



19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

11 Número de publicación: **2 357 303**

51 Int. Cl.:  
**C22C 38/26** (2006.01)  
**C22C 38/28** (2006.01)  
**C21D 8/02** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **04012345 .7**  
96 Fecha de presentación : **25.05.2004**  
97 Número de publicación de la solicitud: **1484424**  
97 Fecha de publicación de la solicitud: **08.12.2004**

54 Título: **Chapa de acero inoxidable ferrítico con excelente conformado por presión y conformado secundario y su método de fabricación.**

30 Prioridad: **04.06.2003 JP 2003-159275**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:  
**25.04.2011**

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:  
**25.04.2011**

73 Titular/es: **NISSHIN STEEL Co., Ltd.**  
**4-1 Marunouchi 3-chome**  
**Chiyoda-ku, Tokyo 100-8366, JP**

72 Inventor/es: **Hideshima, Yasutoshi;**  
**Hiramatsu, Naoto y**  
**Tomimura, Kouki**

74 Agente: **Elzaburu Márquez, Alberto**

ES 2 357 303 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).

# ES 2 357 303 T3

## DESCRIPCIÓN

Chapa de acero inoxidable ferrítico con excelente conformado por presión y conformado secundario y su método de fabricación.

5

La presente invención se refiere a una chapa de acero inoxidable ferrítico, que se puede conformar por presión hasta un perfil predeterminado sin defectos tales como pobre circularidad y torsión, y luego realizar un conformado secundario hasta un perfil final con buena extrusión en caliente, y también se refiere a un método para fabricarla.

10

Los aceros inoxidables ferríticos, representados por SUS430 y SUS430LX, se han usado hasta ahora en diversos campos, por ejemplo en bienes de consumo duraderos, debido a su resistencia a la corrosión y a su poco valor, comparados con los aceros inoxidables austeníticos que contienen Ni como elemento caro. Las condiciones para conformar por presión una chapa de acero inoxidable ferrítico hasta dar un perfil del producto se hacen cada vez más severas a medida del desarrollo de su aplicación. Una chapa conformada por presión, con frecuencia se conforma secundariamente para la extrusión de, por ejemplo, un orificio. En respuesta al desarrollo de la aplicación, hay una gran demanda de suministro de una nueva chapa de acero inoxidable ferrítico, que sea bastante excelente en su capacidad de conformado, comparada con las chapas de aceros inoxidables ferríticos convencionales, y de manera que se conforme hasta dar un perfil del producto sin defectos, incluso bajo condiciones severas.

15

20

Hay muchos informes sobre la capacidad de conformado de las chapas de acero inoxidable ferrítico. Una mejora representativa es la adición tanto de Ti como de Nb para la estabilización del C y del N disueltos como carbonitruros. Además, el documento JP2000-192199A muestra la distribución de las inclusiones de magnesio, que son eficaces en la propiedad de evitar la formación de estrías, en un acero inoxidable ferrítico que contenga a la vez Ti y Nb. El documento JP8-26436B (JP-A-51086015) muestra la combinación de condiciones de laminado en caliente, que están diseñadas para la mejora del valor de Lankford (r) como un índice de la capacidad de conformado, con la adición de Ti y Nb.

25

30

La capacidad de fijación de la forma y la capacidad de realizar un conformado secundario en una chapa de acero inoxidable con un conformado primario, que será conformada hasta un perfil final, son también factores importantes, así como el valor de Lankford (r) y la propiedad de evitar la formación de estrías.

35

Por lo general, una chapa de acero inoxidable ferrítico es inferior en cuanto a la capacidad de conformado que una chapa de acero inoxidable austenítico. Específicamente, se reduce significativamente el espesor en el estado de conformado primario, y la reducción del espesor es anisótropa. Por lo tanto, la exactitud dimensional, como por ejemplo la circularidad, se hace peor a medida que las condiciones de conformado son más severas, cuando la chapa de acero inoxidable ferrítico se conforma por presión hasta un perfil cilíndrico. La desviación del espesor en el estado de conformado primario conduce a una seria degradación de la capacidad de conformado secundario, como por ejemplo la extrusión de un orificio.

40

En el caso en el que la chapa de acero inoxidable ferrítico mantenga una alta exactitud dimensional (por ejemplo, circularidad, derecha, y anti-torsión), así como una capacidad de conformado secundario en un estado de conformado por presión, se puede usar una chapa de acero inoxidable ferrítico barato como parte o miembro de una chapa de acero inoxidable austenítico caro, que se haya usado en vista de las severas condiciones de conformado.

45

El documento GP-A2-1308532 describe una chapa de acero ferrítico fabricada por laminación en caliente, recocido, opcionalmente una doble laminación en frío y recocido intermedio, y recocido final adecuado para sufrir embutición y tener resistencia a la fragilidad para un tratamiento secundario, el acero posee un tamaño de grano controlado y carbonitruros de Nb y de Ti.

50

La presente invención tiene por objetivo la provisión de una chapa de acero inoxidable ferrítico mejorado en la exactitud dimensional y en la capacidad de conformado secundario, en un estado de conformado por presión controlando el tamaño de las partículas y la distribución de los precipitados que están dispersos en la matriz del acero.

55

La presente invención, como se define en la reivindicación 1, propone una nueva chapa de acero inoxidable ferrítico, que consta de 0,02% en masa, o menos, de C; 0,8% en masa, o menos, de Si; 1,5% en masa, o menos, de Mn; 0,050% en masa, o menos, de P; 0,01% en masa, o menos, de S; 8,0-35,0% en masa de Cr; 0,05% en masa, o menos, de N; 0,05-0,40% en masa de Ti; 0,10-0,50% en masa de Nb, opcionalmente uno o más seleccionado del grupo consistente en 0,5% en masa, o menos, de Ni; 3,0% en masa, o menos, de Mo; 2,0% en masa, o menos, de Cu; 0,3% en masa, o menos, de V; 0,3% en masa, o menos, de Zr; 0,3% en masa, o menos, de Al; y 0,0100% en masa, o menos, de B, y siendo el resto Fe excepto las inevitables impurezas, con un producto de (%Ti × %Nb) inferior a 0,005. Su estructura metalúrgica está definida por la distribución de precipitados de 0,15 μm o más, de el tamaño de partícula, excepto el TiN, a razón de 5.000-50.000/mm<sup>2</sup>.

