

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11) Número de publicación: **2 785 410**

51) Int. Cl.:

C22C 38/04	(2006.01)	C22C 38/06	(2006.01)
C22C 38/58	(2006.01)	C22C 38/08	(2006.01)
C23C 2/06	(2006.01)	C22C 38/12	(2006.01)
C23C 2/28	(2006.01)	C22C 38/14	(2006.01)
C21D 8/02	(2006.01)	C22C 38/16	(2006.01)
C21D 9/46	(2006.01)	C22C 38/38	(2006.01)
B32B 15/01	(2006.01)		
C21D 6/00	(2006.01)		
C22C 38/00	(2006.01)		
C22C 38/02	(2006.01)		

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 86) Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **13.07.2015 PCT/JP2015/070069**
- 87) Fecha y número de publicación internacional: **19.01.2017 WO17009938**
- 96) Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **13.07.2015 E 15898251 (2)**
- 97) Fecha y número de publicación de la concesión europea: **04.03.2020 EP 3323907**

54) Título: **Chapa de acero, chapa de acero galvanizada por inmersión en caliente, chapa de acero galvanizada y recocida y métodos de fabricación de las mismas**

45) Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
06.10.2020

73) Titular/es:
NIPPON STEEL CORPORATION (100.0%)
6-1, Marunouchi 2-chome, Chiyoda-ku
Tokyo, JP

72) Inventor/es:
TODA YURI;
AZUMA MASAFUMI;
UENISHI AKIHIRO;
KAWATA HIROYUKI;
MARUYAMA NAOKI y
SHIGESATO GENICHI

74) Agente/Representante:
ELZABURU, S.L.P

ES 2 785 410 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, chapa de acero galvanizada por inmersión en caliente, chapa de acero galvanizada y recocida y métodos de fabricación de las mismas

[Campo técnico de la invención]

5 La presente invención se refiere a una chapa de acero, una chapa de acero galvanizada en caliente y una chapa de acero galvanizada y recocida que son preferibles como piezas estructurales para vehículos, edificios, electrodomésticos y similares, y tienen una resistencia a la tracción de 780 MPa o mayor y excelentes propiedades de resistencia a la fractura retardada, y métodos de fabricación para ellas.

[Técnica relacionada]

10 Recientemente, para las chapas de acero que se usan como piezas estructurales para vehículos, edificios, electrodomésticos, y similares, existe una demanda de excelentes propiedades de resistencia a la fractura retardada, así como la resistencia y conformabilidad necesarias. La fractura retardada es un fenómeno en el cual el hidrógeno que se ha introducido en el acero se acumula en porciones de concentración de tensión y fractura el acero.

15 Se ha sabido en la técnica relacionada que se produce una fractura retardada en acero de alta resistencia tal como pernos de alta resistencia, alambres de acero sin revestimiento liberados de tensiones para hormigón pretensado y tuberías de línea. Para el acero de alta resistencia, se han propuesto una variedad de medidas para mejorar las propiedades de resistencia a la fractura retardada.

20 Por ejemplo, el documento no de patente 1 describe que elementos tales como Cr, Mo y V son efectivos para la mejora de las propiedades de resistencia a la fractura retardada. Esta es una técnica en la que los carburos de Cr, Mo, V y similares se precipitan en granos del cristal, y estos carburos se utilizan como sitios para atrapar hidrógeno (sitios de trampa de hidrógeno), suprimiendo así la fragilidad de los límites de grano.

25 Los materiales de alta resistencia no se deforman plásticamente con facilidad y, además, no se rompen fácilmente y, por lo tanto, se usan con frecuencia en entornos bajo alta tensión. Además, en el acero que se usa como piezas después de conformarse como chapas de acero para vehículos, se genera tensión residual después de los procesos de conformado. Dado que el grado de tensión residual aumenta a medida que aumenta la resistencia de las chapas de acero, en las chapas de acero de alta resistencia, la preocupación por la fractura retardada se intensifica.

30 Por lo tanto, para aplicar chapas de acero de alta resistencia a componentes de vehículos, es esencial mejorar la conformabilidad de las chapas de acero para obtener componentes conformando las chapas de acero y, además, mejorar las propiedades de resistencia a la fractura retardada de las chapas de acero para permitir que las chapas de acero soporten el uso en entornos de alta tensión.

35 Además, la función descrita anteriormente de los carburos de elementos como Cr, Mo y V como sitios de trampa de hidrógeno deriva de la coherencia (deformación de coherencia) en las interfases entre las fases primarias y los carburos, y la función se degrada después de laminado en frío y tratamientos térmicos. Por lo tanto, el uso de carburos de elementos como Cr, Mo y V como sitios de trampa de hidrógeno no es aplicable a las chapas de acero para las que se requieren laminado en frío y tratamientos térmicos.

40 El documento de patente 1 describe que óxidos compuestos principalmente por Ti y Mg son efectivos para la supresión del defecto de hidrógeno (la mejora de las propiedades de resistencia a la fractura retardada). La medida de fragilidad por hidrógeno descrita en el documento de patente 1 está destinada a mejorar, particularmente, la fragilidad por hidrógeno después de una soldadura con gran aporte de calor, y el documento de patente 1 describe chapas de acero gruesas como objeto, pero no trata de la satisfacción de propiedades de alta conformabilidad y alta resistencia a la fractura retardada que se requieren para chapas de acero delgadas.

45 Con respecto a la fragilización por hidrógeno de chapas de acero delgadas, por ejemplo, el documento no de patente 2 describe que la fragilización por hidrógeno de chapas de acero delgadas está promovida por la transformación inducida por deformación del contenido de austenita residual. Es decir, se describe que, para evitar que las propiedades de resistencia a la fractura retardada se deterioren en chapas de acero delgadas, es necesario controlar el contenido residual de austenita.

Sin embargo, la medida para mejorar las propiedades de resistencia a la fractura retardada descrita en el documento no de patente 2 se refieren a chapas de acero delgadas de alta resistencia que tienen una estructura específica y no se puede decir que sea una medida fundamental para mejorar las propiedades de resistencia a la fractura retardada.

50 Como chapas de acero delgadas destinadas a mejorar las propiedades de resistencia a la fractura retardada y la conformabilidad, el Documento de Patente 2 describe una chapa de acero para un recipiente de esmalte que tiene una excelente resistencia a las escamas de pescado. En esta chapa de acero, el hidrógeno que se ha introducido en la chapa de acero durante la producción queda atrapado utilizando óxidos en la chapa de acero, suprimiendo así los "golpes de uña" (defecto de la superficie) causados después de la aplicación del esmalte.

Por lo tanto, la chapa de acero descrita en el Documento de Patente 2 incluye un gran contenido de óxidos en la misma. Sin embargo, la dispersión de óxidos en chapas de acero a alta densidad deteriora la conformabilidad. Por lo tanto, la técnica descrita en el Documento de Patente 2 no es aplicable a las chapas de acero para vehículos que requieren alta conformabilidad.

- 5 Mientras tanto, como un método para mejorar la conformabilidad de chapas de acero, un método en el que la plasticidad inducida por la transformación (efecto TRIP) que transforma la austenita residual que se ha dispersado en una chapa de acero en martensita durante el procesamiento (moldeo) de la chapa de acero es utilizado (véanse los documentos de patente 3 y 4). Sin embargo, la martensita generada después del conformado promueve el inicio de la fractura retardada y, por lo tanto, en chapas de acero que requieren la mejora de la conformabilidad y propiedades de resistencia a la fractura retardada, es difícil usar el efecto TRIP (véase el documento no de patente 2). Como se describió anteriormente, en chapas de acero, es difícil mejorar tanto la conformabilidad como las propiedades de resistencia a la fractura retardada.

[Documento de la técnica anterior]

[Documentos de patente]

- 15 [Documento de patente 1] Solicitud de patente japonesa no examinada, Primera publicación No. H11-293383

[Documento de patente 2] Solicitud de patente japonesa no examinada, primera publicación No. H11-100638

[Documento de patente 3] Solicitud de patente japonesa no examinada, Primera publicación No. H01-230715

[Documento de patente 4] Solicitud de patente japonesa no examinada, Primera publicación No. H02-217425

[Documento no de patente]

- 20 [Documento no de patente 1] "New Evolution of Delayed Fracture Clarification"(The Iron and Steel Institute of Japan, publicado en enero, 1997)

[Documento no de patente 2] CAMP-ISIJ Vol. 5 N.º 6 págs. 1839 a 1842, Yamazaki et al., Octubre de 1992, The Iron and Steel Institute of Japan.

[Descripción de la invención]

- 25 [Problemas a resolver por la invención]

Como se describió anteriormente, en chapas de acero, es difícil mejorar tanto la conformabilidad como las propiedades de resistencia a la fractura retardada. La presente invención tiene la intención de mejorar las propiedades de resistencia a la fractura retardada al tiempo que garantiza la conformabilidad en chapas de acero, chapas de acero galvanizadas por inmersión en caliente y chapas de acero galvanizadas y recocidas que tienen una resistencia a la tracción de 780 MPa o mayor. Un objeto de la presente invención es proporcionar una chapa de acero, una chapa de acero galvanizado por inmersión en caliente y una chapa de acero galvanizada y recocida que logre la intención descrita anteriormente, y métodos de fabricación de la misma.

- 30

[Medios para resolver el problema]

Los presentes inventores estudiaron intensamente los métodos para lograr el objeto descrito anteriormente. Como resultado, los presentes inventores encontraron que, en una chapa de acero que tiene un contenido de C en un intervalo de 0,05% a 0,40% y una resistencia a la tracción de 780 MPa o mayor, cuando se forma una estructura que incluye martensita revenida que es una fase primaria en una relación en volumen necesaria y una o ambas de ferrita y bainita que son fases secundarias en una relación en volumen necesaria, e incluyendo otras fases en una relación en volumen limitada, se precipita un carburo a base de hierro en la martensita revenida con una densidad numérica necesaria o más, y se proporciona un carburo de tipo ϵ como 20% o más del carburo a base de hierro, es posible mejorar las propiedades de resistencia a la fractura retardada mientras se garantiza la conformabilidad de la chapa de acero.

- 40

La presente invención se ha realizado sobre la base del hallazgo descrito anteriormente, y la esencia es como se describe a continuación.

- 45 (1) Una chapa de acero según un aspecto de la presente invención incluye, como composición química, en % en masa: C: 0,05% a 0,40%, Si: 0,05% a 3,00%, Mn: 1,50% o más y menos de 3,50%, P : 0,04% o menos, S: 0,01% o menos, N: 0,01% o menos, O: 0,006% o menos, Al: 0% a 2,00%, Cr: 0% a 1,00%, Mo: 0% a 1,00% , Ni: 0% a 1,00%, Cu: 0% a 1,00% Nb: 0% a 0,30%, Ti: 0% a 0,30%, V: 0% a 0,50% B: 0% a 0,01% Ca: 0% a 0,04%, Mg: 0% a 0,04%, REM: 0% a 0,04%, y un resto de Fe e impurezas, donde una estructura con una porción de 1/4 de espesor incluye, en términos de relaciones en volumen , martensita revenida: 30% a 70% y una o ambas de ferrita y bainita: un total de 20% a 70%, donde en la estructura en la porción de 1/4 de espesor, una relación en volumen de austenita residual es menor de 10%, una relación en volumen de martensita fresca es 10% o menos, una relación en volumen de perlita es

- 50

- 10% o menos, y una relación en volumen total de la austenita residual, la martensita fresca y la perlita es 15% o menos, en el cual la densidad en número numérica de carburos a base de hierro que tienen un eje mayor de 5 nm o más en la martensita revenida en la porción de 1/4 de espesor es 5×10^7 partículas/mm² o más, donde la relación del número de carburos de tipo ϵ con respecto al número de carburos a base de hierro que tienen el eje mayor de 5 nm o más en porción de 1/4 de espesor es 20% o más, y en cuya resistencia a la tracción es de 780 MPa o mayor.
- 5 (2) En la chapa de acero según (1), la composición química puede incluir, en % en masa, uno o más seleccionados del grupo que consiste en Cr: 0,05% a 1,00%, Mo: 0,01% a 1,00%, Ni: 0,05% a 1,00%, y Cu: 0,05% a 1,00%.
- (3) En la chapa de acero según (1) o (2), la composición química puede incluir, en % en masa, uno o más seleccionados del grupo que consiste en Nb: 0,005% a 0,30%, Ti: 0,005% a 0,30%, y V: 0,005% a 0,50%.
- 10 (4) En la chapa de acero según uno cualquiera de (1) a (3), la composición química puede incluir, en % en masa, B: 0,0001% a 0,01%.
- (5) En la chapa de acero según uno cualquiera de (1) a (4), la composición química puede incluir, en % en masa, uno o más seleccionados del grupo que consiste en Ca: 0,0005% a 0,04%, Mg: 0,0005% a 0,04 % y REM: 0,0005% a 0,04%.
- 15 (6) En la chapa de acero según uno cualquiera de (1) a (5), un eje mayor promedio de los carburos a base de hierro puede ser de 350 nm o menos.
- (7) En una chapa de acero galvanizado por inmersión en caliente según otro aspecto de la presente invención, se forma una capa galvanizada en caliente que incluye 15% en masa o menos de Fe y un resto de Zn, Al e impurezas en una superficie de la chapa de acero según uno cualquiera de (1) a (6).
- 20 (8) En una chapa de acero galvanizada y recocida según otro aspecto más de la presente invención, se forma una capa galvanizada y recocida que incluye 15% en masa o menos de Fe y un resto de Zn, Al e impurezas en una superficie de la chapa de acero según uno cualquiera de (1) a (6).

[Efectos de la invención]

- 25 Según la presente invención, es posible proporcionar una chapa de acero, una chapa de acero galvanizado por inmersión en caliente y una chapa de acero galvanizado y recocida que son preferibles como piezas estructurales para vehículos, edificios, electrodomésticos y similares, y tiene una resistencia a la tracción 780 MPa o mayor y excelentes propiedades de resistencia a la fractura retardada, y métodos de fabricación para ellas.

[Breve descripción de los dibujos]

- 30 La fig. 1 es un campo visual que muestra una relación entre la densidad numérica (partículas/mm²) de carburos a base de hierro en martensita revenida y propiedades de resistencia a la fractura retardada.

La fig. 2 es un campo visual que muestra una relación entre la relación de carburos de tipo ϵ con respecto a carburos a base de hierro y las propiedades de resistencia a la fractura retardada.

[Realizaciones de la invención]

- 35 Se sabe que los carburos de Cr, Mo, V y similares funcionan como sitios de trampa de hidrógeno y mejoran las propiedades de resistencia a la fractura retardada en relación con la fragilidad por hidrógeno (véase el documento no de patente 1). Sin embargo, los tratamientos térmicos para precipitar los carburos de Cr, Mo, V y similares requieren de largos períodos de tiempo y, por lo tanto, es difícil usar la precipitación de los carburos de Cr, Mo, V y similares para mejorar las propiedades de resistencia a la fractura retardada en chapas de acero que deben producirse utilizando líneas de producción en las que tratamientos térmicos deben llevarse a cabo en un corto período de tiempo (líneas de recocido continuo, líneas de revestimiento electrolítico continuo y similares).
- 40

- La función de captura de hidrógeno se deriva de la coherencia (deformación de coherencia) en las interfases entre los metales básicos y los carburos, pero la capacidad de captura de hidrógeno de los carburos de Cr, Mo, V y similares precipitados durante el laminado en caliente se degrada después de laminado en frío y tratamientos térmicos, por lo que es difícil utilizar la precipitación de los carburos de Cr, Mo, V y similares para mejorar las propiedades de resistencia a la fractura retardada en chapas de acero para las que se requieren laminado en frío y tratamientos térmicos.
- 45

- Como se describió anteriormente, es muy difícil mejorar tanto las propiedades de resistencia a la fractura retardada como la conformabilidad. Sin embargo, los presentes inventores descubrieron que, en chapas de acero que tienen una resistencia a la tracción de 780 MPa o mayor, cuando las estructuras y los carburos a base de hierro (particularmente, los carburos de tipo ϵ) se controlan preferiblemente, las propiedades de resistencia a la fractura retardada se pueden mejorar mientras se mantiene la conformabilidad .
- 50

En lo sucesivo, se describirá una chapa de acero que tiene excelentes propiedades de resistencia a la fractura retardada según una forma de realización de la presente invención (en lo sucesivo, en algunos casos, denominada "la chapa de acero según la presente forma de realización").

