

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 699 996**

51 Int. Cl.:

<b>C22C 38/14</b>	(2006.01)
<b>C22C 38/50</b>	(2006.01)
<b>C21D 8/02</b>	(2006.01)
<b>C21D 9/46</b>	(2006.01)
<b>C23C 2/02</b>	(2006.01)
<b>C23C 2/06</b>	(2006.01)
<b>C23C 2/28</b>	(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **11.09.2012 PCT/JP2012/073163**
- 87 Fecha y número de publicación internacional: **10.10.2013 WO13150669**
- 96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **11.09.2012 E 12873840 (8)**
- 97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **29.08.2018 EP 2835440**

54 Título: **Chapa de acero laminada en caliente galvanneal por inmersión en caliente y procedimiento para producir la misma**

30 Prioridad:

**06.04.2012 JP 2012087539**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**13.02.2019**

73 Titular/es:

**NIPPON STEEL & SUMITOMO METAL CORPORATION (100.0%)  
6-1, Marunouchi 2-chome  
Chiyoda-ku, Tokyo 100-8071, JP**

72 Inventor/es:

**YOKOYAMA, TAKAFUMI y  
NOMURA, SHIGEKI**

74 Agente/Representante:

**ELZABURU, S.L.P**

ES 2 699 996 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

Chapa de acero laminada en caliente galvano-recocida por inmersión en caliente y procedimiento para producir la misma

5 Campo técnico  
 La presente invención se refiere a una chapa de acero laminada en caliente galvano-recocida por inmersión en caliente y a un procedimiento para producir la misma. Más particularmente, la presente invención se refiere a una  
 10 chapa de acero laminada en caliente galvanizada por inmersión en caliente de alta resistencia mecánica que es adecuada como chapa de acero para automóviles, en particular para piezas del chasis (suspensión) de los automóviles, para ser conformada en varias formas mediante conformación por prensado o similar y que es excelente en la capacidad de expansión de orificios, y a un procedimiento para producir la misma.

Antecedentes de la técnica

15 La chapa de acero laminada en caliente producida de manera relativamente económica es ampliamente utilizada para diversos equipos industriales, incluidos los automóviles y otros. Dado que en los últimos años, con el fin de tomar medidas contra el calentamiento global, se ha requerido mejorar la eficiencia de los combustibles en los automóviles desde el punto de vista de regular la cantidad de emisiones de dióxido de carbono, la chapa de acero laminada en caliente de alta resistencia mecánica se ha aplicado ampliamente en los automóviles con el fin de  
 20 reducir el peso de la carrocería del vehículo y garantizar la seguridad estructural ante los choques. Además, recientemente, se ha demandado ahora una chapa de acero laminada en caliente galvano-recocida por inmersión en caliente de alta resistencia mecánica, en la que la chapa de acero laminada en caliente de alta resistencia mecánica es una chapa a base de acero para piezas del chasis, tales como los brazos de suspensión, que requieren en particular tener resistencia a la corrosión.

25 La chapa de acero adoptada como pieza de automóvil también necesita satisfacer, no solo una determinada resistencia mecánica sino también diversas propiedades de operación, las cuales son requeridas cuando se conforma la pieza, tales como conformabilidad por prensado y soldabilidad. En cuanto a la conformación por prensado de una pieza del chasis, con suma frecuencia se utiliza el rebordeado por estiramiento y el pletinado, y por  
 30 ello se requiere que la chapa de acero laminada en caliente galvano-recocida por inmersión en caliente de alta resistencia mecánica, proporcionada para producir la pieza del chasis, tenga una excelente capacidad de expansión de orificios.

35 Además, hay casos donde la chapa de acero de alta resistencia mecánica se emplea en piezas de las que se requiere seguridad estructural ante los choques y en piezas que necesitan evitar la deformación plástica cuando se aplica a las mismas una gran carga. En tales casos, se requiere que la chapa de acero de alta resistencia mecánica tenga una alta relación de fluencia. Por ello, hay casos donde también se requiere que la chapa de acero laminada en caliente galvano-recocida por inmersión en caliente de alta resistencia mecánica tenga una alta relación de  
 40 fluencia.

En general, en la chapa de acero laminada en caliente galvano-recocida por inmersión en caliente de alta resistencia mecánica, con el fin de satisfacer tanto una alta relación de fluencia como una excelente capacidad de expansión de orificios, la estructura del acero de la estructura de una sola fase tiende a tener, como fase principal, ferrita, ferrita bainítica o bainita, y carburos precipitados finamente de Ti, Nb, V o similares y Cu, para de ese modo reforzar  
 45 uniformemente la fase principal. Para ejemplos, se han desarrollado las chapas de acero laminadas en caliente galvano-recocidas por inmersión en caliente de alta resistencia mecánica que se muestran a continuación.

En el documento de patente 1 se describe una chapa laminada en caliente galvano-recocida por inmersión en caliente de alta resistencia mecánica que tiene una estructura del acero que comprende principalmente bainita y que  
 50 tiene adecuadamente controlado el contenido, no solo de Ti, Nb y V sino también de P, Cu, Cr, Mo y Ni, por lo que se mejora la propiedad de resistencia a la fatiga de las partes soldadas bajo un entorno corrosivo. Sin embargo, esta chapa de acero necesita que se le añada una gran cantidad de elementos de aleación costosos, tales como el Cu, el Ni y el Mo y, por ello, desde el punto de vista de la economía no es adecuada para una producción a gran escala. Además, la chapa de acero puede tener una capacidad de expansión de orificios ligeramente escasa.

55 El documento de patente 2 describe una chapa de acero laminada en caliente galvano-recocida por inmersión en caliente de alta resistencia mecánica en la que la chapa de acero laminada en caliente que tiene una estructura de (ferrita + bainita) se somete al historial térmico de un procedimiento óptimo de galvano-recocido por inmersión en caliente, para controlar adecuadamente la estructura, la forma del carburo y el C en solución sólida, mejorando de  
 60 ese modo la capacidad de expansión de orificios. Sin embargo, el producto fabricado a partir de esta chapa de acero con una resistencia a la tracción mayor que 650 MPa puede no tener una capacidad de expansión de orificios suficiente.

65 El documento 3 describe una chapa de acero laminada en caliente galvanizada por inmersión en caliente en la que la estructura del acero, que comprende sustancialmente una sola fase de ferrita, tiene carburo de Ti finamente dispersado, conteniendo Mo y/o W el carburo de Ti. Sin embargo, esta chapa de acero necesita que se le añadan

elementos de aleación sumamente costosos, tales como el Mo y el W, y por ello desde el punto de vista de la economía no es adecuada para una producción a gran escala.

5 El documento 4 describe una chapa de acero laminada en caliente galvanizada por inmersión en caliente en la que a la estructura, que principalmente comprende ferrita y que tiene una condición de dispersión de perlita y cementita óptimamente controlada, se le ha añadido Nb, V y Ti para aumentar el reforzamiento de la precipitación, mejorando de ese modo la capacidad de expansión de orificios. Sin embargo, en una chapa de acero de alta resistencia mecánica de al menos 650 MPa es posible que la chapa de acero no tenga una capacidad de expansión suficiente.

10 En la patente EP-1918396 A1, la chapa de acero de alta capacidad de tracción que tiene una resistencia a la tracción de 980 MPa o mayor, con unos excelentes alargamiento y conformabilidad de rebordeado por estiramiento, adecuada para la conformación por prensado de formas de sección transversal compleja, tales como las piezas de automóvil, se fabrica ajustando el acero para que consista esencialmente en una estructura de una sola fase de ferrita, para que precipite el carburo en estado dispersado que contiene Ti, Mo y V, de un tamaño medio de partículas menor que 10 nm, y para que el carburo que contiene Ti, Mo y V tenga una composición media que satisfaga  $[V/(Ti + Mo + V) 0,3]$ , estando expresando el Ti, el Mo y el V en % atómico.