60

65

La chapa de acero inoxidable ferrítico se fabrica como se describe en la reivindicación 2, y en particular como sigue:

Se cuela un acero fundido con una composición predeterminada para formar un planchón. Se lamina en caliente el plantón hasta obtener una chapa de acero con una temperatura final de 800°C o menos, y se hace un recocido a 450-

## ES 2 357 303 T3

1080°C. La chapa de acero laminada en caliente y recocida es sometida a decapado y a laminado en frío junto con al menos un recocido intermedio dentro de un intervalo de temperatura de que va desde (la temperatura de acabado-recristalización -100°C) a (la temperatura de acabado-recristalización). La chapa de acero laminada en frío es sometida por último a un recocido final a una temperatura de 1080°C o inferior.

5

La chapa de acero laminada en caliente puede ser recocida durante un periodo de tiempo predeterminado de una hora, o más corto. El recocido intermedio y el recocido final se pueden llevar a cabo en un horno de recocido continuo durante un minuto o menos.

10 La Figura 1 es una vista para explicar la circularidad de una chapa de acero, que está conformada cilíndricamente mediante una prensa multiplatos.

15 Los inventores han investigado y examinado las condiciones de fabricación de chapas de acero inoxidable ferrítico para la mejora de la exactitud dimensional (por ejemplo, la circularidad, derecha, y torsión) desde diversos aspectos, y descubrieron que la circularidad y la capacidad de conformado secundario de una chapa de acero conformada por presión están bastante afectadas por la forma y la distribución del TiN y otros precipitados en un estado de recocido. Los inventores parten de la base del descubrimiento de que las propiedades que se persiguen se imparten a la chapa de acero inoxidable ferrítico controlando adecuadamente la forma y la distribución de los precipitados. La formación de los precipitados para la forma y la distribución adecuadas para el fin que se persigue se lleva a cabo añadiendo tanto el Ti como el Nb al acero inoxidable ferrítico, en un valor superior a la relación estequiométrica para la estabilización del C y del N como carbonitruros y sometiendo al acero inoxidable ferrítico a un tratamiento termomecánico óptimo.

20 Los efectos de la forma y la distribución de los precipitados sobre la capacidad de conformado por presión y la exactitud dimensional se pueden explicar como sigue:

25

El C y el N, en un acero inoxidable ferrítico, están precipitados en su mayor parte como carbonitruros por la adición de Ti y Nb. Los carbonitruros precipitados, excepto el TiN, se vuelven a conforman sustancialmente hasta dar partículas muy finas en el proceso de fabricación que va desde recocer una chapa de acero laminada en caliente, pasando por un laminado en frío, hasta un recocido final. Las partículas finas permiten el crecimiento predominante de los granos recristalizados con una cierta orientación sin acción de anclaje cuando la chapa de acero fabricada es recocida para su recristalización, dando como resultado la formación de una estructura mixta de grano anisótropo. La anisotropía da lugar a la concentración de tensiones a lo largo de una cierta dirección durante el conformado primario de una chapa de acero y empeora la capacidad de conformado por presión y la exactitud dimensional de la chapa de acero.

35

Es de esperar la acción de anclaje durante el recocido de recristalización por la distribución de los precipitados que tienen un tamaño de partícula superior a un cierto valor. La acción de anclaje suprime el crecimiento orientativo de grano o el crecimiento hasta dar granos gruesos, para mejorar la isotropía y la exactitud dimensional de una chapa de acero conformada por presión. Los efectos de la acción de anclaje sobre la capacidad de conformado por presión y la exactitud dimensional vienen indicados, típicamente, por la distribución de los precipitados de 0,15  $\mu\text{m}$ , o más, en el tamaño de partículas, excepto el TiN, a razón de 5.000-50.000/mm<sup>2</sup>, como se reconoce en los posteriores ejemplos.

40

Entre los precipitados, el TiN es perjudicial para la capacidad de conformado por presión y para la exactitud dimensional. De hecho, una chapa de acero, que tiene un producto de (%Ti  $\times$  %Nb) superior a 0,005, se agrieta en un estado de conformado por presión. En los puntos de partida de las grietas se observan partículas gruesas de TiN, que han crecido hasta dar una forma cúbica. El resultado de la observación nos dice que las deformaciones se concentran en los vértices cúbicos durante el conformado por presión, e induce a la formación de microgrietas. La concentración de deformaciones y la formación de microgrietas alrededor de las partículas de TiN son desfavorables para la extrusión de orificios en una etapa de conformado secundario.

50

La chapa de acero inoxidable ferrítico de la invención contiene componentes aleantes en relaciones predeterminadas, como sigue:

55 *0,02% en masa, o menos, de C*

El C se convierte en carburos eficaces para el crecimiento aleatorio de los granos ferríticos recristalizados en la etapa de recocido final, pero degrada la capacidad de conformado de la chapa de acero debido a su efecto de endurecimiento. La precipitación de los carburos origina también una inferior resistencia a la corrosión. A este respecto, el contenido de C se controla a un nivel lo más bajo posible, es decir 0,02% en masa, o menos, para la capacidad de conformado y la resistencia a la corrosión. El contenido de C se reduce, preferiblemente, al 0,015% en masa, o menos, para la mejora de la capacidad de conformado secundario. Sin embargo, la reducción del contenido de C hasta un nivel extremadamente más bajo necesita una operación de refinado a largo plazo y eleva el coste de la fabricación del acero. Por lo tanto, se determina un límite inferior del contenido de C, preferiblemente, en el 0,001% en masa. La definición del límite inferior asegura el efecto de los carburos sobre el crecimiento aleatorio de los granos ferríticos recristalizados en la etapa de recocido final.

