

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 667 993**

51 Int. Cl.:

<b>C22C 38/00</b>	(2006.01)	<b>C22C 38/44</b>	(2006.01)
<b>C22C 38/58</b>	(2006.01)	<b>C22C 38/46</b>	(2006.01)
<b>C22C 38/18</b>	(2006.01)	<b>C22C 38/48</b>	(2006.01)
<b>C21D 6/00</b>	(2006.01)	<b>C22C 38/50</b>	(2006.01)
<b>C21D 8/02</b>	(2006.01)	<b>C22C 38/52</b>	(2006.01)
<b>C21D 9/46</b>	(2006.01)	<b>C22C 38/54</b>	(2006.01)
<b>C22C 38/04</b>	(2006.01)		
<b>C22C 38/06</b>	(2006.01)		
<b>C22C 38/34</b>	(2006.01)		
<b>C22C 38/42</b>	(2006.01)		

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **28.03.2014 PCT/JP2014/059251**
- 87 Fecha y número de publicación internacional: **02.10.2014 WO14157655**
- 96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **28.03.2014 E 14774814 (9)**
- 97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **28.03.2018 EP 2980244**

54 Título: **Lámina de acero inoxidable austenítico resistente al calor**

30 Prioridad:

**28.03.2013 JP 2013069220**

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

**16.05.2018**

73 Titular/es:

**NIPPON STEEL & SUMIKIN STAINLESS STEEL CORPORATION (100.0%)  
6-1, Otemachi 2-chome Chiyoda-ku  
Tokyo 100-0004, JP**

72 Inventor/es:

**INOUE, YOSHIHARU;  
HIRAIDE, NOBUHIKO y  
YAKAWA, ATSUHISA**

74 Agente/Representante:

**ELZABURU, S.L.P**

ES 2 667 993 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

Lámina de acero inoxidable austenítico resistente al calor

### 5 CAMPO TÉCNICO

La presente invención está relacionada con una lámina de acero inoxidable austenítico resistente al calor utilizada en un ambiente de alta temperatura que alcanza una temperatura máxima de 1.100° C.

10 Se reivindica la prioridad sobre la Solicitud de Patente Japonesa No. 2013-069220, presentada el 28 de Marzo de 2013, cuyo contenido se incorpora en esta memoria por referencia.

### TÉCNICA ANTERIOR

15 En los últimos años, regulaciones más estrictas sobre los gases de escape para vehículos han creado una tendencia dirigida a buscar una eficiencia de motor mejorada. A medida que se mejora la eficiencia de combustión de los motores, la temperatura de los gases de escape tiende a aumentar. Además, existe también una tendencia hacia un uso significativamente mayor de sobrealimentadores tipificados por turbocompresores. Como resultado de esto, los componentes de colectores de escape y carcasas de turbocompresor y similares requieren una resistencia al calor superior. Se piensa que futuras tendencias verán que la temperatura del gas de escape alcance los 1.100° C. Convencionalmente, si se alcanza esta región de temperatura, entonces en muchos casos, se utiliza acero fundido en lugar de láminas de acero inoxidable, pero esto produce como resultado diferentes problemas, incluido un mayor peso, una reducción de eficiencia térmica debido a una mayor capacidad calorífica, y una significativa reducción de la temperatura en el convertidor catalítico de purificación de los gases de escape, produciendo como resultado un deterioro en la eficiencia del catalizador. Por consiguiente, se ha buscado intensamente una lámina de acero inoxidable que se pueda utilizar a temperaturas de hasta una temperatura máxima de 1.100° C.

25 Ejemplos representativos de aceros inoxidables austeníticos resistentes al calor conocidos incluyen SUS310S (25Cr-20Ni) y SUSXM15J1 (19Cr-13Ni-3Si), pero es dudoso que estos tipos de acero se puedan utilizar en un ambiente que tenga una temperatura máxima de 1.100° C.

30 Ejemplos de aceros inoxidables austeníticos que tienen una resistencia al calor que supera la del SUS310S y la del SUSXM15J1 incluyen un acero descrito en el Documento de Patente 1 y un acero descrito en el Documento de Patente 2, pero también estos aceros no están concebidos para ser utilizados a temperaturas de hasta 1.100° C. Por consiguiente, en la actualidad no está disponible una lámina de acero inoxidable que se pueda utilizar a temperaturas de hasta una temperatura máxima de 1.100° C.

### 35 BIBLIOGRAFÍA DE LA TÉCNICA ANTERIOR

#### Documentos de Patente

40 Documentos de Patente 1: Solicitud de Patente Examinada Japonesa, Segunda Publicación N° S56-24028  
Documentos de Patente 2: Solicitud de Patente No Examinada Japonesa, Primera Publicación N° 2010-202936  
Documentos de Patente 3: JP 2970432B

### EXPOSICIÓN DE LA INVENCION

45 Problemas que deben ser resueltos por la Invención

Las láminas de acero inoxidable austenítico convencionales no tienen resistencia a alta temperatura o resistencia a la oxidación a 1.100° C satisfactorias y, por lo tanto, la utilización de dichos aceros en ambientes en los que la temperatura máxima alcanza 1.100° C ha sido problemática. Por consiguiente, un objeto de la presente invención es proporcionar una lámina de acero inoxidable austenítico resistente al calor que se pueda utilizar en un ambiente de alta temperatura que alcanza una temperatura máxima de 1.100° C.

