

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 963 647**

51 Int. Cl.:

C22C 38/00	(2006.01) <i>C22C 38/50</i>	(2006.01)
C22C 38/28	(2006.01) <i>C22C 38/52</i>	(2006.01)
C22C 38/60	(2006.01) <i>C22C 38/54</i>	(2006.01)
C22C 38/02	(2006.01) <i>C21C 7/00</i>	(2006.01)
C22C 38/04	(2006.01)	
C22C 38/06	(2006.01)	
<i>C22C 38/42</i>	(2006.01)	
<i>C22C 38/44</i>	(2006.01)	
<i>C22C 38/46</i>	(2006.01)	
<i>C22C 38/48</i>	(2006.01)	

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **29.03.2019 PCT/JP2019/014272**
- 87 Fecha y número de publicación internacional: **03.10.2019 WO19189858**
- 96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **29.03.2019 E 19777450 (8)**
- 97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **18.10.2023 EP 3778962**

54 Título: **Acero inoxidable ferrítico con excelente resistencia a la formación de estrías**

30 Prioridad:

30.03.2018 JP 2018066923

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
01.04.2024

73 Titular/es:

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

72 Inventor/es:

**KANEKO, SHIGERU;
FUCHIGAMI, KATSUHIRO y
INOUE, YOSHIHARU**

74 Agente/Representante:

ELZABURU, S.L.P

ES 2 963 647 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

Acero inoxidable ferrítico con excelente resistencia a la formación de estrías

Campo

La presente invención se refiere al acero inoxidable ferrítico.

5 Antecedentes

El acero inoxidable ferrítico está empezando a utilizarse ampliamente debido a su alta resistencia a la corrosión y trabajabilidad, pero con una alta trabajabilidad, por el contrario, la aparición de estrías se convierte en un problema. "Estriado" se refiere a las arrugas continuas en forma de estrías que se forman en la superficie de la chapa de acero en el momento de darle forma. Las estrías restan valor estético, requieren pulido para su eliminación y, por lo demás, suponen una gran carga para la producción. Para suprimir las estrías, es eficaz aumentar la proporción de granos equiaxiales en el momento de la colada, hacer que el tamaño del cristal columnar sea más fino o refinar de otro modo las estructuras solidificadas. El método de utilizar inclusiones de forma proactiva es bien conocido. Específicamente, se puede mencionar el método de producir óxidos basados en Mg-Al tales como espinela (MgO·Al₂O₃) o hacer que el TiN se disperse en el acero fundido. Los cristales primarios solidificados del acero inoxidable ferrítico δ-Fe están cerca de la espinela o TiN en la constante de red cristalina, por lo que los óxidos basados en Mg-Al y TiN tienen el efecto de promover la solidificación del acero. Como resultado, se puede decir que se promueve la formación de granos equiaxiales que no tienen orientaciones específicas y se suprimen las estrías. Obsérvese que la espinela promueve la formación no solo de δ-Fe, sino también de TiN, por lo que en muchos casos se adopta el método de promover el uso del TiN producido para promover la formación de δ-Fe.

20 La técnica descrita en PTL 1 se caracteriza por incluir Ti en 4 (C+N) al 0,40% y por hacer la razón másica Mg/Al en las inclusiones 0,55 o más más hacer VxN 0,0005 a 0,0015 con el objetivo de promover la recristalización por V o N.

La técnica descrita en PTL 2 promueve la formación de TiN mediante niveles prácticos de Ti y N, por lo que se debe añadir Si. Sin embargo, el Si provoca una disminución en la trabajabilidad, por lo que en lugar de TiN, se utilizan óxidos basados en Mg como núcleos de solidificación del δ-Fe. Las "inclusiones basadas en Mg" a las que se hace referencia en este caso son inclusiones que contienen Mg. La concentración no está prescrita.

La técnica descrita en PTL 3 se caracteriza por tener 3/mm² o más de óxidos que contienen Mg con una razón Mg/Ca de 0,5 o más para eliminar el defecto de que las estructuras solidificadas no se refinan cuando los óxidos que contienen Mg contienen Ca.

[Lista de citas]

30 [Bibliografía de patentes]

[PTL 1] Publicación de patente japonesa no examinada N.º 2008-285717

[PTL 2] Publicación de patente japonesa no examinada N.º 2004-002974

[PTL 3] Publicación de patente japonesa no examinada N.º 2001-288542

Compendio

35 [Problema técnico]

En PTL 1, para obtener el efecto de promoción de la formación de δ-Fe por las inclusiones basadas en Mg-Al, no solo la razón Mg/Al en las inclusiones basadas en Mg-Al debe ser una cierta razón o más, sino también la concentración de CaO debe ser baja. Por lo tanto, con este método, en el que no se prescribe la concentración de CaO, si la concentración de CaO de las inclusiones se vuelve alta, a veces no se puede obtener el refinamiento esperado y no se pueden reducir las estrías.

En PTL 2, si la concentración de CaO es alta, no se obtiene el efecto. Además, incluso si se incluye Mg, si también se incluye Al simultáneamente y la razón Mg/Al es baja (se produce corindón con alto contenido de Al₂O₃), no es posible que se convierta en núcleos de δ-Fe o TiN. Por lo tanto, a veces las estrías no se pueden reducir mediante el refinamiento.

45 En PTL 3, incluso si la razón Mg/Ca es 0,5 o más, si Al₂O₃ está presente en los óxidos, no contribuye al refinamiento de las estructuras solidificadas. Por este motivo, a veces no se pueden reducir las estrías. El documento EP 2 341 160 A1 da a conocer un acero inoxidable ferrítico.

La presente invención tiene como desafío técnico arrojar luz sobre los factores que afectan a las estrías en el acero

inoxidable ferrítico y asegurar la resistencia a la corrosión mientras se mejora la resistencia a la formación de estrías y tiene como objeto proporcionar de forma estable acero inoxidable ferrítico con una excelente resistencia a la formación de estrías.

[Solución al problema]

5 Los inventores investigaron en detalle los factores que se cree que afectan a la resistencia a la formación de estrías en el acero inoxidable ferrítico producido mediante diversos métodos. Como resultado, aprendieron que el estado de presencia de inclusiones complejas y la composición y proporción de la composición de los óxidos contenidos en las inclusiones complejas afectan a la resistencia a la formación de estrías. Obsérvese que, en la Descripción, "inclusiones complejas" son lo que se denomina inclusiones. Por ejemplo, cuando los óxidos están cubiertos por nitruros en su entorno, el tamaño de las inclusiones significa el tamaño de las inclusiones que incluyen esos nitruros.