65

## ES 2 357 303 T3

0,8% en masa, o menos, de Si

5 El Si es un componente aleante que se añade como un agente desoxidante durante un proceso de fabricación del acero, pero tiene un fuerte efecto de endurecimiento de la solución sólida. El Si en exceso, por encima del 0,8% en masa, endurece desfavorablemente la chapa de acero, dando como resultado una pobre ductilidad. Un límite superior del contenido de Si se determina, preferiblemente, en el 0,5% en masa, de cara a la ductilidad y a la capacidad de conformado.

10 1,5% en masa, o menos, de Mn

15 El Mn no endurece tanto la chapa de acero debido a que su efecto de endurecimiento de la solución sólida es más débil que el del Si. Sin embargo, un exceso de Mn, por encima del 1,5% en masa, origina la descarga de humos de manganeso durante el proceso de fabricación del acero, dando como resultado una pobre productividad.

0,050% en masa, o menos, de P

20 El P es perjudicial sobre la capacidad de trabajo en caliente, de forma que su límite superior se determina en el 0,050% en masa.

0,01% en masa, o menos, de S

25 El S es un elemento perjudicial que se segrega en los límites de grano y fragiliza los límites de grano. Estos defectos se pueden suprimir controlando el contenido de S hasta un 0,01% en masa, o menos.

8,0-35,0%, en masa, de Cr

30 Se controla el contenido de Cr a un 8,0% en masa, o más, para asegurar la resistencia a la corrosión de un acero inoxidable. Sin embargo, la tenacidad y la capacidad de conformado del acero inoxidable empeora a medida que aumenta el contenido de Cr de forma que se determina el límite superior del contenido de Cr en el 35,0% en masa. El contenido de Cr se controla, preferiblemente, en el 20% en masa, o menos, para una mejora adicional de la ductilidad y de la capacidad de conformado secundario.

0,05% en masa, o menos, de N

40 El N se convierte en nitruros eficaces para el crecimiento aleatorio de los granos ferríticos recristalizados en una etapa de recocido final, pero tienen un efecto de endurecimiento. Ya que el exceso de N degrada la ductilidad de la chapa de acero, se controla el contenido de N en un nivel lo más bajo posible, es decir el 0,05% en masa, o menos. El contenido de N se controla, preferiblemente, al 0,02% en masa, o menos, para una mejora adicional de la ductilidad y de la capacidad de conformado secundario. Sin embargo, la reducción del contenido de N hasta un nivel extremadamente más bajo necesita una operación de refinado a largo plazo y eleva el coste de fabricación del acero. Por lo tanto, se determina un límite inferior del contenido de N, preferiblemente, en el 0,001% en masa. La definición del límite inferior asegura el efecto de los nitruros sobre el crecimiento aleatorio de los granos ferríticos recristalizados en la etapa de recocido final.

0,05-0,40%, en masa, de Ti

50 El Ti es un componente aleante que estabiliza el C y el N como carbonitruros para la capacidad de conformado y la resistencia a la corrosión. Este efecto se observa de forma evidente con un contenido de Ti del 0,05% en masa o más. Sin embargo, el titanio en exceso, por encima del 0,40% en masa, conduce a una elevación del coste del acero e induce a defectos superficiales originados en las inclusiones de titanio.

0,10-0,50%, en masa, de Nb

60 El Nb, que tiene el mismo efecto que el Ti sobre la estabilización del C y del N, es un componente esencial para la precipitación de inclusiones de niobio de 0,15  $\mu\text{m}$ , o más, de tamaño de partícula, excepto el TiN. Las inclusiones de niobio están compuestas, probablemente, de carburos y  $\text{Fe}_2\text{Nb}$ . Un contenido de Nb del 0,10% en masa, o más, es necesario para la precipitación de estas inclusiones de niobio. Sin embargo, un exceso de Nb, por encima del 0,50%, origina la precipitación exagerada y eleva desfavorablemente la temperatura de recristalización del acero inoxidable ferrítico.

## ES 2 357 303 T3

0,50% en masa, o menos, de Ni

5 El Ni es un elemento opcional para la tenacidad de la chapa de acero laminada en caliente y para la resistencia a la corrosión. Pero la adición, en exceso, de Ni eleva el coste del material y endurece la chapa de acero, de forma que se determina un límite superior del contenido de Ni en el 0,5% en masa.

3,0% en masa, o menos, de Mo

10 El Mo es un elemento opcional para la resistencia a la corrosión, pero un exceso de Mo, por encima del 3,0% en masa, es desfavorable para su capacidad de trabajado en caliente.

2,0% en masa, o menos, de Cu

15 El Cu es un elemento opcional, que con frecuencia se incluye en el acero inoxidable procedente de chatarras, durante un proceso de fabricación del acero. Ya que el exceso de Cu origina una pobre tenacidad y la degradación de la capacidad de trabajado en caliente, se controla el contenido de Cu en el 2,0% en masa, como máximo.

0,3% en masa, o menos, cada uno, de V y Zr

20 El V y el Zr son elementos opcionales. El V fija el C libre como carburo en una matriz de acero de cara a la capacidad de conformado, mientras que el Zr captura el O libre de cara a la capacidad de conformado y a la tenacidad. Sin embargo, necesariamente hay que evitar la adición en exceso de V o de Zr de cara a la productividad. En este sentido, se determina un límite superior, para cada uno de ellos, V y Zr, en el 0,3% en masa.

0,3% en masa, o menos, de Al

30 El Al es un elemento opcional que se añade como un agente desoxidante en el proceso de fabricación del acero. Sin embargo, un exceso de Al, por encima del 0,3% en masa, origina un aumento de las inclusiones no metálicas, que dan como resultado una pobre tenacidad y defectos superficiales.

0,0100% en masa, o menos, de B

35 El B es un elemento opcional que estabiliza el N y mejora la resistencia a la corrosión y la capacidad de conformado de un acero inoxidable. Los efectos del B se ponen de manifiesto de forma evidente con el 0,0010% en masa, o más, pero un exceso de B, por encima del 0,100%, es perjudicial para la capacidad de trabajado en caliente y para la soldabilidad.