#### Medios para resolver los problemas

55 Para desarrollar una lámina de acero inoxidable austenítico resistente al calor que se pueda utilizar en un ambiente de alta temperatura que alcanza una temperatura de 1.100° C, los inventores de la presente invención investigaron en primer lugar las propiedades necesarias para una lámina de acero inoxidable austenítico a 1.100° C. Como resultado de esto, decidieron que en términos de la resistencia a alta temperatura, era necesario impedir la deformación, y que por lo tanto el acero se debería evaluar utilizando el límite elástico al 0,2% como indicador. Además, en términos de la resistencia a la oxidación, las láminas de acero inoxidable austenítico tienen un coeficiente de expansión térmica mayor que las láminas de acero inoxidable ferrítico, y por lo tanto los inventores pensaron que para esos casos en los que se utilizaba el acero inoxidable en una región expuesta a variación extrema de temperatura, tal como un sistema de escape para vehículos, era más apropiado evaluar la resistencia a la oxidación mediante un ensayo de oxidación cíclica en el cual se realizaran de forma repetitiva ciclos entre la temperatura máxima y la temperatura ambiente en lugar de un ensayo de oxidación continua en el cual se mantuviera la temperatura máxima, y por lo tanto decidieron evaluar la resistencia a la oxidación mediante un

ensayo de oxidación cíclica en el cual se realizaran de forma repetitiva ciclos entre 1.100° C y temperatura ambiente. Como resultado de ello, descubrieron que las láminas de acero inoxidable actuales utilizadas de forma convencional en ambientes de 1.000° C en realidad exhibían una resistencia al calor insatisfactoria a 1.100° C.

5 Los inventores de la presente invención iniciaron a continuación investigaciones adicionales, y descubrieron que en relación con la resistencia a alta temperatura de un acero inoxidable austenítico que se podía utilizar en un ambiente de alta temperatura que alcanzaba una temperatura máxima de 1.100° C, la adición de C, N y Mo era efectiva. En acero inoxidable austenítico, el C y el N mejoran la resistencia a alta temperatura incluso cuando se añaden de forma individual, pero se puso de manifiesto que añadiendo C y N en combinación con Mo, la resistencia a alta temperatura a temperaturas de 1.000° C o mayores se podía incrementar especialmente. Se supone que este puede ser un efecto debido a una interacción entre C, N y Mo, por ejemplo la formación de *clusters*. Además, se descubrió que la adición de uno o más elementos seleccionados de entre Nb, V, W y Co además del C, N y Mo también era efectiva. Se supone que la adición de uno o más elementos seleccionados de entre Nb, V, W y Co al acero inoxidable austenítico exhibe una acción similar al efecto de añadir Mo a C y a N. Sin embargo, se estableció que si al acero inoxidable austenítico se le añadía una cantidad excesiva del uno o más elementos seleccionados de entre Nb, V, W y Co, entonces se formaban carbonitruros, y que un incremento del tamaño de grano producía como resultado una reducción en el efecto de mejora de la resistencia a alta temperatura.

Además, los inventores descubrieron que en relación con la resistencia a la oxidación del acero inoxidable austenítico, la adición de una cantidad apropiada de Mo además de Cr, y Si y Mn, y la supresión de la cantidad de Ti añadido eran necesarias. En concreto, descubrieron que la adición de Si y Mo al acero inoxidable austenítico era muy importante, ya que suprimía el crecimiento de escamas y el desconchado, y reducía drásticamente la pérdida de peso por oxidación (reducción de espesor) en el ensayo de oxidación cíclica a 1.100° C. Además, también encontraron que, debido a que la adición de Ti al acero inoxidable austenítico favorecía el crecimiento de escamas y el desconchado, la adición de Ti se debería suprimir preferiblemente lo máximo posible.

La presente invención se completó sobre la base de estos hallazgos, y aspectos de la presente invención para alcanzar el objeto descrito anteriormente, concretamente láminas de acero inoxidable austenítico de la presente invención, son como se describe a continuación.

30 (1) Una lámina de acero inoxidable austenítico resistente al calor que contiene, en % en masa,

C: 0,05 a 0,15%,  
Si: 1,0 a 3,5%,  
35 Mn: 0,5 a 2,0%,  
P: no más del 0,04%,  
S: no más del 0,01%,  
Cr: 23,0 a 26,0%,  
Ni: 10,0 a 15,0%,  
40 Mo: 0,50 a 1,20%,  
Ti: 0,010% a 0,1%,  
Al: 0,01 a 0,1%, y  
N: 0,10 a 0,30%;  
uno o más de

45 Nb: 0,01 a 0,5%,  
V: 0,01 a 0,5%,  
W: 0,01 a 0,5%, y  
50 Co: 0,01 a 0,5%; y

uno o más de

Cu: 0,1 a 2,0%,  
55 B: 0,0001 a 0,0050%, y  
Sn: 0,005 a 0,1%

donde  
una cantidad total de C y N (C+N) es del 0,25 al 0,35%,  
una cantidad total de Mo, Nb, V, W, y Co (Mo+Nb+V+W+Co) es no mayor de 1,5%, un resto está compuesto por Fe e impurezas inevitables, y  
60 una resistencia a alta temperatura a 1.100° C, medida como un límite elástico al 0,2%, es de 20 MPa o mayor.

