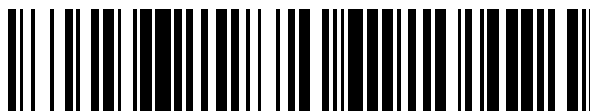


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 768 598**

51 Int. Cl.:

C22C 38/02	(2006.01)	C22C 38/04	(2006.01)
C22C 38/00	(2006.01)	C22C 38/06	(2006.01)
C21D 9/46	(2006.01)	C22C 38/08	(2006.01)
C22C 38/58	(2006.01)	C22C 38/12	(2006.01)
C23C 2/02	(2006.01)	C22C 38/14	(2006.01)
C23C 2/06	(2006.01)	C22C 38/16	(2006.01)
C23C 2/28	(2006.01)	C22C 38/18	(2006.01)
C23C 22/07	(2006.01)	C22C 38/34	(2006.01)
C23C 28/00	(2006.01)	C22C 38/38	(2006.01)
C25D 5/26	(2006.01)	C21D 8/02	(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **04.02.2013 PCT/JP2013/052468**
- 87 Fecha y número de publicación internacional: **15.08.2013 WO13118679**
- 96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **04.02.2013 E 13747093 (6)**
- 97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **01.01.2020 EP 2813595**

54 Título: **Chapa de acero laminado en frío de alta resistencia y método para la producción de la misma**

30 Prioridad:

08.02.2012 JP 2012025268

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

23.06.2020

73 Titular/es:

**NIPPON STEEL CORPORATION (100.0%)
6-1, Marunouchi 2-chome, Chiyoda-ku
Tokyo, JP**

72 Inventor/es:

**AZUMA MASAFUMI;
NOZAKI TAKAYUKI;
WAKABAYASHI CHISATO;
SATO KOICHI;
KAWATA HIROYUKI y
FUJITA NOBUHIRO**

74 Agente/Representante:

ELZABURU, S.L.P

ES 2 768 598 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 laminado en frío de alta resistencia y método para la producción de la misma

Campo técnico de la invención

5 La presente invención se refiere a una chapa de acero laminado en frío de alta resistencia que tiene una excelente plegabilidad y a un método para la producción de la misma. La chapa de acero laminado en frío de alta resistencia incluye chapas de acero que tienen una superficie sobre la cual se forma una película de revestimiento o galvanizado.

Se reivindica prioridad con respecto a la Solicitud de Patente Japonesa N.º 2012-025268, presentada el 8 de febrero de 2012, cuyo contenido se incorpora en la presente memoria por referencia.

Técnica relacionada

10 En los últimos años, ha habido una demanda creciente para que una chapa de acero con depósito usada en automóviles o similares tenga una mayor resistencia. En respuesta a las demandas, se está usando una chapa de acero de alta resistencia con una tensión de tracción máxima de 700 MPa o mayor. Como un método para formar una carrocería de vehículo o una parte de un automóvil que usa tal chapa de acero de alta resistencia, se utiliza la plegabilidad como trabajado sobre la prensa. Generalmente, cuanto más aumente la resistencia de una chapa de
15 acero, más empeora la plegabilidad. Por tanto, cuando se realiza el plegado de una chapa de acero de alta resistencia, han surgido problemas tales como la aparición de grietas dentro de la chapa de acero en una parte de deformación, la aparición de estricción en la superficie en una chapa de acero y similares.

20 Se sabe que (a) las dificultades relacionadas con la estricción y (b) las dificultades relacionadas con el agrietamiento (aparición de huecos) que ocurren dentro de una chapa de acero son factores importantes que gobiernan la plegabilidad de una chapa de acero de alta resistencia (por ejemplo, hágase referencia al Documento no de Patente 1). Por ejemplo, puesto que la estricción ocurre fácilmente y la deformación se localiza en una chapa de acero que tiene un bajo alargamiento durante el plegado, se deteriora la trabajabilidad de plegado. Además, en un acero que incluye ferrita y martensita, se deteriora la plegabilidad debido al agrietamiento de la martensita o la formación de huecos en la interfaz. Como resultado, un endurecimiento elevado provoca deterioro en el alargamiento y, por tanto,
25 la plegabilidad empeora. Además, puesto que un aumento en la fracción en volumen de la martensita va acompañado de un aumento del endurecimiento en algunos casos, el elevado endurecimiento provoca fácilmente un deterioro en la plegabilidad.