5 La chapa de acero según la presente forma de realización tiene una idea básica en la cual, en chapas de acero, chapas de acero galvanizadas por inmersión en caliente y chapas de acero galvanizadas y recocidas que tienen una resistencia a la tracción de 780 MPa o mayor y excelentes propiedades de resistencia a la fractura retardada, se establece martensita revenida como fase primaria de la estructura, una o ambas de ferrita y bainita se establecen como una fase secundaria, y un fino carburo a base de hierro (cementita y un carburo de tipo ϵ) se precipita en martensita revenida, y se mejoran las propiedades de resistencia a la fractura retardada mientras se mantiene la conformabilidad al usar este carburo a base de hierro como un sitio de trampa de hidrógeno.

10 Específicamente, en la chapa de acero según una forma de realización de la presente invención que tiene excelentes propiedades de resistencia a la fractura retardada (en adelante, en algunos casos, denominada "la chapa de acero según la presente forma de realización"), la composición química incluye, en % en masa, C: 0,05% a 0,40%, Si: 0,05% a 3,00%, Mn: 1,50% o más y menos de 3,50%, P: 0,04% o menos, S: 0,01% o menos, N: 0,01% o menos, O: 0,006% o menos, Al: 0% a 2,00%, Cr: 0% a 1,00%, Mo: 0% a 1,00%, Ni: 0% a 1,00%, Cu: 0% a 1,00%, Nb: 0% a 0,30%, Ti: 0% a 0,30%, V: 0% a 0,50%, B: 0% a 0,01%, Ca: 0% a 0,04%, Mg: 0% a 0,04%, y REM: 0% a 0,04% con un resto de Fe e impurezas, en el que una estructura a una porción de 1/4 de espesor incluye, en términos de relaciones en volumen, martensita revenida: 30% a 70% y una o ambas de ferrita y bainita: a total del 20% al 70%, en el que en la estructura en la porción de 1/4 de espesor, una relación en volumen de austenita residual es menor de 10%, una relación en volumen de martensita fresca es 10% o menos, una relación en volumen de perlita es del 10% o menos, y una relación en volumen total de la austenita residual, la martensita fresca y la perlita es del 15% o menos, en la cual la densidad numérica de carburos a base de hierro que tienen un eje mayor de 5 nm o más en la martensita revenida con una porción de 1/4 de espesor es 5×10^7 partículas/mm² o más, en el que la relación del número de carburos de tipo ϵ con respecto al número de carburos a base de hierro que tienen el eje mayor de 5 nm o más en la porción de 1/4 de espesor es 20% o más, y en la cual la resistencia a la tracción es de 780 MPa o mayor.

20 En una chapa de acero galvanizado por inmersión en caliente según la presente forma de realización que tiene excelentes propiedades de resistencia a la fractura retardada (en lo sucesivo, en adelante, en algunos casos, denominado "la chapa de acero galvanizado por inmersión en caliente según la presente forma de realización"), se forma una capa galvanizada por inmersión en caliente que incluye 15% en masa o menos de Fe y un resto que consiste en Zn, Al e impurezas en una superficie de la chapa de acero según la presente forma de realización.

30 En una chapa de acero galvanizada y recocida según la presente forma de realización que tiene excelentes propiedades de resistencia a la fractura retardada (en lo sucesivo, en lo sucesivo, denominado "la chapa de acero galvanizada y recocida según la presente forma de realización"), se forma una capa galvanizada y recocida que incluye 15% en masa o menos de Fe y un resto que consiste en Zn, Al e impurezas sobre una superficie de la chapa de acero según la presente forma de realización.

35 Primero, se describirá la composición química de la chapa de acero según la presente forma de realización. En lo sucesivo, "% en masa", que es la unidad de la cantidad de cada elemento incluido en la composición química, se abreviará como "%".

C: 0,05% a 0,40%

40 La chapa de acero según la presente forma de realización es una chapa de acero que incluye de 0,05% a 0,40% de C y tiene una resistencia a la tracción de 780 MPa o mayor. C es un elemento necesario para aumentar la resistencia de la chapa de acero y la precipitación de un carburo a base de hierro (cementita, un carburo de tipo ϵ y similares) que funciona como un sitio trampa de hidrógeno. Cuando el contenido de C es menor de 0,05%, es difícil obtener una resistencia a la tracción de 780 MPa o mayor. Además, cuando el contenido de C es menor de 0,05%, la cantidad de carburo a base de hierro que precipita se vuelve insuficiente y las propiedades de resistencia a la fractura retardada no mejoran.

45 Por otro lado, cuando el contenido de C supera el 0,40%, la temperatura de inicio de la transformación martensítica disminuye, no se puede garantizar un contenido suficiente de martensita y, por lo tanto, se hace difícil garantizar de 30 a 70% en volumen de martensita revenida.

50 Por lo tanto, el contenido de C en la chapa de acero según la presente forma de realización se establece en 0,05% a 0,40%. Un valor límite inferior preferido del contenido de C es 0,10%. Un valor límite superior preferido del contenido de C es 0,25%.

Si: 0,05% a 3,00%

55 Si es un elemento efectivo para mejorar la resistencia. Además, el Si es un elemento que tiene la acción de suprimir la precipitación del carburo a base de hierro en austenita y una acción de suprimir el engrosamiento del carburo a base de hierro generado en la martensita. A medida que el carburo a base de hierro en la martensita se vuelve más fino,

las propiedades de resistencia a la fractura retardada mejoran aún más y, por lo tanto, el Si tiene el efecto de mejorar las propiedades de resistencia a la fractura retardada.

5 Con un contenido de Si menor de 0,05%, el efecto descrito anteriormente no puede obtenerse suficientemente y, por lo tanto, el contenido de Si debe ser de 0,05% o más. El contenido de Si es preferiblemente 0,10% o más. Por otro lado, cuando el contenido de Si excede el 3,00%, la resistencia de la chapa de acero aumenta excesivamente, y la conformabilidad de la chapa de acero se degrada, y por lo tanto el contenido de Si debe establecerse en 3,00% o menos. El contenido de Si es preferiblemente 2,00% o menos.

Mn: 1,50% o más y menos de 3,50%

10 Mn es un elemento eficaz para mejorar la resistencia de la chapa de acero. Además, el Mn es un elemento que tiene la acción de suprimir la transformación ferrítica que se produce durante el enfriamiento en tratamientos térmicos para recocido o galvanizado por inmersión en caliente. Esta acción es necesaria para establecer la cantidad de martensita revenida en la chapa de acero según la presente forma de realización para que esté en un intervalo predeterminado.

15 Con un contenido de Mn menor de 1,50%, el efecto descrito anteriormente no puede obtenerse suficientemente y, por lo tanto, resulta imposible obtener una relación en volumen necesaria de martensita revenida. Por lo tanto, el contenido de Mn debe establecerse en 1,50% o más. El contenido de Mn es preferiblemente 1,70% o más. Por otro lado, cuando el contenido de Mn alcanza el 3,50% o más, la resistencia de los desbastes o chapas laminadas en caliente aumenta excesivamente, y la capacidad de fabricación de la chapa de acero se degrada, por lo que el contenido de Mn debe establecerse en menos de 3,50%. El contenido de Mn es preferiblemente 3,00% o menos.

P: 0,04% o menos

20 P es un elemento impureza y es un elemento que se segrega en la porción central del espesor de chapa de la chapa de acero, por lo tanto, deteriora la tenacidad y lo cual fragiliza las porciones soldadas. Cuando el contenido de P supera el 0,04%, la tenacidad se degrada significativamente y las partes soldadas se fragilizan significativamente, y así el contenido de P debe establecerse en 0,04% o menos. El contenido de P es preferiblemente 0,02% o menos. El contenido de P es preferiblemente menor y, por lo tanto, el límite inferior del contenido de P no está particularmente limitado, pero el contenido de P que se establece en menos de 0,0001% es económicamente desventajoso y, por lo tanto, el límite inferior sustancial del contenido de P es de 0,0001%.

S: 0,01% o menos

30 S es un elemento impureza y es un elemento que perjudica la soldabilidad y la capacidad de fabricación durante la colada y laminado en caliente. Además, S es un elemento que forma MnS grueso y, por lo tanto, perjudica la capacidad de ensanchamiento de orificios. Cuando el contenido de S supera el 0,01%, la soldabilidad se degrada significativamente, la capacidad de fabricación se degrada significativamente y la capacidad de ensanchamiento de orificios se degrada significativamente, por lo que el contenido de S debe establecerse en 0,01% o menos. El contenido de S es preferiblemente 0,005% o menos. El contenido de S es preferiblemente menor y, por lo tanto, el límite inferior del contenido de S no está particularmente limitado, pero el contenido de S que se establece en menos de 0,0001% es económicamente desventajoso, y por lo tanto el límite inferior sustancial del contenido de S es de 0,0001%.

N: 0,01% o menos

40 N es un elemento que forma nitruros gruesos y, por lo tanto, perjudica la capacidad de curvatura y la capacidad de ensanchamiento de orificios, y es un elemento que provoca la generación de orificios de soplado durante la soldadura. Cuando el contenido de N supera 0,01%, la capacidad de doblado y la capacidad de ensanchamiento de orificios se degradan significativamente, y se genera un número significativo de orificios de soplado, y así el contenido de N debe establecerse en 0,01% o menos. El contenido de N es preferiblemente menor y, por lo tanto, el límite inferior del contenido de N no está particularmente limitado, pero el contenido de N que se establece en menos del 0,0005% provoca un aumento significativo en los costos de fabricación y, por lo tanto, el límite inferior sustancial del contenido de N es 0,0005%.

45 O: 0,006% o menos

O es un elemento que forma óxidos y perjudica la conformabilidad. Cuando el contenido de O excede 0,006%, la conformabilidad se degrada significativamente, y por lo tanto el contenido de O necesita ser establecido en 0,006% o menos. El contenido de O es preferiblemente menor y, por lo tanto, el límite inferior no está particularmente limitado, pero el contenido de O que se establece en menos de 0,001% provoca un aumento excesivo de los costos y no es económicamente preferible, y por lo tanto el límite inferior sustancial del contenido de O es 0,001%.

55 La chapa de acero según la presente forma de realización puede incluir, además de los elementos descritos anteriormente, uno o más seleccionados del grupo que consiste en Al, Cr, Mo, Ni y Cu, uno o más seleccionados del grupo que consiste en Nb, Ti y V, B y/o uno o más seleccionados del grupo que consiste en Ca, Mg y REM. Aquí, la chapa de acero según la presente forma de realización no incluye esencialmente estos elementos, y por lo tanto los valores límite inferiores de las cantidades de los elementos son cero por ciento.

ES 2 785 410 T3

Al: 0% a 2,00%

El Al es un elemento eficaz como material de desoxidación y es un elemento que tiene una acción similar a la del Si, que suprime la precipitación del carburo a base de hierro en austenita. Además, los óxidos de Al contribuyen a la mejora de las propiedades de resistencia a la fractura retardada y, por lo tanto, Al puede incluirse en la chapa de acero según la presente forma de realización. Sin embargo, cuando el contenido de Al supera el 2,00%, los óxidos de Al se generan en exceso y se deteriora la capacidad de fabricación, por lo que el contenido de Al debe establecerse en 2,00% o menos. El contenido de Al es preferiblemente 1,00% o menos. No es necesario incluir Al en la chapa de acero según la presente forma de realización, y por lo tanto el límite inferior del contenido de Al es cero por ciento. Sin embargo, es difícil eliminar completamente el Al que está incluido como impureza en la materia prima de la chapa de acero, y por lo tanto el valor límite inferior del contenido de Al puede establecerse en 0,001%.

Cr: 0% a 1,00%

Cr es un elemento que mejora la resistencia a la tracción y similares de la chapa de acero y es un elemento que tiene la acción de suprimir la transformación ferrítica durante el enfriamiento después del recocido en instalaciones de recocido o instalaciones de galvanizado por inmersión en caliente y, por lo tanto, aumenta el contenido de martensita revenida. No es necesario incluir Cr en la chapa de acero según la presente forma de realización, y por lo tanto el límite inferior del contenido de Cr es cero por ciento. Sin embargo, para obtener el efecto descrito anteriormente, el contenido de Cr puede establecerse en 0,05% o más. El contenido de Cr es más preferiblemente 0,10% o más. Por otro lado, cuando el contenido de Cr supera el 1,00%, la capacidad de fabricación se ve afectada durante la producción y durante el laminado en caliente, y por lo tanto el contenido de Cr es preferiblemente 1,00% o menos. El contenido de Cr es más preferiblemente 0,70% o menos.

Mo: 0% a 1,00%

Mo es un elemento que mejora la resistencia a la tracción y similares de la chapa de acero y es un elemento que tiene la acción de suprimir la transformación ferrítica durante el enfriamiento después del recocido en instalaciones de recocido o instalaciones de galvanizado por inmersión en caliente y, por lo tanto, aumenta el contenido de martensita revenida. No es necesario incluir Mo en la chapa de acero según la presente forma de realización, y por lo tanto el límite inferior del contenido de Mo es cero por ciento. Sin embargo, para obtener el efecto descrito anteriormente, el contenido de Mo puede establecerse en 0,01% o más. El contenido de Mo es más preferiblemente 0,05% o más. Por otro lado, cuando el contenido de Mo supera el 1,00%, la capacidad de fabricación se ve afectada durante la producción y durante el laminado en caliente, y por lo tanto el contenido de Mo es preferiblemente 1,00% o menos. El contenido de Mo es más preferiblemente 0,70% o menos.

Ni: 0% a 1,00%

El Ni es un elemento que mejora la resistencia a la tracción y similares de la chapa de acero y es un elemento que tiene la acción de suprimir la transformación ferrítica durante el enfriamiento después del recocido en instalaciones de recocido o instalaciones de galvanizado por inmersión en caliente y, por lo tanto, aumenta el contenido de martensita revenida. No es necesario incluir Ni en la chapa de acero según la presente forma de realización, y por lo tanto el límite inferior del contenido de Ni es cero por ciento. Sin embargo, para obtener el efecto descrito anteriormente, el contenido de Ni puede establecerse en 0,05% o más. El contenido de Ni es más preferiblemente 0,10% o más. Por otro lado, cuando el contenido de Ni supera 1,00%, la capacidad de fabricación se ve afectada durante la producción y durante el laminado en caliente, y por lo tanto el contenido de Ni es preferiblemente 1,00% o menos. El contenido de Ni es más preferiblemente 0,70% o menos.

Cu: 0% a 1,00%

El Cu es un elemento que mejora la resistencia a la tracción y similares de la chapa de acero y es un elemento que tiene la acción de suprimir la transformación ferrítica durante el enfriamiento después del recocido en instalaciones de recocido o instalaciones de galvanizado por inmersión en caliente y, por lo tanto, aumenta el contenido de martensita revenida. No es necesario incluir Cu en la chapa de acero según la presente forma de realización, y por lo tanto el límite inferior del contenido de Cu es cero por ciento. Sin embargo, para obtener el efecto descrito anteriormente, el contenido de Cu puede establecerse en 0,05% o más. El contenido de Cu es más preferiblemente 0,10% o más. Por otro lado, cuando el contenido de Cu supera 1,00%, la capacidad de fabricación se ve afectada durante la producción y durante el laminado en caliente, y por lo tanto el contenido de Cu es preferiblemente 1,00% o menos. El contenido de Cu es más preferiblemente 0,70% o menos.

Nb: 0% a 0,30%

Nb es un elemento que contribuye a aumentar la resistencia de la chapa de acero mediante el fortalecimiento de la precipitación, el fortalecimiento de grano fino y el fortalecimiento de la dislocación. No es necesario incluir Nb en la chapa de acero según la presente forma de realización, y por lo tanto el límite inferior del contenido de Nb es cero por ciento. Sin embargo, para obtener el efecto descrito anteriormente, el contenido de Nb puede establecerse en 0,005% o más. El contenido de Nb es más preferiblemente 0,010% o más. Por otro lado, cuando el contenido de Nb supera el

ES 2 785 410 T3

0,30%, aumenta el contenido de carbonitruros que precipitan, y se deteriora la conformabilidad, y por lo tanto el contenido de Nb es preferiblemente 0,30% o menos. El contenido de Nb es más preferiblemente 0,20% o menos.

Ti: 0% a 0,30%

5 El Ti es un elemento que contribuye a aumentar la resistencia de la chapa de acero mediante el fortalecimiento de la precipitación, el fortalecimiento de grano fino y el fortalecimiento de la dislocación. No es necesario incluir Ti en la chapa de acero según la presente forma de realización y, por lo tanto, el límite inferior del contenido de Ti es cero por ciento. Sin embargo, para obtener el efecto descrito anteriormente, el contenido de Ti puede establecerse en 0,005% o más. El contenido de Ti es más preferiblemente 0,010% o más. Por otro lado, cuando el contenido de Ti supera 0,30%, aumenta el contenido de carbonitruros que precipitan y se deteriora la conformabilidad, y por lo tanto el contenido de Ti es preferiblemente 0,30% o menos. El contenido de Ti es más preferiblemente 0,15% o menos.