(2) La lámina de acero inoxidable austenítico resistente al calor descrita en (1),  
65 en la cual la resistencia a alta temperatura a 1.100° C, medida como un límite elástico al 0,2%, es de 30 MPa o mayor,

(3) La lámina de acero inoxidable austenítico resistente al calor descrita en (1) ó en (2), en la cual la pérdida de peso en un ensayo de oxidación cíclica a 1.100° C es no mayor de 50 mg/cm<sup>2</sup>.

Efectos de la Invención

5 La lámina de acero inoxidable austenítico resistente al calor de la presente invención no sólo exhibe excelentes resistencia a alta temperatura y resistencia a la oxidación, sino que también muestra trabajabilidad superior, y por lo tanto se puede proporcionar una lámina de acero inoxidable con excelente resistencia al calor.

MEJOR MODO DE LLEVAR A CABO LA INVENCION

10 A continuación se describen las realizaciones de la presente invención. Lo primero es una descripción de las razones para restringir la composición del acero de la lámina de acero inoxidable de las realizaciones de la presente invención. A menos que se indique específicamente algo diferente, los valores de % utilizados en relación con la composición se refieren a valores de % en masa.

15 (C: 0,05 a 0,15%)

El C es efectivo en mejorar la resistencia a alta temperatura del acero inoxidable austenítico. Este efecto de mejora es particularmente evidente en la región de temperatura por encima de 600° C. Se piensa que esta mejora no es un efecto del C independiente, sino que se debe más bien a interacciones con N y con otros elementos aleantes (tales como Mo, Nb y V). Sin embargo, un exceso de C tiende a facilitar la formación de carburos de Cr, los cuales pueden provocar un deterioro en la conformabilidad, en la resistencia a la corrosión y en la tenacidad de lámina/bobina laminada en caliente. Por consiguiente, la cantidad de adición apropiada para C se fija en del 0,05 al 0,15%. La cantidad de C añadido es más preferiblemente del 0,07% al 0,15%.

25 (N: 0,10 a 0,30%)

De una manera similar al C, el N es efectivo en mejorar la resistencia a alta temperatura del acero inoxidable austenítico. Este efecto de mejora es particularmente evidente en la región de temperatura por encima de 600° C. Se piensa que esta mejora no es un efecto del N independiente, sino que se debe más bien a **interacciones con N** y con otros elementos aleantes (tales como Mo, Nb y V). Sin embargo, un exceso de N tiende a facilitar la formación de nitruros de Cr, los cuales pueden provocar un deterioro en la conformabilidad, en la resistencia a la corrosión y en la tenacidad de lámina/bobina laminada en caliente. Por consiguiente, la cantidad de adición apropiada para N se fija en del 0,1 al 0,30%. La cantidad de N añadido es más preferiblemente del 0,15% al 0,25%.

35 (C+N: 0,25 a 0,25%)

Tanto el C como el N tienen un efecto en mejorar la resistencia a alta temperatura, pero para conseguir un efecto satisfactorio, la cantidad total de C y N añadidos (C+N) debe ser al menos el 0,25%. Sin embargo, una adición excesiva tiende a provocar la formación de carbonitruros de grano grueso, los cuales no sólo reducen el efecto de mejora de la resistencia a alta temperatura, sino que también provocan un deterioro en la trabajabilidad, y por lo tanto el límite superior se fija en el 0,35%. La cantidad total de C y N añadidos es más preferiblemente del 0,30% al 0,35%.

45 (Si: 1,0 a 3,5%)

El Si es un elemento que no sólo es útil como agente desoxidante, sino que también mejora la resistencia a la oxidación del acero inoxidable austenítico, y es un elemento importante en la presente invención. La resistencia a la oxidación aumenta a medida que se incrementa la cantidad de Si.

50 Este efecto se obtiene cuando el contenido de Si es de al menos el 1,0%, y por lo tanto el límite inferior se fija en el 1,0%. El efecto es más definido a cantidades por encima del 1,5%. Sin embargo, el Si es un elemento que provoca una gran reducción de la tenacidad, y una adición excesiva provoca deterioro en la tenacidad y en la ductilidad a temperatura normal. Por consiguiente, el contenido de Si está restringido a no más del 3,5%, y más preferiblemente al 2,0% o menor. El contenido de Si está más preferiblemente dentro de un rango del 1,60% al 2,0%.

55 (Mn: 0,5 a 2,0%)

El Mn es un elemento estabilizador de la austenita, y se añade al acero inoxidable austenítico como un agente desoxidante. Además, el Mn es también un elemento que contribuye a un incremento de la resistencia a alta temperatura en la región de temperatura intermedia. Para reducir la cantidad de Ni caro, se añade al menos un 0,5% de Mn. Por otro lado, una adición excesiva de Mn produce como resultado la formación de MnS y un deterioro en la resistencia a la corrosión, y por lo tanto el límite superior para la cantidad de Mn añadido se fija en el 2,0%. La cantidad de Mn añadido es más preferiblemente del 0,7% al 1,6%.

65 (P: no más del 0,04%)

El P es un elemento que se incorpora de manera inevitable durante la producción, pero debido a que tiene un efecto adverso sobre la soldabilidad, el contenido de P se debe reducir lo más posible. Por consiguiente, el contenido de P en el acero inoxidable austenítico se fija en no más del 0,04%. El contenido de P es preferiblemente 0,03% o menor.

5 No existen limitaciones concretas sobre el límite inferior para el contenido de P, pero típicamente se incorpora de forma inevitable un 0,015%.