10 En cuanto a la composición de los óxidos contenidos en las inclusiones, los inventores encontraron que siendo la proporción de Al_2O_3 y MgO (Al_2O_3/MgO) 4 o menos, siendo CaO 20% o menos, la suma de Al_2O_3 y MgO satisfaciendo 75% o más, inclusiones complejas con un eje mayor de $2\ \mu m$ o más presentes en el acero con una densidad de $2/mm^2$ o más, y la razón numérica de las inclusiones con un eje mayor de $1\ \mu m$ o más satisface la composición de óxido anterior y no satisfaciendo el mismo siendo 0,7 o más, se mejora la resistencia a la formación de estrías.

15 [Efectos ventajosos de la invención]

Según la presente invención, resulta posible proporcionar de forma estable acero inoxidable ferrítico que garantice la resistencia a la corrosión y al mismo tiempo sea excelente en cuanto a resistencia a la formación de estrías.

Descripción de la invención

20 A continuación se explicará la presente invención. Salvo que se indique lo contrario, el "%" relativo a la composición significa el % en masa del acero. En particular, cuando no se define un límite inferior, también se incluye el caso de no inclusión (0%).

Respecto a los componentes del acero

C: de 0,001 a 0,010%

25 El C forma carburos de Cr para reducir así la resistencia a la corrosión y reduce notablemente la trabajabilidad, por lo que el contenido se hace del 0,010% o menos. Sin embargo, una reducción excesiva hace que el tiempo de decarburación aumente en el proceso de refinado, por lo que el contenido se hace de 0,001% o más. Preferiblemente, el límite inferior puede ser de 0,002% y el límite superior puede ser de 0,008%. Más preferiblemente, el límite inferior puede ser de 0,004% y el límite superior puede ser de 0,007%.

30 Si: 0,30% o menos

El Si es un elemento que contribuye a la desoxidación, pero reduce la trabajabilidad. Con Al, que es un elemento más potente incluso que el Si, se puede eliminar suficiente oxígeno, por lo que no es necesario añadir Si, pero se puede añadir sin problema una cantidad utilizada como desoxidante preliminar antes de la adición de Al. Si se añade, para obtener sus efectos se podrá incluir un 0,01% o más. Preferiblemente, el contenido puede ser de 0,05% o más. Por otra parte, para evitar una caída en la trabajabilidad, el contenido se hace de 0,30% o menos. Preferiblemente, el contenido puede ser de 0,25% o menos.

35 Mn: 0,30% o menos

El Mn, al igual que el Si, es un elemento que contribuye a la desoxidación, pero reduce la trabajabilidad. Con Al, que es un elemento más potente incluso que el Mn, el oxígeno se puede eliminar suficientemente, por lo que no es necesario añadir Mn, pero se puede añadir sin problema una cantidad utilizada como desoxidante preliminar antes de la adición de Al. Si se añade, para obtener sus efectos se podrá incluir un 0,01% o más. Preferiblemente, el contenido puede ser de 0,05% o más. Por otra parte, para evitar una caída en la trabajabilidad, el contenido se hace de 0,30% o menos. Preferiblemente, el contenido puede ser de 0,25% o menos.

P: 0,040% o menos

45 El P hace que disminuyan la tenacidad, la trabajabilidad en caliente y la resistencia a la corrosión y, por lo demás, es perjudicial para el acero inoxidable, por lo que cuanto menor sea el contenido, mejor. El contenido puede ser de 0,040% o menos. Sin embargo, una reducción excesiva supone una carga elevada en el momento del refinado o requiere el uso de materias primas costosas, por lo que en operaciones reales, puede estar contenido un 0,005% o más.

50

ES 2 963 647 T3

S: 0,0100% o menos

5 El S hace que disminuyan la tenacidad, la trabajabilidad en caliente y la resistencia a la corrosión y, por lo demás, es perjudicial para el acero inoxidable, por lo que cuanto menor sea el contenido, mejor. El límite superior puede ser de 0,0100% o menos. Sin embargo, una reducción excesiva supone una carga elevada en el momento del refinado o requiere el uso de materias primas costosas, por lo que en operaciones reales, puede estar contenido un 0,0002% o más.

Cr: de 10,0 a 21,0%

10 El Cr es un elemento importante que confiere al acero inoxidable su resistencia a la corrosión. Debe estar contenido un 10,0% o más. Preferiblemente, el contenido puede ser de 12,5% o más, más preferiblemente de 15,0% o más. Por otro lado, una gran cantidad de contenido provoca una caída en la trabajabilidad, por lo que el contenido debe tener un 21,0% o menos. Preferiblemente, el contenido puede ser de 19,5% o menos, más preferiblemente puede ser de 18,5% o menos.

Al: de 0,010 a 0,200%

15 El Al es un elemento necesario para desoxidar el acero. También es un elemento necesario para la desulfuración para mejorar la resistencia a la corrosión. Por este motivo, el límite inferior se establece en 0,010%. Preferiblemente, el contenido puede ser de 0,120% o más, más preferiblemente del 0,130% o más. La adición excesiva hace que la trabajabilidad disminuya, por lo que el contenido puede ser de 0,200% o menos. Preferiblemente, el contenido puede ser de 0,160% o menos, más preferiblemente puede ser de 0,120% o menos.

Ti: de 0,015 a 0,300%

20 El Ti es un elemento importante no solo para asegurar la resistencia a la corrosión mediante la acción de estabilizar el C y el N, sino también para promover la formación de granos equiaxiales y mejorar la resistencia a la formación de estrías mediante el TiN. Para estabilizar el C y el N, es necesario un 0,015% o más. Preferiblemente, el contenido es de 0,030% o más, más preferiblemente de 0,05% o más, aún más preferiblemente de 0,09% o más. Sin embargo, si se añade en exceso, se forma notablemente TiN y provoca la obstrucción de las boquillas en el momento de la producción y defectos superficiales en los productos, por lo que el contenido puede hacerse de 0,300% o menos, preferiblemente puede hacerse de 0,250% o menos, más preferiblemente puede hacerse de 0,210% o menos.

O: de 0,0005 a 0,0050%

30 El O es un elemento esencial para formar los óxidos necesarios para promover la formación de TiN. El límite inferior puede ser de 0,0005%, preferiblemente de 0,0010%, más preferiblemente de 0,0020%. Si está presente en más de 0,0050%, no solo se forman MnO o Cr₂O₃ o SiO₂ u óxidos inferiores y disminuyen la pureza, sino que el contacto y la unión con óxidos que promueven la formación de TiN en el acero fundido hacen que sus propiedades acaben cambiando, por lo que el contenido puede ser de 0,0050% o menos, preferiblemente de 0,0045% o menos, más preferiblemente de 0,0040% o menos.