Lista de citas

20 Documentos de patente

- Documento de patente 1: Patente Japonesa abierta a la inspección pública N° 5-331596.
- Documento de patente 2: Patente japonesa abierta a la inspección pública N° 5-117834.
- Documento de patente 3: Patente japonesa abierta a la inspección pública N° 2003-321736.
- Documento de patente 4: Patente japonesa abierta a la inspección pública N° 2002-12947.

25 Compendio de la Invención

Un objetivo de la presente invención es proporcionar una chapa de acero laminada en caliente galvanizada por inmersión en caliente de alta resistencia mecánica que tenga una excelente capacidad de expansión de orificios adecuada para el rebordeado por estiramiento ampliamente usado para conformar piezas de automóvil, y en particular piezas del chasis, y que preferiblemente tenga una alta relación de fluencia; y un procedimiento para producir esa chapa de acero laminada en caliente galvanizada por inmersión en caliente de alta resistencia mecánica.

35 Para la presente invención, primeramente, se asumió que la estructura del acero debía comprender principalmente ferrita, con el fin de conseguir una excelente capacidad de expansión de orificios y, además, una alta relación de fluencia. Además, para la presente invención se puso atención al Ti, que es comparativamente barato y aumenta notablemente el reforzamiento de la precipitación incluso cuando se añade una pequeña cantidad, y se estudió minuciosamente un método para mejorar la capacidad de expansión de orificios del acero laminado en caliente galvanizado por inmersión en caliente al que se ha añadido Ti que tenía una estructura que comprendía principalmente ferrita. A consecuencia de ello, se obtuvieron los siguientes hallazgos para la presente invención.

40 Para la presente invención se ha hallado que la capacidad de expansión de orificios de la chapa de acero laminada en caliente galvano-recocida por inmersión en caliente de alta resistencia mecánica a la que se ha añadido Ti, que comprendía principalmente ferrita y a la que se ha añadido Ti, se podía aumentar notablemente facilitando la transformación de la ferrita sobre la mesa recibidora después de la laminación en caliente en el intervalo de alta temperatura de al menos no menos de 650° C. Se piensa que esto se debe a que se limita el precipitado coherente del carburo de Ti producido en el intervalo de baja temperatura después del bobinado de la chapa de acero laminada en caliente.

50 Además, para la presente invención se ha hallado que se puede conseguir el resultado descrito anteriormente reduciendo en gran medida el contenido de Mn, en comparación con el acero convencional, aunque se piensa que una cierta cantidad de Mn es esencial para conseguir una alta resistencia mecánica en la chapa de acero laminada en caliente galvano-recocida por inmersión en caliente de alta resistencia mecánica.

55 Además, para la presente invención se ha hallado que la reducción del contenido de Mn presenta no solo los efectos descritos anteriormente, sino también los efectos de limitar la austenitización, durante el período en el que la chapa de acero laminada en caliente es recalentada en la línea de galvanización continua por inmersión en caliente, y la estructura compuesta accesoria, los cuales se consiguen mediante la homogeneización de la estructura del acero debida a la reducción de la micro-segregación del Mn y la expansión del área de ferrita, y por ello es sumamente eficaz para mejorar la capacidad de expansión de orificios. Mediante la combinación de estos efectos, para la presente invención se ha obtenido con éxito una excelente capacidad de expansión de orificios que supera la de la chapa de acero laminada en caliente galvano-recocida por inmersión en caliente de alta resistencia mecánica a la que se ha añadido Ti.

65 La presente invención, en la reivindicación 1, en base a los hallazgos descritos anteriormente es una chapa de acero laminada en caliente galvano-recocida por inmersión en caliente que tiene una capa galvano-recocida por inmersión

en caliente sobre la superficie de la chapa de acero, teniendo la chapa de acero una composición química que comprende, en % en masa, C: al menos 0,05 y como máximo 0,20%; Si: como máximo 0,50%; Mn: al menos 0,01% y como máximo 0,8%; P: como máximo 0,05%; S: como máximo 0,01%; N: como máximo 0,01%; Al: como máximo 0,50%; y Ti: al menos 0,05% y como máximo 0,50%, y conteniendo la estructura del acero al menos 80% en área de una ferrita poligonal y consistiendo el resto en uno, dos o más tipos seleccionados de ferrita bainítica, bainita, perlita y cementita, en donde la chapa de acero laminada en caliente galvano-recocida por inmersión en caliente tiene una propiedad mecánica de al menos 650 MPa de resistencia a la tracción.

Los elementos opcionales de la presente invención son los siguientes:

- la composición química comprende además uno, dos o más elementos, en % en masa, seleccionados de Cr: como máximo 0,80%; Ni: como máximo 0,50%; Cu: como máximo 0,50%; Mo: como máximo 0,50%; y B: como máximo 0,0009%,
- la composición química comprende además uno o dos elementos, en % en masa, seleccionados de V: como máximo 0,5%; y Nb: como máximo 0,1%,
- la composición química comprende además uno o dos elementos, en % en masa, seleccionados de Ca: como máximo 0,01%; y Bi: como máximo 0,01%, y

Además, la chapa de acero laminada en caliente galvano-recocida por inmersión en caliente tiene la propiedad mecánica de que el producto de la relación de expansión de orificios límite y la resistencia a la tracción es al menos 60.000 MPa·%, siendo obtenida la capacidad de expansión de orificios mediante un ensayo de expansión de orificios especificado por Las Normas de la Federación del Hierro y el Acero de Japón, y en la que la relación de fluencia es al menos 80%, siendo la relación de fluencia la relación entre el límite convencional de elasticidad del 0,2 y la resistencia a la tracción.

La presente invención, en la reivindicación 2, también proporciona un procedimiento para producir una chapa de acero laminada en caliente galvano-recocida por inmersión en caliente, comprendiendo el procedimiento las siguientes etapas (A) a (C):

(A) una etapa de laminación en caliente, que comprende las etapas de: después de calentar un planchón que tiene la composición química indicada a una temperatura de al menos 1.100° C y como máximo 1.350° C, someter el planchón a una laminación en caliente; completar la laminación en caliente dentro del intervalo de temperatura de al menos 850° C y como máximo 980° C, para producir de ese modo una chapa de acero laminada en caliente; someter la chapa de acero laminada en caliente a un tratamiento de enfriamiento primario, un tratamiento de mantenimiento y un tratamiento de enfriamiento secundario sucesivos, enfriando la chapa de acero laminada en caliente en el tratamiento de enfriamiento primario en el intervalo de temperatura de al menos 650° C y como máximo 800° C por unidad de enfriamiento con agua, manteniendo la chapa de acero laminada en caliente en el tratamiento de mantenimiento durante un período de al menos  $\Delta t$  segundos definido mediante la fórmula siguiente en el intervalo de temperatura de al menos 650° C y como máximo 800° C, enfriando la chapa de acero laminada en caliente en el tratamiento de enfriamiento secundario en el intervalo de temperatura de al menos 400° C y como máximo 650° C; y bobinar la chapa de acero laminada en caliente en el intervalo de temperatura de al menos 400° C y como máximo 650° C,

$$\Delta t \text{ (segundos)} = 5 \cdot \text{Mn}^4 \quad (1)$$

donde Mn, en la fórmula (1), indica el contenido de Mn (unidad: % en masa) en el acero,

(B) una etapa de decapado, para someter a un tratamiento de decapado la chapa de acero laminada en caliente producida mediante la etapa de laminación en caliente; y

(C) una etapa de galvanización continua por inmersión en caliente, que comprende las etapas de: calentar la chapa de acero laminada en caliente, producida mediante la etapa de decapado, en el intervalo de temperatura de al menos 650° C y como máximo 800° C; luego, enfriar y someter la chapa de acero laminada en caliente a un tratamiento de galvanización por inmersión en caliente; y posteriormente mantener la chapa de acero laminada en caliente en el intervalo de temperatura de al menos 460° C y como máximo 600° C, para de ese modo someter la chapa de acero laminada en caliente a un tratamiento de aleación.

