Una de las placas laminadas en caliente se recoció y después se laminó en frío hasta un espesor de 1,5 mm, y finalmente se recoció para dar una placa recocida laminada en frío. El estado de laminado en caliente y el estado de recocido eran las siguientes: La temperatura de laminación en caliente era de 1200 °C; el recocido de la placa laminada en caliente fue a 1100 °C \times remojo durante 60 segundos; y el recocido final fue a 1100 °C \times remojo durante 30 segundos. La otra placa laminada en caliente fue recocida en las mismas condiciones que anteriormente, y después su superficie se cortó hasta un espesor de 3 mm, preparando así una placa de corte fino laminada en caliente con un espesor de 3 mm.

A partir de estas "barras columnares", "placas recocidas laminadas en frío" y "placas cortadas laminadas en caliente", se formaron piezas de prueba predeterminadas y se probaron en las siguientes pruebas.

25 (1) Las barras columnares se probaron en un ensayo de tracción a alta temperatura. Brevemente, la barra columnar fue mecanizada dando una pieza de prueba que tenía un diámetro en la parte paralela de 10 mm, y esto se probó en un ensayo de tracción a alta velocidad a 1000 °C y a una velocidad de deformación de 10/s, y en un ensayo de tracción a alta temperatura a 800 °C según JISG056. En el anterior ensayo de tracción a alta velocidad, la capacidad de trabajo en caliente de la muestra se evaluó mediante [(área de la sección transversal de la muestra antes del ensayo - área de la sección transversal de la muestra después del ensayo) / (área de la sección transversal de la muestra antes del ensayo)] (esta es la relación de reducción del área de la sección transversal bajo tensión en caliente). La muestra que tiene una menor relación de reducción del área de la sección transversal bajo tensión en caliente tiene una mejor capacidad de trabajo en caliente. En el último ensayo de tracción a alta temperatura, la resistencia a la tracción a la temperatura de ensayo indica la resistencia a alta temperatura de la muestra ensayada.

30 (2) La placa recocida laminada en frío se probó en una prueba de expansión de agujeros hacia un agujero cortado y en una prueba de resistencia a la oxidación a alta temperatura. Brevemente, se preparó una pieza de prueba de 90 mm cuadrados a partir de la placa recocida laminada en frío, y la pieza de prueba se cortó para formar un agujero de 10 mm de diámetro en el centro de la misma. Esto se ensayó en una prueba de expansión del agujero en la que un punzón cónico con un ángulo de apertura de 300° fue insertado en el agujero cortado bajo una presión de prensado de 44 kN. En el momento en que el borde de la punta de la parte expandida del agujero se agrietó a temperatura ambiente, se detuvo la inserción del punzón y se midió el diámetro del agujero. La relación [(diámetro del agujero Dx después de la prueba - diámetro del agujero D0 antes de la prueba) / (diámetro del agujero D0 antes de la prueba)] indica la capacidad de expansión del agujero (capacidad de trabajo de la rebaba) después del corte fino de la muestra probada. La muestra que tiene una mayor relación de expansión de los agujeros tiene una capacidad de expansión de los agujeros más excelente después del corte fino.

35 Toda la superficie de la placa recocida laminada en frío fue pulida con un abrasivo #400. Se la procesó repetidamente conforme a un ciclo de "calentamiento a 900 °C durante 25 minutos en una atmósfera de aire controlada para tener un punto de rocío de +60 °C con adición de vapor de agua" seguido de "enfriamiento en la atmósfera a temperatura ambiente durante 10 minutos", durante un total de 1000 ciclos. El valor calculado dividiendo el cambio de masa antes y después del ensayo por el área de la superficie indica la resistencia a la oxidación a alta temperatura de la muestra ensayada. La muestra que tiene un valor absoluto menor de los datos encontrados tiene una resistencia a la oxidación a alta temperatura más excelente. En otras palabras, el mayor valor negativo significa el aumento de la cantidad de oxidación y el mayor valor positivo significa la aparición de un fenómeno de descamación por oxidación.