N: de 0,001 a 0,020%

35 El N hace que disminuya la trabajabilidad y se une con el Cr para causar que disminuya la resistencia a la corrosión, por lo que cuanto menos, mejor. El contenido puede ser de 0,020% o menos. Preferiblemente, se puede preparar en un 0,018% o menos, más preferiblemente en un 0,015% o menos. Por otra parte, una reducción excesiva supone una gran carga para la etapa de refinado, por lo que puede estar contenido un 0,001% o más. Además, es un elemento que forma TiN. Si es de 0,008% o más, existe la posibilidad de que se forme TiN. El intervalo preferible cuando no se provoca la formación de TiN puede ser de 0,001% o más y menos de 0,008%. El intervalo preferible a la hora de provocar la formación de TiN puede ser de 0,008% o más y de 0,015% o menos.

Ca: 0,0015% o menos

45 El Ca puede estar contenido en un 0,0015% o menos, ya que si está presente en más de 0,0015%, la concentración en los óxidos para promover la formación de TiN aumenta y esa capacidad se pierde. Más preferiblemente, el contenido puede ser de 0,0010% o menos, más preferiblemente de 0,0005% o menos.

El límite inferior no está particularmente establecido, pero el Ca es un constituyente principal de la escoria. Algo de arrastre es inevitable. Además, la eliminación completa es difícil. Una reducción excesiva da como resultado una carga alta en el momento del refinado, por lo que en la operación real, puede estar contenido un 0,0001% o más.

Mg: de 0,0003 a 0,0030%

50 El Mg es un elemento esencial para formar los óxidos necesarios para promover la formación de TiN. Puede contener un 0,0003% o más. Preferiblemente, puede estar contenido un 0,0006% o más, más preferiblemente un 0,0009% o

más. Sin embargo, una adición excesiva provoca una caída en la resistencia a la corrosión, por lo que el contenido puede ser de 0,0030% o menos, preferiblemente del 0,0027% o menos, más preferiblemente del 0,0024% o menos.

5 El resto de la composición del acero está formado por Fe e impurezas. En el presente documento, "impurezas" significa una composición que se introduce, debido a diversos factores, en el proceso de producción, tales como el mineral, la chatarra y otras materias primas cuando se produce industrialmente acero, donde están en un grado permitido y no tienen un efecto perjudicial para la presente invención.

Además, el acero inoxidable ferrítico de la presente invención también puede contener, en lugar de Fe, % en masa, B: 0,0020% o menos, Nb: 0,60% o menos y, además, uno o más de Mo: 2,0% o menos, Ni: 2,0% o menos, Cu: 2,0% o menos, y Sn: 0,50% o menos.

10 B: 0,0020% o menos

El B es un elemento que aumenta la resistencia de los límites de grano y contribuye a mejorar la trabajabilidad. Si está contenido, para obtener ese efecto, puede incluirse en un 0,0001% o más, más preferiblemente el contenido se hace de 0,0005% o más. Por otro lado, la adición excesiva, a la inversa, provoca una caída en la trabajabilidad debido a la caída en el alargamiento, por lo que el contenido puede ser de 0,0020% o menos, preferiblemente puede ser de 0,0010% o menos.

15 Nb: 0,60% o menos

El Nb tiene la acción de mejorar la conformabilidad y la resistencia a la corrosión. Si está contenido, para obtener ese efecto, se puede incluir un 0,10% o más, preferiblemente el contenido es un 0,25% o más. Por otro lado, si se añade más del 0,60%, la recristalización se vuelve difícil y las estructuras se vuelven más gruesas, por lo que el contenido puede ser de 0,60% o menos, preferiblemente puede ser de 0,50% o menos.

20 Mo: 2,0% o menos

El Mo, una vez añadido, tiene la acción de mejorar aún más la alta resistencia a la corrosión del acero inoxidable. Si está contenido, para obtener ese efecto, se puede incluir un 0,1% o más. Preferiblemente el contenido es de 0,5% o más. Por otra parte, el elemento es extremadamente caro, de modo que incluso si se añade más de 2,0%, no se puede obtener un efecto proporcional al aumento del coste de la aleación. No solo eso, forma fases sigma frágiles con un alto contenido de Cr e invita a la fragilización y una caída en la resistencia a la corrosión, por lo que el contenido puede ser de 2,0% o menos, preferiblemente el contenido puede ser de 1,5% o menos.

25 Ni: 2,0% o menos

El Ni, una vez añadido, tiene la acción de aumentar aún más la alta resistencia a la corrosión del acero inoxidable. Si está contenido, para obtener ese efecto, se debe contener un 0,1% o más. Preferiblemente el contenido es de 0,2% o más. Por otro lado, este es un elemento costoso, por lo que incluso si se añade más de 2,0%, no se obtiene ningún efecto proporcional al aumento en el coste de la aleación, por lo que el contenido debe ser de 2,0% o menos, preferiblemente debe ser de 1,5% o menos.

30 Cu: 2,0% o menos

El Cu, tras su adición, tiene la acción de aumentar aún más la alta resistencia a la corrosión del acero inoxidable. Si está contenido, para obtener ese efecto, se debe contener un 0,1% o más. Preferiblemente el contenido es de 0,5% o más. Por otra parte, la adición excesiva no mejora el rendimiento de manera proporcional al coste de producción, por lo que el contenido debería ser de 2,0% o menos, preferiblemente debería ser de 1,5% o menos.

35 Sn: 0,50% o menos

El Sn, una vez añadido, tiene la acción de aumentar aún más la alta resistencia a la corrosión del acero inoxidable. Si está contenido, para obtener ese efecto, se debe contener un 0,01% o más. Preferiblemente el contenido es de 0,02% o más. Por otro lado, una adición excesiva conduce a una caída en la trabajabilidad, por lo que el contenido debe ser de 0,50% o menos, preferiblemente debe ser de 0,30% o menos.

45 Además, el acero inoxidable ferrítico de alta pureza de la presente invención también puede contener, en lugar de Fe, % en masa, V: 0,20% o menos, Sb: 0,30% o menos, W: 1,0% o menos, Co: 1,0% o menos, Zr: 0,0050% o menos, REM: 0,0100% o menos, Ta: 0,10% o menos y Ga: 0,01% o menos.

V: 0,200% o menos

El V, tras su adición, tiene la acción de mejorar aún más la alta resistencia a la corrosión del acero inoxidable. Si está contenido, para obtener ese efecto, se puede incluir 0,050% o más. Preferiblemente el contenido es de 0,100% o más. Por otro lado, si está contenido en una concentración alta, se produce una caída en la tenacidad, por lo que el límite

50

superior se establece en 0,200%.