45 El Ca, Mg, Co, los REM (metales de tierras raras), etc., distintos a los anteriores elementos, se pueden incluir a partir de las chatarras durante la fabricación del acero. Estos elementos no aportan efectos significativos sobre la circularidad de la chapa acero embutida o sobre la exactitud dimensional de una chapa de acero conformada por presión, a no ser que estén incluidos en proporciones extraordinarias.

$(\%Ti \times \%N) < 0,005$

50 El TiN crece hasta dar partículas gruesas, o forma conglomerados a medida que aumenta  $(\%Ti \times \%N)$ . Las partículas gruesas o los conglomerados de TiN promueven la acumulación de deformaciones durante el conformado primario, dando como resultado la formación de microgrietas en un paso inicial de la etapa de estirado. Estos efectos perjudiciales de las partículas gruesas o de los conglomerados de TiN se eliminan mediante el control de  $(\%Ti \times \%N)$  a un valor inferior de 0,005, como se reconoce en los ejemplos posteriores.

Una tasa de distribución de los precipitados, excepto el TiN, de 0,15  $\mu\text{m}$ , o más, de tamaño de partícula, de 5000 a 50000/ $\text{mm}^2$

60 Los precipitados de carburo y de nitruro de 0,15  $\mu\text{m}$ , o más, de tamaño de partícula tienen una acción de anclaje para suprimir el crecimiento de grano orientativo y también el crecimiento hasta dar granos gruesos, para mejorar la isotropía de la chapa de acero inoxidable, la circularidad en un estiramiento cilíndrico y la exactitud dimensional en un estado de conformado por presión.

65 Los precipitados son carburos y nitruros de Ti y Nb, fase de Laves y sus mezclas. Las partículas de TiN, que precipitan en forma cúbica, están excluidas de los precipitados eficaces para la capacidad de conformado por presión y para la exactitud dimensional, ya que las partículas cúbicas de TiN son susceptibles de concentrar deformaciones en

## ES 2 357 303 T3

sus vértices y actúan como un punto de partida de las microgrietas. La distribución de los precipitados con tamaño de partícula de  $0,15 \mu\text{m}$ , o más, excepto el TiN, a razón de  $5000\text{-}50000/\text{mm}^2$ , asegura una acción de anclaje eficaz para la capacidad de conformado por presión y para la exactitud dimensional de la pieza de acero conformada por presión, como se indica en los ejemplos posteriores.

5 Los efectos de los precipitados sobre la capacidad de conformado por presión y sobre la exactitud dimensional de una pieza de acero conformada por presión se ponen de manifiesto con un tamaño de partícula de  $0,15 \mu\text{m}$  o más, y se hacen más grandes a medida que aumenta el tamaño de partícula. Sin embargo, los precipitados gruesos, por encima de  $1,0 \mu\text{m}$  de tamaño de partícula son desfavorables, ya que las partículas gruesas promueven la acumulación de deformaciones y la formación de microgrietas durante el conformado por presión, dando como resultado una pobre capacidad de fijación de la forma. La acción de anclaje de los precipitados se pone de manifiesto de forma evidente con una tasa de distribución de  $5000/\text{mm}^2$  o más, pero la distribución en exceso de precipitados, por encima de  $50000/\text{mm}^2$ , degrada bastante la ductilidad y la capacidad de embutición de la chapa de acero. La distribución en exceso eleva desfavorablemente la temperatura de recristalización de la chapa de acero, de forma que apenas se recuece hasta el estado recristalizado.

Las condiciones de fabricación, que son necesarias para controlar la forma y la distribución de los precipitados, se comprenderán a partir de la siguiente explicación.

20 *Laminado en caliente a una temperatura final de  $800^\circ\text{C}$  o inferior*

Se lamina en caliente una chapa de acero inoxidable ferrítico a una temperatura relativamente inferior a la temperatura final con el fin de inducir lugares de nucleación para los precipitados, que se distribuirán en una chapa de acero con un recocido final. Los límites de los grano ferríticos y las deformaciones internas en el estado de laminación en caliente sirven como lugares de nucleación. La temperatura final del laminado en caliente se determina a  $800^\circ\text{C}$ , o más baja, con el fin de inducir tantos lugares de nucleación como sea posible.

30 *Recocido de una chapa de acero laminada en caliente, a  $450\text{-}1080^\circ\text{C}$*

Los precipitados en la chapa de acero laminada en caliente se moderan hasta tener una forma adecuada para controlar los precipitados, que se distribuirán en la chapa de acero con recocido final, en un tamaño de partícula de  $0,15 \mu\text{m}$  o más, mediante recocido de la chapa de acero laminada en caliente a  $450\text{-}1080^\circ\text{C}$ . Si la temperatura de recocido es inferior a  $450^\circ\text{C}$ , apenas se forman precipitados eficaces. Si, por el contrario, la chapa de acero laminada en caliente se calienta a una temperatura por encima de  $1080^\circ\text{C}$ , los precipitados, excepto el TiN, se vuelven a disolver en una matriz de acero.

El recocido se completa en una hora para controlar adecuadamente el índice de distribución de los precipitados sin crecer hasta dar partículas gruesas.

45 *Recocido intermedio a una temperatura dentro del intervalo que va desde (la temperatura de recristalización  $-100^\circ\text{C}$ ) a (la temperatura de recristalización)*

Durante el laminado en frío, la chapa de acero se recuece a una temperatura relativamente más baja con el fin de inhibir la redisolución de los precipitados que se han formado recociendo la chapa de acero laminada en caliente. Para liberar las tensiones que se introducen en la chapa de acero mediante el laminado en frío, es preferible una temperatura de recocido intermedio justo por debajo de la temperatura recristalización-acabado. La chapa de acero se puede ablandar sin la redisolución de los precipitados, independientemente de que permanezca algo de la textura de laminado que no está recristalizada todavía, en tanto en cuanto la temperatura de recocido se mantenga dentro de un intervalo que va desde (la temperatura de recristalización  $-100^\circ\text{C}$ ) a (la temperatura de recristalización).