V: 0% a 0,50%

15 V es un elemento que contribuye a aumentar la resistencia de la chapa de acero mediante el fortalecimiento de la precipitación, el fortalecimiento de grano fino y el fortalecimiento de la dislocación. No es necesario incluir V en la chapa de acero según la presente forma de realización, y por lo tanto el límite inferior del contenido de V es cero por ciento. Sin embargo, para obtener el efecto descrito anteriormente, el contenido de V puede establecerse en 0,005% o más. El contenido de V es más preferiblemente 0,10% o más. Por otro lado, cuando el contenido de V supera 0,50%, aumenta el contenido de carbonitruros que precipitan, y se deteriora la conformabilidad, y por lo tanto el contenido de V es preferiblemente 0,50% o menos. El contenido de V es más preferiblemente 0,35% o menos.

B: 0% a 0,01%

20 B es un elemento que fortalece los límites de grano y es un elemento que tiene la acción de suprimir la transformación ferrítica durante el enfriamiento después del recocido en instalaciones de recocido o instalaciones de galvanizado por inmersión en caliente y, por lo tanto, aumenta el contenido de martensita revenida. No es necesario incluir B en la chapa de acero según la presente forma de realización, y por lo tanto el límite inferior del contenido de B es cero por ciento. Sin embargo, para obtener el efecto descrito anteriormente, el contenido de B puede establecerse en 0,0001% o más. El contenido de B es más preferiblemente 0,0005% o más. Por otro lado, cuando el contenido de B supera 0,01%, se degrada la capacidad de fabricación durante el laminado en caliente, y por lo tanto el contenido de B es preferiblemente 0,01% o menos. El contenido de B es más preferiblemente 0,005% o menos.

Ca: 0% a 0,04%

Mg: 0% a 0,04%

30 REM: 0% a 0,04%

35 Ca, Mg y REM son elementos que controlan las formas de óxidos y sulfuros y contribuyen a mejorar la capacidad de ensanchamiento de orificios de la chapa de acero. No es necesario incluir Ca, Mg y REM en la chapa de acero según la presente forma de realización, y por lo tanto los límites inferiores del contenido de Ca, el contenido de Mg y el contenido de REM son cero por ciento. Sin embargo, para obtener el efecto descrito anteriormente, el contenido de Ca, el contenido de Mg y el contenido de REM pueden establecerse respectivamente en 0,0005% o más. El contenido de Ca, el contenido de Mg y el contenido de REM son más preferiblemente 0,0010% o más, respectivamente. Por otro lado, cuando el contenido de Ca, el contenido de Mg y el contenido de REM superan respectivamente 0,04%, se deteriora la capacidad de moldeo y, por lo tanto, el contenido de Ca, el contenido de Mg y el contenido de REM son respectivamente preferiblemente 0,04% o menos. El contenido de Ca, el contenido de Mg y el contenido de REM son respectivamente más preferiblemente 0,01% o menos.

45 Mientras tanto, "REM" se refiere a un total de 17 elementos que consisten en Sc, Y y lantanoides, y el "contenido de REM" se refiere al contenido total de estos 17 elementos. En un caso en el que se usa lantanoides como REM, industrialmente, se añade REM con frecuencia en forma de metal de Misch. Incluso en este caso, la chapa de acero según la presente forma de realización exhibe los efectos de la chapa de acero según la presente forma de realización. Además, incluso cuando el metal REM, tal como el metal La o el metal Ce, se añade a la misma, la chapa de acero según la presente forma de realización exhibe los efectos de la chapa de acero según la presente forma de realización.

50 La chapa de acero según la presente forma de realización está constituida por un resto de hierro e impurezas inevitables, así como los elementos descritos anteriormente. Las impurezas se refieren a componentes que se mezclan en chapas de acero durante la producción industrial de las chapas de acero debido a materias primas como minerales o chatarras o una diversidad de causas en los procesos de producción y pueden incluirse siempre que la presente invención no sea adversamente afectada.

Resistencia a la tracción: 780 MPa o más

La resistencia a la tracción de la chapa de acero según la presente forma de realización se establece en 780 MPa o mayor. Esta resistencia a la tracción se puede obtener controlando la composición química de la chapa de acero en

los intervalos descritos anteriormente y conformando una forma como se describe a continuación como la estructura de la chapa de acero.

5 A continuación, se describirá la estructura en la porción de 1/4 de espesor (de aquí en adelante, en algunos casos, abreviada como "estructura") de la chapa de acero según la presente forma de realización. La porción de 1/4 de espesor se refiere a una región entre la superficie a una profundidad de 1/8 del espesor de la chapa de acero t desde la superficie de la chapa de acero (la superficie superior y la superficie inferior de la chapa de acero) y la superficie a una profundidad de 3/8 del espesor de la chapa de acero t desde la superficie de la chapa de acero. La superficie a una profundidad de 1/4 del espesor de la chapa de acero t desde la superficie de la chapa de acero es la superficie central de la porción de 1/4 de espesor. La porción de 1/4 de espesor se encuentra en el medio entre la superficie central de la chapa de acero y la superficie de la chapa y, por lo tanto, tiene una estructura promedio. Por lo tanto, en la chapa de acero según la presente forma de realización, la estructura en la porción de 1/4 de espesor está regulada.

10 La estructura en la porción de 1/4 de espesor en la chapa de acero según la presente forma de realización está regulada en términos de relación en volumen como

(estructura A) martensita revenida: 30% a 70%,

15 (estructura B) uno o ambos de ferrita y bainita: un total de 20% o más, y

(estructura C) austenita residual, martensita fresca y perlita: menos del 10% respectivamente.

20 La estructura A es una estructura que tiene un carburo de tipo ϵ y, por lo tanto, tiene la mayor influencia en la resistencia a la tracción y las propiedades de resistencia a la fractura retardada de la chapa de acero según la presente forma de realización, es decir, una fase primaria. La estructura B es una estructura que no incluye el carburo de tipo ϵ , y una fase secundaria para optimizar las propiedades de la chapa de acero según la presente forma de realización. La estructura C no tiene ninguna acción de mejorar una diversidad de características de la chapa de acero según la presente forma de realización y, por lo tanto, es una estructura que no necesita ser incluida, y por lo tanto el valor límite inferior de la cantidad de la misma es 0% en volumen.

(Estructura A) Martensita revenida (fase primaria) en la porción de 1/4 de espesor: 30% a 70%

25 En la estructura, la martensita revenida es una estructura importante para garantizar la resistencia y las propiedades de resistencia a la fractura retardada de la chapa de acero.

30 La martensita revenida es un agregado de granos de cristal en forma de listón e incluye el carburo a base de hierro. El carburo a base de hierro pertenece a un grupo de una pluralidad de carburos a base de hierro que se extiende en diferentes direcciones y funciona como sitios trampa de hidrógeno. El eje principal del carburo a base de hierro es, por ejemplo, 5 nm o más. Parte del carburo a base de hierro en la martensita revenida se puede convertir en un carburo de tipo ϵ descrito a continuación mediante tratamientos térmicos realizados en condiciones apropiadas.

35 Cuando se realiza un revenido en la martensita revenida, se obtiene la martensita revenida. Cuando la relación en volumen de martensita revenida es menor de 30% o más, no es posible establecer la resistencia a la tracción de la chapa de acero a 780 MPa o mayor, y por lo tanto, la relación en volumen de martensita revenida se establece en 30% o más. La relación en volumen de martensita revenida es preferiblemente 35% o más.

Cuando la relación en volumen de la martensita revenida supera el 70%, la resistencia a la tracción de la chapa de acero aumenta excesivamente y se degrada la conformabilidad de la chapa de acero, y por lo tanto la relación en volumen de la martensita revenida se establece en 70% o menos. La relación en volumen de martensita revenida es preferiblemente 65% o menos.

40 (Estructura B) Una o ambas de ferrita y bainita (fase secundaria): un total de 20% o más

En la chapa de acero según la presente forma de realización, estructuras distintas de la martensita revenida descrita anteriormente son principalmente la estructura B que está constituida principalmente por una o ambas de ferrita y bainita.

45 Aunque la ferrita es una estructura blanda y causa una disminución en la resistencia de la chapa de acero, la ferrita es una estructura que mejora las características de procesado de la chapa de acero. Para asegurar las características de procesado, la estructura de la chapa de acero puede incluir 20% o más de ferrita. La ferrita no incluye carburos a base de hierro y, por lo tanto, no tiene influencia en las propiedades de resistencia a la fractura retardada.

50 Similar a la martensita, la bainita también es un agregado de granos de cristal en forma de listón y es una estructura que incluye, por ejemplo, un carburo a base de hierro que tiene un eje mayor de 5 nm o más. El carburo a base de hierro funciona como un sitio trampa de hidrógeno y, por lo tanto, las propiedades de resistencia a la fractura retardada de la chapa de acero mejoran. Por otro lado, la bainita es más blanda que la martensita y no disminuye excesivamente la conformabilidad de la chapa de acero. Por lo tanto, la estructura de la chapa de acero puede incluir 20% o más de bainita.

Mientras tanto, la bainita, incluido el carburo a base de hierro, también es una estructura que contribuye a mejorar las propiedades de resistencia a la fractura retardada. Sin embargo, a diferencia de la martensita capaz de controlar la precipitación de carburos mediante tratamientos térmicos después de la generación de la martensita, la bainita es una estructura que se genera al mantenerse a una temperatura necesaria durante un largo período de tiempo y, por lo tanto, no es posible mantener del carburo a base de hierro en forma de carburo de tipo ϵ .

Los presentes inventores determinaron que, para controlar favorablemente todas las propiedades de resistencia a la fractura retardada, la conformabilidad y la resistencia a la tracción, es necesario clasificar las estructuras incluidas en la chapa de acero según la presente forma de realización en la estructura esencial A (es decir, martensita revenida) incluyendo el carburo de tipo ϵ , la estructura esencial B (es decir, ferrita y bainita) que no incluye ningún carburo de tipo ϵ , y la estructura C que no necesita ser incluida en la chapa de acero de acuerdo a la presente forma de realización y regular las cantidades de los respectivos grupos. Por lo tanto, en la chapa de acero según la presente forma de realización, está regulada la relación en volumen total de ferrita y bainita.

Si la relación en volumen total de una o ambas de ferrita y bainita (fase secundaria) es menor de 20%, el contenido de martensita revenida u otras estructuras que se describirán más adelante se volverá excesivo, de modo que no se pueda obtener la conformabilidad necesaria para formar piezas para vehículos. Por lo tanto, la relación en volumen total de una o ambas de ferrita y bainita (fase secundaria) es 20% o más. La relación en volumen total de uno o ambos de ferrita y bainita (fase secundaria) es preferiblemente 25% o más. Como el límite inferior de la relación en volumen de la martensita revenida es 30%, el límite superior de la relación en volumen total de una o ambas de ferrita y bainita (fase secundaria) es 70%. La relación en volumen de ferrita sola y la relación en volumen de bainita sola no están definidas. Si una de las relaciones en volumen de ferrita y bainita es 0%, se puede obtener la conformabilidad necesaria para formar piezas para vehículos siempre que la otra relación en volumen de ferrita y bainita sea 20% o más.

Por ejemplo, si la relación en volumen de la martensita revenida es 30%, la relación en volumen total de una o ambas de ferrita y bainita alcanza 70%. Sin embargo, en ese caso, la martensita revenida, que incluye una cantidad requerida de carburo a base de hierro, cuya cantidad de precipitación puede controlarse mediante tratamiento térmico, se supone como una fase primaria de la chapa de acero según la presente forma de realización.

(Estructura C) Austenita residual: menos de 10% en volumen

(Estructura C) Martensita fresca: menos de 10% en volumen

(Estructura C) Perlita: menos de 10% en volumen

(Estructura C) La cantidad total de austenita residual, martensita fresca y perlita: 15% en volumen o menos

La chapa de acero según la presente forma de realización, en algunos casos, incluye austenita residual, martensita fresca y perlita además de martensita revenida, ferrita y bainita.

La austenita residual contribuye a la mejora de la conformabilidad debido al efecto TRIP. Sin embargo, cuando aumenta la relación en volumen de austenita residual, la austenita residual se transforma en martensita fresca dura y completa durante la formación en piezas para vehículos, y existe la preocupación de que puedan degradarse las características de procesamiento.

Los presentes inventores confirmaron a partir de experimentos que, cuando la relación en volumen de austenita residual en la estructura de la chapa de acero alcanza 10% o más, las características de procesamiento se deterioran. Por lo tanto, en la chapa de acero según la presente forma de realización, la relación en volumen de austenita residual se establece en menos de 10%. La relación en volumen de austenita residual es preferiblemente 7% o menos. Mientras tanto, incluso cuando la relación en volumen de austenita residual es 0%, la chapa de acero según la presente forma de realización tiene suficiente conformabilidad. Por lo tanto, la chapa de acero según la presente forma de realización no necesita incluir austenita residual, y por lo tanto el valor límite inferior de la relación en volumen de austenita residual es 0%.

Martensita fresca se refiere a martensita que no incluye carburos de Fe. Las chapas de acero que incluyen martensita fresca tienen una alta resistencia, pero las características de procesamiento se deterioran y, por lo tanto, la relación en volumen de martensita fresca en la chapa de acero según la presente forma de realización está limitada a 10% o menos. Mientras tanto, incluso cuando la relación en volumen de martensita fresca es 0%, la chapa de acero según la presente forma de realización tiene una resistencia suficiente. Por lo tanto, la chapa de acero según la presente forma de realización no necesita incluir martensita fresca y, por lo tanto, el valor límite inferior de la relación en volumen de martensita fresca es 0%.

La perlita degrada las características de procesamiento de la chapa de acero. Por lo tanto, la relación en volumen de perlita en la chapa de acero según la presente forma de realización está limitada a 10% o menos. Mientras tanto, la perlita es una estructura que incluye cementita que es un carburo de Fe, pero no es posible cambiar esta cementita a un carburo de tipo ϵ , la perlita no tiene un efecto suficiente para mejorar las propiedades de resistencia a la fractura retardada. Por lo tanto, la chapa de acero según la presente forma de realización no necesita incluir perlita, y por lo tanto el valor límite inferior de la relación en volumen de perlita es 0%.

Además, la relación en volumen total de austenita residual, martensita fresca y perlita en la chapa de acero según la presente forma de realización necesita establecerse en 15% o menos y preferiblemente se establece en 12% o menos o 10% o menos. La inclusión de austenita residual, martensita fresca y perlita en una relación en volumen total de más de 15% tiene el problema de afectar las características de procesamiento de la chapa de acero.

- 5 La identificación de martensita revenida, ferrita, bainita y austenita residual, además, martensita fresca, perlita y otras estructuras, la confirmación de las localizaciones de presencia de la misma y la medición de las relaciones en volumen de la misma pueden llevarse a cabo corroyendo una sección transversal en una dirección de laminación de la chapa de acero o una sección transversal en una dirección perpendicular a la dirección de laminación usando un reactivo Nital y el reactivo descrito en la Solicitud de Patente Japonesa No Examinada, Primera Publicación No. S59-219473
10 y observando las secciones transversales usando un microscopio electrónico de barrido y un microscopio electrónico de transmisión (que tiene una capacidad de aumento de 1000 a 100000 veces).

- Además, las estructuras pueden determinarse mediante análisis de orientación de cristales con FE-SEM (método de análisis de orientación de cristales utilizando EBSD (difracción de retrodispersión de electrones) unido al FE-SEM (microscopio electrónico de barrido de emisión de campo)) o la medición de la dureza de una microrregión como la
15 medición de la dureza micro-Vickers.

Por ejemplo, como se describió anteriormente, la martensita revenida y la bainita son diferentes en el sitio de formación del carburo, la relación de orientación del cristal (direcciones de extensión) del carburo y similares, y por lo tanto es posible diferenciar fácilmente la martensita revenida y la bainita observando las direcciones de extensión del carburo a base de hierro en granos de cristal en forma de listón usando FE-SEM.