Sb: 0,30% o menos

- 5 El Sb, tras su adición, tiene la acción de mejorar aún más la alta resistencia a la corrosión del acero inoxidable, por lo que puede incluirse en un 0,01% o más. Además, ayuda a la formación de TiN para facilitar la formación de δ -Fe, por lo que las estructuras solidificadas se vuelven más finas y se mejora la resistencia a la formación de estrías. El contenido preferible para obtener estos efectos es de 0,10% o menos.

W: 1,00% o menos

- 10 El W, tras su adición, tiene la acción de mejorar aún más la alta resistencia a la corrosión del acero inoxidable. Si está contenido, para obtener ese efecto, se puede incluir 0,05% o más. Preferiblemente el contenido es de 0,25% o más. Por otra parte, el elemento es extremadamente caro, por lo que incluso si se añade excesivamente, no se puede obtener un efecto proporcional al aumento en el coste de la aleación, por lo que el límite superior se establece en 1,00%.

Co: 1,00% o menos

- 15 El Co, tras su adición, tiene la acción de mejorar aún más la alta resistencia a la corrosión del acero inoxidable. Si está contenido, para obtener ese efecto, se podrá incluir un 0,10% o más. Preferiblemente el contenido es de 0,25% o más. Por otra parte, el elemento es extremadamente caro, por lo que incluso si se añade excesivamente, no se puede obtener un efecto proporcional al aumento en el coste de la aleación, por lo que el límite superior se establece en 1,00%.

Zr: 0,0050% o menos

- 20 El Zr tiene el efecto de fijar el S, por lo que puede mejorar la resistencia a la corrosión, por lo que puede incluirse en 0,0005% o más. Sin embargo, tiene una afinidad extremadamente alta con el S, por lo que si se añade en exceso, se forman sulfuros gruesos en el acero fundido y, a la inversa, la resistencia a la corrosión disminuye. Por este motivo, el límite superior se establece en 0,0050%.

REM: 0,0100% o menos

- 25 Los REM (metales de tierras raras) tienen una alta afinidad con el S y actúan como elementos fijadores de S. Se puede esperar un efecto de inhibición de la formación de CaS, por lo que pueden incluirse en 0,0005% o más. Sin embargo, la inclusión excesiva de REM se convierte en una causa de obstrucción de las boquillas en el momento de la colada. Además, se forman sulfuros gruesos y, por el contrario, se favorece un deterioro de la resistencia a la corrosión. Por este motivo, el límite superior se establece en 0,0100%. Obsérvese que "REM" indica un total de 17 elementos compuestos por Sc, Y y los lantánidos. El contenido de los REM significa el contenido total de estos 17 elementos.

Ta: 0,10% o menos

El Ta tiene el efecto de fijar el S, por lo que puede mejorar la resistencia a la corrosión, por lo que puede incluirse en 0,01% o más. Sin embargo, una adición excesiva provoca una caída en la tenacidad, por lo que el límite superior se establece en 0,10%.

- 35 Ga: 0,0100% o menos

El Ga tiene el efecto de aumentar la resistencia a la corrosión, por lo que se puede incluir en una cantidad de 0,0100% o menos según sea necesario. El límite inferior de Ga no está particularmente establecido, pero es deseable contener 0,0001% o más cuando se obtiene un efecto estable.

Respecto a las inclusiones compuestas

- 40 En esta Descripción, las inclusiones complejas que incluyen óxidos y que tienen un eje mayor de 1 μm o más se definen como inclusiones complejas (A) e inclusiones complejas que tienen óxidos que satisfacen (Fórmula 1) a (Fórmula 3) en % en masa en las inclusiones complejas (A) se definen como inclusiones complejas (B). Sin embargo, en (Fórmula 1) a (Fórmula 3), Al_2O_3 , MgO y CaO muestran el porcentaje en masa respectivo en los óxidos.

Respecto a la composición del óxido

- 45 $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{MgO} \leq 4,0$

$\text{Al}_2\text{O}_3/\text{MgO} = 4,0$ corresponde sustancialmente a una composición de espinela pura. Las inclusiones basadas en Al_2O_3 -MgO que tienen composiciones en el intervalo de espinela pura a MgO puro actúan eficazmente para promover la formación de δ -Fe. Cuanto más cercano al MgO puro, mejor será la capacidad de formación de δ -Fe, por lo que $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{MgO}$ se obtiene $\leq 4,0$. Preferiblemente, $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{MgO} \leq 1,0$. Además, en cuanto a las condiciones bajo las cuales

ES 2 963 647 T3

se forma TiN, el TiN se forma fácilmente si la composición está en el intervalo anterior.

$$\text{Al}_2\text{O}_3/\text{MgO} \leq 4,0 \dots \text{(Fórmula 1)}$$

Concentración de CaO en Óxidos $\leq 20\%$

- 5 Si la concentración de CaO en los óxidos es alta, el punto de fusión cae y el δ -Fe no se convierte en sólido a la temperatura de solidificación o la coincidencia reticular con el δ -Fe y el TiN se vuelve deficiente. Por este motivo se eliminan los núcleos de solidificación de δ -Fe y TiN y no se puede esperar un refinamiento de las estructuras solidificadas. Cuanto menor es la concentración de CaO, más se promueve la formación de δ -Fe y TiN, por lo que el CaO se produce $\leq 20\%$. Preferiblemente, $\text{CaO} \leq 15\%$, más preferiblemente $\text{CaO} \leq 10\%$.

$$\text{CaO} \leq 20\% \dots \text{(Fórmula 2)}$$

- 10 $\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{MgO} \geq 75\%$

Es importante que los óxidos tengan una buena coincidencia reticular con δ -Fe o TiN. Si no solo CaO, sino también otros componentes además de Al_2O_3 o MgO están en gran cantidad, el punto de fusión disminuye o la estructura cristalina acaba cambiando. Por este motivo, se hace que la suma de Al_2O_3 y MgO sea 75% o más, preferiblemente 85% o más.

- 15 $\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{MgO} \geq 75\% \dots \text{(Fórmula 3)}$

Número de inclusiones complejas (B)/Número de inclusiones complejas (A) $\geq 0,70$

- 20 En inclusiones complejas que incluyen óxidos y que tienen un eje mayor de 1 μm o más, las inclusiones complejas que incluyen óxidos que no satisfacen las condiciones de (Fórmula 1) a (Fórmula 3) obstaculizan la obtención del efecto de las inclusiones complejas (B) que incluyen óxidos que satisfacen las condiciones de (Fórmula 1) a (Fórmula 3) convirtiéndose en núcleos de δ -Fe o TiN. En particular, si la razón numérica entre el número de inclusiones complejas (B) y el número de inclusiones complejas (A), incluidos los óxidos que no satisfacen las condiciones de (Fórmula 1) a (Fórmula 3), es inferior a 0,7 (70%), resulta más difícil que las inclusiones complejas (B) actúen como núcleos de δ -Fe o TiN. Por este motivo, la razón numérica entre el número de inclusiones complejas (B) y el número de inclusiones complejas (A) se hace de 0,70 (70%) o más.