40 (3) La placa de corte fino laminada en caliente se probó en una prueba de deslizamiento a alta temperatura. Brevemente, se cortó una placa base de 10 mm \times 20 mm de la placa de corte fino laminada en caliente con un grosor de 3 mm, y se pulió su superficie con un abrasivo #1000. Una placa de deslizamiento de 10 mm (lado corto) \times 11 mm (lado largo) se recortó de la misma placa de corte fino laminada en caliente con un grosor de 3 mm, y se afiló su lado corto. El ahusamiento fue el siguiente: El lado de la placa se cortó de tal manera que el centro del espesor de la placa pudiera sobresalir hacia fuera para dar un borde saliente (la sección transversal podría tener una cara curvada convexa con R = 1,5 mm), y su superficie se pulió con un abrasivo #1000. El lado cónico de la placa de deslizamiento se mantuvo en contacto con la placa base. En concreto, en el centro de la placa base colocada horizontalmente, se colocó vertical la placa de deslizamiento de tal manera que su lado cónico pudiera deslizarse sobre la placa base. La prueba fue de la siguiente

5

10

manera: Se remojaron ambas placas a 800 °C durante 1 hora, y después, a esa temperatura y con una carga de 2 N aplicada en dirección vertical a la placa de deslizamiento puesta sobre la placa base, se deslizó la placa de deslizamiento durante un total de 1000 pasos de ida y vuelta a una velocidad de 6 segundos/paso para una distancia de 10 mm como un paso. Después de la prueba, se comprobó la placa de deslizamiento de la siguiente manera: Con un medidor de rugosidad de la superficie asistido por una sonda se midió la rugosidad de la superficie de la parte de deslizamiento de la placa que se mantenía en contacto lineal con la placa base, y la rugosidad (Ra) indica la cantidad de abrasión a alta temperatura. La muestra que tiene un mayor valor Ra tiene una menor capacidad de deslizamiento a alta temperatura; y por ejemplo, la muestra que tiene Ra de más de 1,0 µm no podría satisfacer la capacidad de deslizamiento a alta temperatura necesaria para los elementos de la guía de los gases de escape.

Los resultados de la prueba se muestran en la Tabla 2.

Tabla 1 - Ingredientes químicos de las muestras de acero (masa %)

Nº	C	Si	Mn	Ni	Cr	N	Nb	Ti	Mo	Cu	REM	Ca	Valor DE
A1	0,031	3,52	0,75	13,54	18,92	0,020	-	-	-	-	-	-	8,8
A2	0,040	3,30	0,81	13,05	18,75	0,021	0,11	-	-	-	-	-	8,5
A3	0,025	2,95	0,71	12,87	18,15	0,025	-	0,31	-	-	-	-	7,9
A4	0,052	2,85	0,85	9,30	18,09	0,024	0,13	-	0,85	-	-	-	11,3
A5	0,045	3,85	1,55	15,64	18,04	0,018	0,08	0,15	-	-	-	-	5,6
A6	0,025	2,25	0,79	10,52	19,54	0,024	0,35	-	-	1,62	-	-	10,2
A7	0,032	2,62	0,82	10,62	19,06	0,021	0,21	-	-	-	0,013	-	10,5
A8	0,028	2,97	0,99	11,03	19,18	0,031	0,18	-	-	-	-	0,005	10,4
A9	0,037	2,03	0,76	10,38	18,92	0,022	0,16	-	1,03	0,82	-	-	10,0
A10	0,041	2,89	0,88	10,88	19,08	0,024	0,22	-	-	-	0,011	0,004	10,3
B1	0,062	0,49	0,78	8,05	18,07	0,026	-	-	-	-	-	-	7,7
B2	0,068	0,81	1,59	20,50	25,45	0,027	-	-	-	-	-	-	2,5
B3	0,036	3,32	0,78	9,22	18,90	0,024	-	-	-	-	-	-	12,5
B4	0,045	1,75	0,76	13,18	18,52	0,022	0,14	-	-	-	-	-	5,6
B5	0,036	2,75	0,89	16,52	18,12	0,021	0,12	-	-	-	-	-	3,7

15

Tabla 2 - Datos de las características de las muestras de acero

Nº	Relación de reducción del área de la sección transversal bajo tensión caliente (1000 °C)	Relación de expansión del agujero a temperatura ambiente (Dx-Do)/Do	Resistencia a la tensión de alta temperatura (800 °C)	Cambio de peso en la prueba de oxidación repetida (900 °C)	Cantidad de abrasión de alta temperatura (800 °C)	Muestra de la invención
A1	73 %	2,42	162 N/mm2	-0,9 mg/cm2	0,81 µm	
A2	71 %	2,37	170 N/mm2	0,7 mg/cm2	0,70 µm	
A3	72 %	2,45	165 N/mm2	-1,5 mg/cm2	0,78 µm	
A4	73 %	2,49	189 N/mm2	1,0 mg/cm2	0,68 µm	
A5	63 %	2,35	192 N/mm2	0,4 mg/cm2	0,74 µm	
A6	68 %	2,46	178 N/mm2	1,2 mg/cm2	0,82 µm	
A7	66 %	2,45	179 N/mm2	0,8 mg/cm2	0,64 µm	
A8	68 %	2,61	181 N/mm2	1,1 mg/cm2	0,77 µm	
A9	64 %	2,47	206 N/mm2	0,3 mg/cm2	0,69 µm	
A10	67 %	2,49	177 N/mm2	0,9 mg/cm2	0,58 µm	