De acuerdo con la presente invención, es posible producir una chapa de acero laminada en caliente galvano-recocida por inmersión en caliente, que tiene una alta resistencia mecánica y una excelente capacidad de expansión de orificios y que se puede producir a un coste apropiado para una producción a gran escala. La chapa de acero laminada en caliente galvano-recocida por inmersión en caliente de acuerdo con la presente invención tiene la capacidad de expansión de orificios adecuada para ser aplicada en un rebordeado por estiramiento y un pletinado y, por ello, se puede usar ampliamente en la industria, en particular en el campo del automóvil.

## Breve descripción de los dibujos

La Figura 1 muestra el patrón de calor (historial térmico) de la etapa de laminación en caliente empleada en el ejemplo.

5 La Figura 2 muestra el patrón de calor de la etapa de galvanización continua por inmersión en caliente empleada en el ejemplo.

## Descripción de unas realizaciones

10 Se describe con más detalle una chapa de acero laminada en caliente galvano-recocida por inmersión en caliente aleada de acuerdo con la presente invención. En la presente memoria descriptiva, todos los símbolos "%" para definir la composición química del acero son "% en masa".

## 1. Composición química de la chapa de acero.

15 La composición química de la chapa de acero, que es el material base de revestimiento metálico de la chapa de acero laminada en caliente galvano-recocida por inmersión en caliente de acuerdo con la presente invención, es la siguiente.

[C: al menos 0,01% y como máximo 0,20%]

20 El C tiene el efecto de mejorar la resistencia mecánica de la chapa de acero. Si el contenido de C es menor que 0,01%, es difícil que la chapa de acero obtenga una resistencia a la tracción de al menos 650 MPa. Por ello, el contenido de C es al menos 0,01%, y preferiblemente al menos 0,05%. Por otra parte, si el contenido de C es mayor que 0,20%, la capacidad de expansión de orificios y la soldabilidad de la chapa de acero se deterioran sumamente. Por ello, el contenido de C es como máximo 0,20%, y preferiblemente como máximo 0,12%.

[Si: como máximo 0,50%]

25 El Si es un elemento de refuerzo de la solución sólida y tiene la función de mejorar la resistencia mecánica de la chapa de acero. Sin embargo, si el contenido de Si es mayor que 0,50%, la humectabilidad de la chapa de acero en el líquido de galvanización por inmersión en caliente se deteriora sumamente. Por ello, el contenido de Si es como máximo 0,50%, y preferiblemente como máximo 0,20%, y aún más preferiblemente como máximo 0,10%. Con el fin de obtener el efecto por la función descrita anteriormente, es preferible que el contenido de Si sea al menos 0,001%.

30 [Mn: al menos 0,01% y como máximo 1,30%]  
El Mn tiene la función de fijar el S para evitar la fragilidad en caliente provocada por el S, el cual puede provocar fragilidad en caliente como MnS. Cuando el contenido de Mn es menor que 0,01%, es difícil que la chapa de acero obtenga el efecto provocado por la función descrita anteriormente. Por ello, el contenido de Mn es al menos 0,01%, y preferiblemente al menos 0,1%. Por otra parte, cuando el contenido de Mn es mayor que 1,30%, la temperatura de transformación de la ferrita se reduce, lo que por ello dificulta que se mejore la capacidad de expansión de orificios mediante facilitar la transformación de la ferrita en el intervalo de alta temperatura de al menos 650° C. Por ello, el contenido de Mn es como máximo 1,30%, y preferiblemente como máximo 0,8%.

40 [P: como máximo 0,05%]

45 El P es un elemento contenido generalmente como una impureza. Sin embargo, el P es un elemento de refuerzo de la solución sólida y tiene la función de mejorar la resistencia mecánica de la chapa de acero, por lo que el P puede estar contenido activamente. Sin embargo, si el contenido de P es mayor que 0,05%, la soldabilidad y la tenacidad de la chapa de acero se deterioran sumamente. Por ello, el contenido de P es como máximo 0,05% y preferiblemente como máximo 0,02%.

[S: como máximo 0,01%]

50 El S es un elemento contenido generalmente como una impureza y forma MnS en el acero y deteriora la capacidad de rebordado por estiramiento. Si el contenido de S es mayor que 0,01%, la capacidad de rebordado por estiramiento de la chapa de acero se deteriora sumamente. Por ello, el contenido de S es como máximo 0,01%, y preferiblemente como máximo 0,005%, y más preferiblemente como máximo 0,002%.

[N: como máximo 0,01%]

55 El N es un elemento generalmente contenido como una impureza. Si el contenido de N es mayor que 0,01%, el N forma nitruro grueso en el acero y deteriora sumamente la capacidad de rebordado por estiramiento. Por ello, el contenido de N es como máximo 0,01%, y preferiblemente como máximo 0,005%.

[Al: como máximo 0,50%]

60 El Al tiene la función de desoxidar el acero para aumentar la solidez de la chapa de acero. Sin embargo, cuando la chapa de acero contiene más de 0,50% de Al, se satura el efecto provocado por la función descrita anteriormente y solo se provoca un aumento del coste. Por ello, el contenido de Al es como máximo 0,50%, y preferiblemente como máximo 0,20%, y más preferiblemente como máximo 0,10%. Con el fin de obtener el efecto provocado por la función descrita anteriormente, es preferible que el contenido de Al sea al menos 0,001%. El contenido de Al en el acero indica el contenido de Al soluble en ácido (sol. Al).

65 [Ti: al menos 0,05% y como máximo 0,50%]

El Ti es un elemento importante en la presente invención y tiene la función de formar carburo en el acero y reforzar uniformemente la ferrita. Si el contenido de Ti es menor que 0,05%, es difícil que la chapa de acero obtenga el efecto provocado por la función descrita anteriormente. Por ello, el contenido de Ti es al menos 0,05% y, preferiblemente, al menos 0,10%. Por otra parte, cuando el contenido de Ti es mayor que 0,50%, se satura el efecto provocado por la función descrita anteriormente y solo se provoca un aumento del coste. Por ello, el contenido de Ti es como máximo 0,50%, y preferiblemente como máximo 0,30%.

Además de los elementos descritos anteriormente, la chapa de acero laminada en caliente del material base de revestimiento metálico puede contener además los elementos arbitrarios que se describen a continuación.

[Uno, dos o más elementos seleccionados de Cr: como máximo 0,80%; Ni: como máximo 0,50%; Cu: como máximo 0,50%; Mo: como máximo 0,50%; y B: como máximo 0,0050%]

Cada uno de los elementos Cr, Ni, Cu, Mo y B tiene la función de mejorar la templabilidad del acero y es eficaz para mejorar la resistencia mecánica de la chapa de acero. Por ello, la chapa de acero puede contener uno, dos o más de estos elementos. Sin embargo, si el contenido de estos elementos es excesivo, la temperatura de transformación de la ferrita disminuye de manera similar que con el Mn y, por ello, es difícil que la chapa de acero mejore la capacidad de expansión de orificios, la cual se puede mejorar facilitando la transformación de la ferrita en el intervalo de alta temperatura de al menos 650° C. Por ello, los contenidos de estos elementos son como los descritos anteriormente. En la presente memoria, el B es especialmente potente en la función de aumentar la carga de laminación en caliente, por lo que desde el punto de vista de la productividad el contenido de B es preferiblemente como máximo 0,0009%. En este sentido, con el fin de obtener con mayor garantía el efecto provocado por la operación descrita anteriormente, preferiblemente se satisface una cualquiera de las condiciones de: Cr: al menos 0,001%; Ni: al menos 0,001%; Cu: al menos 0,001%; Mo: al menos 0,001%; y B: al menos 0,0001%.

[Uno o dos elementos seleccionados de V: como máximo 0,5%; y Nb: como máximo 0,1%]

Cada uno de los elementos V y Nb tiene la función de formar carburo en el acero y reforzar uniformemente la ferrita, de manera similar al Ti. Aunque el V y el Nb son elementos más costosos que el Ti, uno, dos o más de estos elementos pueden estar contenidos. Sin embargo, cuando el V está contenido en más de 0,5% o cuando el Ni está contenido en más de 0,1%, se satura el efecto provocado por la función descrita anteriormente y solo se provoca un aumento del coste. Por ello, el contenido de V es como máximo 0,5% y el contenido de Nb es como máximo 0,1%. En este sentido, con el fin de obtener con mayor garantía el efecto provocado por la función descrita anteriormente, cualquiera de estos elementos está contenido preferiblemente en menos de 0,001%.