(S: no más del 0,01%)

10 El S es un elemento que se incorpora de forma inevitable durante la producción, y tiene un efecto adverso sobre la soldabilidad. Además, el S forma MnS, el cual provoca un deterioro en la resistencia a la corrosión y en la resistencia a la oxidación. Por consiguiente, el contenido de S en el acero inoxidable austenítico se debe reducir lo más posible, y se fija en no más del 0,01%. El contenido de S es preferiblemente 0,002% o menor. No existen limitaciones concretas sobre el límite inferior para el contenido de S, pero típicamente se incorpora de forma inevitable un

15 0,010%.

(Cr: 23,0 a 26,0%)

20 El Cr es un elemento que es esencial en garantizar la resistencia a la oxidación y la resistencia a la corrosión del acero inoxidable austenítico. Sin embargo, si se añade en exceso, el Cr es un elemento que tiende a incrementar la aparición de fragilidad por la fase  $\sigma$ . Por consiguiente, el rango apropiado para la cantidad de Cr añadido se fija en del 23,0 al 26,0%. La cantidad de Cr añadido es más preferiblemente del 23,0% al 25,0%.

(Ni: 10,0 a 15,0%)

25 El Ni es un elemento estabilizador de la austenita, y es un elemento que mejora la resistencia a la corrosión del acero inoxidable austenítico. Si la cantidad de Ni es demasiado pequeña, entonces la fase de austenita no se forma de manera estable, y por lo tanto se añade al menos un 10,0% de Ni. Sin embargo, debido a que el Ni es un elemento caro, una adición excesiva produce como resultado costes mayores. Por consiguiente, el límite superior para la cantidad de Ni añadido se fija en el 15,0%. La cantidad de Ni añadido es más preferiblemente del 11,0% al

30 14,0%.

(Mo: 0,50 a 1,20%)

35 El Mo es un elemento importante en la presente invención. El Mo es un elemento que mejora la resistencia a alta temperatura del acero inoxidable austenítico. Se piensa que este efecto se debe a un endurecimiento por solución sólida, pero en la presente invención, cuando el Mo coexiste con C y N, se obtiene un efecto de endurecimiento que supera el debido al simple endurecimiento por solución sólida. El mecanismo para este efecto no está totalmente claro, pero se piensa que existe una posibilidad de que parte del endurecimiento sea debido a interacciones entre

40 Mo y cualquiera de C ó N, tales como formación de *clusters*. Por otro lado, la adición excesiva de Mo facilita la formación de una fase  $\sigma$ . Por consiguiente, el rango apropiado para la cantidad de Mo añadido se fija en del 0,50 al 1,20%. Cuando una resistencia a alta temperatura es particularmente necesaria, la cantidad de Mo añadido es más preferiblemente del 1,0% al 1,2%.

45 (Ti: 0,010 a 0,1%)

El Ti es un elemento que se une fácilmente al N para formar un nitruro de grano grueso (TiN). En la presente invención, debido a que se utiliza N para incrementar la resistencia a alta temperatura, la formación de TiN de grano grueso tiende a provocar un deterioro en las propiedades a alta temperatura. Además, el Ti también tiene un efecto adverso sobre la resistencia a la oxidación. Por consiguiente, en la presente invención, la cantidad de Ti en el acero inoxidable austenítico se debe reducir lo más posible, y el límite superior para el contenido de Ti se fija en el 0,1%. Con respecto al límite inferior, típicamente se incorpora de manera inevitable un 0,010%.

50

(Al: 0,01 a 0,10%)

55 El Al actúa como un elemento desoxidante, y este efecto se obtiene cuando la cantidad de Al añadido al acero inoxidable austenítico es de al menos el 0,005%. Sin embargo, una adición excesiva puede provocar deterioro en la ductilidad y la tenacidad a temperatura normal, y por lo tanto el límite superior para la cantidad de Al añadido se fija en el 0,10%. La cantidad de Al añadido es más preferiblemente del 0,02% al 0,07%.

60 Para mejorar aún más las propiedades a alta temperatura, se puede añadir al acero inoxidable austenítico uno o más de Nb: 0,01 a 0,5%, V: 0,01 a 0,5%, W: 0,01 a 0,5% y Co: 0,01 a 0,5%. Estos elementos mejoran la resistencia a alta temperatura. Cuando una resistencia a alta temperatura es particularmente necesaria, las cantidades añadidas de estos elementos son más preferiblemente Nb: 0,1 a 0,5%, V: 0,1 a 0,5%, W: 0,1 a 0,5% y Co: 0,1 a

65 0,5%. Como para el Mo, se piensa que el efecto de estos elementos se debe a endurecimiento por solución sólida,

pero se supone que los efectos observados no son únicamente debidos a endurecimiento por solución sólida, y que también existen algunas interacciones con C ó N. Por consiguiente, ya que la adición de una gran cantidad de estos elementos es indeseable debido a la formación de carbonitruros de grano grueso, la cantidad total de Mo, Nb, W, V y Co (Mo+Nb+W+V+Co) es preferiblemente no mayor del 1,5%. Aunque no existen limitaciones concretas sobre el límite inferior para la cantidad total de Mo, Nb, W, V y Co, el límite inferior es preferiblemente al menos del 0,1%. Cuando una resistencia a alta temperatura es particularmente necesaria, es más preferible que la cantidad total de Mo, Nb, W, V y Co supere el 1,0%. Sin embargo, una adición excesiva provoca la formación de carbonitruros de grano grueso, los cuales en realidad reducen la resistencia a alta temperatura, y por lo tanto incluso cuando se requiere resistencia a alta temperatura, la cantidad total de Mo, Nb, W, V y Co es preferiblemente menor del 1,2%.