30 Como una técnica para mejorar la plegabilidad de una chapa de acero, el Documento de Patente 1 propone una chapa de acero que incluye como una composición de componentes, en % en masa, C: mayor que 0,02% a 0,20%, Si: de 0,01% a 2,0%, Mn: de 0,1% a 3,0%, P: de 0,003% a 0,10%, S: 0,020% o menos, Al: de 0,001% a 1,0%, N: de 0,0004% a 0,015% y Ti: de 0,03% a 0,2%, y consistiendo el resto en Fe e impurezas. Una estructura metalográfica de la chapa de acero incluye del 30% al 95% de ferrita por fracción de área, una segunda fase del resto está compuesta de uno o más de martensita, bainita, perlita, cementita y austenita residual, una fracción de área de la martensita es de 0% a 50% cuando la martensita está incluida y la chapa de acero incluye precipitados de carbonitruro basados en Ti con un
35 diámetro de grano de 2 nm a 30 nm y una distancia interpartícula promedio de 30 nm a 300 nm e incluye un TiN cristalizado con un diámetro de grano de 3 µm o mayor y una distancia interpartícula promedio de 50 µm a 500 µm.

Según tal chapa de acero, puede obtenerse una plegabilidad satisfactoria. Sin embargo, puesto que se utiliza endurecimiento por formación de precipitados, no es fácil asegurar el equilibrio entre la resistencia y el alargamiento a un alto nivel.

40 Además, el Documento de Patente 2 describe, como una chapa de acero que tiene excelente plegabilidad, una chapa de acero que incluye, como una composición de componentes, en % en masa: C: de 0,03% a 0,11%, Si: de 0,005% a 0,5%, Mn: de 2,0% a 4,0%, P: 0,1% o menos, S: 0,01% o menos, Al sol.: de 0,01% a 1,0%, N: 0,01% o menos y que además incluye uno o ambos de Ti: 0,50% o menos y Nb: 0,50% o menos en el intervalo que satisface $Ti + (Nb/2) \geq 0,03$, y consistiendo el resto en Fe e impurezas, en la que una resistencia a la tracción es de 540 MPa o mayor. La
45 chapa de acero tiene un intervalo promedio de 300 µm o menos en una dirección de la anchura de la chapa de una parte concentrada en Mn que se extiende en una dirección del laminado a una profundidad de $t/20$ (t: espesor de la chapa de una chapa de acero) desde una superficie, una fracción de área de ferrita de 60% o mayor, y un diámetro de grano promedio de ferrita de 1,0 µm a 6,0 µm e incluye 100 o más precipitados con un diámetro de grano de 1 nm a 10 nm por m² en la ferrita. Según tal chapa de acero, puede obtenerse una plegabilidad satisfactoria. Sin embargo,
50 puesto que la fase primaria es ferrita y la fracción en volumen de la austenita residual está limitada a menor que 3%, no es fácil la aplicación a una chapa de acero de alta resistencia de 700 MPa o mayor.

Además, el Documento de Patente 3 describe, como una chapa de acero que tiene tanto ductilidad como plegabilidad, una chapa de acero que incluye, como composición de componentes, en % en masa, C: de 0,08% a 0,25%, Si: 0,7% o menos, Mn: de 1,0% a 2,6%, Al: 1,5% o menos, P: 0,03% o menos, S: 0,02% o menos y N: 0,01% o menos, y que tiene una relación entre Si y Al que satisface $1,0\% \leq Si + Al \leq 1,8\%$ consistiendo el resto en Fe e impurezas. La chapa de acero tiene propiedades mecánicas que satisfacen $TS \geq 590$ (TS: resistencia a la tracción (MPa)), $TS \times El \geq 17500$ (El: alargamiento total (%)) y $p \leq 1,5 \times t$ (p: radio de plegado límite (mm), t: espesor de la chapa (mm)). Sin embargo,

no es fácil conseguir tanto la ductilidad como la plegabilidad a un alto nivel y, asimismo, no es fácil la aplicación a una chapa de acero de alta resistencia de 900 MPa o mayor.