[Uno o dos elementos seleccionados de Ca: como máximo 0,01%; y Bi: como máximo 0,01%]

El Ca tiene la función de dispersar finamente las inclusiones en el acero, y el Bi tiene la función de reducir la micro segregación del elemento de aleación sustitutivo en el acero, tal como el Mn y el Si, por lo que tanto el Ca como el Bi tienen la función de mejorar la capacidad de expansión de orificios de la chapa de acero. Por ello, uno o dos elementos de Ca y Bi pueden estar contenidos. Sin embargo, si el contenido de uno cualquiera de los elementos es mayor que 0,01%, la ductilidad se deteriora. Por ello, el contenido de uno cualquiera de estos elementos es como máximo 0,01%. En este sentido, con el fin de obtener con garantía el efecto provocado por la función descrita anteriormente, el contenido de cualquiera de estos elementos es preferiblemente al menos 0,0001%.

En este sentido, C\*, definido mediante la siguiente ecuación (2), satisface preferiblemente la siguiente ecuación (3). De esta manera, la chapa de acero puede tener una capacidad de expansión de orificios más excelente.

$$C^* = C - 12,01 \times \{Ti/47,88 + Nb/92,91 + 0,5 \times V/50,94\} \quad (2)$$

$$- 0,020 \leq C^* \leq 0,050 \quad (3)$$

En esta memoria, C\* indica la cantidad de C no fijado en el acero distinto del C que existe como carburo (TiC, NbC, VC, (Ti, V) C, (Ti, Nb) C, (Ti, Nb, V) C) que contiene Ti, Nb y V en la cuantía del C en el acero. Además, en la ecuación (2), el Ti, el Nb y el V muestran los contenidos en el acero de los respectivos elementos (unidad: % en masa).

El que C\* sea al menos - 0,020% posibilita suprimir el agotamiento del C en el contorno de los granos de ferrita y, por ello, mejorar la capacidad de expansión de orificios. Es más preferible que C\* sea al menos 0,010%. Por otra parte, el que C\* sea como máximo 0,050% posibilita suprimir la formación de una segunda fase, tal como cementita y perlita, y, por ello, mejorar la capacidad de expansión de orificios. Es más preferible que C\* sea como máximo 0,030%.

## 2. Estructura del acero de la chapa de acero.

La chapa de acero laminada en caliente, que es el material base de revestimiento metálico de la chapa de acero laminada en caliente galvanneal por inmersión en caliente de acuerdo con la presente invención, tiene una estructura del acero que contiene al menos 80% en área de una ferrita poligonal, comprendiendo el resto uno, dos o más tipos seleccionados de ferrita bainítica, bainita, perlita y cementita.

5 Con el fin de conseguir una excelente capacidad de expansión de orificios y una alta relación de fluencia, la chapa de acero laminada en caliente tiene una estructura del acero que comprende principalmente ferrita poligonal. Si la fracción de área de la ferrita poligonal de la fase principal es menor que 80%, es difícil que la chapa de acero laminada en caliente consiga una capacidad de expansión de orificios excelente. Además, también es difícil que la chapa de acero consiga una ductilidad excelente. Por ello, la fracción de área de la ferrita poligonal es al menos 80%. La fracción de área es preferiblemente al menos 90%, y más preferiblemente al menos 95%. El límite superior de la fracción de área de la ferrita poligonal no está definido, pero preferiblemente es como máximo 99,9%. Más preferiblemente, el límite superior de la fracción de área de la ferrita poligonal es como máximo 99,5% y en particular preferiblemente como máximo 99%.

15 La martensita y la austenita retenida deterioran sumamente la capacidad de expansión de orificios y también reducen la relación de fluencia. Por ello, la estructura restante excluida la ferrita poligonal no contiene martensita y austenita retenida, sino que contiene uno, dos o más tipos seleccionados de ferrita bainítica, bainita, perlita y cementita. La relación de estas fases y estructuras no se limita a una relación particular. En general, la estructura restante contiene cementita y, además en algunos casos, contiene ferrita bainítica. Sin embargo, la estructura restante no está necesariamente limitada a estas estructuras.

20 La fracción de área de las estructuras de acero se halla observando la sección de la chapa de acero indicativa de la estructura típica de la chapa de acero, estando esta sección en la posición de una profundidad de 1/4 del espesor de chapa desde la superficie de la chapa de acero.

25 3. Propiedades mecánicas de chapa de acero laminada en caliente galvano-recocida por inmersión en caliente. Una chapa de acero que tiene una resistencia a la tracción menor que 650 MPa apenas satisface las necesidades en los últimos años de una mayor resistencia mecánica. Por ello, la chapa de acero laminada en caliente galvano-recocida por inmersión en caliente de acuerdo con la presente invención tiene la propiedad mecánica de una resistencia a la tracción de al menos 650 MPa. La resistencia a la tracción es preferiblemente al menos 680 MPa, y más preferiblemente al menos 700 MPa, y aún más preferiblemente al menos 750 MPa.

30 En este sentido, como se describió anteriormente, se requiere que la chapa de acero laminada en caliente galvano-recocida por inmersión en caliente de alta resistencia mecánica tenga una excelente capacidad de expansión de orificios, de modo que es preferible que la chapa de acero laminada en caliente galvano-recocida por inmersión en caliente de alta resistencia mecánica tenga una propiedad mecánica en la que el producto de la relación de expansión de orificios límite, que se halla de acuerdo con el ensayo de expansión de orificios especificado por las normas JFS (Las Normas de la Federación Japonesa del Hierro y el Acero) T1001, y la resistencia a la tracción sea al menos 60.000 MPa·%. El producto de la relación de expansión de los orificios límite y la resistencia a la tracción es un índice del balance entre resistencia mecánica - conformabilidad en la capacidad de rebordado por estiramiento. La relación de expansión de orificios límite propiamente dicha es preferiblemente al menos 70% y más preferiblemente al menos 75%.

40 Además, como se describió anteriormente, en el caso de que la chapa de acero laminada en caliente galvano-recocida por inmersión en caliente de alta resistencia mecánica se aplique en una pieza que necesita evitar la deformación plástica, también puede que se requiera que la chapa de acero laminada en caliente galvano-recocida por inmersión en caliente de alta resistencia mecánica tenga una alta relación de fluencia. Por ello, la chapa de acero laminada en caliente galvano-recocida por inmersión en caliente de alta resistencia mecánica tiene más preferiblemente la propiedad mecánica de que la relación de fluencia, que es la relación entre el límite convencional de elasticidad del 0,2% y la resistencia a la tracción, sea al menos 80%. La tensión de fluencia es en especial preferiblemente al menos 85%.

50 4. Capa galvano-recocida por inmersión en caliente. La capa galvano-recocida por inmersión en caliente no está especialmente limitada, pero es similar a la capa galvanizada en la chapa de acero convencional laminada en caliente galvano-recocida por inmersión en caliente. En la descripción relativa al siguiente método de producción se describe el peso del revestimiento de la capa galvano-recocida por inmersión en caliente y la concentración de Fe.

55 5. Método de producción. La chapa de acero laminada en caliente galvano-recocida por inmersión en caliente de acuerdo con la presente invención se produce mediante un método que incluye (A) una etapa de laminación en caliente, (B) una etapa de decapado, y (C) una etapa de galvanización continua por inmersión en caliente. A continuación se describen las condiciones de producción para cada una de las etapas.

60 (A) Procedimiento de laminación en caliente.