Además, al acero inoxidable austenítico se pueden añadir uno o más de Cu, B y Sn para mejorar la resistencia a alta temperatura en la región intermedia (600 a 800° C) del acero inoxidable austenítico.

(Cu: 0,1 a 2%)

El Cu es un elemento estabilizador de la austenita, y también tiene el efecto de mejorar la resistencia a alta temperatura en la región intermedia del acero inoxidable austenítico.

Estos efectos se consiguen cuando la cantidad de Cu añadido al acero inoxidable austenítico es de al menos el 0,1%. Sin embargo, si se añade en exceso, el Cu puede provocar oxidación anormal y defectos superficiales durante la laminación en caliente, y por lo tanto el límite superior para la cantidad de Cu añadido se fija en el 2%. La cantidad de Cu añadido es preferiblemente del 0,1 al 1%, y más preferiblemente del 0,1% al 0,5%.

(B: 0,0001 a 0,0050%)

El B es un elemento que tiene un efecto en mejorar la resistencia a alta temperatura en la región intermedia del acero inoxidable austenítico. Este efecto se consigue cuando la cantidad de B añadido al acero inoxidable austenítico es de al menos el 0,0001%. Sin embargo, si se añade en exceso, el B provoca un deterioro en la trabajabilidad en caliente, y por lo tanto el límite superior para la cantidad de B añadido se fija en el 0,0050%.

(Sn: 0,005 a 0,1%)

El Sn es un elemento que es efectivo en mejorar la resistencia a la corrosión y la resistencia a alta temperatura en la región intermedia del acero inoxidable austenítico. Además, también tiene el efecto de no provocar ningún deterioro significativo en las propiedades mecánicas a temperatura normal del acero inoxidable austenítico. El efecto de resistencia a la corrosión se obtiene cuando la cantidad de Sn añadido al acero inoxidable austenítico es de al menos el 0,005%, y por lo tanto el contenido de Sn es preferiblemente de al menos el 0,005%, y más preferiblemente el 0,01% o mayor. Por otro lado, una adición excesiva provoca un marcado deterioro en la fabricabilidad y la soldabilidad, y por lo tanto el contenido de Sn está restringido a no más del 0,1%.

El acero inoxidable de acuerdo con la presente invención que contiene las cantidades especificadas de estos componentes tiene propiedades de resistencia al calor extremadamente superiores.

El acero inoxidable de acuerdo con la presente invención se diseñó asumiendo utilización a 1.100° C, y por lo tanto se utilizan evaluaciones a 1.100° C como valores de referencia. En primer lugar, la resistencia a alta temperatura a 1.100° C, medida como un límite elástico al 0,2%, es preferiblemente 20 MPa o mayor. La resistencia a alta temperatura a 1.100° C, medida como un límite elástico al 0,2%, es más preferiblemente 30 MPa o mayor. Además, la excelente resistencia al calor se refleja en una pérdida de peso en un ensayo de oxidación cíclica a 1.100° C de no más de 50 mg/cm<sup>2</sup>. El ensayo de oxidación cíclica a 1.100° C es un ensayo que implica 300 repeticiones de un ciclo consistente en calentar el acero hasta 1.100° C, mantener esa temperatura durante 30 minutos, y a continuación enfriar el acero desde 1.100° C hasta temperatura ambiente a lo largo de un periodo de enfriamiento de 15 minutos.

El acero de la presente invención se convierte en un producto por medio de los pasos de fusión, colada, laminación en caliente, recocido, laminación en frío, recocido, y decapado químico. No existen limitaciones concretas sobre las instalaciones, y se pueden utilizar instalaciones de producción convencionales.

Los efectos de la presente invención se describen a continuación utilizando una serie de ejemplos, pero la presente invención no está limitada a las condiciones utilizadas en los siguientes ejemplos.

## EJEMPLOS

En los siguientes ejemplos, aceros que tienen las formulaciones de componentes mostradas en la Tabla 1A y en la Tabla 1B primero se fundieron y se colaron formando desbastes planos. Posteriormente, cada desbaste plano se calentó a una temperatura de 1.150 a 1.250° C, y a continuación se laminó en caliente a un espesor de lámina de desde 3 hasta 5 mm utilizando una temperatura final dentro de un rango de 850 a 950° C. A continuación el acero se

sometió a recocido a una temperatura de 1.000 a 1.200° C, se sometió a decapado químico, se laminó en caliente a un espesor de 1,5 mm, y a continuación se sometió a recocido y a decapado químico a una temperatura de 1.000 a 1.200° C para conformar un acero de prueba. En la Tabla 1A y en la Tabla 1B, los valores numéricos fuera de los rangos de la presente invención están subrayados.

5 Cada una de las láminas recocidas laminadas en caliente obtenidas de esta manera fue sometida a ensayos de tracción a temperatura normal y a alta temperatura, y a un ensayo de oxidación cíclica. El ensayo de tracción a temperatura normal se realizó para evaluar la trabajabilidad, y se llevó a cabo preparando una probeta JIS N° 13B con una dirección longitudinal paralela a la dirección de laminación de acuerdo con la norma JIS Z 2201 (norma internacional correspondiente: ISO 6892, 1984), y realizando a continuación un ensayo de tracción según lo prescrito en la norma JIS Z 2241 (norma internacional correspondiente: ISO 6892, 1984). Se utilizó el alargamiento total como indicador de la trabajabilidad, considerándose que un alargamiento total del 40% o mayor era un aprobado (A), y considerándose que un alargamiento total de menos del 40% era un suspenso (C).