El periodo de recocido intermedio se completa en un minuto con el fin de evitar la redisolución de los precipitados, considerando la facultad de un horno de recocido continuo convencional.

*Recocido final a una temperatura de  $1080^\circ\text{C}$ , o más baja*

La textura de laminado se elimina mediante el recocido final. Pero una temperatura de calentamiento por encima de  $1080^\circ\text{C}$  no solo resulta inconveniente para la productividad en serie, sino que promueve la redisolución de los precipitados y el crecimiento hasta dar granos gruesos, dando como resultado una pobre tenacidad.

El recocido final se completa en un minuto, considerando la facultad de un horno de recocido continuo convencional.

Las otras características de la presente invención se entenderán evidentemente a partir de los siguientes ejemplos, aunque el alcance de la presente invención no está restringido por estos ejemplos.

## ES 2 357 303 T3

### Ejemplo 1

#### *Experimentos fundamentales*

5 Los inventores han investigado los efectos del TiN que, con frecuencia, precipita en una matriz de acero inoxidable ferrítico, así como los efectos de la forma de los precipitados sobre la exactitud dimensional y la capacidad de conformado secundario de la pieza de acero conformada por presión bajo las siguientes condiciones.

10 Se fundieron varios aceros en un horno experimental y se colaron hasta formar planchones, en los que cada acero se ajustó hasta dar una composición de 0,007% en masa de C, 0,40% en masa de Si, 0,25% en masa de Mn, 0,030% en masa de P, 0,0005 en masa de S, 0,05% en masa de Cu, 16,50 en masa de Cr, 0,04 en masa de Al, excepto el Fe y las inevitables impurezas, con la condición de que los contenidos de Nb, Ti y N se variaran dentro de los intervalos de 0,02-0,30% en masa, 0,05-0,30% en masa y 0,005-0,035% en masa, respectivamente.

15 La Tabla 1 muestra los contenidos de Nb, Ti y N junto con un producto de (%Ti × %Nb) y una temperatura de recristalización-acabado.

TABLA 1

20 *Contenidos de Nb, Ti y N (% en masa) junto con un producto de (%Ti × %Nb) y una temperatura de recristalización-acabado  $T_{rf}$ (°C)*

Acero N°	Nb	Ti	N	%Ti × %Nb	$T_{rf}$
1	0,2	0,06	0,005	0,0003	910
2		0,06	0,035	0,0021	900
3		0,2	0,01	0,0020	930
4		0,2	0,02	0,0040	940
5		0,3	0,01	0,0030	955
6		0,3	0,02	<u>0,0060</u>	950
7		0,3	0,035	<u>0,0105</u>	940
8	<u>0,02</u>	0,2	0,01	0,0020	910
9	0,3	0,2	0,01	0,0020	960

45 Las cifras subrayadas son valores que están fuera de la presente invención.

Cada planchón se laminó en caliente hasta un espesor de 4 mm a una temperatura final de 750°C.

50 Las chapas de acero laminadas en caliente, números 1-7, fueron recocidas a 800°C durante 60 segundos, se decaparon y luego se laminaron en frío hasta un espesor de 2 mm. Las chapas de acero se volvieron a laminar en frío hasta un espesor final de 0,5 mm, junto con un recocido intermedio a una temperatura de (la temperatura de acabado-recristalización -50°C) durante 60 segundos. Las chapas de acero laminadas en frío sufrieron un recocido final a 1000°C durante 60 segundos.

55 Las chapas de acero laminadas en caliente, números 8 y 9, fueron recocidas, se decaparon y luego se laminaron en frío hasta un espesor de 2 mm. Las chapas de acero sufrieron un recocido intermedio y un laminado en frío adicional hasta un espesor final de 0,5 mm. Las chapas de acero laminadas en frío fueron sometidas a un recocido final. La Tabla 2 muestra condiciones de recocido de las chapas de acero laminadas en caliente, recocido intermedio y recocido final.

65

Tabla 2: Condiciones de recocido de las chapas de acero laminadas en caliente, recocido intermedio y recocido final.

Acero N°	Recocido N°	Recocido de chapas laminadas en caliente (segundos)		Recocido intermedio (segundos)		Recocido intermedio (segundos)	
		(°C)	(segundos)	(°C)	(segundos)	(°C)	(segundos)
8	Y1	1090	60	950	60	950	60
	Y2	700	60	850	60	950	60
	Y3	700	28800	850	60	950	60
9	Y4	1100	60	950	60	1000	60
	Y5	700	60	1000	60	1000	60
	Y6	700	60	900	60	1000	60
	Y7	700	1500	900	60	1000	60
	Y8	700	3000	900	60	1000	60
	Y9	700	28800	900	60	1000	60

## ES 2 357 303 T3

### *Tasa de distribución y forma de los precipitados*

Se realizó un ataque químico sobre una pieza de prueba tomada como muestra de cada chapa de acero recocida en un electrolito no acuoso de acetilacetona al 10% - cloruro de tetrametilamonio al 1% - alcohol metílico, bajo una condición potencioestática, y luego se observó mediante un microscopio electrónico de barrido para investigar la distribución de los precipitados. Se inspeccionó un corte transversal, paralelo a la dirección de laminado, en 50 puntos arbitrarios, y se midió la longitud máxima de cada precipitado y se evaluó como el tamaño de partícula.

### 10 *Exactitud dimensional de una pieza de acero conformada por presión*

Se conformó bajo presión una pieza bruta tomada de cada chapa de acero recocida hasta dar un perfil cilíndrico (mostrado en la Figura 1) mediante una prensa multiplatos. Se midieron mediante un medidor láser de desplazamiento los radios máximo y mínimo de una parte cilíndrica C en una posición separada 5 mm de la parte rebordeada F. Se calculó la relación (diámetro máximo - diámetro mínimo)/(diámetro mínimo) y se consideró como circularidad para evaluar la exactitud dimensional de la chapa de acero conformada por presión.