- 25 Número de inclusiones complejas (B)/Número de inclusiones complejas (A) $\geq 0,70 \dots \text{(Fórmula 4)}$

Densidad numérica de inclusiones complejas (B) con un eje mayor de 2,0 a 15,0 μm : de 2 a 20/mm²

- 30 Entre las inclusiones complejas (B), las que tienen un tamaño máximo de 2 μm o más fácilmente forman núcleos de solidificación de δ -Fe. Sin embargo, si son mayores de 15 μm , se convierten en causas de defectos superficiales, por lo que el tamaño se hace de 15,0 μm o menos. Preferiblemente, es 10,5 μm o menos, más preferiblemente 5,0 μm o menos. Obsérvese que, en este caso, las "inclusiones complejas (B)" son partículas en el acero que contienen óxidos que satisfacen las condiciones de (Fórmula 1) a (Fórmula 3) y también pueden tener una forma acompañada de TiN alrededor de los óxidos. Formar inclusiones (B) de 2/mm² o más complejas con un eje mayor de 2,0 a 15,0 μm dispersadas en el acero hace que funcionen efectivamente como núcleos de solidificación, por lo que la proporción de granos equiaxiales aumenta y se mejora la resistencia a la formación de estrías. Los óxidos basados en Al_2O_3 -MgO contenidos en las inclusiones complejas (B) con un eje mayor de 2,0 a 15,0 μm tienen puntos de fusión altos en cuanto a composición y son duros. Si están presentes en grandes cantidades, fácilmente se convierten en causas de defectos superficiales y grietas. Por este motivo, el límite superior se establece en 20/mm².

$$\frac{2,44x[\%Ti]x[\%N]x\{[\%Si]+0,05x([\%Al]-[\%Mo])-0,01x[\%Cr]+0,35\}}{2,44x[\%Ti]x[\%N]x\{[\%Si]+0,05x([\%Al]-[\%Mo])-0,01x[\%Cr]+0,35\}} \geq 0,0008$$

- 40 Si la composición del acero satisface las condiciones de (Fórmula 5), el TiN se forma fácilmente alrededor de los óxidos en el acero fundido. Se confirmó que incluso si los óxidos son pequeños, debido al TiN, se asegura el tamaño y los óxidos pueden convertirse en núcleos de solidificación. Incluso si no se cumplen estas condiciones, en la chapa de acero a veces está presente TiN alrededor de los óxidos, pero generalmente precipita después de la solidificación. La contribución al refinamiento se considera limitada.

$$2,44x[\%Ti]x[\%N]x\{[\%Si]+0,05x([\%Al]-[\%Mo])-0,01x[\%Cr]+0,35\} \geq 0,0008 \dots \text{(Fórmula 5)}$$

- 45 donde, [%Ti], [%N], [%Si], [%Al], [%Mo] y [%Cr] muestran el % en masa en el acero de los elementos respectivos. Cuando no está contenido, se introduce 0.

$$250x[\%C]+2x[\%Si]+[\%Mn]+50x[\%P]+50x[\%S]+0,06x[\%Cr]+60x[\%Ti]+54x[\%Nb]+100x[\%N]+13x[\%Cu] \geq 36$$

Si la composición del acero satisface las condiciones de (Fórmula 6), δ -Fe se forma fácilmente a partir de inclusiones complejas (B) como núcleos. Además, se confirmó que una vez producido, era difícil volver a disolverlo. Por lo tanto,

al satisfacer (Fórmula 6), la frecuencia de formación de δ -Fe se vuelve más alta y la solidificación general se completa sin que el crecimiento de los núcleos avance mucho, por lo que no solo la proporción de granos equiaxiales se vuelve más alta, sino que también las estructuras se refinan más fácilmente. Por este motivo se mejora aún más la resistencia a la formación de estrías.

$$5 \quad 250x[\%C]+2x[\%Si]+[\%Mn]+50x[\%P]+50x[\%S]+0,06x[\%Cr]+60x[\%Ti]+54x[\%Nb]+100x[\%N]+13x[\%Cu] \geq 36 \quad \dots$$

(Fórmula 6)

donde, [%C], [%Si], [%Mn], [%P], [%S], [%Cr], [%Ti], [%Nb], [%N] y [% Cu] muestra el % en masa en el acero de los elementos respectivos. Cuando no está contenido, se introduce 0.

10 A continuación se explicará el método de medición de las inclusiones. Se observa una sección transversal de la chapa fina fundida o chapa gruesa de acero y se seleccionan al azar 100 o más inclusiones que incluyen óxidos y que tienen un eje mayor de 1,0 μm o más. Estos se utilizan como población. Las inclusiones contenidas en la población son analizadas por SEM-EDS y se identifican los tamaños, tipos y números de las inclusiones. En ese momento también se registra el área observada. Además, en el caso de una chapa gruesa de acero, se observa la sección transversal vertical a la dirección de laminado y se realiza la operación anterior. En el caso de la chapa gruesa de acero, las
15 inclusiones en el momento de la observación son las que se producen tras la deformación debida a los efectos del laminado, etc. En el eje mayor de la sección transversal paralela a la dirección de laminado, a menudo no es posible realizar una evaluación. Por otra parte, casi no hay deformación en la dirección de la anchura de la hoja, por lo que se cree que el eje mayor de las inclusiones observadas en una sección transversal vertical es sustancialmente el mismo que el tamaño de las inclusiones en el momento de la solidificación. Por este motivo, en el caso de chapa gruesa de
20 acero se observa la sección transversal vertical a la dirección de laminación.