10 15 Además, el ensayo de tracción a alta temperatura se realizó utilizando una probeta con aristas afiladas, con referencia a la norma JIS G 0567 (norma internacional correspondiente: ISO 6892-2, 2011). Se utilizó el límite elástico al 0,2% a 1.100° C como indicador de la resistencia a alta temperatura, y se consideró que los aceros con una resistencia a alta temperatura de menos de 20 MPa habían suspendido (C), y se consideró que los aceros de 20 MPa o más habían aprobado (B), y aceros de 30 MPa o más se consideraron aceros superiores (A).

20 25 La resistencia a la oxidación se evaluó utilizando un ensayo de oxidación cíclica. De cada lámina de acero se cortó una muestra de 20 mm X 20 mm, y las caras finales de la muestra se pulieron con un disco pulidor de paño a un acabado de #600 para preparar una probeta para el ensayo de oxidación. A continuación se sometió la probeta a 300 repeticiones de un ciclo consistente en calentar el acero hasta 1.100° C en una atmósfera abierta, mantener esa temperatura durante 15 minutos, y a continuación enfriar el acero desde 1.100° C hasta temperatura ambiente a lo largo de un periodo de enfriamiento de 15 minutos, y se midió la pérdida de peso por oxidación (pérdida de espesor debida a formación de escamas y desconchado). Una pérdida de peso por oxidación de no más de 50 mg/cm<sup>2</sup> se consideró un aprobado (A), mientras que un valor por encima de 50 mg/cm<sup>2</sup> se consideró un suspenso (C). Los resultados de la evaluación se muestran en la Tabla 2A y en la Tabla 2B.

30

[Tabla 1A] (% en masa)

	N°	C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Mo	Ti	Al	N	C+N	Nb	V	W	Co	Mo+N b+V+ W+Co	Cu	B	Sn
Acero de la presente	1	0,10	2,0	1,5	0,026	0,0005	12,0	23,5	0,5	0,010	0,04	0,20	0,30					0,5			
Acero de la presente	2	0,08	2,2	1,7	0,028	0,0006	14,2	25,6	0,8	0,005	0,05	0,20	0,28					0,8			
Acero de la presente	3	0,12	2,1	0,8	0,02	0,0008	11,2	23,2	0,6	0,005	0,04	0,20	0,32					0,6			
Acero de la presente	4	0,10	2,1	1,0	0,028	0,0006	12,0	24,0	1,1	0,005	0,03	0,20	0,30					1,1			
Acero de la presente	5	0,10	2,5	1,0	0,028	0,0006	12,0	24,0	0,7	0,005	0,03	0,20	0,30					0,7			
Acero de la presente	6	0,14	2,0	1,5	0,024	0,0007	12,0	24,0	1,1	0,004	0,03	0,12	0,26					1,1			
Acero de la presente	7	0,10	2,0	1,5	0,027	0,0007	12,0	24,0	0,9	0,007	0,03	0,20	0,30					0,9			
Acero de la presente	8	0,10	2,2	1,7	0,028	0,0006	12,0	24,0	1,2	0,005	0,04	0,20	0,30					1,2			
Acero de la presente	9	0,10	2,2	1,8	0,028	0,0008	12,0	24,0	0,8	0,005	0,03	0,20	0,30					0,8			
Acero de la presente	10	0,10	2,2	1,9	0,027	0,0006	12,0	24,0	0,9	0,006	0,04	0,20	0,30					0,9			
Acero de la presente	11	0,10	2,2	1,5	0,028	0,0006	12,0	24,0	0,7	0,005	0,03	0,20	0,30					0,7			
Acero de la presente	12	0,10	2,2	1,5	0,028	0,0006	12,0	24,0	0,7	0,005	0,03	0,20	0,30	0,3				1,0			
Acero de la presente	13	0,10	2,2	1,5	0,028	0,0006	12,0	24,0	0,7	0,005	0,03	0,20	0,30		0,3			1,0			
Acero de la presente	14	0,10	2,2	1,5	0,028	0,0006	12,0	24,0	0,7	0,005	0,03	0,20	0,30			0,3		1,0			
Acero de la presente	15	0,10	2,2	1,5	0,028	0,0006	12,0	24,0	0,7	0,005	0,03	0,20	0,30				0,3	1,0			
Acero de la presente	16	0,10	2,2	1,5	0,028	0,0006	12,0	24,0	0,7	0,005	0,03	0,20	0,30	0,05	0,1			0,9			
Acero de la presente	17	0,10	2,2	1,5	0,028	0,0006	12,0	24,0	0,7	0,005	0,03	0,20	0,30	0,1			0,2	1,0			
Acero de la presente	18	0,10	2,2	1,5	0,028	0,0006	12,0	24,0	0,7	0,005	0,03	0,20	0,30	0,1	0,1			0,9			
Acero de la presente	19	0,10	2,2	1,5	0,028	0,0006	12,0	24,0	0,7	0,005	0,03	0,20	0,30	0,1		0,1		0,9			
Acero de la presente	20	0,10	2,2	1,5	0,028	0,0006	12,0	24,0	0,7	0,005	0,03	0,20	0,30	0,1	0,1	0,1		1,0	0,2		
Acero de la presente	21	0,10	2,2	1,5	0,028	0,0006	12,0	24,0	0,7	0,005	0,03	0,20	0,30	0,1			0,2	1,0	0,3	0,0005	
Acero de la presente	22	0,10	2,0	1,5	0,026	0,0005	12,0	24,0	0,5	0,010	0,04	0,20	0,3	0,04	0,1	0,1	0,2	0,9	0,2	0,0004	0,01