- 20 Las relaciones en volumen de martensita revenida, ferrita y bainita y/o la relación en volumen de perlita en la porción de 1/4 de espesor de la chapa de acero se pueden obtener midiendo las relaciones de área de las estructuras respectivas que se obtienen extrayendo una muestra de cual una sección observada es una sección transversal de espesor de chapa paralela a la dirección de laminación de la chapa de acero, puliendo la sección observada, atacando con ácido la sección observada con una solución de Nital y observando la porción de 1/4 de espesor (el intervalo de
25 una porción de 1/8 de espesor a una porción de 3/8 de espesor alrededor del lugar de 1/4 de espesor) usando FE-SEM, y considerando las relaciones de área como las relaciones en volumen. Mientras tanto, la relación de área de cada una de las estructuras se refiere al valor promedio de las relaciones de área de la estructura que se obtienen midiendo diez campos visuales con un aumento de 5000 veces.

- La martensita fresca y la austenita residual pueden diferenciarse claramente de las estructuras descritas anteriormente (martensita revenida, ferrita y bainita) atacando con ácido una sección transversal de la chapa de acero con una
30 solución de LePera y observando la porción de 1/4 de espesor con FE-SEM. Por lo tanto, la relación en volumen de martensita fresca se puede obtener como una diferencia entre la relación de área de una región no corroída observada usando FE-SEM y la relación de área de austenita residual medida usando rayos X.

- A continuación, se describirán las razones para regular la densidad numérica de carburos a base de hierro en la martensita revenida a 5×10^7 (partículas/mm²) o más y la regulación de la relación del número de carburos de tipo ϵ
35 con respecto al número de todos los carburos a base de hierro al 20% o más.

La densidad numérica de carburos a base de hierro que tienen un eje mayor de 5 nm o más en la martensita revenida en la porción de 1/4 de espesor: 5×10^7 (partículas/mm²) o más.

- En la chapa de acero según la presente forma de realización, con el fin de mejorar tanto las propiedades de resistencia a la fractura retardada como la conformabilidad, la densidad numérica de carburos a base de hierro que tienen un eje mayor de 5 nm o más en la martensita revenida, que es una fase primaria, en la estructura en la porción de 1/4 de espesor está regulada a 5×10^7 (partículas/mm²) o más. En la presente forma de realización, la "densidad numérica de los carburos a base de hierro en la martensita revenida" se refiere a un valor obtenido dividiendo el número de carburos a base de hierro en la martensita revenida en la sección observada por el área de la martensita revenida en la sección observada.
45

- La martensita inmediatamente después del enfriamiento rápido tiene una alta resistencia, pero las propiedades de resistencia a la fractura retardada son deficientes y, por lo tanto, existe una necesidad de mejora. Por lo tanto, la martensita se somete a revenido para producir martensita revenida y, en la porción de 1/4 de espesor, 5×10^7 (partículas/mm²) o más de carburos a base de hierro que tienen un eje mayor de 5 nm se precipitan en la martensita revenida. Las propiedades de resistencia a la fractura retardada de la martensita revenida (fase primaria) son superiores a las de la martensita no revenida.
50

Los presentes inventores investigaron la relación entre las propiedades de resistencia a la fractura retardada y la densidad numérica de los carburos a base de hierro en la martensita revenida en la porción de 1/4 de espesor. Los resultados se muestran en la FIG. 1.

- 55 La densidad numérica de los carburos a base de hierro se midió extrayendo una muestra de la cual una sección observada es una sección transversal del espesor de la lámina paralela a la dirección de laminación de la chapa de acero, puliendo la sección observada, grabando la sección observada con una solución de Nital, observando diez

- campos visuales en la porción de 1/4 de espesor usando FE-SEM con un aumento de 5000 veces, y promediando valores obtenidos respectivamente dividiendo el número de carburos a base de hierro que tienen un eje mayor de 5 nm o más, que están incluidos en la martensita revenida en los campos visuales respectivos, por el área de la martensita revenida en el campo visual. Mientras tanto, no se midió el número de carburos a base de hierro que tienen un eje mayor de menos de 5 nm. Esto se debe a que los carburos a base de hierro que tienen un eje mayor de menos de 5 nm no afectan significativamente las propiedades de resistencia a la fractura retardada de la chapa de acero. En lo sucesivo, los carburos a base de hierro que tienen un eje mayor de 5 nm o más se denominarán simplemente "carburos a base de hierro" en algunos casos.
- Las propiedades de resistencia a la fractura retardada de la chapa de acero se evaluaron doblando una pieza de prueba en forma de tira que tiene una longitud de 100 mm, un ancho de 30 mm y un espesor de 1,3 mm o 1,6 mm, que se corta perpendicularmente a la dirección laminación de la chapa de acero, en tres puntos, montando un medidor de deformación resistente al agua en la superficie de la pieza de prueba en forma de tira, luego, introduciendo hidrógeno en la pieza de prueba en forma de tira sumergiendo la pieza de prueba en forma de tira en una solución acuosa solución de tiocianato de amonio y electrolizando la solución acuosa de tiocianato de amonio a una densidad de corriente de 0,1 mA/cm², y, después de dos horas, confirmando la presencia y ausencia de la aparición de grietas.
- El radio del proceso de doblado de la pieza de prueba en forma de tira se ajustó a 10 mm. El esfuerzo aplicado impartido a la pieza de prueba en forma de tira que tiene un espesor de 1,3 mm se ajustó al 60% de la resistencia a la tracción (TS) de la chapa de acero, y el esfuerzo aplicado impartido a la pieza de prueba en forma de tira que tiene un espesor de 1,6 mm se ajustó al 90% de la resistencia a la tracción (TS) de la chapa de acero. Las piezas de prueba en forma de tira que se rompieron con el esfuerzo aplicado del 60% de la resistencia a la tracción (TS) se evaluaron como "MUY MALO", las piezas de prueba en forma de tira que no se rompieron al esfuerzo aplicado del 60% de la resistencia a la tracción (TS), pero que se rompieron con el esfuerzo aplicado del 90% de la resistencia a la tracción (TS) se evaluó como "MALO", y las piezas de prueba en forma de tira que no se rompieron en ambos esfuerzos aplicados se evaluaron como "BUENO".
- Los presentes inventores también encontraron que, como se muestra en la FIG. 1, cuando la densidad numérica de los carburos a base de hierro en la martensita revenida en la porción de 1/4 de espesor alcanza al menos 5×10^7 (partículas/mm²) o más, las propiedades de resistencia a la fractura retardada mejoran significativamente.
- En base a lo que se ha descrito anteriormente, la densidad numérica de los carburos a base de hierro en la martensita revenida en la porción de 1/4 de espesor se regula a 5×10^7 (partículas/mm²) o más. La densidad numérica de los carburos a base de hierro en la martensita revenida en la porción de 1/4 de espesor es preferiblemente 1×10^8 (partículas/mm²) o más y más preferiblemente 3×10^8 (partículas/mm²) o más.
- El efecto de mejora de las propiedades de resistencia a la fractura retardada de los carburos a base de hierro en la martensita revenida se hace más significativo a medida que los carburos a base de hierro se hacen más pequeños. Además, la mayoría de los carburos a base de hierro se precipitan en listones de martensita y, por lo tanto, los carburos a base de hierro no perjudican las características mecánicas necesarias para la chapa de acero, como la ductilidad y la conformabilidad. Por lo tanto, el eje principal de la partícula de carburo a base de hierro en la martensita revenida es preferiblemente menor y preferiblemente 350 nm o menos. El eje principal de la partícula de carburo a base de hierro en la martensita revenida es más preferiblemente 250 nm o menos y aún más preferiblemente 200 nm o menos. Mientras tanto, los carburos a base de hierro que tienen un eje mayor que es demasiado pequeño no tienen ningún efecto de mejora de las propiedades de resistencia a la fractura retardada, y por lo tanto, en la chapa de acero según la presente forma de realización, los carburos a base de hierro que tienen un eje mayor de menos de 5 nm no se tienen en cuenta.
- Mientras tanto, como se describió anteriormente, la porción de 1/4 de espesor se encuentra en el medio entre la superficie central de la chapa de acero y la superficie de la chapa y, por lo tanto, tiene una estructura promedio. Por lo tanto, en la chapa de acero según la presente forma de realización, cuando la densidad numérica de los carburos a base de hierro en la martensita revenida en la porción de 1/4 de espesor está en un intervalo preferido, se obtienen características favorables en toda la chapa de acero.
- La relación del número de carburos de tipo ϵ con respecto al número de todos los carburos a base de hierro: 20% o más.
- La relación del número de carburos de tipo ϵ con respecto al número de todos los carburos a base de hierro en la martensita revenida según la presente forma de realización (de aquí en adelante, en algunos casos, simplemente referidos como "la relación de los carburos tipo ϵ ") se establece en 20% o más. En tal caso, las propiedades de resistencia a la fractura retardada se pueden mejorar sin afectar la conformabilidad, particularmente, la capacidad de ensanchamiento de orificios.
- El carburo a base de hierro en la martensita revenida es principalmente cementita (Fe₃C). Se considera que, en general, la interfase entre el hierro de fase primaria (estructura bcc) y la cementita (Fe₃C) actúa como un sitio trampa para atrapar hidrógeno. Por lo tanto, se dice que la presencia de cementita contribuye a la mejora de las propiedades de resistencia a la fractura retardada.

Sin embargo, la cementita sirve como punto de partida de la fractura dúctil y, por lo tanto, es difícil mejorar tanto la conformabilidad como las propiedades de resistencia a la fractura retardada utilizando la cementita sola.

5 Como resultado de estudios intensivos, los presentes inventores obtuvieron una idea de que, cuando, entre una variedad de carburos a base de hierro, se usa un carburo de tipo ϵ ($\text{Fe}_{2,4}\text{C}$), se pueden mejorar tanto las propiedades de resistencia a la fractura retardada como la conformabilidad.

En el carburo a base de hierro compuesto de Fe y C, están presentes el carburo de tipo ϵ , un carburo de tipo χ y cementita (carburo de tipo θ) que tienen diferentes estructuras cristalinas. Estos carburos a base de hierro se precipitan en un estado de tener una relación de orientación cristalina específica con hierro que tiene la estructura bcc de la fase primaria en martensita.

10 Entre una variedad de carburos a base de hierro descritos anteriormente, el carburo de tipo ϵ ($\text{Fe}_{2,4}\text{C}$) y el hierro que tiene una estructura bcc forman una interfase que es similar a una interfase coherente (una interfase entre dos fases, en la que todos los átomos satisfacen una relación del átomo vecino más cercano en las fases respectivas). La interfase entre el carburo de tipo ϵ ($\text{Fe}_{2,4}\text{C}$) y el hierro (estructura bcc) es superior a la interfase entre la cementita y el hierro (estructura bcc) en términos de coherencia, por lo que se supone que la capacidad de captura de hidrógeno del
15 carburo de tipo ϵ es mejor que la de la cementita. Además, el carburo de tipo ϵ es más fino que la cementita y, por lo tanto, no sirve fácilmente como punto de partida para la fractura dúctil.

Por lo tanto, los presentes inventores prestan atención al carburo de tipo ϵ ($\text{Fe}_{2,4}\text{C}$) e investigan la relación entre la relación del carburo de tipo ϵ con respecto al carburo a base de hierro y las propiedades de resistencia a la fractura retardada. Los resultados se muestran en la FIG. 2).

20 El carburo de tipo ϵ (cristal hexagonal) y la cementita (cristal ortorrómbico) tienen diferentes estructuras cristalinas y, por lo tanto, tienen diferentes patrones de difracción en difracción de rayos X o difracción de haz de electrones y pueden diferenciarse fácilmente entre sí. Los presentes inventores observaron muestras de película delgada usando un microscopio electrónico e identificaron el tipo de carburo a base de hierro. El carburo a base de hierro se irradió con haces de electrones, y se analizó el patrón de difracción obtenido, identificando así el carburo de tipo ϵ ($\text{Fe}_{2,4}\text{C}$).

25 La relación del carburo de tipo ϵ ($\text{Fe}_{2,4}\text{C}$) con respecto al carburo a base de hierro en cada una de las muestras se calculó ajustando el aumento de observación a 10000 veces y promediando las relaciones del carburo de tipo ϵ ($\text{Fe}_{2,4}\text{C}$) en 10 campos visuales que se obtuvieron midiendo los respectivos campos visuales. Las propiedades de resistencia a la fractura retardada se evaluaron utilizando el método de evaluación descrito anteriormente.

30 De la FIG. 2, se encuentra que, cuando la relación del carburo de tipo ϵ ($\text{Fe}_{2,4}\text{C}$) con respecto al carburo a base de hierro se establece en 20% o más, se pueden garantizar excelentes características de procesamiento y excelentes propiedades de resistencia a la fractura retardada. Para mejorar aún más las características de procesamiento y las propiedades de resistencia a la fractura retardada, la relación del carburo de tipo ϵ ($\text{Fe}_{2,4}\text{C}$) con respecto al carburo basado en hierro es preferiblemente 30% o más y más preferiblemente 40% o más.

35 Mientras tanto, cuando la relación del carburo de tipo ϵ con respecto al carburo a base de hierro es menor de 20%, las propiedades de resistencia a la fractura retardada se deterioran y no se pueden obtener características de procesamiento favorables.

40 Como se describió anteriormente, la porción de 1/4 de espesor se encuentra en el medio entre la superficie central de la chapa de acero y la superficie de la chapa y, por lo tanto, tiene una estructura promedio. Por lo tanto, en la chapa de acero según la presente forma de realización, cuando la relación del carburo de tipo ϵ con respecto al carburo a base de hierro en la martensita revenida en la porción de 1/4 de espesor se establece en el intervalo preferido, pueden obtenerse características favorables en toda la chapa de acero.

45 En la chapa de acero galvanizada según la presente forma de realización, se forma una capa galvanizada por inmersión en caliente que incluye 15% en masa o menos de Fe y un resto que consiste en Zn, Al e impurezas en la superficie de la chapa de acero según la presente forma de realización. En general, la concentración de Fe en la capa galvanizada por inmersión en caliente es a menudo menor de 7% en masa. El valor límite inferior de la concentración de Fe en la capa galvanizada por inmersión en caliente no está particularmente limitado, pero se establece preferiblemente en 1,0% en masa.

50 En la chapa de acero galvanizada y recocida según la presente forma de realización, se forma una capa galvanizada por inmersión en caliente que incluye 15% en masa o menos de Fe y un resto de Zn, Al e impurezas en la superficie de la chapa de acero según la presente forma de realización y aleada. El valor límite inferior de la concentración de Fe en la capa galvanizada y recocida no está particularmente limitado; sin embargo, generalmente, el valor límite inferior se establece frecuentemente en 7% en masa.

A continuación, se describirán métodos para fabricar la chapa de acero, la chapa de acero galvanizada por inmersión en caliente y la chapa de acero galvanizada y recocida según la presente forma de realización.

55 Primero, se describirá un método para fabricar la chapa de acero de la presente invención.

En un método para fabricar la chapa de acero de la presente invención,

(a) un desbaste colado que tiene la misma composición que la chapa de acero según la presente forma de realización

(a1) se lamina directamente en caliente y luego se bobina, o

(a2) se enfría temporalmente y luego se calienta para ser laminado en caliente y luego bobinado,

5 (b) se decapa y luego se lamina en frío y, posteriormente, se recuece, después de eso,

(c) la chapa de acero recocida se enfría en dos etapas y luego se somete a revenido, y después de eso,

(d) la chapa de acero revenida se enfría más en dos etapas.

(d) es un proceso importante para establecer la relación del carburo de tipo ϵ con respecto al carburo a base de hierro a 20% o más.

10 El desbaste de colada que se somete a laminación en caliente simplemente necesita ser un desbaste de colada y no está limitado a desbastes de colada específicos. Por ejemplo, el desbaste de colada puede ser un desbaste de colada continua o un desbaste producido usando un colada continua de desbastes delgados. El desbaste de colada se somete a laminación en caliente. En este caso, el desbaste de colada puede someterse directamente a laminación en caliente después de la colada o someterse a laminación en caliente después de enfriamiento temporal y recalentamiento posterior.

15 En un caso en el que el desbaste de colada se somete directamente a colada continua y laminación directa (CC-DR) o laminación en caliente, es necesario calentar el desbaste de colada a una temperatura a la que la laminación en caliente se pueda completar en un intervalo de temperatura que es igual o mayor que el punto de transformación Ar_3 (la temperatura a la cual comienza la transformación ferrítica durante el enfriamiento del acero) en el momento de comenzar la laminación en caliente. Esto se debe a que, cuando la temperatura de laminación de acabado está en un intervalo de temperatura de dos fases de (austenita + ferrita), la estructura de la chapa de acero laminada en caliente se vuelve significativamente desigual, y la conformabilidad de la chapa de acero finalmente obtenida se deteriora.