A continuación se explicará el método para producir el acero inoxidable ferrítico de la presente invención. En colada el acero se ajusta a una composición predeterminada de la forma anterior, en el período inicial de refinado secundario, el Al se utiliza para la desulfuración. En esa etapa, la concentración de O en el acero fundido es de 0,0060% o menos. Debido a esto, es posible aumentar de manera estable las cantidades y proporciones de inclusiones complejas que
25 satisfacen $\text{Al}_2\text{O}_3+\text{MgO} \geq 75\%$ como se muestra en (Fórmula 3). En ese momento, también es posible desoxidar preliminarmente el acero con Si o Mn antes que con Al. Las inclusiones formadas por arrastre en el acero fundido mediante refinado primario tienen una alta concentración de CaO, por lo que se hacen flotar y se eliminan lo suficiente, luego se añade Ti o Mg. El orden de adición de Ti y Mg no es un problema. Además, el modo de adición de Mg no está particularmente limitado, pero se puede mencionar Mg metálico o Ni-Mg u otra forma de aleación. Además, se
30 puede utilizar el método de adición indirecta añadiendo MgO a la escoria de refinado y devolviendo el Mg de la escoria al acero fundido. Independientemente del modo de adición de Mg, la actividad de MgO en la escoria debería ser alta. No se determina de forma inequívoca en relación con otros componentes, pero en general debería ser de aproximadamente 0,7 respecto al MgO sólido puro. Debido a esto, es posible aumentar de manera estable las
35 cantidades y proporciones de inclusiones complejas que satisfacen $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{MgO} \leq 4$ que se muestra en (Fórmula 1) y $\text{CaO} \leq 20\%$ que se muestra en (Fórmula 2). En ese momento, es difícil medir la actividad de MgO en la escoria durante las operaciones, por lo que puede calcularse midiendo la composición de la escoria y utilizando datos termodinámicos y software comercial de cálculo termodinámico.

Haciendo que la actividad del MgO contenido en la escoria sea 0,7 o más basada en MgO sólido puro y haciendo que la composición del acero sea la composición predeterminada mencionada anteriormente, es posible aumentar las
40 cantidades y la razón numérica de las inclusiones complejas que satisfacen $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{MgO} \leq 4$ que se muestra en (Fórmula 1) y $\text{CaO} \leq 20\%$ que se muestra en (Fórmula 2). Medir la actividad del MgO en el momento de la operación es difícil, por lo que es suficiente medir la composición de la escoria y comparar los resultados con datos termodinámicos o calcular la cantidad utilizando un software de cálculo termodinámico de uso general.

Al desoxidar el acero con Al en la etapa inicial del refinado secundario para reducir el O en el acero fundido en esa
45 etapa a 0,0060% o menos y finalmente hacerlo a 0,0050% o menos, la concentración de óxidos inferiores no llega a ser tan alta y es posible aumentar la cantidad de inclusiones y la razón numérica de modo que se satisfaga $\text{Al}_2\text{O}_3+\text{MgO} > 75\%$ mostrado en (Fórmula 3).

El acero fundido con composiciones o cantidades de inclusiones ajustadas se cuela mediante colada continua para
50 obtener el acero inoxidable ferrítico de la presente invención. Luego se lamina en caliente o en frío, etc., para su uso en diversos productos. Sin embargo, el método de producción de la presente invención no se limita a esto. Puede establecerse adecuadamente dentro de un intervalo en el que se obtiene el acero inoxidable según la presente invención.

Ejemplos

55 En el refinado secundario, se utilizaron Al, etc. para desoxidar el acero y ajustar la escoria, se añadieron metales Mg y aleaciones de Mg, aleaciones de Ti, etc. para controlar la composición y las cantidades y composiciones de las inclusiones durante la colada, y el acero fundido que tenía la composición mostrada en la Tabla 1 se fundió mediante una máquina de colada continua y se laminó en caliente. Para el MgO en la escoria en el momento del refinado

secundario, la actividad basada en el sólido de MgO puro se muestra conjuntamente en la Tabla 1. Además, la chapa de acero laminada en caliente se recoció y decapó, luego se laminó en frío, se recoció y decapó para producir de ese modo la chapa laminada en frío de 1,0 mm de espesor que luego se usó para medir las inclusiones y medir la altura de las estrías. Obsérvese que, como se explica más adelante, en algunos ejemplos, la colada se detuvo a la mitad.

- 5 Para la composición de las inclusiones, se creó como superficie observada una sección transversal de la chapa laminada en frío vertical a la dirección de laminación. Se seleccionaron al azar 100 inclusiones que incluían óxidos y que tenían un eje mayor de 1,0 μm o más y se midieron el eje mayor y la composición de las partes de óxido mediante SEM-EDS. En ese momento, se registró el área observada y se calculó la densidad numérica. La altura de las estrías se midió obteniendo una probeta de tracción del n.º 5 basada en JIS Z2241 y aplicando una tensión de tracción del 15% en la dirección de laminación. Después de la tensión, se obtuvo un perfil de relieve mediante un rugosímetro para el centro en la parte paralela de la probeta. A partir del perfil en relieve se definió como altura de caballete el valor máximo de la longitud en la dirección del espesor de la chapa entre los puntos superiores de las partes salientes contiguas y las partes encastradas (altura del relieve). La altura de las estrías se utilizó para clasificar la resistencia de las estrías de la siguiente manera. Una altura de estría de menos de 10 μm se denotó como excelente AA, A y B (pasa).

AA: menos de 3 μm , A: menos de 5 μm , B: menos de 10 μm , C: menos de 20 μm , D: 20 μm o más

- 20 Como se muestra en la Tabla 2, los materiales de ensayo B1 a B21 tenían una composición de acero y cantidades de inclusiones complejas y proporciones numéricas que satisfacían la presente invención. Las resistencias a la corrosión fueron aseguradas mientras que las resistencias a la formación de estrías también fueron excelentes. Las cantidades activas de MgO en la escoria en el momento del refinado secundario eran 0,7 o más.

El material de ensayo b1 tenía una baja concentración de O. Por este motivo, en la cantidad de inclusiones complejas (B), la cantidad de inclusiones complejas con un eje mayor de 2 a 15 μm que se convirtieron en núcleos para granos equiaxiales no satisfizo la densidad numérica, por lo que se produjeron grandes estrías. Además, la concentración de N era alta y la trabajabilidad también era pobre.

- 25 El material de ensayo b2 tenía una concentración baja de Al y una concentración alta de O. Por este motivo, la concentración de óxidos inferiores aumentó y hubo muchas inclusiones que no satisfacían (Fórmula 1) o (Fórmula 3). (Fórmula 4) no pudo satisfacerse. Por este motivo se produjeron estrías. Además, la desulfuración también fue insuficiente y la concentración de S era alta, por lo que también se produjo corrosión debido a inclusiones basadas en sulfuro.

- 30 El material de ensayo b3 tenía una alta concentración de Ca, tenía muchas inclusiones que no satisfacían (Fórmula 2) y no satisfacían (Fórmula 4). Además, en las inclusiones complejas (B), la cantidad de inclusiones complejas con un eje mayor de 2 a 15 μm que se convirtieron en núcleos para granos equiaxiales tampoco satisfizo la densidad numérica. Por este motivo se produjeron grandes estrías. Además, la concentración de Si era alta y la trabajabilidad también era pobre.