[Tabla 1B] (% en masa)

Nº	C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Mo	Ti	Al	N	C+N	Nb	V	W	Co	Mo+Nb+ V+Ti+Cr	Cu	B	Sn
Acero comparativo 23	0.04	2.5	1.0	0.026	0.0008	12.0	25.0	0.5	0.005	0.03	0.20	0.24					0.5			
Acero comparativo 24	0.20	2.0	1.5	0.024	0.0008	12.0	24.0	0.6	0.005	0.03	0.20	0.40					0.6			
Acero comparativo 25	0.10	0.8	1.5	0.028	0.0006	12.0	24.0	0.7	0.005	0.03	0.20	0.30					0.7			
Acero comparativo 26	0.10	3.8	1.5	0.028	0.0005	12.0	25.0	0.7	0.005	0.03	0.20	0.30					0.7			
Acero comparativo 27	0.10	2.5	0.2	0.028	0.0005	12.0	24.0	0.7	0.004	0.03	0.20	0.30					0.7			
Acero comparativo 28	0.10	2.5	2.4	0.028	0.0005	12.0	25.0	0.7	0.005	0.03	0.20	0.30					0.7			
Acero comparativo 29	0.10	2.5	1.5	0.06	0.0005	12.0	25.0	0.7	0.005	0.02	0.20	0.30					0.7			
Acero comparativo 30	0.10	2.5	1.5	0.028	0.02	12.0	25.0	0.7	0.004	0.03	0.20	0.30					0.7			
Acero comparativo 31	0.10	2.5	1.5	0.028	0.0005	9.0	25.0	0.7	0.005	0.04	0.20	0.30					0.7			
Acero comparativo 32	0.10	2.5	1.5	0.026	0.0006	17.0	25.0	0.7	0.005	0.03	0.20	0.30					0.7			
Acero comparativo 33	0.10	2.0	1.5	0.028	0.0006	12.0	21.0	0.7	0.004	0.03	0.20	0.30					0.7			
Acero comparativo 34	0.10	2.0	1.5	0.028	0.0005	12.0	28.0	0.7	0.005	0.03	0.20	0.30					0.7			
Acero comparativo 35	0.10	2.0	1.5	0.028	0.0004	12.0	25.0	0.3	0.005	0.05	0.20	0.30					0.3			
Acero comparativo 36	0.10	2.0	1.5	0.028	0.0005	12.0	25.0	1.5	0.005	0.03	0.20	0.30					1.5			
Acero comparativo 37	0.10	2.0	1.5	0.028	0.0009	12.0	25.0	0.7	0.005	0.03	0.05	0.15					0.7			
Acero comparativo 38	0.10	2.0	1.5	0.028	0.0005	12.0	25.0	0.7	0.005	0.03	0.26	0.36					0.7			
Acero comparativo 39	0.10	2.0	1.5	0.026	0.0003	12.0	25.0	0.7	0.004	0.004	0.20	0.40					0.7			
Acero comparativo 40	0.10	2.0	1.5	0.028	0.0008	12.0	25.0	0.7	0.005	0.005	0.20	0.30					0.7			
Acero comparativo 41	0.10	2.0	1.5	0.028	0.0007	12.0	25.0	0.7	0.005	0.15	0.20	0.30					0.7			
Acero comparativo 42	0.10	2.0	1.5	0.028	0.0006	12.0	25.0	0.7	0.150	0.03	0.20	0.30					0.7			
Acero comparativo 43	0.10	2.0	1.5	0.028	0.0005	12.0	25.0	0.7	0.005	0.03	0.20	0.30	0.7				1.4			
Acero comparativo 44	0.10	2.0	1.5	0.028	0.0008	12.0	25.0	0.7	0.005	0.03	0.20	0.30	0.7				1.4			
Acero comparativo 45	0.10	2.0	1.5	0.028	0.0007	12.0	25.0	0.7	0.005	0.03	0.20	0.30		0.7			1.4			
Acero comparativo 46	0.10	2.0	1.5	0.028	0.0005	12.0	25.0	0.7	0.005	0.03	0.20	0.30				0.7	1.4			
Acero comparativo 47	0.10	2.0	1.5	0.026	0.0005	12.0	23.5	0.5	0.010	0.04	0.20	0.30					0.5			
Acero comparativo 48	0.10	2.0	1.5	0.026	0.0005	12.0	23.5	0.5	0.010	0.04	0.20	0.30					0.5	2.1		
Acero comparativo 49	0.10	2.0	1.5	0.026	0.0005	12.0	23.5	0.5	0.010	0.04	0.20	0.30					0.5	0.01		
Acero comparativo 50	0.10	2.0	1.5	0.026	0.0005	12.0	23.5	0.5	0.010	0.04	0.20	0.30					0.5			0.15

[Tabla 2A]