### 20 *Capacidad de conformado secundario*

Se combó otra pieza de prueba hasta una altura de 10 mm, usando un punzón de 103 mm de diámetro con un radio de curvatura del borde redondeado que era de 10 mm y una matriz de 105 mm de diámetro y un radio de curvatura del borde redondeado que era de 8 mm, bajo la condición de que se fijó un reborde con un ribete. Se tomo una muestra del fondo de la pieza de prueba combada como pieza bruta de 92 mm de diámetro, y se conformó un orificio de 10 mm de diámetro en el centro de la pieza bruta con un espacio libre del 10%. La pieza bruta fue sometida luego a un ensayo de capacidad de conformado secundario como sigue:

Se mantuvo la pieza bruta entre un punzón de cabeza plana de 40 mm de diámetro con un radio de curvatura del borde redondeado que era de 3 mm y una matriz de 42 mm de diámetro con radio de curvatura del borde redondeado que era de 3 mm, de manera que se forman rebabas alrededor del orificio dirigidas hacia la matriz. El orificio fue extruido por el punzón hasta la aparición de grietas en su borde, mientras que se fijó un reborde de la pieza bruta con un ribete. Se midió el ángulo del orificio en la iniciación de las grietas. Se calculó la relación (%) de extrusión secundaria = (diámetro del orificio extruido - diámetro del orificio sin extruir)/(diámetro del orificio sin extruir) × 100.

Los resultados se muestran en la Tabla 3. Hay que indicar que las chapas de acero se agrietaron durante el conformado por presión con un producto de (%Ti × %N) por encima de 0,005. Las chapas de acero con un contenido de Nb inferior al 0,02% en masa, se conformaron con pobre circularidad, independientemente de las condiciones de fabricación. Los resultados de la observación de cualquiera de las chapas de acero agrietadas y de las chapas de acero conformadas con pobre circularidad prueban que los precipitados de tamaño de partícula de 0,15 μm, excepto el TiN, se distribuyeron en la matriz de acero únicamente un poco.

Por otro lado, se mejoró la circularidad con un aumento del número de precipitados, que se distribuyeron en la matriz de acero con un contenido de Nb del 0,3% en masa o más, junto con las condiciones del tratamiento termomecánico. Sin embargo, la distribución en exceso de los precipitados era inadecuada para la circularidad.

Las chapas de acero con un producto de (%Ti × %N) de más de 0,005 eran extremadamente inferiores en su capacidad de conformado secundario. También se observó una pobre capacidad de conformado secundario en chapas de acero con un 0,02% en masa de Nb.

La mejora de la capacidad de conformado secundario (es decir, extrusión de orificios) se reconoció como un aumento del número de precipitados, que se distribuyeron en la matriz de acero con un contenido de Nb del 0,3% en masa, o más. Sin embargo, la distribución en exceso de los precipitados era inadecuada para la capacidad de conformado secundario.

Los resultados anteriores prueban que la exactitud dimensional y la capacidad de conformado secundario de una chapa de acero conformada por presión, depende de la distribución de los precipitados de 0,15 μm, o más, de tamaño de partícula, excepto el TiN. O sea, el tratamiento termomecánico óptimo para la distribución controlada de estos precipitados a razón de 5000-50000/mm<sup>2</sup> es eficaz para la exactitud dimensional y la capacidad de conformado secundario.

60

65

# ES 2 357 303 T3

TABLA 3

*Circularidad y capacidad de conformado secundario en relación con la distribución de los precipitados excepto el TiN*

5

10

15

20

25

30

35

40

Muestra N°	Acero N°	Recocido N°	Número de precipitados* (/mm <sup>2</sup> )	Circularidad	Capacidad de conformado secundario
1	1	-	12000	0,8	51
2	2	-	11000	1,6	52
3	3	-	12700	1,7	59
4	4	-	14200	2,2	53
5	5	-	13500	1,9	52
6	6	-	12500	agrietado	23
7	7	-	12300	agrietado	20
8	8	Y1	50	3,9	43
9	8	Y2	50	4,2	48
10	8	Y3	150	3,1	46
11	9	Y4	1000	3,2	42
12	9	Y5	1500	3,7	40
13	9	Y6	7000	2,2	62
14	9	Y7	32000	1,8	58
15	9	Y8	42000	1,9	52
16	9	Y9	80000	4,2	38

45

Los precipitados\* son de 0,15  $\mu\text{m}$ , o más, de tamaño de partícula, excepto el TiN.

## Ejemplo 2

50

Se fundieron varios aceros inoxidables, con composiciones mostradas en la Tabla 4, en un horno de vacío y se colaron en forma de planchones. Los aceros A-H pertenecen a la presente invención, mientras que los aceros I-L no satisfacen las definiciones de composición de la presente invención.

55

Cada planchón fue laminado en caliente hasta un espesor de 4,0 mm, se recocido, se decapó y se laminó en frío hasta un espesor de 2 mm. La chapa de acero laminada en frío fue sometida a un recocido intermedio, laminada en frío de nuevo hasta un espesor de 0,5 mm y sometida luego a un recocido final. La Tabla 5 muestra las condiciones de la temperatura final del laminado en caliente, el recocido de las chapas de acero laminadas en caliente, el recocido intermedio y el recocido final.