65 [Temperatura de recalentamiento del planchón: al menos 1.100° C y como máximo 1.350° C] La temperatura de calentamiento del planchón, cuando un planchón que tiene la composición química descrita anteriormente se somete a laminación en caliente, es al menos 1.100° C y como máximo 1.350° C. Con el fin de

conseguir en el producto final una alta resistencia mecánica y una excelente capacidad de expansión de orificios, se necesita proporcionar elementos en el estado de solución sólida, tales como el Ti, el Nb y el V, para la formación de carburos durante la laminación en caliente. Si la temperatura de recalentamiento del planchón es menor que 1.100° C, los elementos no se proporcionan en el estado de solución sólida y, por ello, se forman carburos gruesos, lo que dificulta la obtención de la resistencia mecánica deseada en el producto final. Por ello, la temperatura de recalentamiento del planchón es al menos 1.100° C. Por otra parte, si la temperatura de calentamiento del planchón es mayor que 1.350° C, no solo se satura el efecto descrito anteriormente sino que también aumenta el desprendimiento de cascarilla, lo que da lugar por ello a desventajas en los costes. Por ello, la temperatura de calentamiento del planchón es como máximo 1.350° C.

[Temperatura de laminación de acabado de la laminación en caliente: al menos 850° C y como máximo 980° C]

Si la temperatura de laminación de acabado de la laminación en caliente es menor que 850° C, aumenta excesivamente la resistencia a la deformación del planchón, lo que dificulta la laminación del planchón. Por ello, la temperatura de laminación de acabado de la laminación en caliente es al menos 850° C. Por otra parte, si la temperatura de laminación de acabado de la laminación en caliente es mayor que 980° C, el grano de ferrita después del enfriamiento se vuelve grueso, lo que dificulta la obtención de la resistencia mecánica deseada en el producto final. Por ello, la temperatura de laminación de acabado de la laminación en caliente es como máximo 980° C.

[Temperatura de parada del enfriamiento principal: al menos 650° C y como máximo 800° C]

Después de la laminación en caliente descrita anteriormente, se realiza un tratamiento de enfriamiento primario mediante una unidad de enfriamiento con agua. Si la temperatura de parada del enfriamiento primario es menor que 650° C, el carburo es coherente con la fase matriz de ferrita, lo que dificulta la consecución de una capacidad de expansión de orificios excelente en el producto final. Por ello, la temperatura de parada del enfriamiento primario es al menos 650° C. Por otra parte, si la temperatura de parada del enfriamiento primario es mayor que 800° C, el carburo precipitado en la ferrita se vuelve excesivamente grueso, lo que dificulta el garantizar la resistencia mecánica deseada en el producto final. Por ello, la temperatura de parada del enfriamiento principal es como máximo 800° C. En este sentido, la velocidad del enfriamiento primario no está especialmente definida, pero preferiblemente es al menos 10° C/s y menor que 200° C/s a partir de la restricción de la unidad de enfriamiento con agua existente.

[Tiempo de mantenimiento en el intervalo de temperatura de al menos 650° C y como máximo 800° C: al menos  $\Delta t$  (segundos)]

$$\Delta t \text{ (segundos)} = 5 \cdot \text{Mn}^4 \text{ (Mn: contenido de Mn (\% en masa) en el acero)}$$

La chapa de acero laminada en caliente obtenida mediante el tratamiento de enfriamiento primario se mantiene, durante un período de al menos  $\Delta t$  (segundos), definido en función del contenido de Mn, en el intervalo de temperatura de al menos 650° C hasta como máximo 800° C. Manteniendo el calor o calentando se puede conseguir un aspecto específico del mantenimiento, pero desde el punto de vista de la productividad se consigue preferiblemente enfriando con aire. Por ello, el tiempo de mantenimiento también se denomina a continuación "tiempo de enfriamiento intermedio con aire".

Si el tiempo de mantenimiento es menor que  $\Delta t$  (segundos), en algunos casos no se puede formar ferrita poligonal suficientemente, lo que hace que sea difícil conseguir una excelente capacidad de expansión de orificios en el producto final. No es necesario especificar especialmente el límite superior del tiempo de mantenimiento, pero desde el punto de vista de la productividad preferiblemente es al menos 30 segundos.

[Temperatura de parada del enfriamiento secundario/temperatura de bobinado: al menos 400° C y como máximo 650° C]

Después del tratamiento de mantenimiento descrito anteriormente, la chapa de acero laminada en caliente se somete a un tratamiento de enfriamiento secundario mediante una unidad de enfriamiento con agua y, luego, se bobina, creando de ese modo una bobina laminada en caliente. Si la temperatura de parada del enfriamiento secundario y la temperatura de bobinado son mayores que 650° C, mientras que se bobina la chapa de acero laminada en caliente el carburo de Ti se vuelve excesivamente grueso, lo que dificulta la consecución de la resistencia mecánica deseada en el producto final. Por ello, la temperatura de parada del enfriamiento secundario y la temperatura de bobinado son como máximo 650° C. Por otra parte, si la temperatura de parada del enfriamiento secundario y la temperatura de bobinado son menores que 400° C, el interior de la bobina laminada en caliente no se enfría uniformemente y, por ello, la variación de las propiedades de la bobina resulta significativa, lo que en algunos casos disminuye por ello la fluencia. Por ello, la temperatura de parada del enfriamiento secundario y la temperatura de bobinado son al menos 400° C. En este sentido, no se especifica especialmente la velocidad de enfriamiento secundario, sino que preferiblemente es al menos 10° C/s y menor que 200° C/s a partir de la restricción de la unidad de enfriamiento con agua existente.

A excepción de las condiciones descritas anteriormente, se recomienda realizar la etapa de laminación en caliente de acuerdo con un método convencional. Por ejemplo, se recomienda fabricar el planchón para la laminación en



caliente mediante fundir un acero que tenga la composición química descrita anteriormente y, luego, colar el acero en continuo o fundirlo y desbastarlo. Desde el punto de vista de la productividad preferiblemente se emplea una etapa de colada continua. Además, en el caso de emplear una etapa de colada continua, con el fin de mejorar la resistencia a la fisuración mediante el control de las inclusiones, es preferible agitar el acero fundido en un molde utilizando un campo magnético externo o una unidad de agitación mecánica. El planchón producido de esta manera se puede someter directamente a la laminación en caliente o se puede mantener térmicamente o recalentar y luego someter a la laminación en caliente.

La etapa de laminación en caliente generalmente se realiza en múltiples pasadas. Es preferible que la reducción de laminación por cada pasada sea al menos 10% y como máximo 60%. Si la reducción de laminación por cada pasada es al menos 10%, se puede introducir mucha deformación en la austenita y, por ello, los granos del cristal de ferrita producidos mediante la transformación se pueden afinar y, por ello, la estructura de la chapa de acero laminada en caliente se afina, lo que puede mejorar más la ductilidad y la capacidad de expansión de orificios. Además, si la reducción de laminación por cada pasada es como máximo 60%, se puede suprimir la formación de la textura provocada por la austenita no recristalizada, lo que puede mejorar aún más la ductilidad y la capacidad de expansión de orificios. El espesor de la chapa de acero laminada en caliente se puede establecer de acuerdo con el uso, pero normalmente varía entre 1,6 mm y 4,5 mm.

(B) Etapa de decapado.

La banda de acero laminada en caliente producida mediante la etapa de laminación en caliente se somete a un tratamiento de decapado en una etapa de decapado, a fin de eliminar la cascarilla. Se recomienda realizar el tratamiento de decapado de acuerdo con un método ordinario. Antes o después de la etapa de decapado, con el fin de aplanar o enderezar la chapa de acero laminada en caliente y facilitar la eliminación de la cascarilla, también se recomienda someter la chapa de acero laminada en caliente a una laminación de endurecimiento. En el caso de que la banda de acero laminada en caliente se someta a una laminación de endurecimiento, no se especifica especialmente un valor particular del porcentaje de alargamiento pero preferiblemente es al menos 0,1% y menor que 3,0%.

(C) Etapa de galvanización continua por inmersión en caliente

La chapa de acero laminada en caliente decapada mediante la etapa de decapado se somete a una etapa de galvanización continua por inmersión en caliente, para realizar los sucesivos tratamientos de calentamiento, galvanización por inmersión en caliente y aleación, con lo cual se produce una chapa de acero laminada en caliente galvano-recocida por inmersión en caliente.