	Nº	Trabajabilidad	Resistencia a Alta Temperatura	Resistencia a la Oxidación
Acero de la presente invención	1	A	B	A
Acero de la presente invención	2	A	B	A
Acero de la presente invención	3	A	B	A
Acero de la presente invención	4	A	A	A
Acero de la presente invención	5	A	B	A
Acero de la presente invención	6	A	A	A
Acero de la presente invención	7	A	B	A
Acero de la presente invención	8	A	B	A
Acero de la presente invención	9	A	B	A
Acero de la presente invención	10	A	B	A
Acero de la presente invención	11	A	B	A
Acero de la presente invención	12	A	B	A
Acero de la presente invención	13	A	B	A
Acero de la presente invención	14	A	B	A
Acero de la presente invención	15	A	B	A
Acero de la presente invención	16	A	B	A
Acero de la presente invención	17	A	B	A
Acero de la presente invención	18	A	B	A
Acero de la presente invención	19	A	B	A
Acero de la presente invención	20	A	B	A
Acero de la presente invención	21	A	B	A
Acero de la presente invención	22	A	B	A

[Tabla 2B]

5

	Nº	Trabajabilidad	Resistencia a Alta Temperatura	Resistencia a la Oxidación
Acero comparativo	23	A	C	A
Acero comparativo	24	C	C	A
Acero comparativo	25	A	B	C
Acero comparativo	26	C	C	A
Acero comparativo	27	A	C	A
Acero comparativo	28	C	C	C
Acero comparativo	29	C	C	A
Acero comparativo	30	C	C	A
Acero comparativo	31	A	C	A
Acero comparativo	32	C	C	A
Acero comparativo	33	A	C	C
Acero comparativo	34	C	C	A
Acero comparativo	35	A	C	C
Acero comparativo	36	C	C	C
Acero comparativo	37	A	C	A
Acero comparativo	38	C	C	A
Acero comparativo	39	C	C	A
Acero comparativo	40	A	C	A
Acero comparativo	41	C	B	A
Acero comparativo	42	A	C	A
Acero comparativo	43	C	C	A
Acero comparativo	44	C	C	A
Acero comparativo	45	C	C	A
Acero comparativo	46	C	C	A
Acero comparativo	47	C	C	A
Acero comparativo	48	C	C	C
Acero comparativo	49	C	B	A
Acero comparativo	50	C	B	A

Como resulta evidente a partir de las Tablas 1A a 2B, las láminas de acero que tienen formulaciones de componentes de acuerdo con la presente invención exhibieron excelentes propiedades para cada una de trabajabilidad, resistencia a alta temperatura y resistencia a la oxidación. Por el contrario, los ejemplos comparativos

que caían fuera de los rangos de la presente invención suspendieron en términos de al menos una de trabajabilidad, resistencia a alta temperatura y resistencia a la oxidación. Basándose en estos resultados, fue evidente que los aceros de la presente invención eran superiores a los aceros inoxidable austeníticos de los ejemplos comparativos.

5 APLICABILIDAD INDUSTRIAL

Como resulta evidente a partir de la descripción anterior, el acero inoxidable austenítico resistente al calor de la presente invención exhibe excelentes resistencia a alta temperatura y resistencia a la oxidación, y también muestra superior trabajabilidad, y por lo tanto se puede proporcionar una lámina de acero inoxidable con excelente resistencia al calor. Dicho de otra manera, un material de acuerdo con la presente invención se puede aplicar, en concreto, a componentes de sistemas de escape tales como las tuberías de escape de vehículos, y permite que se pueda proporcionar una tubería de escape que es capaz de conseguir mayor eficiencia del motor para un automóvil o similar. La presente invención es extremadamente beneficiosa desde una perspectiva industrial.

**REIVINDICACIONES**

1. Una lámina de acero inoxidable austenítico resistente al calor que comprende, en % en masa,

- 5 C: 0,05 a 0,15%,  
Si: 1,0 a 3,5%,  
Mn: 0,5 a 2,0%,  
P: no más del 0,04%,  
S: no más del 0,01%,
- 10 Cr: 23,0 a 26,0%,  
Ni: 10,0 a 15,0%,  
Mo: 0,50 a 1,20%,  
Ti: 0,010% a 0,1%,  
Al: 0,01 a 0,1%, y
- 15 N: 0,10 a 0,30%;  
uno o más de
- Nb: 0,01 a 0,5%,  
V: 0,01 a 0,5%,  
W: 0,01 a 0,5%, y  
Co: 0,01 a 0,5%; y
- 20 uno o más de
- 25 Cu: 0,1 a 2,0%,  
B: 0,0001 a 0,0050%, y  
Sn: 0,005 a 0,1%
- 30 donde  
una cantidad total de C y N (C+N) es desde 0,25 a 0,35%,  
una cantidad total de Mo, Nb, V, W, y Co (Mo+Nb+V+W+Co) es no mayor de 1,5%,  
un resto está compuesto por Fe e impurezas inevitables, y  
una resistencia a alta temperatura a 1.100° C, medida como un límite elástico al 0,2%, es de 20 MPa o mayor.
- 35 2. La lámina de acero inoxidable austenítico resistente al calor de acuerdo con la reivindicación 1, en la cual una resistencia a alta temperatura a 1.100° C, medida como un límite elástico al 0,2%, es de 30 MPa o mayor.
3. La lámina de acero inoxidable austenítico resistente al calor de acuerdo con la reivindicación 1 ó 2, en la cual la pérdida de peso en un ensayo de oxidación cíclica a 1.100° C es no mayor de 50 mg/cm<sup>2</sup>.