- 35 El material de ensayo b4 tenía una baja actividad de MgO en la escoria, por lo que la concentración de Mg era baja. Hubo muchas inclusiones que no satisfacían (Fórmula 1) o (Fórmula 3). (Fórmula 4) no pudo satisfacerse. Además, en las inclusiones complejas (B), la cantidad de inclusiones complejas con un eje mayor de 2 a 15 μm que se convirtieron en núcleos para granos equiaxiales tampoco satisfizo la densidad numérica. Por este motivo se produjeron grandes estrías. Además, la concentración de Mn y la concentración de Cr eran altas y la trabajabilidad también era pobre.

El material de ensayo b5 tenía una alta concentración de Ti y se formó con una gran cantidad de TiN antes de la colada, por lo que se obstruyó la boquilla y no fue posible la colada (la colada se suspendió a la mitad del proceso).

- 45 El material de ensayo b6 tenía una alta concentración de Al, concentración de Ca y concentración de Mg y también tenía una concentración algo alta de O, por lo que se formó una gran cantidad de inclusiones y la densidad del número de inclusiones complejas (B) fue extremadamente grande. Sin embargo, también hubo muchas inclusiones que no satisfacían (Fórmula 1). (Fórmula 4) no se satisfizo, por lo que se produjeron estrías. Además, se causaron numerosos defectos superficiales debido a la gran cantidad de inclusiones basadas en Al_2O_3 -MgO.

[Tabla 1]

Acero n.º	Composición química (% en masa)																	F (5) izquierda	F (6) izquierda	Actividad de MgO	Observ.		
	C	Si	Mn	P	S	Cr	Al	Ti	O	N	Ca	Mg	B	Nb	Mo	Ni	Cu					Sn	Otro elemento
A1	0.009	0.18	0.24	0.025	0.0066	18.1	0.12	0.20	0.0014	0.016	0.0010	0.0029			1.7					0.00205	18	0.923	
A2	0.006	0.28	0.22	0.031	0.0028	14.0	0.13	0.21	0.0007	0.011	0.0007	0.0024	0.0005	0.26	1.8					0.00221	32	0.852	
A3	0.007	0.02	0.27	0.040	0.0008	13.8	0.12	0.28	0.0035	0.017	0.0014	0.0004					0.2	0.27		0.00292	25	0.709	
A4	0.007	0.13	0.20	0.038	0.0069	12.7	0.15	0.12	0.0027	0.007	0.0006	0.0013	0.0019			0.1				0.00078	13	0.739	
A5	0.002	0.29	0.07	0.018	0.0080	15.3	0.12	0.13	0.0020	0.018	0.0001	0.0017			0.7					0.00256	12	0.838	
A6	0.001	0.08	0.27	0.016	0.0051	10.2	0.06	0.06	0.0046	0.009	0.0006	0.0028					1.4	0.47		0.00042	25	0.894	
A7	0.005	0.29	0.00	0.036	0.0002	20.8	0.16	0.05	0.0029	0.007	0.0013	0.0013	0.49	1.3				0.35		0.00029	34	0.843	
A8	0.006	0.11	0.13	0.020	0.0067	18.2	0.02	0.20	0.0041	0.006	0.0005	0.0024		0.3						0.00072	16	0.940	
A9	0.001	0.17	0.26	0.015	0.0012	16.6	0.19	0.07	0.0013	0.013	0.0007	0.0017	0.0003	0.5						0.00073	7	0.923	
A10	0.002	0.10	0.23	0.038	0.0096	15.8	0.12	0.02	0.0031	0.006	0.0006	0.0023	0.0010			0.4	0.9			0.00008	16	0.862	
A11	0.007	0.21	0.08	0.032	0.0095	15.0	0.04	0.29	0.0038	0.014	0.0007	0.0012	0.0005	0.24	0.9			0.27		0.00372	37	0.802	
A12	0.003	0.20	0.28	0.030	0.0024	14.2	0.02	0.11	0.0008	0.008	0.0009	0.0005	0.0007	0.58						0.00090	42	0.724	
A13	0.005	0.18	0.09	0.038	0.0081	12.0	0.12	0.09	0.0047	0.010	0.0006	0.0016		1.0			1.4			0.00080	29	0.894	
A14	0.004	0.08	0.10	0.020	0.0052	10.5	0.16	0.24	0.0029	0.019	0.0008	0.0029	0.0017			0.3		0.48		0.00373	19	0.993	
A15	0.004	0.13	0.07	0.017	0.0037	18.1	0.09	0.25	0.0022	0.007	0.0014	0.0009	0.0002	0.47						0.00127	44	0.758	
A16	0.009	0.29	0.18	0.036	0.0002	20.7	0.05	0.07	0.0005	0.009	0.0010	0.0004	0.0017	0.12			1.4	0.03		0.00064	35	0.706	
A17	0.007	0.08	0.11	0.022	0.0074	19.5	0.18	0.07	0.0038	0.016	0.0009	0.0028	0.48							0.00064	35	0.869	
A18	0.005	0.07	0.07	0.028	0.0008	17.2	0.08	0.21	0.0021	0.012	0.0003	0.0014	0.0017	0.25	1.3					0.00116	31	0.756	
A19	0.002	0.12	0.11	0.014	0.0012	16.1	0.04	0.18	0.0030	0.011	0.0002	0.0006		0.3			1.9			0.00144	38	0.736	
A20	0.008	0.28	0.21	0.027	0.0014	20.2	0.05	0.03	0.0024	0.018	0.0004	0.0005		0.51	0.5		0.2		Co:0.6%, Ga:0.006%	0.00053	39	0.784	
A21	0.009	0.05	0.28	0.032	0.0032	16.5	0.11	0.12	0.0009	0.010	0.0003	0.0007	0.0005				1.9	0.11	W:0.7%, Zr:0.0013%	0.00070	38	0.801	
A22	0.002	0.07	0.18	0.021	0.0066	17.0	0.18	0.02	0.0009	0.018	0.0003	0.0016						0.38	REM:	0.00025	6	0.821	
A23	0.007	0.20	0.08	0.035	0.0069	11.9	0.15	0.11	0.0044	0.006	0.0001	0.0012		0.11			1.6	0.24	V:0.17%, Sb:0.18%	0.00067	38	0.714	
A24	0.005	0.18	0.28	0.011	0.0040	10.8	0.09	0.16	0.0046	0.012	0.0008	0.0023			14				Ta:0.009%	0.00167	14	0.945	
a1	0.003	0.16	0.18	0.045	0.0063	9.7	0.208	0.16	0.0044	0.007	0.0017	0.0035	0.58	0.5		1.3	2.0			0.00109	72	0.942	
a2	0.007	0.03	0.33	0.038	0.0023	21.2	0.135	0.15	0.0026	0.013	0.0007	0.0002		1.5		0.8	0.1			0.00042	16	0.418	
a3	0.003	0.09	0.10	0.039	0.0113	11.7	0.007	0.06	0.0068	0.010	0.0012	0.0005	0.51	0.8		1.3				0.00047	36	0.550	
a4	0.005	0.12	0.13	0.028	0.0014	14.7	0.223	0.13	0.0004	0.023	0.0008	0.0023	0.0005				1.4	0.25		0.00227	32	0.637	
a5	0.015	0.17	0.28	0.039	0.0099	13.2	0.176	0.32	0.0044	0.012	0.0006	0.0008		1.7						0.00288	27	0.563	
a6	0.003	0.34	0.21	0.006	0.0051	15.5	0.065	0.16	0.0033	0.009	0.0021	0.0026	0.31				1.4			0.00182	48	0.704	