60

65

Tabla 4: Composiciones químicas (% en masa) de aceros inoxidable ferríticos

Clase de acero	C	Si	Mn	P	S	Cr	N	Ti	Nb	Otros	Ti×N	T <sub>rf</sub>
A	0,013	0,06	0,18	0,032	0,0002	13,93	0,007	0,18	0,13	Zr: 0,21 Al: 0,08		
B	0,003	0,5	0,26	0,013	0,003	15,63	0,005	0,22	0,32	B: 0,0072 Cu: 1,22	0,0011	970
C	0,006	0,08	0,26	0,023	0,002	16,55	0,008	0,18	0,25	Al: 0,08 B: 0,0015	0,0014	960
D	0,008	0,08	0,36	0,022	0,001	17,3	0,009	0,14	0,25	Mo: 1,02	0,0013	960
E	0,01	0,2	0,52	0,024	0,003	22	0,011	0,31	0,24	Mo: 0,5	0,0034	990
F	0,008	0,16	0,36	0,009	0,004	9,8	0,009	0,2	0,22		0,0018	870
G	0,003	0,17	0,21	0,01	0,0005	32	0,005	0,12	0,2	V: 0,08 B: 0,0014	0,0006	1020
H	0,006	0,1	0,17	0,027	0,001	16,52	0,011	0,15	0,25	Al: 0,016 Ni: 0,1	0,0017	950
I	0,04	0,26	0,31	0,03	0,003	16,8	0,007	0,12	0,23		0,0008	950
J	0,008	0,2	0,31	0,02	0,002	18,3	0,008	0,1	0,04		0,0008	920
K	0,013	0,19	0,21	0,012	0,003	17,3	0,012	0,12	0,8		0,0014	1030
L	0,01	0,18	0,23	0,011	0,002	16,5	0,02	0,29	0,48		0,0058	1000

T<sub>rf</sub> es una temperatura de recristalización-acabado (°C)

Tabla 5: Temperatura final del laminado en caliente y del tratamiento térmico de la chapa de acero

Clase de acero	Ejemplo N°	Temp. Final (°C)	Recocido*1		Recocido*2		Recocido*3		Nota
			(°C)	(s)	(°C)	(s)	(°C)	(s)	
A	A1	780	950	60	870	10	950	30	Ejemplo de la invención
	A2	760	890	60	950	600	980	30	Ejemplo comparativo
B	B1	750	760	60	950	20	1000	5	Ejemplo de la invención
	B2	830	760	60	950	20	1020	5	Ejemplo comparativo
C	C1	750	490	3600	950	30	100	60	Ejemplo de la invención
	C2	760	490	7200	950	30	1000	60	Ejemplo comparativo
D	D1	790	550	600	900	60	1000	20	Ejemplo de la invención
	D2	740	550	600	900	60	1100	60	Ejemplo comparativo
E	E1	780	850	600	900	60	1040	60	Ejemplo de la invención
F	F1	790	700	600	800	60	950	60	"
G	G1	780	750	3600	1000	60	1000	60	"
H	H1	760	700	60	900	60	1000	60	"
	H2	760	700	60	1000	60	1000	60	Ejemplo comparativo
	H3	760	1100	60	900	60	1000	60	"
	H4	760	700	60	900	60	1100	70	"
I	I1	780	890	20	920	30	980	60	"
J	J1	770	700	3600	880	60	980	60	"

Tabla 5 (continuación): Temperatura final del laminado en caliente y del tratamiento térmico de la chapa de acero

Clase de acero	Ejemplo N°	Temp. Final (°C)	Recocido* <sup>1</sup>		Recocido* <sup>2</sup>		Recocido* <sup>3</sup>		Nota
			(°C)	(s)	(°C)	(s)	(°C)	(s)	
K	K1	760	800	600	950	60	1050	60	Ejemplo comparativo
L	L1	770	760	60	950	60	1050	60	

Recocido\*<sup>1</sup> es el tratamiento térmico a una chapa de acero laminada en caliente.

Recocido\*<sup>2</sup> es el tratamiento térmico intermedio durante el laminado en frío.

Recocido\*<sup>3</sup> es el tratamiento térmico final a una chapa de acero laminada en frío.

## ES 2 357 303 T3

Cada chapa de acero se examinó de la misma manera que en el Ejemplo 1, para investigar la forma y distribución de los precipitados, así como la exactitud dimensional y la capacidad de conformado secundario de una chapa de acero conformada por presión.

5 Los resultados mostrados en la Tabla 6 prueban que las chapas de acero inoxidable ferrítico, en las que se distribuyeron precipitados de  $0,15 \mu\text{m}$ , o más, de tamaño de partícula, excepto el TiN, en la matriz de acero, a razón de 5000-50000/mm<sup>2</sup>, se conformaron por presión hasta dar un buen perfil, con una circularidad del 2,5% o menos.

10 Por otro lado, las chapas de acero comparativas (Ejemplos números A2, B2, C2 y D2), que satisfacían las condiciones de composición de la presente invención, pero que fueron fabricadas bajo condiciones inadecuadas, tenían pobre exactitud dimensional y capacidad de conformado secundario en un estado de conformado por presión, debido a que la estructura metalúrgica de ese número de distribución de los precipitados, excepto el TiN, estaba fuera de 5000-50000/mm<sup>2</sup>.

15 La chapa de acero I era demasiado dura debido al exceso de C y se agrietó durante el conformado por presión. La chapa de acero K era demasiado fuerte debido al exceso de Nb y se agrietó durante el conformado por presión. La chapa de acero L con un producto de (%Ti × %N) por encima de 0,005 también se agrietó durante en conformado por presión, en la que las grietas se iniciaron cerca de las partículas gruesas de TiN. La chapa de acero J, con escasez de Nb, fue conformada por presión con pobre circularidad.

20 Se comprende, a partir de la comparación anterior, que las chapas de aceros inoxidables ferríticos se pueden conformar por presión hasta perfiles buscados, con una alta exactitud dimensional y una excelente capacidad de conformado secundario, mediante la distribución controlada de los precipitados de  $0,15 \mu\text{m}$ , o más, de tamaño de partícula, excepto el TiN.