5 El Documento de Patente 4 describe, como una chapa de acero que tiene una ductilidad y plegabilidad satisfactorias, una chapa de acero que incluye, como una composición de componentes, en % en masa, C: de 0,08% a 0,20%, Si: 1,0% o menos, Mn: de 1,8% a 3,0%, P: 0,1% o menos, S: 0,01% o menos, Al sol.: de 0,005 a 0,5%, N: 0,01% o menos, Ti: de 0,02% a 0,2% y consistiendo el resto en Fe e impurezas. La chapa de acero tiene una estructura de acero
10 constituida por, en % en volumen, ferrita: 10% o mayor, bainita: de 20% a 70%, austenita residual: de 3% a 20% y martensita: de 0% a 20%, en la que un diámetro de grano promedio de la ferrita es de 10 µm o menos, un diámetro de grano promedio de la bainita es de 10 µm o menos, un diámetro de grano promedio de la austenita residual es de 3 µm o menos y un diámetro de grano promedio de la martensita es de 3 µm o menos. Además, la chapa de acero tiene propiedades mecánicas tales que una resistencia a la tracción (TS) es de 780 MPa o mayor, un producto (valor TS x EI) de resistencia a la tracción (TS) y alargamiento total (EI) es 14000 MPa·% o mayor, y un radio de plegado mínimo en un ensayo de plegado es de 1,5 t o menos (t: espesor de la chapa), y tiene un espesor de chapa de 2,0 mm o mayor. Según la tecnología descrita en el Documento de Patente 4, es posible asegurar una ductilidad y plegabilidad
15 satisfactorias. Sin embargo, no es fácil conseguir tanto resistencia como plegabilidad a un alto nivel.

El Documento de Patente 5 describe una chapa de acero que tiene excelente plegabilidad, chapa de acero que incluye, como la composición de componentes, en % en masa, C: de 0,03% a 0,12%, Si: de 0,02% a 0,50%, Mn: de 2,0% a 4,0%, P: 0,1% o menos, S: 0,01% o menos, Al sol.: de 0,01% a 1,0%, N: 0,01% o menos y que incluye además uno o
20 ambos de Ti: 0,50% o menos y Nb: 0,50% o menos en el intervalo que satisface $Ti + (Nb/2) \geq 0,03$ y consistiendo el resto en Fe e impurezas, en la que una resistencia a la tracción es de 540 MPa o mayor. La chapa de acero tiene una estructura tal que una fracción de área de ferrita es de 60% o mayor y un tamaño de grano promedio de ferrita es de 1,0 µm a 6,0 µm. Una capa recocida galvanizada contiene, en % en masa, Fe: de 8% a 15%, Al: de 0,08% a 0,50% y consistiendo el resto en Zn e impurezas. Sin embargo, puesto que la cantidad de C está limitada al, 0,12% o menos dentro de un intervalo bajo, no puede realizarse la aplicación a una chapa de acero de 780 MPa o menos, y no es fácil
25 la aplicación a una chapa de acero de mayor resistencia. Además, puesto que la fracción del área de la austenita residual es menor que 3%, no es fácil obtener una excelente ductilidad.

El Documento de Patente 6 describe, como una chapa de acero que tiene una excelente trabajabilidad, una chapa de acero que incluye, en % en masa, C: de 0,03% a 0,17%, Si: de 0,01% a 0,75%, Mn: de 1,5% a 2,5%, P: 0,080% o menos, S: 0,010% o menos, Al sol.: de 0,01% a 1,20%, Cr: de 0,3% a 1,3%, y consistiendo el resto en Fe e impurezas
30 inevitables. La chapa de acero tiene una estructura constituida por Fe e impurezas inevitables. La chapa de acero tiene una estructura constituida por, en fracción en volumen, ferrita de 30% a 70%, austenita residual menos de 3% y martensita el resto, en la que el 20% o más de la martensita es martensita revenida. Sin embargo, puesto que la fracción en volumen de la martensita está limitada a menor que 3%, la plegabilidad es excelente pero hay un problema de que el alargamiento uniforme es bajo. Como resultado, cuando el plegado se realiza en una chapa gruesa, existe la preocupación de que se produzca agrietamiento, causado por la estricción que ocurre sobre la superficie de la chapa de acero en el plegado.
35

El Documento de Patente 7 describe, como una chapa de acero que tiene una excelente trabajabilidad de plegado, una chapa de acero que incluye, en % en peso, C: de 0,12% a 0,30%, Si: 1,2% o menos, Mn: de 1% a 3%, P: 0,020% o menos, S: 0,010% o menos, Al sol.: de 0,01% a 0,06% y consistiendo el resto en Fe e impurezas inevitables. El
40 acero tiene una capa blanda de C: 0,1% en peso o menos en una parte de superficie en ambas superficies del 3% en vol. a 15% en vol. por superficie, consistiendo el resto en una estructura compleja de austenita residual de menos del 10% en vol. y una fase de transformación a baja temperatura o adicional de ferrita. Sin embargo, el recocido de decarburación se ha realizado un total de dos veces después del laminado en caliente y después del laminado en frío, para formar la capa blanda sobre la superficie de la chapa de acero y, de esta manera, no ha habido un problema de deterioro en la productividad.
45

El Documento de Patente 8 describe una chapa de acero laminado en frío de alta resistencia y un método de fabricación de la misma.