20 En algunos casos, la chapa de acero según la presente forma de realización que tiene una resistencia a la tracción máxima de 780 MPa o mayor incluye un gran contenido de elementos de aleación. En este caso, la fuerza de laminación para laminar en caliente el desbaste de colada aumenta y, por lo tanto, es preferible laminar en caliente a alta temperatura. Para lo que se ha descrito anteriormente, la temperatura de laminación final está configurada para ser igual o mayor que el punto de transformación Ar_3 .

25 Como resultado de los experimentos, los presentes inventores confirmaron que, por ejemplo, en un caso en el que la temperatura de calentamiento antes del laminación en caliente se establece en aproximadamente 1120°C, y la temperatura de finalización de la laminación de acabado se establece en 920°C, la chapa de acero finalmente obtenida tiene una conformabilidad favorable.

Mientras tanto, durante la laminación en caliente, las chapas laminadas en bruto pueden unirse y laminarse en caliente continuamente o una chapa laminada en bruto puede bobinarse temporalmente y luego laminarse en caliente.

35 La temperatura de bobinado después de la finalización del laminado en caliente debe ajustarse a una temperatura a la cual la propiedad de decapado no se degrade debido a un aumento excesivo en el espesor de los óxidos que se generan en la superficie de la chapa de acero. Además, la temperatura de bobinado después de la finalización de la laminación en caliente debe ajustarse a una temperatura a la cual la conformabilidad de los productos finales no se deteriore debido a la irregularidad de la estructura después de que el recocido se vuelva significativo debido a la generación de ferrita gruesa o perlita en la estructura laminada en caliente.

40 Como resultado de los experimentos, los presentes inventores confirmaron que, por ejemplo, en un caso en el que la temperatura de bobinado se ajusta a aproximadamente 590°C, la estructura recocida se vuelve más fina, se mejora el equilibrio de resistencia-ductilidad y, además, se dispersa una fase secundaria uniformemente, por lo que se mejora la conformabilidad de la chapa de acero obtenida finalmente.

45 La chapa de acero laminada en caliente bobinada se desenrolla, se decapa y se lamina en frío, obteniendo así una chapa de acero laminada en frío. Cuando los óxidos en la superficie de la chapa de acero laminada en caliente se eliminan mediante decapado, la convertibilidad química y la propiedad de revestimiento electrolítico de la chapa de acero laminada en frío mejoran. El decapado puede llevarse a cabo una o varias veces.

50 La chapa de acero laminada en caliente decapada necesita ser laminada en frío con una reducción de laminación que sea suficientemente alta como para mantener la forma de la chapa de acero laminada en frío plana e impartir suficiente ductilidad a los productos finales. Por otro lado, en caso en el que la reducción de laminación sea demasiado alta, la fuerza de laminación se vuelve excesivamente alta y la laminación se vuelve difícil. Como resultado de los experimentos, los presentes inventores confirmaron que, por ejemplo, en un caso en el que la reducción acumulada de laminación (relación de laminación en frío) durante la laminación en frío se establece en 50%, se obtienen

resultados preferibles. Por otro lado, en caso en el que un desbaste que tiene la composición química de la chapa de acero según la presente forma de realización se lamina en frío con una reducción acumulada de laminación durante el grupo de laminación en frío al 90%, se generan grietas en la chapa de acero. Mientras tanto, el número de pasadas de laminación y las reducciones de laminación en las pasadas respectivas no están particularmente limitadas.

5 A continuación, se recuece la chapa de acero laminado en frío. El recocido es preferiblemente recocido continuo para mejorar la capacidad de fabricación.

10 En caso en el que la temperatura de recocido sea insuficientemente alta (por ejemplo, aproximadamente 750°C), no es posible generar martensita de manera suficiente en la chapa de acero recocida en frío y, por lo tanto, es difícil establecer la relación en volumen de martensita revenida con respecto a la chapa de acero obtenida finalmente al 30% o más.

15 Por otro lado, en caso en el que la temperatura de recocido sea demasiado alta (por ejemplo, aproximadamente 1000°C), se produce un aumento en los costos de producción, lo que no es preferible económicamente, además, la chapa de la chapa de acero se vuelve mala y, por ejemplo, se inducen problemas como el acortamiento de la vida útil de los rollos que transportan chapas de acero en instalaciones de recocido continuo. Además, en un caso en el que la temperatura de recocido sea demasiado alta, la cantidad de martensita incluida en la chapa de acero laminada en frío después del recocido se vuelve excesiva, y la relación en volumen de martensita revenida de la chapa de acero obtenida finalmente supera el 70%.

20 Además, en caso en el que el tiempo de recocido sea insuficiente (por ejemplo, aproximadamente un segundo), no es posible disolver los carburos a base de hierro generados durante la laminación en caliente, y el contenido de martensita incluido en la chapa de acero laminada en frío recocida es insuficiente y, por lo tanto, no es posible establecer la relación en volumen de martensita revenida con respecto a la chapa de acero obtenida finalmente en 30% o más. Por otro lado, en caso en el que el tiempo de recocido sea demasiado largo, se produce un aumento en los costos de producción, lo que no es preferible económicamente.

25 Como resultado de los experimentos, los presentes inventores confirmaron que, por ejemplo, en caso en el que la temperatura de recocido se establezca en aproximadamente 840°C, y el tiempo de recocido se establezca en aproximadamente 100 segundos, es posible obtener la cantidad de martensita revenida en la chapa de acero obtenida finalmente en un intervalo apropiado.

30 La chapa de acero laminada en frío después del final del recocido se enfría. Para asegurar una cantidad suficiente de ferrita, es necesario que el enfriamiento sea un enfriamiento en dos etapas en el que la velocidad de enfriamiento cambia dependiendo del intervalo de temperatura de enfriamiento. En lo sucesivo, hay casos en los que el enfriamiento en dos etapas llevado a cabo después del recocido y antes del revenido se denominará enfriamiento primario en dos etapas, y el enfriamiento primario y el enfriamiento secundario incluidos en el enfriamiento primario en dos etapas se denominarán enfriamiento primario y enfriamiento secundario, respectivamente.

35 En caso en el que la temperatura de parada de enfriamiento del enfriamiento primario sea menor de 500°C, no se puede asegurar una cantidad suficiente de ferrita y la conformabilidad se deteriora, y por lo tanto, la temperatura de parada del enfriamiento es de 500°C o más. Por otro lado, en caso en el que la temperatura de parada del enfriamiento del enfriamiento primario sea mayor que la temperatura a la que se produce la transformación de austenita a ferrita, no se puede asegurar una cantidad suficiente de ferrita similar al caso en el que la temperatura de parada del enfriamiento es menor de 500°C.

40 La velocidad de enfriamiento hasta la temperatura de parada del enfriamiento durante el enfriamiento primario es de 0,5 a 200°C/s. En caso en el que la velocidad de enfriamiento hasta la temperatura de parada de enfriamiento durante el enfriamiento primario es menor de 0,5°C/s, se forma perlita y no es posible establecer la relación en volumen de martensita revenida de la chapa de acero finalmente obtenida a 30% o más. Por otro lado, es difícil lograr una velocidad de enfriamiento de más de 200°C/s, y por lo tanto, la velocidad de enfriamiento hasta la temperatura de parada del enfriamiento durante el enfriamiento primario es 200°C/s o menor.

50 En caso en el que la temperatura de parada del enfriamiento del enfriamiento secundario sea menor de 100°C, la ferrita o la bainita no se pueden asegurar y la conformabilidad se deteriora, y por lo tanto, la temperatura de parada del enfriamiento es de 100°C o más. En caso en el que la temperatura de parada del enfriamiento del enfriamiento secundario sea mayor de 450°C, la relación en volumen total de ferrita y bainita es menor de 20% y no se puede garantizar la conformabilidad, y por lo tanto, la temperatura de parada del enfriamiento es de 450°C o menor.

55 En un caso en el que la velocidad de enfriamiento durante el enfriamiento secundario sea menor de 1°C/s, la relación en volumen total de ferrita y bainita de la chapa de acero obtenida finalmente es menor de 20% y no se puede asegurar la conformabilidad, y por lo tanto, la velocidad de enfriamiento es 1°C/s o más. Por otro lado, es difícil lograr una velocidad de enfriamiento de más de 200°C/s, y por lo tanto, la velocidad de enfriamiento hasta la temperatura de parada del enfriamiento durante el enfriamiento secundario es de 200°C/s o menor.

Mientras tanto, el método de enfriamiento puede ser cualquiera de enfriamiento por rodillo, enfriamiento por aire, enfriamiento por agua y el uso conjunto de los mismos.

Como resultado de los experimentos, los presentes inventores confirmaron que, por ejemplo, en caso en el que el enfriamiento primario se lleve a cabo a una velocidad de enfriamiento de 2°C/s y el enfriamiento secundario se lleve a cabo a una velocidad de enfriamiento de 45°C/s., la cantidad total de una o ambas de ferrita y bainita está en los intervalos apropiados.

5 En el enfriamiento en dos etapas descrito anteriormente, la chapa de acero laminada en frío se somete a revenido, controlando así la microestructura. Debido a este revenido, la martensita en la chapa de acero laminada en frío se somete a revenido para que se forme un 20% en volumen o más de martensita revenida, y se obtiene la densidad numérica de los carburos a base de hierro en la martensita revenida de 5×10^7 (partículas/mm²) o más .

10 En el revenido, la temperatura de la chapa de acero se mantiene a una temperatura de retención predeterminada (temperatura de retención de temperatura constante) solo durante un tiempo predeterminado (tiempo de retención de temperatura constante). En caso en el que la temperatura de retención en el revenido sea demasiado baja (por ejemplo, aproximadamente 150°C), es difícil obtener la densidad numérica de los carburos a base de hierro de 5×10^7 (partículas/mm²) o más, y no es posible obtener suficientes propiedades de resistencia a la fractura retardada.

15 Por otro lado, en caso en el que la temperatura de retención en el revenido sea demasiado alta (por ejemplo, aproximadamente 550°C), la martensita se somete a revenido en exceso y la resistencia a la tracción de la chapa de acero que finalmente se obtiene alcanza menos de 780 MPa. Además, cuando la temperatura de retención en el revenido es demasiado alta, los carburos precipitados a base de hierro se engrosan y las propiedades de resistencia a la fractura retardada no mejoran.

20 En caso en el que el tiempo de retención en el revenido sea insuficiente (por ejemplo, aproximadamente un segundo), la martensita no está suficientemente revenida y es difícil obtener una densidad numérica de los carburos a base de hierro de 5×10^7 (partículas/mm²) o más.

25 Como resultado de los experimentos, los presentes inventores confirmaron que, por ejemplo, en caso en el que la temperatura de retención en el revenido se ajuste a aproximadamente 400°C, y el tiempo de retención en el revenido se ajuste a aproximadamente 290 segundos, es posible obtener el contenido de martensita revenida y la densidad numérica de carburos a base de hierro en la chapa de acero finalmente se obtiene en los intervalos apropiados.

Después de mantenerse a la temperatura descrita anteriormente, la chapa de acero se enfría para que el 20% o más del carburo a base de hierro en la martensita revenida se convierta en el carburo de tipo ϵ .

30 Como se describió anteriormente, el carburo a base de hierro se refiere al carburo de tipo ϵ , un carburo de tipo χ y cementita (carburo de tipo θ) que tiene diferentes estructuras cristalinas. Entre una diversidad de carburos a base de hierro descritos anteriormente, el carburo de tipo ϵ ($Fe_{2,4}C$) forma una interfase que es similar a una interfase coherente junto con hierro que tiene una estructura bcc y, por lo tanto, tiene una alta capacidad de captura de hidrógeno. Además, el carburo de tipo ϵ es más fino que la cementita y, por lo tanto, no sirve fácilmente como punto de partida de la fractura dúctil.

35 Los presentes inventores suponen que el contenido de inclusión de tipo ϵ se ve afectado no solo por las condiciones de enfriamiento en el revenido sino también por el contenido de C, la temperatura de enfriamiento en el recocido, la temperatura de retención en el revenido y el tiempo de retención en el revenido. Para obtener las inclusiones necesarias de tipo ϵ , es necesario determinar las condiciones de producción teniendo en cuenta la interacción entre los factores descritos anteriormente que controlan el contenido de inclusión de tipo ϵ .

40 Como resultado de una diversidad de experimentos, los presentes inventores descubrieron que, para mejorar las propiedades de resistencia a la fractura retardada generando una serie de carburos de tipo ϵ , es necesario llevar a cabo un enfriamiento en dos etapas que se lleva a cabo a diferentes velocidades de enfriamiento en un intervalo de temperatura de la temperatura de retención de aproximadamente 350°C y en un intervalo de temperatura de aproximadamente 350°C a 100°C, respectivamente. De aquí en adelante, en algunos casos, el enfriamiento en dos etapas después del revenido se denominará enfriamiento secundario en dos etapas, se hará referencia al enfriamiento llevado a cabo en un intervalo de temperatura de la temperatura de retención a aproximadamente 350°C incluido en el enfriamiento secundario en dos etapas como enfriamiento terciario, y el enfriamiento llevado a cabo en un intervalo de temperatura de aproximadamente 350°C a 100°C se denominará cuarto enfriamiento.

45 Según los experimentos de los presentes inventores, en caso en el que la velocidad de enfriamiento en el intervalo del enfriamiento terciario sea demasiado lenta (por ejemplo, aproximadamente 1°C/s) o demasiado rápida (por ejemplo, aproximadamente 75°C/s) o en un caso en el que la velocidad de enfriamiento en el intervalo del cuarto enfriamiento es demasiado lenta (por ejemplo, aproximadamente 1°C/s) o demasiado rápida (por ejemplo, aproximadamente 65°C/s), el contenido de carburo tipo ϵ es insuficiente.

55 Según los experimentos de los presentes inventores, se descubrió que, cuando la temperatura a la que se cambia la velocidad de enfriamiento se establece en 350°C \pm 10°C, se pueden obtener efectos necesarios. Por otro lado, en caso en el que la temperatura a la que se cambia la velocidad de enfriamiento sea demasiado baja (por ejemplo, aproximadamente 200°C), el contenido de carburo de tipo ϵ es insuficiente. Además, en caso en el que la temperatura

final del enfriamiento secundario en dos etapas sea demasiado alta (por ejemplo, aproximadamente 200°C), el contenido de carburo de tipo ϵ es insuficiente.

Los presentes inventores descubrieron que, por ejemplo, cuando el contenido de C se establece en 0,06%, las condiciones de recocido y el tiempo de retención y la temperatura de retención se establecen en los valores ejemplificados anteriormente, la velocidad de enfriamiento en el intervalo de temperatura de la temperatura de retención a 350°C se establece en aproximadamente 12°C/s, la velocidad de enfriamiento en el intervalo de temperatura de 350°C a 100°C se establece en aproximadamente 16°C/s, y la temperatura final del enfriamiento secundario en dos etapas se establece a 100°C o menos, es posible la producción de chapas de acero en las cuales la densidad numérica de los carburos a base de hierro es 5×10^7 partículas/mm² o más y la relación del carburo de tipo ϵ con respecto al carburo a base de hierro en la porción de 1/4 de espesor es 20% o más.

Además, como se describió anteriormente, el carburo de tipo ϵ (Fe_{2,4}C) es más fino que la cementita y no sirve fácilmente como punto de partida de la fractura dúctil, por lo que es posible mejorar significativamente las propiedades de resistencia a la fractura retardada mientras se mantiene la conformabilidad.

El mecanismo de la mejora significativa de las propiedades de resistencia a la fractura retardada no está claro, pero se supone que los núcleos del carburo fino de tipo ϵ se generan en la martensita revenida durante la retención de temperatura descrita anteriormente, y el carburo fino de tipo ϵ se genera en el posterior enfriamiento de dos etapas.

A continuación, se describirá un método para fabricar la chapa de acero galvanizada según la presente forma de realización y un método para fabricar la chapa de acero galvanizada y recocida según la presente forma de realización.

En el método para fabricar la chapa de acero galvanizada según la presente forma de realización,

(a) un desbaste colado que tiene la misma composición que la chapa de acero según la presente forma de realización

(a1) se lamina directamente en caliente y luego se bobina, o

(a2) se enfría temporalmente y luego se calienta para ser laminado en caliente y luego bobinado,

(b) se decapa y luego se lamina en frío y, posteriormente, se recuece, después de eso,

(c1) la chapa de acero recocida se enfría en dos etapas para ajustar la temperatura de la chapa de acero a casi la temperatura de un baño de galvanizado por inmersión en caliente, y luego la chapa de acero se galvaniza en caliente, o

(c2) la chapa de acero recocida se enfría en dos etapas, se enfría aún más hasta temperatura ambiente y, después de eso, se calienta hasta casi la temperatura de un baño de galvanizado por inmersión en caliente para que se galvanice por inmersión en caliente, y

(d) la chapa de acero galvanizada por inmersión en caliente se enfría aún más en dos etapas.