[Temperatura de calentamiento máxima: al menos 650° C y como máximo 800° C]

En la línea de galvanización continua por inmersión en caliente, antes de que la chapa de acero laminada en caliente se someta a un tratamiento de galvanización por inmersión en caliente, la chapa de acero laminada en caliente se somete a un tratamiento de recocido para conseguir una laminabilidad excelente. La unidad ordinaria de recocido en línea incluye al menos un horno de oxidación (o un horno sin oxidación que tiene la propiedad de una oxidación débil) y un horno de reducción. Mediante este tratamiento de recocido, la superficie de la chapa de acero laminada en caliente se oxida y se reduce, con lo que se activa. Si la temperatura de calentamiento máxima es menor que 650° C, la superficie de la chapa de acero laminada en caliente no se puede oxidar y reducir suficientemente y, por ello, la laminabilidad se deteriora. Por ello, la temperatura de calentamiento máxima es al menos 650° C. Por otra parte, si la temperatura de calentamiento máxima es mayor que 800° C, se fomenta la austenitización de la chapa de acero laminada en caliente y, por ello, se deteriora la resistencia mecánica. Por ello, la temperatura de calentamiento máxima es como máximo 800° C. No se especifica especialmente el tiempo de mantenimiento en el intervalo de temperatura de al menos 650° C y como máximo 800° C, pero es preferible mantener la chapa de acero laminada en caliente durante un tiempo de mantenimiento de al menos 10 segundos hasta un máximo de 200 segundos.

Después de calentar la chapa de acero laminada en caliente a la temperatura de calentamiento máxima, la chapa de acero laminada en caliente se enfría hasta un intervalo de temperatura próximo a la temperatura del baño de galvanización por inmersión en caliente del tratamiento de galvanización por inmersión en caliente. No se especifica especialmente la velocidad de enfriamiento en ese momento, pero es preferible establecer la velocidad de enfriamiento en un valor de al menos 1° C/s hasta como máximo 50° C/s a partir de la restricción de la unidad de enfriamiento existente. Además, es preferible que la temperatura de parada del enfriamiento sea al menos 400° C hasta un máximo de 550° C.

La chapa de acero laminada en caliente enfriada hasta ese intervalo de temperatura se sumerge en el baño de galvanización por inmersión en caliente, con lo que se somete a un tratamiento de galvanización por inmersión en caliente. Se recomienda realizar el tratamiento de galvanización por inmersión en caliente mediante un método ordinario. Por ejemplo, se recomienda realizar el tratamiento de galvanización por inmersión en caliente bajo las siguientes condiciones de galvanización por inmersión en caliente: temperatura del baño de galvanización = al menos 420° C y como máximo 500° C; temperatura de la chapa de acero a sumergir = al menos 420° C hasta un máximo de 500° C; y tiempo de inmersión = como máximo 5 segundos. Es preferible que el baño de galvanización por inmersión en caliente tenga una composición que contenga al menos 0,08% en masa, y como máximo 0,2% en

## ES 2 699 996 T3

masa, de Al. Además, cuando el baño de galvanización contiene Fe, Si, Mg, Mn, Cr, Ti y Pb, que son impurezas inevitables, estos elementos no afectan a la presente invención. Es preferible que el peso del revestimiento se controle mediante un método bien conocido, tal como el método de barrido con gas, después de que la chapa de acero laminada en caliente se sumerja en el baño de galvanización por inmersión en caliente. Es preferible que el peso del revestimiento por cada cara sea al menos 25 mg/m<sup>2</sup> y como máximo 75 g/m<sup>2</sup>.

[Temperatura del tratamiento de aleación: al menos 460° C hasta como máximo 600° C]

Si la temperatura de tratamiento de aleación es menor que 460° C, la velocidad de aleación se vuelve excesivamente lenta y, por ello, la productividad se deteriora. Además, hay casos donde se producen irregularidades en el tratamiento de aleación. Por ello, la temperatura del tratamiento de aleación es al menos 460° C. Por otra parte, si la temperatura del tratamiento de aleación es mayor que 600° C, el tratamiento de aleación se fomenta excesivamente y, por ello, la resistencia a la trituration de la chapa de acero se deteriora significativamente. Por ello, la temperatura del tratamiento de aleación es como máximo 600° C. No se especifica especialmente el tiempo del tratamiento de aleación, pero preferiblemente es de 5 a 60 segundos.

Aunque la concentración de Fe en la capa galvano-recocida por inmersión en caliente es diferente dependiendo de las condiciones del tratamiento térmico de aleación y del peso del revestimiento, es preferible que la concentración de Fe varíe de 7 a 14% en masa.

Después de que la chapa de acero laminada en caliente se hace pasar a través de la línea de galvano-recocido por inmersión en caliente, la chapa de acero se puede someter a un templado por laminación en frío con el fin de aplanar y enderezar la banda de acero y controlar la rugosidad superficial de la chapa de acero. En este caso, con el fin de evitar la disminución de la ductilidad de la chapa de acero, es preferible que el porcentaje de alargamiento sea como máximo 2%.

### Ejemplo

Un acero que tenía la composición química mostrada en la Tabla 1 se fundió en el laboratorio y se coló a modo de un lingote de acero y luego se obtuvo un planchón de acero forjando el lingote de acero. A continuación, el planchón de acero obtenido se laminó en caliente mediante una unidad de laminación en caliente para su ensayo bajo las condiciones de calentamiento y enfriamiento mostradas en la Tabla 2, con lo que se obtuvo una chapa de acero laminada en caliente con un espesor de 3,2 mm. En la Figura 1 se muestra el patrón de calor de la laminación en caliente. Las temperaturas en los respectivos puntos son temperaturas superficiales medidas mediante un termómetro de radiación. La velocidad de enfriamiento en el enfriamiento primario y el enfriamiento secundario, que se realizaron mediante un enfriamiento con agua, fue de aproximadamente 40° C/s.

La chapa de acero laminada en caliente enfriada a temperatura ambiente se sometió a un tratamiento de decapado, usando un líquido decapante ordinario de ácido clorhídrico, como tratamiento de descascarillado. Luego, la chapa de acero laminada en caliente no se sometió a laminación en frío, sino que se sometió a un tratamiento térmico que simulaba la línea de galvanización por inmersión en caliente mostrada en la Figura 2, bajo las condiciones mostradas en la Tabla 2, utilizando un simulador de tratamiento térmico continuo.

[Tabla I]

Tipo de acero	Composición química (unidad: % en masa, resto: Fe e impurezas)									C*	Nota
	C	Si	Mn	P	S	Al	Ti	Otros elementos	N		
A	0,066	0,01	0,49	0,012	0,002	0,049	0,19		0,0036	0,018	Ej. invenc.
B	0,065	0,02	0,99	0,011	0,002	0,043	0,15		0,0037	0,027	Ej. invenc.
<u>C</u>	0,063	0,01	<u>1,49</u>	0,011	0,002	0,044	0,15		0,0033	0,025	Ej. compar.
D	0,105	0,01	0,49	0,011	0,002	0,047	0,19	V: 0,24	0,0036	0,029	Ej. invenc.
E	0,061	0,03	0,54	0,010	0,001	0,048	0,11	V: 0,12	0,0035	0,019	Ej. invenc.
F	0,068	0,01	0,55	0,012	0,002	0,049	0,15	Nb: 0,03	0,0036	0,026	Ej. invenc.
G	0,066	0,4	0,49	0,012	0,002	0,049	0,19		0,0036	0,018	Ej. invenc.
H	0,069	0,02	0,52	0,010	0,001	0,055	0,15	Cu: 0,25	0,0033	0,031	Ej. invenc.
I	0,063	0,03	0,56	0,014	0,002	0,051	0,17	Cu: 0,16	0,0031	0,020	Ej. invenc.
J	0,066	0,02	0,48	0,015	0,001	0,048	0,16	Ni: 0,18	0,0034	0,026	Ej. invenc.
K	0,060	0,02	0,45	0,012	0,001	0,052	0,15	Mo: 0,14	0,0032	0,022	Ej. invenc.
L	0,066	0,02	0,48	0,012	0,001	0,054	0,16	B: 0,0008	0,0028	0,026	Ej. invenc.
M	0,062	0,01	0,51	0,010	0,002	0,045	0,14	Ca: 0,002	0,0030	0,027	Ej. invenc.
N	0,064	0,02	0,46	0,013	0,002	0,053	0,15	Bi: 0,002	0,0031	0,026	Ej. invenc.
<u>O</u>	0,075	0,03	0,51	0,013	0,001	0,045	<u>0,03</u>		0,0029	0,067	Ej. compar.