Nº	Relación de reducción del área de la sección transversal bajo tensión caliente (1000 °C)	Relación de expansión del agujero a temperatura ambiente (Dx-Do)/Do	Resistencia a la tensión de alta temperatura (800 °C)	Cambio de peso en la prueba de oxidación repetida (900 °C)	Cantidad de abrasión de alta temperatura (800 °C)	
B1	69 %	0,52	124 N/mm ²	-62,5 mg/cm ²	1,71 µm	Muestra comparativa
B2	57 %	1,74	113 N/mm ²	-2,7 mg/cm ²	1,22 µm	
B3	52 %	1,89	182 N/mm ²	4,5 mg/cm ²	0,89 µm	
B4	64 %	1,92	135 N/mm ²	-5,4 mg/cm ²	1,58 µm	
B5	51 %	2,17	185 N/mm ²	0,8 mg/cm ²	0,87 µm	

De los resultados de la tabla 2 se sabe que la relación entre la reducción del área de la sección transversal bajo tensión caliente y la relación de expansión del agujero a temperatura ambiente de B2 y B5 que tienen un valor DE de menos de 5 y B3 que tiene un valor DE de más de 12 son ambas más bajas que los datos de las que tienen un valor DE de 5 a 12. En consecuencia, incluso si se intenta con las anteriores placas fabricar elementos de guía de los gases de escape, no son adecuadas ya que su productibilidad y su capacidad de conformación son escasas. La resistencia a la tracción a alta temperatura de B1, B2 y B4 que tienen un contenido de Si inferior al 2,0 % en masa es menor que la de las otras que tienen un contenido de Si del 2,0 al 4,0 % en masa; y la resistencia a la oxidación a alta temperatura de la primera es menor (el cambio de peso en el ensayo de oxidación repetido es mayor). Por consiguiente, aunque se intente fabricar con estas placas de acero elementos de guía de los gases de escape, no podrían tener las características necesarias. A diferencia de éstas, A1 a A10, que tienen un valor DE de 5 a 12, tienen todas una gran relación de reducción del área de la sección transversal bajo tensión caliente y una gran relación de expansión del agujero a temperatura ambiente, aunque tienen un contenido de Si del 2,0 al 4,0 % en masa, y tanto su resistencia a la tracción a alta temperatura como su resistencia a la oxidación a alta temperatura son buenas, y su capacidad de deslizamiento a alta temperatura también es buena (su cantidad de abrasión a alta temperatura es pequeña). En consecuencia, satisfacen todas las características materiales necesarias para todos los elementos que forman una guía de los gases de escape, y su producibilidad y capacidad de conformación también son buenas. Por lo tanto, incluso si todos los elementos constitutivos están formados por el acero del mismo tipo, se puede fabricar un conjunto de guía de los gases de escape capaz de satisfacer todas las características necesarias.

REIVINDICACIONES

5 1. Un elemento de guía de los gases de escape de un turbocompresor del tipo de tobera de álabes, equipado con una tobera de álabes para cambiar la velocidad de los gases de escape que circulan por la turbina en función del régimen de rotación del motor, en donde para formar la tobera de álabes y para formar la guía de los gases de escape con objeto de guiar los gases de escape a la turbina, el elemento está formado por un acero inoxidable de austenita que contiene, en términos del % en masa, como máximo el 0,08 % de C, del 2,0 al 4,0 % de Si, como máximo el 2,0 % de Mn, del 8,0 al 16,0 % de Ni, del 18,0 al 20,0 % de Cr, como máximo el 0,04 % de N y opcionalmente uno o dos de Nb y Ti en una cantidad del 0,05 al 1,0 %, uno o dos de Mo y Cu en una cantidad del 0,50 al 5,0 % y uno o dos de REM (elemento de tierras raras que incluye Y) y Ca en una cantidad del 0,01 al 0,20 %, conteniendo el acero inoxidable austenítico estos ingredientes de tal manera que satisfacen un valor DE de la siguiente fórmula para que sea de 5,0 a 12,0, completándose con Fe e impurezas inevitables:

15 Valor DE = $Cr + 1,5Si + 0,5Nb + Mo - Ni - 0,3Cu - 0,5Mn - 30(C+N)$

2. El elemento de guía de los gases de escape de un turbocompresor del tipo de tobera de álabes según la reivindicación 1, en donde el elemento de guía de los gases de escape comprende un anillo de accionamiento, una palanca de accionamiento, un anillo de tobera y el álabe y su eje de una tobera de álabes.

Fig. 1