La capa galvanizada por inmersión en caliente incluye 15% en masa o menos de Fe y un resto que consiste en Zn, Al e impurezas.

En un caso en el que se forma una capa de revestimiento electrolítico que incluye menos del 7% en masa de Fe sobre la chapa de acero, generalmente, la chapa de acero a menudo se usa como una chapa de acero galvanizada por inmersión en caliente sin llevar a cabo ningún tratamiento de aleación en la capa de revestimiento electrolítico. Por otro lado, en caso en el que se forme una capa de revestimiento electrolítico que incluye 7% en masa o más de Fe en la chapa de acero, generalmente, se lleva a cabo un tratamiento de aleación en la capa de revestimiento electrolítico, y la chapa de acero se utiliza en muchos casos como una chapa de acero galvanizada y recocida.

(a) y (b) del método para fabricar la chapa de acero galvanizada según la presente forma de realización son los mismos que (a) y (b) del método para fabricar la chapa de acero según la presente forma de realización. Además, en (d) del método para fabricar la chapa de acero galvanizada según la presente forma de realización, similar al método para fabricar la chapa de acero según la presente forma de realización, es necesario llevar a cabo el enfriamiento en dos etapas.

En el método para fabricar la chapa de acero galvanizada según la presente forma de realización, después del recocido, la chapa de acero se enfría en dos etapas, luego la temperatura de la chapa de acero se ajusta a casi la temperatura de un baño de galvanizado por inmersión en caliente, y luego la chapa de acero se galvaniza por inmersión en caliente o, después del recocido, la chapa de acero se enfría en dos etapas, luego, se enfría aún más hasta temperatura ambiente, luego se calienta hasta casi la temperatura de un baño de galvanizado por inmersión en caliente, y luego la chapa de acero se galvaniza por inmersión en caliente. El enfriamiento en dos etapas llevado a cabo entre el recocido y el galvanizado por inmersión en caliente se lleva a cabo de la misma manera que el enfriamiento en dos etapas incluido en (c) del método para fabricar la chapa de acero según la presente forma de realización descrita anteriormente.

5 El galvanizado por inmersión en caliente se lleva a cabo ajustando la temperatura de la chapa de acero a una temperatura cercana a la del baño de galvanizado por inmersión en caliente y luego sumergiendo la chapa de acero en el baño de galvanizado por inmersión en caliente. Cuando la chapa de acero se sumerge en el baño de galvanizado por inmersión en caliente después de ajustar la temperatura de la chapa de acero a casi la temperatura del baño de galvanizado por inmersión en caliente, es posible formar una capa galvanizada por inmersión en caliente de manera muy adhesiva y uniforme sobre la superficie de la chapa de acero.

10 La chapa de acero después del recocido se enfría en dos etapas hasta casi la temperatura de un baño de galvanizado, o se enfría en dos etapas y se enfría aún más hasta temperatura ambiente. Si la velocidad de enfriamiento es insuficiente en el enfriamiento en dos etapas, una parte de la austenita residual se descompone y forma carburos, y por lo tanto, se deteriora la conformabilidad.

15 En caso en el que la temperatura a la que se sumerge la chapa de acero en el baño de galvanizado por inmersión en caliente sea demasiado baja, se puede eliminar una gran cantidad de calor y parte del zinc fundido puede solidificarse durante la inmersión de la chapa de acero en el baño de galvanizado por inmersión en caliente y, por lo tanto, la apariencia de la placa puede deteriorarse. Por otro lado, en caso en el que la temperatura a la que se sumerge la chapa de acero en el baño de galvanizado por inmersión en caliente sea demasiado alta, hay casos en que la temperatura del baño de revestimiento electrolítico aumenta y se inducen problemas de funcionamiento. Mientras tanto, el baño de revestimiento electrolítico puede incluir, además de zinc puro, Fe, Al, Mg, Mn, Si, Cr y similares.

20 En el método para fabricar la chapa de acero galvanizada por inmersión en caliente según la presente forma de realización, la inmersión de la chapa de acero en el baño de galvanizado por inmersión en caliente controla la microestructura de la misma manera que el revenido de la chapa de acero según la presente forma de realización. Cuando el historial térmico de la chapa de acero durante la inmersión es el mismo que el historial térmico durante el revenido de la chapa de acero según la presente forma de realización descrita anteriormente, la inmersión de la chapa de acero en el baño de galvanizado por inmersión en caliente no perjudica el características de la chapa de acero.

25 Después de la formación de la capa galvanizada por inmersión en caliente en la superficie de la chapa de acero, en (d) del método para fabricar la chapa de acero galvanizada según la presente forma de realización, es necesario llevar a cabo el enfriamiento en dos etapas en el de la misma manera que en (d) del método para fabricar la chapa de acero según la presente forma de realización.

30 La combinación de la retención en el baño de revestimiento electrolítico y el enfriamiento en dos etapas después del revestimiento electrolítico precipita los carburos finos a base de hierro en la martensita revenida, que es una fase primaria de una estructura necesaria, con una densidad numérica de 5×10^7 (partículas/mm²) o más, proporciona una proporción del carburo de tipo ϵ con respecto al carburo a base de hierro del 20% o más, y permite la mejora significativa de las propiedades de resistencia a la fractura retardada mientras se mantiene la conformabilidad.

En el método para fabricar la chapa de acero galvanizada y recocida según la presente forma de realización,

35 (a) un desbaste colado colado que tiene la misma composición que la chapa de acero según la presente forma de realización

(a1) se lamina directamente en caliente y luego se bobina, o

(a2) se enfría temporalmente y luego se calienta para ser laminado en caliente y luego bobinado,

(b) se decapa y luego se lamina en frío y, posteriormente, se recuece, después de eso,

40 (c-1) la chapa de acero recocida se enfría en dos etapas para ajustar la temperatura de la chapa de acero a casi la temperatura de un baño de galvanizado por inmersión en caliente, luego, se galvaniza por inmersión en caliente y posteriormente, se trata con aleación, o

(c-2) la chapa de acero recocida se enfría en dos etapas, se enfría aún más hasta temperatura ambiente, luego se calienta hasta casi la temperatura de un baño de galvanizado para ser galvanizada por inmersión en caliente, y posteriormente, se trata con aleación, y

45 (d) la chapa de acero tratada con aleación se enfría adicionalmente en dos etapas.

Además, en el método para fabricar la chapa de acero galvanizada según la presente forma de realización, después de (d), (e) la chapa de acero tratada con aleación puede recalentarse para tratarse con calor y luego enfriarse hasta temperatura ambiente.

La capa galvanizada y recocida incluye 15% en masa o menos de Fe y un resto que consiste en Zn, Al e impurezas.

50 El método para fabricar la chapa de acero galvanizada y recocida según la presente forma de realización es el método para fabricar la chapa de acero galvanizada de la presente invención al que se añade el proceso de aleación de la capa galvanizada por inmersión en caliente. Cuando la temperatura de aleación no es suficientemente alta, no se forma una capa de aleación altamente adhesiva y, por otro lado, cuando la temperatura de aleación es demasiado

alta, la capa de aleación se hace demasiado gruesa y la conformabilidad de la capa de revestimiento electrolítico se degrada.

5 Como resultado de los experimentos, los presentes inventores confirmaron que, por ejemplo, en caso en el que la temperatura de aleación se ajuste a aproximadamente 480°C, pueden obtenerse chapas de acero galvanizadas que tienen una capa de aleación favorable.

En el método para fabricar la chapa de acero galvanizada y recocida según la presente forma de realización, después de la aleación y el enfriamiento en dos etapas, el tratamiento térmico puede llevarse a cabo nuevamente de modo que se incrementa la relación del carburo de tipo ϵ , que forma interfases que tengan una capacidad de atrapar hidrógeno favorable, con respecto al carburo a base de hierro.

10 **[Ejemplos]**

A continuación, se describirán ejemplos de la presente invención, pero las condiciones en los ejemplos son simplemente ejemplos de condiciones empleadas para confirmar la viabilidad y los efectos de la presente invención, y la presente invención no está limitada a estos ejemplos de condiciones. La presente invención es capaz de emplear una diversidad de condiciones dentro del ámbito de las reivindicaciones siempre que se logre el objeto de la presente invención.

15 Un método para fabricar un ejemplo de una chapa de acero incluyó (a) (a1) laminar directamente en caliente y luego bobinar un desbaste de colada con una composición que se muestra en las tablas o (a2) enfriar temporalmente, luego, calentar, laminar en caliente y luego bobinar el desbaste de colada, (b) decapar, luego, laminar en frío y, posteriormente, recocer, después de eso, (c) enfriar en dos etapas y luego revenir la chapa de acero recocida, y, después de eso, (d) enfriar adicionalmente la chapa de acero revenida en dos etapas.

20 Un método para fabricar un ejemplo de una chapa de acero galvanizada por inmersión en caliente incluyó (a) (a1) laminar directamente en caliente y luego bobinar un desbaste de colada que tiene una composición mostrada en las tablas o (a2) enfriar temporalmente, luego, calentar, laminar en caliente, y luego bobinar el desbaste de colada, (b) decapar, luego, laminar en frío y, posteriormente, recocer, después de eso, (c1) enfriar la chapa de acero recocida en dos etapas para ajustar la temperatura de la chapa de acero a casi la temperatura de un baño de galvanizado por inmersión en caliente, y luego galvanizar por inmersión en caliente la chapa de acero o (c2) enfriar la chapa de acero recocida en dos etapas, enfriar adicionalmente la chapa de acero hasta temperatura ambiente, después de eso, calentar la chapa de acero hasta casi la temperatura de un baño de galvanizado por inmersión en caliente, y galvanizar por inmersión en caliente la chapa de acero, y (d) enfriar adicionalmente la chapa de acero galvanizada por inmersión en caliente en dos etapas.

25 Un método para fabricar un ejemplo de una chapa de acero galvanizada y recocida incluyó (a) (a1) laminar en caliente directamente y luego bobinar un desbaste de colada que tiene una composición que se muestra en las tablas o (a2) enfriar temporalmente, luego calentar, laminar en caliente, y luego bobinar el desbaste de colada, (b) decapar, luego, laminar en frío y, posteriormente, recocer, después de eso, (c-1) enfriar la chapa de acero recocida en dos etapas para ajustar la temperatura de la chapa de acero hasta casi la temperatura de un baño de galvanizado por inmersión en caliente, y luego galvanizar por inmersión en caliente y, posteriormente, tratar con aleación la chapa de acero, o (c-2) enfriar la chapa de acero recocida en dos etapas, enfriar adicionalmente más la chapa de acero hasta temperatura ambiente, después de eso, calentar la chapa de acero hasta casi la temperatura de un baño de galvanizado para que sea galvanizada por inmersión en caliente, y posteriormente, tratar con aleación de la chapa de acero, y (d) enfriar adicionalmente más la chapa de acero tratada con aleación en dos etapas.

30 Todas las chapas de acero laminadas en caliente se decaparon según un método normal. En todos los ejemplos y ejemplos comparativos (excluyendo los casos en que se produjeron grietas durante el laminado en caliente o el laminado en frío), el espesor de la lámina después del laminado en caliente fue de 3,2 mm, la velocidad de enfriamiento primario fue de 2°C/s, y la velocidad de enfriamiento secundario fue de 45°C/s. Otras condiciones de producción fueron las que se muestran en las tablas. El signo de referencia "*"1" en las tablas indica que se observó agrietamiento durante el laminado en frío y, por lo tanto, la producción se detuvo, y el signo de referencia "*"2" en las tablas indica que se observó agrietamiento durante el laminado en caliente y, por lo tanto, la producción se detuvo. Para los ejemplos que tienen el signo de referencia "*"1" o "*"2", no se evaluaron las características. Para los ejemplos que tienen "NO" con respecto al revestimiento electrolítico, no se realizó el revestimiento electrolítico. Para los ejemplos que tienen "SÍ" con respecto al revestimiento electrolítico y "NO" con respecto a la aleación, se llevó a cabo el galvanizado por inmersión en caliente, y para los ejemplos que tienen "SÍ" con respecto al revestimiento electrolítico y la aleación, se llevó a cabo el galvanizado por inmersión en caliente.

ES 2 785 410 T3

[Tabla 1]

Acero n.º	Composición química (% en masa)						
	C	Si	Mn	P	S	N	O
A	0,06	0,46	2,2	0,012	0,0024	0,0021	0,0016
<u>B</u>	0,05	0,47	2,1	0,012	0,0021	0,0019	0,0014
<u>C</u>	0,06	0,48	2,2	<u>0,100</u>	0,0024	0,0021	0,0016
D	0,06	0,46	2,2	0,014	0,0021	0,0023	0,0016
E	0,06	0,48	2,1	0,012	0,0024	0,0021	0,0018
<u>F</u>	0,05	0,46	2,2	0,012	0,0024	0,0021	0,0016
G	0,05	0,46	2,1	0,012	0,0022	0,0022	0,0016
H	0,05	0,45	2,1	0,012	0,0023	0,0021	0,0018
I	0,06	0,46	2,3	0,012	0,0021	0,0021	0,0015
J	0,06	0,47	2,2	0,011	0,0024	0,0021	0,0013
K	0,06	0,47	2,2	0,012	0,0021	0,0019	0,0016
<u>L</u>	<u>0,01</u>	0,45	2,2	0,013	0,0024	0,0021	0,0015
M	0,10	0,46	2,2	0,012	0,0022	0,0021	0,0013
<u>N</u>	<u>0,70</u>	0,48	2,1	0,012	0,0021	0,0018	0,0013
<u>O</u>	0,06	<u>0,01</u>	2,2	0,011	0,0024	0,0021	0,0016
P	0,06	0,46	2,2	0,013	0,0021	0,0021	0,0018
Q	0,05	0,46	2,2	0,011	0,0024	0,0019	0,0016
R	0,06	0,46	2,2	0,011	0,0022	0,0018	0,0016
S	0,05	0,46	2,1	0,012	0,0021	0,0021	0,0013
T	0,06	0,49	2,2	0,011	0,0023	0,0019	0,0016
U	0,05	0,46	2,2	0,013	0,0024	0,0023	0,0015
V	0,07	0,45	2,1	0,012	0,0022	0,0018	0,0018
<u>W</u>	0,06	0,45	2,2	0,012	0,0024	0,0021	0,0015
X	0,05	0,46	2,1	0,012	0,0021	0,0023	0,0015
Y	0,06	1,20	2,2	0,011	0,0022	0,0018	0,0016
<u>Z</u>	0,05	0,46	<u>0,1</u>	0,011	0,0021	0,0018	0,0015
AA	0,06	0,49	2,1	0,012	0,0023	0,0023	0,0016

ES 2 785 410 T3

Acero n.º	Composición química (% en masa)						
	C	Si	Mn	P	S	N	O
<u>BB</u>	0,05	0,46	<u>4,0</u>	0,013	0,0021	0,0021	0,0015
CC	0,06	0,49	2,2	0,011	0,0022	0,0023	0,0015
<u>DD</u>	0,05	0,45	2,2	0,012	0,0021	0,0019	0,0015
EE	0,05	0,46	2,2	0,014	0,0024	0,0023	0,0015
FF	0,06	0,48	2,2	0,013	0,0024	0,0021	0,0016
<u>GG</u>	0,05	0,46	2,2	0,014	0,0024	0,0019	0,0016
HH	0,06	0,47	2,3	0,011	0,0022	0,0019	0,0016
<u>II</u>	0,05	0,46	2,1	0,012	0,0022	0,0023	0,0016
JJ	0,05	0,44	2,2	0,013	0,0024	0,0018	0,0015
KK	0,06	0,45	2,2	0,011	0,0023	0,0021	0,0016
LL	0,06	0,46	2,2	0,014	0,0021	0,0021	0,0013
MM	0,06	0,47	2,1	0,012	0,0021	0,0019	0,0015
<u>NN</u>	0,06	0,44	2,1	0,011	0,0023	0,0023	0,0015
OO	0,05	0,43	2,2	0,012	0,0022	0,0018	0,0018
PP	0,05	0,46	2,2	0,011	0,0021	0,0021	0,0018
<u>QQ</u>	0,06	0,47	2,1	0,011	0,0023	0,0023	0,0015
RR	0,08	0,49	2,2	0,012	0,0024	0,0021	0,0016