C\* = C-12,01\*(Ti/47,88+Nb/92,91+0,5\*V/50,94). El subrayado indica fuera del rango de la presente invención.

[Tabla 2]

Nº de ensayo	Tipo de acero	Condiciones de la laminación en caliente							Condiciones del galvano-recocido por inmersión en caliente				Nota
		Temp. de recalentam. del planchón (°C)	Temp. de laminación de acabado (°C)	Temp. de parada del enfriamiento primario (°C)	Tiempo del enfriamiento intermedio con aire (seg.)	Δt (seg.)	Temp. de enfriam. (°C)	Temp. de calentam. máxima (°C)	Temp. de manten. baja. (°C)	Temp. de baño de galvaniz. (°C)	Temp. del tratam. de aleación (°C)		
1	A	1.250	880	750	2	0,3	580	750	500	460	500	500	Ej. invenc.
2	A	1.250	880	730	2	0,3	640	750	500	460	500	500	Ej. invenc.
3	A	1.250	880	750	2	0,3	580	720	500	460	500	500	Ej. invenc.
4	A	1.250	880	750	2	0,3	580	780	500	460	500	500	Ej. invenc.
5	A	1.250	880	750	2	0,3	580	850	500	460	500	500	Ej. comp.
6	A	1.250	890	780	10	0,3	580	750	500	460	500	500	Ej. invenc.
7	A	1.250	900	750	10	0,3	580	750	500	460	500	500	Ej. invenc.
8	B	1.250	880	750	2	4,8	600	750	500	460	500	500	Ej. comp.
9	B	1.250	900	780	10	4,8	600	750	500	460	500	500	Ej. invenc.
10	B	1.250	900	740	10	4,8	630	750	500	460	500	500	Ej. invenc.
11	C	1.250	880	740	2	24,6	580	750	500	460	500	500	Ej. comp.
12	C	1.250	880	760	2	24,6	640	750	500	460	500	500	Ej. comp.
13	C	1.250	900	780	15	24,6	600	750	500	460	500	500	Ej. comp.
14	D	1.250	880	750	2	0,3	590	750	500	460	500	500	Ej. invenc.
15	D	1.250	880	750	2	0,3	650	750	500	460	500	500	Ej. invenc.
16	D	1.250	900	790	10	0,3	590	750	500	460	500	500	Ej. invenc.
17	E	1.250	900	740	10	0,4	600	750	500	460	500	500	Ej. invenc.
18	F	1.250	890	750	10	0,5	600	750	500	460	500	500	Ej. invenc.
19	G	1.250	900	730	10	0,3	620	750	500	460	500	500	Ej. invenc.
20	H	1.250	900	750	10	0,4	600	750	500	460	500	500	Ej. invenc.
21	I	1.250	900	760	10	0,5	610	750	500	460	500	500	Ej. invenc.
22	J	1.250	870	740	10	0,3	600	750	500	460	500	500	Ej. invenc.
23	K	1.250	890	720	10	0,2	600	750	500	460	500	500	Ej. invenc.
24	L	1.250	900	760	10	0,3	600	750	500	460	500	500	Ej. invenc.
25	M	1.250	900	740	10	0,3	590	750	500	460	500	500	Ej. invenc.
26	N	1.250	900	730	10	0,2	580	750	500	460	500	500	Ej. invenc.
27	O	1.250	900	730	10	0,3	590	750	500	460	500	500	Ej. comp.

5 Se obtuvieron unas probetas de ensayo de tracción, según la norma JIS N° 5, en la dirección perpendicular a la dirección de laminación de la chapa de acero laminada en caliente sometida al mismo historial térmico que la etapa de galvanización por inmersión en caliente, y se sometieron a un ensayo de tracción. En el ensayo de tracción, se midió la tensión de fluencia (límite convencional de elasticidad del 0,2%), la resistencia a la tracción y el alargamiento total, y se calculó para cada una de las probetas de ensayo la relación de fluencia (tensión de fluencia/resistencia a la tracción). Luego, se realizó un ensayo de la capacidad de expansión de orificios, de acuerdo con el método de ensayo de expansión de orificios JFS T 1001 de Las Normas de la Federación del Hierro y el Acero de Japón, y se midió la relación de expansión de orificios límite, que es la relación de expansión de orificios cuando la fisura se extiende a través del espesor de la chapa, y se calculó el valor de (la resistencia a la tracción x la relación de expansión de orificios límite).

10 La estructura del acero se observó de la siguiente manera: se sometió a un decapado Nital una sección transversal longitudinal de la chapa de acero; usando un microscopio óptico o un microscopio electrónico de barrido, se tomó una fotografía de la sección en la posición de 1/4 de profundidad del espesor desde la superficie; y, a partir de la fotografía, se calculó la fracción de área de cada una de las estructuras mediante el método de recuento de puntos. En la Tabla 3 se muestran los resultados obtenidos de esta manera.

[Tabla 3]

Nº de ensayo	Tipo de acero	Estructura del acero		Propiedades mecánicas						Nota
		Ferrita poligonal (% en área)	Balance	Resist. a la tracción (MPa)	Tensión de fluencia (MPa)	Relación de fluencia (%)	Alargam. total (%)	Relación de expansión de orificios límite (%)	Resist. a la tracción x relación de expansión de orificios límite (MPa·%)	
1	A	98	BF.θ	741	694	93,7	18,4	95	70.395	Ejemplo de la invención
2	A	99	BF.θ	761	704	92,5	19,2	79	60.119	Ejemplo de la invención
3	A	98	BF.θ	766	710	92,7	18,3	89	68.174	Ejemplo de la invención
4	A	98	BF.θ	731	678	92,7	19,4	85	62.135	Ejemplo de la invención
5	A	99	θ	601	508	84,5	23,6	111	66.711	Ejemplo comparativo
6	A	99	θ	683	599	87,7	19,6	96	65.568	Ejemplo de la invención
7	A	99	θ	725	638	88,0	22,0	103	74.675	Ejemplo de la invención
8	B	75	BF.θ	758	700	92,3	19,9	53	40.174	Ejemplo comparativo
9	B	98	θ	697	615	88,2	20,0	93	64.821	Ejemplo de la invención
10	B	99	θ	712	623	87,5	20,4	90	64.080	Ejemplo de la invención
11	C	30	BF.θ.M	860	793	92,2	19,2	43	36.980	Ejemplo comparativo
12	C	95	BF.θ.M	816	739	90,6	20,8	45	36.720	Ejemplo comparativo
13	C	55	BF.θ.M	834	742	89,0	18,2	50	41.700	Ejemplo comparativo
14	D	99	θ	860	792	92,1	19,4	81	69.660	Ejemplo de la invención
15	D	99	θ	868	789	90,9	18,8	79	68.572	Ejemplo de la invención
16	D	98	θ	787	674	85,6	18,8	95	74.765	Ejemplo de la invención
17	E	98	θ	709	621	87,6	21,0	91	64.519	Ejemplo de la invención
18	F	95	BF.θ	751	677	90,1	20,2	83	62.333	Ejemplo de la invención
19	G	99	θ	760	669	88,0	20,9	88	66.880	Ejemplo de la invención
20	H	98	θ	739	643	87,0	20,5	83	61.337	Ejemplo de la invención
21	I	93	BF.θ	716	651	90,9	19,8	85	60.860	Ejemplo de la invención
22	J	94	BF.θ	738	660	89,4	20,5	83	61.254	Ejemplo de la invención
23	K	97	BF.θ	734	658	89,6	20,2	85	62.390	Ejemplo de la invención
24	L	96	BF.θ	741	679	91,6	18,5	90	66.690	Ejemplo de la invención
25	M	98	θ	711	635	89,3	20,4	102	72.522	Ejemplo de la invención
26	N	99	θ	715	627	87,7	20,8	104	74.360	Ejemplo de la invención
27	O	91	P.θ	512	448	87,5	31,6	120	61.440	Ejemplo comparativo

BF: ferrita bainítica, θ: cementita, P: perlita, M: martensita. El subrayado indica fuera del rango de la presente invención.