25

(Tabla pasa a página siguiente)

30

35

40

45

50

55

60

65

Tabla 6: Circularidad y capacidad de conformado secundario en relación con la distribución de los precipitados

Clase de acero	Ejemplo N°	Distribución del número de precipitados* (/mm <sup>2</sup> )	Circularidad (%)	Capacidad de conformado secundario	Nota
A	A1	7200	1,3	51	Ejemplo de la invención
	A2	4500	2,7	48	Ejemplo comparativo
B	B1	12000	2,3	53	Ejemplo de la invención
	B2	4600	3,6	49	Ejemplo comparativo
C	C1	23000	2	53	Ejemplo de la invención
	C2	80000	2,9	44	Ejemplo comparativo
D	D1	16000	2,2	60	Ejemplo de la invención
	D2	320	3,6	32	Ejemplo comparativo
E	E1	8000	0,9	50	Ejemplo de la invención
F	F1	12000	0,8	51	"
G	G1	23000	2,2	50	"
H	H1	13000	0,8	68	"
	H2	100	2,9	48	Ejemplo comparativo
	H3	50	3,2	44	"
	H4	50	4	32	"

Tabla 6 (continuación): Circularidad y capacidad de conformado secundario en relación con la distribución de los precipitados

Clase de acero	Ejemplo N°	Distribución del número de precipitados* (/mm <sup>2</sup> )	Circularidad (%)	Capacidad de conformado secundario	Nota
I	I1	1200	agrietado	12	Ejemplo comparativo
J	J1	130	3,3	34	"
K	K1	78000	agrietado	22	"
L	L1	13000	agrietado	22	"

\*Precipitados tienen 0,15 µm, o más, de tamaño de partícula, excepto el TiN.

## ES 2 357 303 T3

Según la presente invención y según lo anterior, se proporcionan chapas de acero inoxidable ferrítico, que se pueden conformar por presión con alta exactitud dimensional y excelente capacidad de conformado secundario, debido a la distribución de precipitados de  $0,15 \mu\text{m}$ , o más, de tamaño de partícula, excepto el TiN, a razón de 5000-50000/mm<sup>2</sup> en una matriz de acero con composición controlada. La forma y distribución de estos precipitados, adecuadas para este fin, se llevan a cabo controlando adecuadamente la temperatura final del laminado en caliente y las condiciones del tratamiento térmico para el recocido de una chapa de acero laminada en caliente, para el recocido intermedio durante el laminado en frío, y para el recocido final de una chapa de acero laminada en frío. Las chapas de acero inoxidable ferrítico fabricadas de esta manera son útiles como miembros o partes, que demandan una estricta exactitud dimensional, en diversos campos, como por ejemplo miembros para el cierre hermético en dispositivos electroluminiscentes orgánicos, partes prensadas con precisión, fregaderos, utensilios, quemadores de estufas, tubos de llenado de petróleo para depósitos de combustible, carcasas de motores, cubiertas, tapas de sensores, tubos inyectores, válvulas de termostatos, obturadores de cojinetes, bridas y así sucesivamente, en vez de chapas caras de acero inoxidable austenítico.

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

# ES 2 357 303 T3

## REIVINDICACIONES

5 1. Una chapa de acero inoxidable ferrítico, excelente en la capacidad de conformado por presión y en la capacidad de conformado secundario, que tiene

10 una composición consistente en 0,02% en masa, o menos, de C; 0,8% en masa, o menos, de Si; 1,5% en masa, o menos, de Mn; 0,050% en masa, o menos, de P; 0,01% en masa, o menos, de S; 8,0-35,0% en masa de Cr; 0,05% en masa, o menos, de N; 0,05-0,40% en masa de Ti; 0,10-0,50% en masa de Nb, opcionalmente uno o más seleccionado del grupo consistente en 0,5% en masa, o menos, de Ni; 3,0% en masa, o menos, de Mo; 2,0% en masa, o menos, de Cu; 0,3% en masa, o menos, de V; 0,3% en masa, o menos, de Zr; 0,3% en masa, o menos, de Al; y 0,0100% en masa, o menos, de B, y siendo el resto Fe excepto las inevitables impurezas con un producto de (%Ti × %Nb) inferior a 0,005, y

15 la estructura metalúrgica que precipita, de 0,15-1,0 μm de tamaño de partícula, seleccionada del grupo consistente en TiC, NbC, NbN, fase de Laves, y sus mezclas, pero excluyendo al TiN, están distribuidos a razón de 5000-50000/mm<sup>2</sup> en una matriz de acero.

20 2. Un método de fabricación de una chapa de acero inoxidable ferrítico, excelente en la capacidad de conformado por presión y en la capacidad de conformado secundario, que comprende las etapas de:

25 Proporcionar un planchón de un acero inoxidable ferrítico que tiene la composición consistente en 0,02% en masa, o menos, de C; 0,8% en masa, o menos, de Si; 1,5% en masa, o menos, de Mn; 0,050% en masa, o menos, de P; 0,01% en masa, o menos, de S; 8,0-35,0% en masa de Cr; 0,05% en masa, o menos, de N; 0,05-0,40% en masa de Ti; 0,10-0,50% en masa de Nb, opcionalmente uno o más seleccionado del grupo consistente en 0,5% en masa, o menos, de Ni; 3,0% en masa, o menos, de Mo; 2,0% en masa, o menos, de Cu; 0,3% en masa, o menos, de V; 0,3% en masa, o menos, de Zr; 0,3% en masa, o menos, de Al; y 0,0100% en masa, o menos, de B, y siendo el resto Fe excepto las inevitables impurezas con un producto de (%Ti × %Nb) inferior a 0,005;

30 laminar en caliente el planchón a una temperatura final de 800°C o más baja;

recocer la chapa de acero laminada en caliente a una temperatura dentro de un intervalo de 450-1080°C, durante un periodo de tiempo que evite la redisolución de los precipitados;

35 laminar en frío la chapa de acero recocida junto con al menos un recocido intermedio a una temperatura dentro del intervalo que va desde (la temperatura de acabado-recristalización - 100°C) a (la temperatura de acabado-recristalización), durante un periodo de tiempo que evite la redisolución de los precipitados; y luego

40 hacer un recocido final de la chapa de acero laminada en frío, a una temperatura de 1080°C o más baja, durante un periodo de tiempo que evite la redisolución de los precipitados.

45

50

55

60

65

FIG. 1