ES 2 785 410 T3

[Tabla 2]

Acero n.º	Composición química												Punto de transformación Ar ₃ (°C)
	Al	Cr	Mo	Ni	Cu	Nb	Ti	V	B	Ca	Mg	REM	
A	0,033												820
B	<u>3,000</u>												816
C	0,033												816
D	0,028	0,06											820
E	0,033	0,12											820
F	0,028	<u>2,00</u>											816
G	0,031		0,02										820
H	0,033				0,12								820
I	0,031				<u>2,00</u>								816
J	0,033					0,008							820
K	0,028			0,12									820
L	0,033												820
M	0,029												820
N	0,031												820
O	0,031												820
P	0,028						0,008						820
Q	0,033						0,016						820
R	0,029							0,008					820
S	0,033							0,160					820
T	0,029								0,0003				820
U	0,031								0,0005				820
V	0,033												820
W	0,029								<u>0,1000</u>				815
X	0,031									0,0008			820
Y	0,031												820
Z	0,031												820
AA	0,029												820

ES 2 785 410 T3

<u>BB</u>	0,033												816
CC	0,028												820
<u>DD</u>	0,033		<u>2,00</u>										816
EE	0,028				0,020								820
FF	0,031								0,0015				820
<u>GG</u>	0,029								<u>0,1000</u>				816
HH	0,029		0,06										820
<u>II</u>	0,033		<u>2,00</u>										817
JJ	0,033			0,06									820
KK	0,029				0,06								820
LL	0,028									0,0008			820
MM	0,033									0,0015			820
<u>NN</u>	0,033									<u>0,1000</u>			815
OO	0,029										0,0008		820
PP	0,033										0,0015		820
<u>QQ</u>	0,033										<u>0,1000</u>		820
RR	0,033												820

ES 2 785 410 T3

[Tabla 3]

Producción n.º	Acero n.º	Laminado en caliente		Bobinado	Laminado en frío	Recocido		Enfriamiento primario de dos etapas	
		Temperatura de calentamiento (°C)	Temperatura de finalización del laminado de acabado (°C)	Temperatura de enfriamiento (°C)	Reducción del laminado en frío (%)	Temperatura de recocido (°C)	Tiempo de recocido (s)	Temperatura de parada del enfriamiento primario (°C)	Temperatura de parada del enfriamiento secundario (°C)
1	A	1115	916	590	50	840	98	672	405
2	A	1129	917	590	50	840	98	672	405
3	A	1128	918	590	50	840	98	672	405
4	A	1128	927	590	50	840	98	672	405
5	A	1118	911	590	50	840	98	672	405
6	A	1124	911	590	50	840	98	672	405
7	A	1106	920	590	50	840	98	672	405
8	A	1124	923	590	50	840	98	672	405
9	A	1123	905	590	50	840	98	672	405
10	A	1117	918	590	50	840	98	672	405
11	A	1133	905	590	50	840	98	672	405
12	A	1122	919	590	50	840	98	672	405
13	A	1132	915	590	50	840	98	672	405
14	A	1134	906	590	50	840	98	672	405
15	A	1111	916	590	50	840	98	672	405
16	A	1122	908	590	50	840	98	672	405
17	A	1115	928	590	50	840	98	672	405
18	A	1119	912	590	50	840	98	672	405
19	A	1123	906	650	50	840	98	672	405
20	A	1127	920	590	50	840	98	672	405
21	A	1129	927	590	60	840	98	672	405
22	A	1132	911	590	<u>90</u>	*1			
23	A	1130	904	590	50	840	98	672	405
24	A	1109	926	590	50	840	98	672	405
25	A	1111	920	590	50	840	98	672	405

ES 2 785 410 T3

26	A	1116	929	590	50	840	98	672	405
27	A	1123	906	590	50	840	98	672	405
28	A	1134	902	590	50	840	98	672	405
29	A	1124	912	590	50	840	98	672	405
30	A	1121	922	590	50	840	98	672	405

ES 2 785 410 T3

[Tabla 4]

Producción n.º	Acero n.º	Laminado en caliente		Bobinado	Laminado en frío	Recocido		Enfriamiento primario de dos etapas	
		Temperatura de calentamiento (°C)	Temperatura de finalización del laminado de acabado (°C)	Temperatura de enfriamiento (°C)	Reducción del laminado en frío (%)	Temperatura de recocido (°C)	Tiempo de recocido (s)	Temperatura de parada del enfriamiento primario (°C)	Temperatura de parada del enfriamiento secundario (°C)
31	A	1115	914	590	50	840	98	672	405
32	A	1134	907	590	50	840	98	672	405
33	A	1110	904	590	50	840	98	672	405
34	A	1109	922	590	50	840	98	672	405
35	A	1120	912	590	50	840	98	672	405
36	A	1114	904	590	50	840	98	672	405
37	A	1109	910	590	50	<u>750</u>	98	672	405
38	A	1125	913	590	50	840	98	672	405
39	A	1117	925	590	50	850	98	672	405
40	A	1113	904	590	50	<u>1000</u>	98	672	405
41	A	1135	923	590	50	840	<u>1</u>	672	405
42	A	1135	904	590	50	840	98	672	405
43	A	1111	926	590	50	840	2000	672	405
44	A	1126	922	590	50	840	98	672	<u>80</u>
45	A	1129	922	590	50	840	98	672	350
46	A	1131	904	590	50	840	98	672	405
47	A	1118	909	590	50	840	98	672	420
48	A	1119	921	590	50	840	98	672	<u>550</u>
49	A	1122	924	590	50	840	98	672	405
50	A	1123	915	590	50	840	98	672	405
51	A	1129	921	590	50	840	98	672	405
52	<u>B</u>	*2							
53	<u>C</u>	*2							
54	D	1117	921	590	50	840	98	672	405
55	E	1134	920	590	50	840	98	672	405

ES 2 785 410 T3

56	E	*2							
57	G	1105	923	590	50	840	98	672	405
58	H	1121	906	590	50	840	98	672	405
59	I	*2							
60	J	1112	918	590	50	840	98	672	405

ES 2 785 410 T3

[Tabla 5]

Producción n.º	Acero n.º	Laminado en caliente		Bobinado	Laminado en frío	Recocido		Enfriamiento primario de dos etapas	
		Temperatura de calentamiento (°C)	Temperatura de finalización del laminado de acabado (°C)	Temperatura de enfriamiento (°C)	Reducción del laminado en frío (%)	Temperatura de recocido (°C)	Tiempo de recocido (s)	Temperatura de parada del enfriamiento primario (°C)	Temperatura de parada del enfriamiento secundario (°C)
61	K	1106	903	590	50	840	98	672	405
62	L	1123	928	590	50	840	98	672	405
63	M	1129	908	590	50	840	98	672	405
64	N	1125	908	590	50	840	98	672	405
65	Q	1115	915	590	50	840	98	672	405
66	P	1114	912	590	50	840	98	672	405
67	Q	1131	906	590	50	840	98	672	405
68	R	1123	924	590	50	840	98	672	405
69	S	1125	904	590	50	840	98	672	405
70	T	1115	925	590	50	840	98	672	405
71	U	1133	917	590	50	840	98	672	405
72	V	1106	911	590	50	840	98	672	405
73	W	*2							
74	X	1131	908	590	50	840	98	672	405
75	Y	1135	916	590	50	840	98	672	405
76	Z	1129	922	590	50	840	98	672	405
77	AA	1112	919	590	50	840	98	672	405
78	BB	*2							
79	CC	1119	907	590	50	840	98	672	405
80	DD	*2							
81	EE	1132	924	590	50	840	98	672	405
82	FF	1111	913	590	50	840	98	672	405
83	GG	*2							
84	HH	1115	910	590	50	840	98	672	405
85	II	*2							

ES 2 785 410 T3

86	JJ	1123	926	590	50	840	98	672	405
87	KK	1121	905	590	50	840	98	672	405
88	LL	1118	918	590	50	840	98	672	405
89	MM	1120	917	590	50	840	98	672	405
90	<u>NN</u>	*2							
91	OO	1122	915	590	50	840	98	672	405
92	PP	1118	928	590	50	840	98	672	405
93	<u>QQ</u>	*2							
94	RR	1123	903	590	50	840	98	672	405

[Tabla 6]

Producción n.º	Revestimiento electrolítico		Revenido		Enfriamiento secundario de dos etapas			
	Revestimiento electrolítico	Aleación	Temperatura de retención de la temperatura constante (°C)	Tiempo de retención de la temperatura constante (s)	Velocidad de enfriamiento terciario (°C/s)	Temperatura de parada del enfriamiento terciario (°C)	Velocidad del cuarto enfriamiento (°C/s)	Temperatura de parada del cuarto enfriamiento (°C)
1	NO		405	285	12	355	16	92
2	NO		405	285	12	355	16	92
3	NO		405	285	12	355	16	92
4	NO		405	285	12	355	16	92
5	NO		405	285	12	355	16	92
6	NO		405	285	12	355	16	92
7	NO		405	285	12	355	16	92
8	NO		405	285	12	355	16	92
9	SI	SI	405	285	12	355	16	92
10	SI	SI	405	285	12	355	16	92
11	SI	SI	405	285	12	355	16	92
12	SI	NO	405	285	12	355	16	92
13	SI	NO	405	285	12	355	16	92
14	SI	NO	405	285	12	355	16	92
15	NO		405	285	12	355	16	92
16	NO		405	285	12	355	16	92
17	NO		405	285	12	355	16	92
18	NO		405	285	12	355	16	92
19	NO		405	285	12	355	16	92
20	NO		405	285	12	355	16	92
21	NO		405	285	12	355	16	92
22	*1							
23	NO		405	1	12	355	16	92
24	NO		405	285	12	355	16	92
25	NO		405	150	12	355	16	92
26	NO		405	1400	12	355	16	92

ES 2 785 410 T3

27	NO		405	285	<u>1</u>	355	16	92
28	NO		405	285	12	355	16	92
29	NO		405	285	<u>75</u>	355	16	92
30	NO		405	285	12	<u>200</u>	16	92

[Tabla 7]

Producción n.º	Revestimiento electrolítico		Revenido		Enfriamiento secundario de dos etapas			
	Revestimiento electrolítico	Aleación	Temperatura de retención de la temperatura constante (°C)	Tiempo de retención de la temperatura constante (s)	Velocidad de enfriamiento terciario (°C/s)	Temperatura de parada del enfriamiento terciario (°C)	Velocidad del cuarto enfriamiento (°C/s)	Temperatura de parada del cuarto enfriamiento (°C)
31	NO		405	285	12	355	16	92
32	NO		405	285	12	355	1	92
33	NO		405	285	12	355	16	92
34	NO		405	285	12	355	65	92
35	NO		405	285	12	355	16	92
36	NO		405	285	12	355	16	200
37	NO		405	285	12	355	16	92
38	NO		405	285	12	355	16	92
39	NO		405	285	12	355	16	92
40	NO		405	285	12	355	16	92
41	NO		405	285	12	355	16	92
42	NO		405	285	12	355	16	92
43	NO		405	285	12	355	16	92
44	NO		405	285	12	355	16	92
45	NO		405	285	12	355	16	92
46	NO		405	285	12	355	16	92
47	NO		405	285	12	355	16	92
48	NO		405	285	12	355	16	92
49	NO		150	285	12	355	16	92
50	NO		405	285	12	355	16	92
51	NO		550	285	12	355	16	92
52	*2							
53	*2							
54	NO		405	285	12	355	16	92
55	NO		405	285	12	355	16	92
56	*2							

ES 2 785 410 T3

57	NO		405	285	12	355	16	92
58	NO		405	285	12	355	16	92
59	*2							
60	NO		405	285	12	355	16	92

[Tabla 8]

Producción n.º	Revestimiento electrolítico		Revenido		Enfriamiento secundario de dos etapas			
	Revestimiento electrolítico	Aleación	Temperatura de retención de la temperatura constante (°C)	Tiempo de retención de la temperatura constante (s)	Velocidad de enfriamiento terciario (°C/s)	Temperatura de parada del enfriamiento terciario (°C)	Velocidad del cuarto enfriamiento (°C/s)	Temperatura de parada del cuarto enfriamiento (°C)
61	NO		405	285	12	355	16	92
62	NO		405	285	12	355	16	92
63	NO		405	285	12	355	16	92
64	NO		405	285	12	355	16	92
65	NO		405	285	12	355	16	92
66	NO		405	285	12	355	16	92
67	NO		405	285	12	355	16	92
68	NO		405	285	12	355	16	92
69	NO		405	285	12	355	16	92
70	NO		405	285	12	355	16	92
71	NO		405	285	12	355	16	92
72	NO		405	285	12	355	16	92
73	*2							
74	NO		405	285	12	355	16	92
75	NO		405	285	12	355	16	92
76	NO		405	285	12	355	16	92
77	NO		405	285	12	355	16	92
78	*2							
79	NO		405	285	12	355	16	92
80	*2							
81	NO		405	285	12	355	16	92
82	NO		405	285	12	355	16	92
83	*2							
84	NO		405	285	12	355	16	92
85	*2							
86	NO		405	285	12	355	16	92

ES 2 785 410 T3

87	NO		405	285	12	355	16	92
88	NO		405	285	12	355	16	92
89	NO		405	285	12	355	16	92
90	*2							
91	NO		405	285	12	355	16	92
92	NO		405	285	12	355	16	92
93	*2							
94	NO		405	285	12	355	16	92

- 5 De las chapas de acero obtenidas, se obtuvieron las relaciones en volumen de martensita revenida (relaciones en volumen de estructura A), las relaciones en volumen total de una o ambas de ferrita y bainita (relaciones en volumen de estructura B), las relaciones en volumen total de austenita residual, martensita fresca y perlita (relaciones en volumen de estructura C), las densidades numéricas de carburos a base de hierro en martensita revenida (densidades numéricas de carburo) y las relaciones del número de carburos de tipo ϵ con respecto al número de carburos a base de hierro en martensita revenida (las relaciones de carburo de tipo ϵ). Además, se midieron las resistencias a la tracción (TS), los alargamientos totales (EL) y la capacidad de ensanchamiento de orificios (λ) de las chapas de acero obtenidas, y se evaluaron las propiedades de resistencia a la fractura retardada de las chapas de acero obtenidas.
- 10 Con respecto a la resistencia a la tracción y al alargamiento, se tomó una muestra de una pieza de prueba JIS N.^o 5 perpendicularmente a la dirección de laminación de cada una de las chapas de acero, se realizó una prueba de tracción según JIS Z 2242, y se midieron la resistencia a la tracción (TS) y el alargamiento total (EI). Con respecto a la capacidad de ensanchamiento de orificios, el porcentaje de ensanchamiento de orificios (λ (%)) se midió según la norma JFS T1001 de la Federación Japonesa de Hierro y Acero. El signo de referencia ""3" en las tablas indica que se produjo un agrietamiento y, por lo tanto, TS, EL y λ no se evaluaron.
- 15 Las propiedades de resistencia a la fractura retardada de la chapa de acero se evaluaron doblando una pieza de prueba en forma de tira que tenía una longitud de 100 mm, una anchura de 30 mm y un espesor de 1,3 mm o 1,6 mm, que se cortó perpendicularmente a la dirección de laminación de la chapa de acero, en tres puntos, montando un medidor de deformación resistente al agua en la superficie de la pieza de prueba en forma de tira, luego, introduciendo hidrógeno en la pieza de prueba en forma de tira sumergiendo la pieza de prueba en forma de tira en una solución acuosa de tiocianato de amonio y electrolizando la solución acuosa de tiocianato de amonio a una densidad de corriente de 0,1 mA/cm², y, después de dos horas, confirmando la presencia y ausencia de la aparición de grietas.
- 20 El radio del proceso de doblado de la pieza de prueba en forma de tira se ajustó a 10 mm. El esfuerzo aplicado impartido a la pieza de prueba en forma de tira que tiene un espesor de 1,3 mm se ajustó al 60% de la resistencia a la tracción (TS) de la chapa de acero, y el esfuerzo aplicado impartido a la pieza de prueba en forma de tira que tiene un espesor de 1,6 mm se ajustó al 90% de la resistencia a la tracción (TS) de la chapa de acero. Las piezas de prueba en forma de tira que se rompieron con el esfuerzo aplicado del 60% de la resistencia a la tracción (TS) se evaluaron como "MUY MALAS" (VB), piezas de prueba en forma de tira que no se rompieron con el esfuerzo aplicado del 60% de la resistencia a la tracción (TS), pero que se rompieron con el esfuerzo aplicado del 90% de la resistencia a la tracción (TS) se evaluaron como "MALAS" (B), y las piezas de prueba en forma de tira que no se rompieron en ambas esfuerzos aplicados se evaluaron como "BUENAS G). Las chapas de acero evaluadas como "BUENAS" son chapas de acero que tienen excelentes propiedades de resistencia a la fractura retardada.
- 25
- 30