Los ensayos número 1 a 4, 6, 7, 9, 10, 14 a 26 son unos ejemplos de la invención en los que la composición química, las condiciones de producción y la estructura del acero se corresponden con los rangos definidos por la presente invención y en los que se consiguieron las propiedades mecánicas deseadas.

- 5 Por otra parte, en el ensayo número 5, la temperatura de calentamiento máxima en la etapa de galvanización continua por inmersión en caliente era mayor que la temperatura definida por la presente invención y, por ello, la resistencia a la tracción fue insuficiente. En el ensayo número 8, el tiempo de enfriamiento intermedio con aire después de parar el enfriamiento primario no satisfacía el tiempo  $\Delta t$  definido por la presente invención y la fracción de volumen de la ferrita fue menor que el intervalo definido por la presente invención, de modo que se deterioró el
- 10 balance de resistencia mecánica - capacidad de expansión de orificios. En los ensayos número 11 a 13, el contenido de Mn era mayor que el valor definido por la presente invención y, por ello, se deterioró la capacidad de expansión de orificios. En el ensayo número 27, el contenido de Ti no satisfacía el intervalo definido por la presente invención y, por ello, la resistencia a la tracción fue insuficiente.

REIVINDICACIONES

1. Una chapa de acero laminada en caliente galvano-recocida por inmersión en caliente que tiene una capa galvano-recocida por inmersión en caliente sobre la superficie de la chapa de acero laminada en caliente, caracterizada por tener una composición química que consiste, en % en masa, en:

5 C: al menos 0,05% y como máximo 0,20%;  
 Si: como máximo 0,50%;  
 Mn: al menos 0,01% y como máximo 0,8%;  
 P: como máximo 0,05%;  
 10 S: como máximo 0,01%;  
 N: como máximo 0,01%;  
 Al: como máximo 0,50%; y  
 Ti: al menos 0,05% y como máximo 0,50%,  
 y opcionalmente uno, dos o más elementos, en % en masa, seleccionados de  
 15 Cr: como máximo 0,80%;  
 Ni: como máximo 0,50%;  
 Cu: como máximo 0,50%;  
 Mo: como máximo 0,50%; y  
 B: como máximo 0,0009%,  
 20 opcionalmente uno o dos elementos, en % en masa, seleccionados de  
 V: como máximo 0,5%; y  
 Nb: como máximo 0,1%, y  
 opcionalmente uno o dos elementos, en % en masa, seleccionados de  
 25 Ca: como máximo 0,01%; y  
 Bi: como máximo 0,01%, y  
 el resto Fe e impurezas, y  
 por tener una estructura del acero que contiene al menos 80% en área de una ferrita poligonal y consistiendo el resto en uno, dos o más tipos seleccionados de ferrita bainítica, bainita, perlita y cementita,  
 30 en donde la chapa de acero laminada en caliente galvano-recocida por inmersión en caliente tiene una propiedad mecánica de al menos 650 MPa de resistencia a la tracción,  
 en donde la chapa de acero laminada en caliente galvano-recocida por inmersión en caliente tiene una propiedad mecánica en la que el producto de la relación de expansión de orificios y la resistencia a la tracción es al menos 60.000 MPa·%, habiéndose obtenido la relación de expansión de orificios mediante el ensayo de expansión de orificios especificado por las Normas JFST1001 de la Federación del Hierro y el Acero de Japón, y en la que la relación de fluencia es al menos 80%, siendo la relación de fluencia la relación entre el límite convencional de elasticidad del 0,2 y la resistencia a la tracción.

2. Un procedimiento para producir una chapa de acero laminada en caliente galvano-recocida por inmersión en caliente, comprendiendo el procedimiento las siguientes etapas (A) a (C):

(A) una etapa de laminación en caliente, que comprende las etapas de: después de recalentar un planchón que tiene una composición química según se establece en la reivindicación 1 a una temperatura de al menos 1.100° C y como máximo 1.350° C; someter el planchón a una laminación en caliente; completar la laminación en caliente dentro del intervalo de temperatura de al menos 850° C y como máximo 980° C, para producir de ese modo una chapa de acero laminada en caliente; someter la chapa de acero laminada en caliente a un tratamiento de enfriamiento primario, un tratamiento de mantenimiento y un tratamiento de enfriamiento secundario sucesivos, enfriando la chapa de acero laminada en caliente en el tratamiento de enfriamiento primario en el intervalo de temperatura de al menos 650° C y como máximo 800° C por unidad de enfriamiento con agua, manteniendo la chapa de acero laminada en caliente en el tratamiento de mantenimiento durante un período de al menos  $\Delta t$  segundos definido mediante la fórmula siguiente en el intervalo de temperatura de al menos 650° C y como máximo 800° C, enfriando la chapa de acero laminada en caliente en el tratamiento de enfriamiento secundario en el intervalo de temperatura de al menos 400° C y como máximo 650° C; y bobinar la chapa de acero laminada en caliente en el intervalo de temperatura de al menos 400° C y como máximo 650° C,

$$\Delta t \text{ (segundos)} = 5 \cdot Mn^4 \tag{1}$$

donde Mn, en la fórmula (1), indica el contenido de Mn (unidad: % en masa) en el acero,

(B) una etapa de decapado, para someter a un tratamiento de decapado la chapa de acero laminada en caliente producida mediante la etapa de laminación en caliente; y

(C) una etapa de galvanización continua por inmersión en caliente, que comprende las etapas de: calentar la chapa de acero laminada en caliente, producida mediante la etapa de decapado, en el intervalo de temperatura de al menos 650° C y como máximo 800° C; enfriar y someter la chapa de acero laminada en caliente a un tratamiento de galvanización por inmersión en caliente; y mantener la chapa de acero laminada en caliente en el intervalo de temperatura de al menos 460° C y como máximo 600° C, para de ese modo someter la chapa de acero laminada en caliente a un tratamiento de aleación.

Figura 1

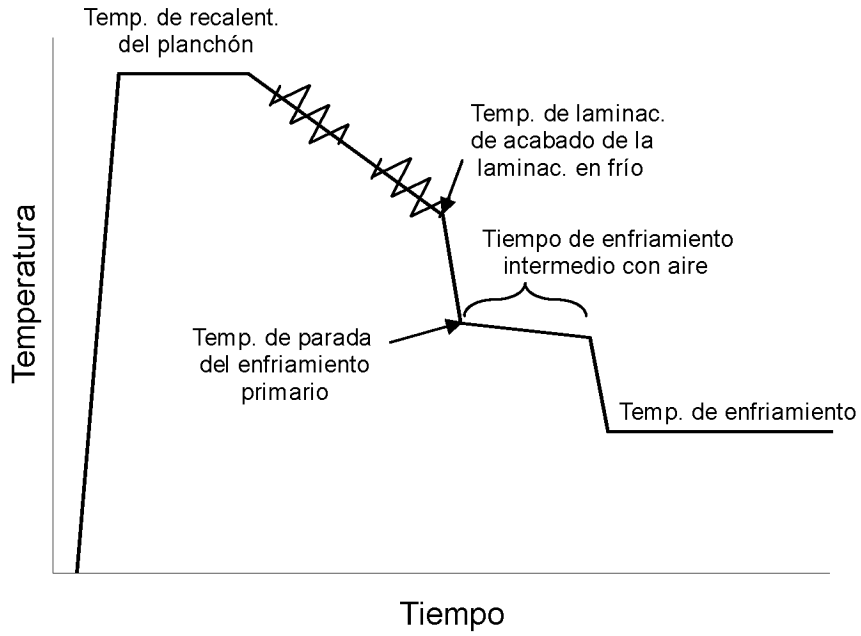


Figura 2