[Tabla 2]

	Notación	Acero n.º	Razón numérica entre óxidos compuestos (A) y óxidos compuestos (B) de eje mayor de 1 µm o más (Número de B/Número de A)	Densidad numérica de óxidos compuestos de eje mayor de 2 a 15 µm entre óxidos compuestos de eje mayor de 1 µm o más (B) (/mm ²)	Evaluación de propiedades: resistencia a la formación de estrías	Observaciones
Ejemplo	B1	A12	0,81	3,9	AA	
	B2	A7	0,74	2,8	B	
	B3	A18	0,72	17,1	A	
	B4	A17	0,85	2,2	B	
	B5	A13	0,85	19,6	A	
	B6	A8	0,71	14,5	B	
	B7	A6	0,94	12,3	B	
	B8	A1	0,91	4,2	A	
	B9	A2	0,88	5,6	A	
	B10	A3	0,79	13,4	A	
	B11	A4	0,94	8,8	B	
	B12	A5	0,93	5,5	A	
	B13	A9	0,80	2,9	B	
	B14	A10	0,91	16,5	B	
	B15	A11	0,75	7,4	AA	
	B16	A14	0,89	10,1	A	
	B17	A15	0,90	18,7	AA	
	B18	A16	0,85	2,4	B	
	B19	A19	0,88	5,5	AA	
	B20	A24	0,90	16,2	A	
	B21	A21	0,84	13,0	A	
	B22	A23	0,92	18,5	A	
	B23	A20	0,78	6,0	A	
	B24	A22	0,89	3,3	B	
Ejemplo comparativo	b1	a4	0,75	1,2	C	
	b2	a3	0,56	2,4	C	
	b3	a6	0,45	1,4	D	
	b4	a2	0,53	1,2	D	
	b5	a5	-	-	-	Producción suspendida debido a la obstrucción de las boquillas causada por un alto nivel de Ti y una gran cantidad de formación de TiN
	b6	a1	0,61	26,7	C	

Aplicabilidad industrial

El acero según la presente invención se puede utilizar para vehículos, electrodomésticos y otros tipos de productos industriales. En particular, puede utilizarse para productos industriales con un alto grado de atractivo estético.

REIVINDICACIONES

1. Acero inoxidable ferrítico con excelente resistencia a la formación de estrías que tiene una composición que consiste en, en % en masa,
- C: de 0,001 a 0,010%,
- 5 Si: 0,30% o menos,
- Mn: 0,30% o menos,
- P: 0,040% o menos,
- S: 0,0100% o menos,
- Cr: de 10,0 a 21,0%,
- 10 Al: de 0,010 a 0,200%,
- Ti: de 0,015 a 0,300%,
- O: de 0,0005 a 0,0050%,
- N: de 0,001 a 0,020%,
- Ca: 0,0015% o menos, y
- 15 Mg: de 0,0003% a 0,0030%, que continúe además, opcionalmente, en % en masa, uno o más de
- B: 0,0020% o menos,
- Nb: 0,60% o menos,
- Mo: 2,0% o menos,
- Ni: 2,0% o menos,
- 20 Cu: 2,0% o menos,
- Sn: 0,50% o menos
- V: 0,200% o menos,
- Sb: 0,30% o menos,
- W: 1,00% o menos,
- 25 Co: 1,00% o menos,
- Zr: 0,0050% o menos,
- REM: 0,0100% o menos,
- Ta: 0,10% o menos, y
- Ga: 0,0100% o menos, y
- 30 siendo el resto Fe e impurezas, acero en el que,
- en donde las inclusiones complejas que incluyen óxidos y que tienen un eje mayor de 1 μm o más se definen como inclusiones complejas A y
- definen inclusiones complejas que satisfacen la Fórmula 1 a la Fórmula 3 en dichas inclusiones complejas A como inclusiones complejas B,
- 35 una razón numérica del número de dichas inclusiones complejas B al número de dichas inclusiones complejas A satisface la Fórmula 4, y
- entre dichas inclusiones complejas B, una densidad numérica de inclusiones complejas que tienen un eje mayor de 2 μm o más y 15 μm o menos es $2/\text{mm}^2$ o más y $20/\text{mm}^2$ o menos:

$$\text{Al}_2\text{O}_3/\text{MgO} \leq 4 \dots \text{Fórmula 1}$$

ES 2 963 647 T3

CaO \leq 20% ... Fórmula 2

Al₂O₃+MgO \geq 75% ... Fórmula 3

Número de inclusiones complejas B/Número de inclusiones complejas A \geq 0,70 ... Fórmula 4

5 donde, en la Fórmula 1 a la Fórmula 3, Al₂O₃, MgO y CaO indican el % en masa respectivo en los óxidos, en donde las inclusiones se miden según la descripción.

2. Acero inoxidable ferrítico con excelente resistencia a la formación de estrías según la reivindicación 1, en donde dichas inclusiones complejas A contienen TiN y dicha composición química satisface la Fórmula 5:

$2,44x[\%Ti]x[\%N]x\{[\%Si]+0,05x([\%Al]-[\%Mo])-0,01x[\%Cr]+0,35\}\geq 0,0008$... (Fórmula 5)

donde, [%Ti], [%N], [%Si], [%Al], [%Mo] y [%Cr] muestran el % en masa de los elementos respectivos en el acero.

10 3. Acero inoxidable ferrítico con excelente resistencia a la formación de estrías según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 2, en el que dicha composición química satisface la Fórmula 6:

$250x[\%C]+2x[\%Si]+[\%Mn]+50x[\%P]+50x[\%S]+0,06x[\%Cr]+60x[\%Ti]+54x[\%Nb]+100x[\%N]+13x[\%Cu]\geq 36$... (Fórmula 6)

15 donde, [%C], [%Si], [%Mn], [%P], [%S], [%Cr], [%Ti], [%Nb], [%N] y [%Cu] muestran el % en masa de los elementos respectivos en el acero. Cuando no está contenido, se introduce 0.