[Tabla 9]

Producción n.º	Estructura en la porción de 1/4 de espesor					Evaluación				Nota
	Relación en volumen de la estructura A (%)	Relación en volumen de la estructura B (%)	Relación en volumen de la estructura C (%)	Densidad numérica de carburos (10 ⁶ partículas/mm ²)	Relación de carburo tipo ϵ	TS (MPa)	EL (%)	λ (%)	Propiedad de resistencia a la fractura retardada	
1	45	48	7	50	60	1015	20	60	G	Ejemplo
2	45	48	7	50	60	1015	20	60	G	Ejemplo
3	45	48	7	50	60	1015	20	60	G	Ejemplo
4	45	48	7	50	60	1015	20	60	G	Ejemplo
5	45	48	7	50	60	1015	20	60	G	Ejemplo
6	45	48	7	50	60	1015	20	60	G	Ejemplo
7	45	48	7	50	60	1015	20	60	G	Ejemplo
8	45	48	7	50	60	1015	20	60	G	Ejemplo
9	45	48	7	50	60	1015	20	60	G	Ejemplo
10	45	48	7	50	60	1015	20	60	G	Ejemplo
11	45	48	7	50	60	1015	20	60	G	Ejemplo
12	45	48	7	50	60	1015	20	60	G	Ejemplo
13	45	48	7	50	60	1015	20	60	G	Ejemplo
14	45	48	7	50	60	1015	20	60	G	Ejemplo
15	45	48	7	50	60	1015	20	60	G	Ejemplo
16	45	48	7	50	60	1015	20	60	G	Ejemplo
17	45	48	7	50	60	1015	20	60	G	Ejemplo
18	45	48	7	50	60	1015	20	60	G	Ejemplo
19	60	32	8	100	70	1060	21	65	G	Ejemplo
20	45	48	7	50	60	1015	20	60	G	Ejemplo
21	60	32	8	100	70	1060	21	65	G	Ejemplo
22	*1									Ejemplo comparativo
23	<u>10</u>	48	<u>42</u>	<u>0,5</u>	<u>5</u>	1280	20	60	VB	Ejemplo comparativo
24	45	48	7	50	60	1015	20	60	G	Ejemplo

ES 2 785 410 T3

25	45	48	7	50	60	1015	20	60	G	Ejemplo
26	45	48	7	50	60	1015	20	60	G	Ejemplo
27	45	48	7	50	<u>5</u>	1015	20	60	VB	Ejemplo comparativo
28	45	48	7	50	60	1015	20	60	G	Ejemplo
29	45	48	7	<u>0.5</u>	<u>5</u>	1015	20	60	VB	Ejemplo comparativo
30	45	48	7	50	<u>5</u>	1015	20	60	VB	Ejemplo comparativo

ES 2 785 410 T3

[Tabla 10]

Producción n.º	Estructura en la porción de 1/4 de espesor					Evaluación				Nota
	Relación en volumen de la estructura A (%)	Relación en volumen de la estructura B (%)	Relación en volumen de la estructura C (%)	Densidad numérica de carburos (10 ⁶ partículas/mm ²)	Relación de carburo tipo ε	TS (MPa)	EL (%)	λ (%)	Propiedad de resistencia a la fractura retardada	
31	45	48	7	50	60	1015	20	60	G	Ejemplo
32	45	48	7	50	<u>5</u>	1015	20	60	VB	Ejemplo comparativo
33	45	48	7	50	60	1015	20	60	G	Ejemplo
34	45	48	7	<u>0,5</u>	<u>5</u>	1015	20	60	VB	Ejemplo comparativo
35	45	48	7	50	60	1015	20	60	G	Ejemplo
36	45	48	7	50	<u>5</u>	1015	20	60	VB	Ejemplo comparativo
37	<u>10</u>	<u>82</u>	8	<u>0,5</u>	60	<u>460</u>	20	60	VB	Ejemplo comparativo
38	45	48	7	50	60	1015	20	60	G	Ejemplo
39	60	32	8	100	70	1060	21	65	G	Ejemplo
40	<u>80</u>	<u>13</u>	7	50	60	<u>*3</u>			G	Ejemplo comparativo
41	<u>10</u>	<u>82</u>	8	<u>0,5</u>	60	<u>460</u>	20	60	VB	Ejemplo comparativo
42	45	48	7	50	60	1015	20	60	G	Ejemplo
43	45	48	7	50	60	1350	5	60	G	Ejemplo
44	45	<u>5</u>	<u>50</u>	50	60	<u>*3</u>			G	Ejemplo comparativo
45	45	48	7	50	60	1015	20	60	G	Ejemplo
46	45	48	7	50	60	1015	20	60	G	Ejemplo
47	45	48	7	50	60	1015	20	60	G	Ejemplo
48	45	<u>5</u>	<u>50</u>	50	60	<u>*3</u>			G	Ejemplo comparativo
49	45	48	7	<u>0,5</u>	60	1015	20	60	VB	Ejemplo comparativo
50	45	48	7	50	60	1015	20	60	G	Ejemplo
51	<u>10</u>	<u>82</u>	8	<u>0,5</u>	<u>5</u>	<u>460</u>	20	60	VB	Ejemplo comparativo

ES 2 785 410 T3

52	*2									Ejemplo comparativo
53	*2									Ejemplo comparativo
54	45	48	7	50	60	1015	20	60	G	Ejemplo
55	60	32	8	100	70	1060	21	65	G	Ejemplo
56	*2									Ejemplo comparativo
57	45	48	7	50	60	1015	20	60	G	Ejemplo
58	60	32	8	100	70	1060	21	65	G	Ejemplo
59	*2									Ejemplo comparativo
60	45	48	7	50	60	1015	20	60	G	Ejemplo

[Tabla 11]

Producción n.º	Estructura en la porción de 1/4 de espesor					Evaluación				Nota
	Relación en volumen de la estructura A (%)	Relación en volumen de la estructura B (%)	Relación en volumen de la estructura C (%)	Densidad numérica de carburos (10 ⁶ partículas/mm ²)	Relación de carburo tipo ϵ	TS (MPa)	EL (%)	λ (%)	Propiedad de resistencia a la fractura retardada	
61	60	32	8	100	70	1060	21	65	G	Ejemplo
62	<u>10</u>	<u>82</u>	8	<u>0.5</u>	60	<u>460</u>	20	60	VB	Ejemplo comparativo
63	60	32	8	100	70	1060	21	65	G	Ejemplo
64	<u>10</u>	70	<u>20</u>	100	55	<u>460</u>	15	50	VB	Ejemplo comparativo
65	45	48	7	<u>0.5</u>	60	1015	20	60	VB	Ejemplo comparativo
66	45	48	7	50	60	1015	20	60	G	Ejemplo
67	60	32	8	100	70	1060	21	65	G	Ejemplo
68	45	48	7	50	60	1015	20	60	G	Ejemplo
69	60	32	8	100	70	1060	21	65	G	Ejemplo
70	45	48	7	50	60	1015	20	60	G	Ejemplo
71	60	32	8	100	70	1060	21	65	G	Ejemplo
72	60	32	8	100	70	1060	21	65	G	Ejemplo
73	*2									Ejemplo comparativo
74	45	48	7	50	60	1015	20	60	G	Ejemplo
75	60	32	8	100	70	1060	21	65	G	Ejemplo
76	<u>10</u>	<u>82</u>	8	<u>0.5</u>	60	<u>460</u>	20	60	VB	Ejemplo comparativo
77	60	32	8	100	70	1060	21	65	G	Ejemplo
78	*2									Ejemplo comparativo
79	60	32	8	100	70	1060	21	65	G	Ejemplo
80	*2									Ejemplo comparativo
81	60	32	8	100	70	1060	21	65	G	Ejemplo

ES 2 785 410 T3

82	60	32	8	100	70	1060	21	65	G	Ejemplo
83	*2									Ejemplo comparativo
84	60	32	8	100	70	1060	21	65	G	Ejemplo
85	*2									Ejemplo comparativo
86	45	48	7	50	60	1015	20	60	G	Ejemplo
87	45	48	7	50	60	1015	20	60	G	Ejemplo
88	45	48	7	50	60	1015	20	60	G	Ejemplo
89	60	32	8	100	70	1060	21	65	G	Ejemplo
90	*2									Ejemplo comparativo
91	45	48	7	50	60	1015	20	60	G	Ejemplo
92	60	32	8	100	70	1060	21	65	G	Ejemplo
93	*2									Ejemplo comparativo
94	60	32	8	100	70	1060	21	65	G	Ejemplo

5 Como se muestra en las tablas, se encuentra que, en las chapas de acero de los ejemplos de la presente invención, una gran cantidad del carburo precipitado a base de hierro funciona como un sitio trampa de hidrógeno y, por lo tanto, las propiedades de resistencia a la fractura retardada son significativamente excelentes, y la conformabilidad también es excelente con la constitución de fases en la estructura. Además, se encuentra que, en las chapas de acero de los ejemplos comparativos, al menos cualquiera de la resistencia, las propiedades de resistencia a la fractura retardada y la conformabilidad es pobre.

[Aplicabilidad industrial]

10 Como se describió anteriormente, según la presente invención, es posible proporcionar una chapa de acero, una chapa de acero galvanizada por inmersión en caliente y una chapa de acero galvanizada y recocida que son preferibles como piezas estructurales para vehículos, edificios, electrodomésticos y similares, y tienen una resistencia a la tracción de 780 MPa o mayor y excelentes propiedades de resistencia a la fractura retardada, y métodos de fabricación para ellas. Por lo tanto, la presente invención está altamente disponible en industrias para producir y usar piezas estructurales.

REIVINDICACIONES

1. Una chapa de acero, que consiste en, como composición química, en masa%:

C: 0,05% a 0,25%,

Si: 0,05% a 2,00%,

5 Mn: 1,50% a 3,00%

P: 0,04% o menos,

S: 0,01% o menos,

N: 0,01% o menos,

O: 0,006% o menos,

10 Al: 0,001% a 2,00%,

Cr: 0% a 1,00%,

Mo: 0% a 1,00%,

Ni: 0% a 1. 00%,

Cu: 0% a 1,00%

15 Nb: 0% a 0,30%,

Ti: 0% a 0,30%,

V: 0% a 0,50%

B: 0% a 0,01%

Ca: 0% a 0,04%,

20 Mg: 0% a 0,04%,

REM: 0% a 0,04%, y

un resto consistente en Fe e impurezas,

donde una estructura en una porción de 1/4 de espesor incluye, en términos de relaciones en volumen, martensita revenida: 30% a 70% y

25 una o ambas de ferrita y bainita: un total de 20% a 70%,

donde en la estructura en la porción de 1/4 de espesor, una relación en volumen de austenita residual es menor de 10%, una relación en volumen de martensita fresca es 10% o menos, una relación en volumen de perlita es 10% o menos, y un total relación en volumen de la austenita residual, la martensita fresca y la perlita es 15% o menos,

30 donde una densidad numérica de carburos a base de hierro que tienen un eje mayor de 5 nm o más en la martensita revenida en la porción de 1/4 de espesor es 5×10^7 partículas/mm² o más, donde una relación del número de carburos de tipo ϵ con respecto al número de carburos a base de hierro que tienen el eje mayor de 5 nm o más en la porción de 1/4 de espesor es 20% o más, y

donde una resistencia a la tracción es de 780 MPa o mayor.

2. La chapa de acero según la reivindicación 1,

35 donde la composición química de la chapa de acero incluye, en % en masa, uno o más seleccionados del grupo que consiste en

Cr: 0,05% a 1,00%,

Mo: 0,01% a 1,00%,

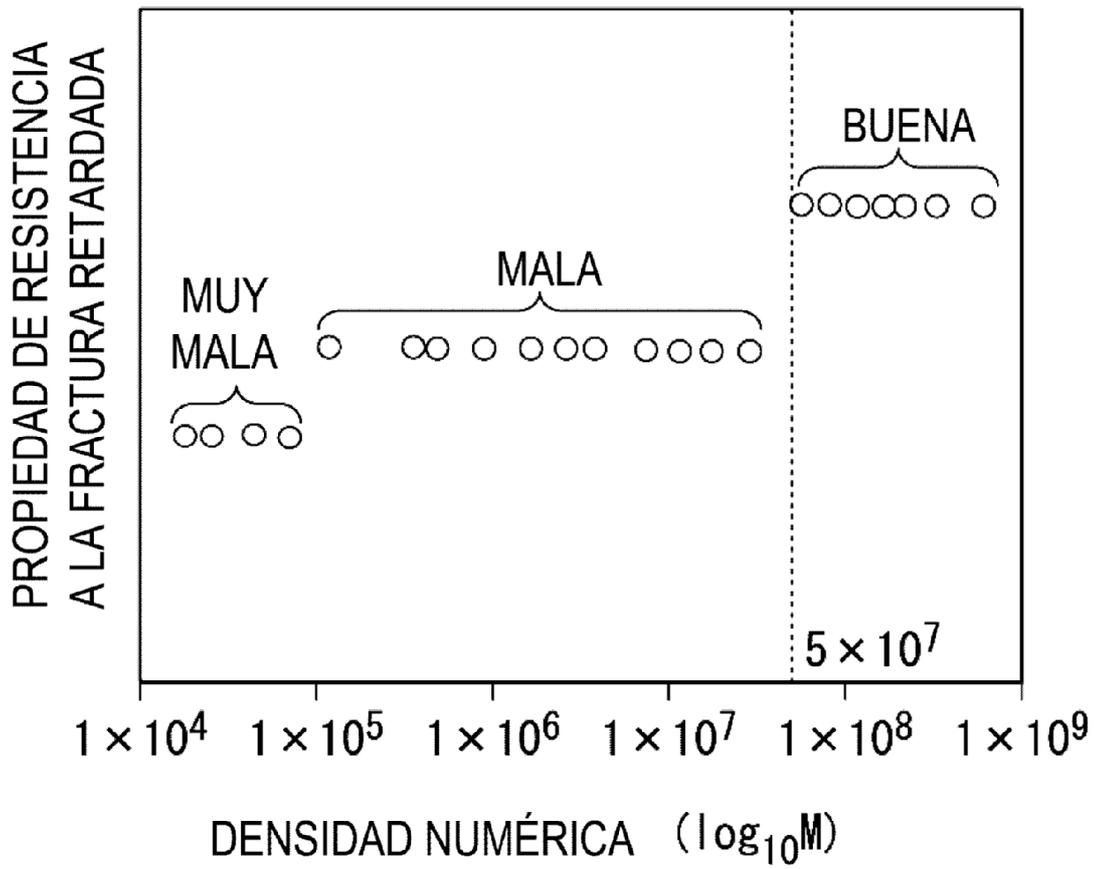
Ni: 0,05% a 1,00%, y

40 Cu: 0,05% a 1,00%.

ES 2 785 410 T3

3. La chapa de acero según la reivindicación 1 o 2,
donde la composición química de la chapa de acero incluye, en % en masa, uno o más seleccionados del grupo que consiste en
Nb: 0,005% a 0,30%,
- 5 Ti: 0,005% a 0,30%, y
V: 0,005% a 0,50%.
4. La chapa de acero según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3,
donde la composición química de la chapa de acero incluye, en % en masa,
B: 0,0001% a 0,01%.
- 10 5. La chapa de acero según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4,
donde la composición química de la chapa de acero incluye, en % en masa, uno o más seleccionados del grupo que consiste en
Ca: 0,0005% a 0,04%,
Mg: 0,0005% a 0,04%, y
- 15 REM: 0,0005% a 0,04%.
6. La chapa de acero según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5,
donde un eje principal promedio de los carburos a base de hierro es 350 nm o menos.
7. Una chapa de acero galvanizada por inmersión en caliente,
donde una capa galvanizada por inmersión en caliente que incluye 15% en masa o menos de Fe y un resto que
20 consiste en Zn, Al e impurezas se forma sobre una superficie de la chapa de acero según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6.
8. Una chapa de acero galvanizada y recocida,
donde una capa galvanizada y recocida que incluye 15% en masa o menos de Fe y un resto que consiste en Zn, Al e impurezas se forma sobre una superficie de la chapa de acero según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6.

[Figura 1]



[Figura 2]