Documentos de la técnica anterior

Documentos de Patente

- 50 [Documento de Patente 1] Solicitud de Patente no Examinada Japonesa, Primera Publicación N.º 2007-16319
[Documento de Patente 2] Solicitud de Patente no Examinada Japonesa, Primera Publicación N.º 2009-215616
[Documento de Patente 3] Solicitud de Patente no Examinada Japonesa, Primera Publicación N.º 2009-270126
[Documento de Patente 4] Solicitud de Patente no Examinada Japonesa, Primera Publicación N.º 2010-59452
[Documento de Patente 5] Solicitud de Patente no Examinada Japonesa, Primera Publicación N.º 2010-65269
55 [Documento de Patente 6] Solicitud de Patente no Examinada Japonesa, Primera Publicación N.º 2010-70843

[Documento de Patente 7] Solicitud de Patente no Examinada Japonesa, Primera Publicación N.º H5-195149

[Documento de Patente 8] Publicación de Solicitud de Patente Canadiense CA 2 787 575 A1

Documentos que no son patentes

[Documento que no es patente 1] CAMP-ISIJ, Vol. 20, 2007, pág. 437, Hasegawa et al.

5 Divulgación de la Invención

Problemas que debe resolver la invención

Como se ha descrito anteriormente, en la técnica relacionada, cuando una chapa de acero laminado en frío de alta resistencia se somete particularmente a plegado, no puede obtenerse una plegabilidad suficiente y, por tanto, se ha requerido una mejora adicional en la plegabilidad. En vista de las situaciones anteriores, la presente invención sirve para proporcionar una chapa de acero laminado en frío de alta resistencia que tenga una excelente plegabilidad y un método para la producción de la misma.

Medios para resolver el problema

El compendio de la presente invención se describe de la siguiente manera.

(1) Según un primer aspecto de la presente invención, se proporciona una chapa de acero laminado en frío de alta resistencia que consiste en, como composición de componentes, en % en masa: C: de 0,075% a 0,300%; Si: de 0,30% a 2,50%; Mn: de 1,30% a 3,50%; P: de 0,001% a 0,050%; S: de 0,0001% a 0,0100%; Al: de 0,001% a 1,500%; N: de 0,0001% a 0,0100%; Ti: 0,150% o menos; Nb: 0,150% o menos; V: 0,150% o menos; Cr: 2,00% o menos; Ni: 2,00% o menos; Cu: 2,00% o menos; Mo: 1,00% o menos; W: 1,00% o menos; 0,5000% o menos en total de al menos uno de Ca, Ce, Mg, Zr, Hf y REM; y siendo el resto Fe e impurezas inevitables,

en donde una microestructura de la superficie, que es una microestructura en una superficie que es paralela a una superficie de la chapa de acero y que está situada a una profundidad de 20 μm de la superficie de la chapa de acero, consiste en austenita residual de 3% a 10%, ferrita de 10% a 87%, martensita revenida de 10% a 50%, ferrita bainítica y bainita de 10% a 50% en total, martensita nueva 15% o menos y perlita de 5% o menos, en fracción en volumen, una microestructura interna a una profundidad de $t/4$ de la superficie de la chapa de acero, suponiendo que un espesor de la chapa t , consiste en austenita residual de 8% a 30%, ferrita de 10% a 87%, martensita revenida de 10% a 50%, ferrita bainítica y bainita de 10% a 50% en total, martensita nueva 15% o menos, y perlita 5% o menos en fracción en volumen, una razón Hvs/Hvb entre una dureza de la superficie Hvs a una profundidad de 20 μm desde la superficie de la chapa de acero y una dureza Hvb a una profundidad de $t/4$ es mayor que 0,75 a 0,90, y una resistencia a la tracción máxima TS es 700 MPa o mayor; en donde el producto TS x El entre la resistencia a la tracción máxima TS y el alargamiento El es de 18000 MPa·% o mayor; y un radio de plegado límite es 1 mm o menos y no ocurre estricción, o una chapa de acero en la que el radio de plegado límite es de 0,5 mm o menos, en donde el radio de plegado límite está definido como un radio de plegado mínimo en el que no ocurre agrietamiento después de un ensayo de plegado realizado según JIS Z 2248 (2006), en el que cada una de las chapas de acero se corta en una dirección perpendicular a una dirección de laminado de la chapa de acero, y la superficie terminal se pule mecánicamente para preparar una muestra de ensayo que tiene un tamaño de 35 mm x 100 mm, y se realiza un ensayo de plegado a 90 grados usando un troquel de 90 grados y un punzón que tiene un radio R del extremo de la punta de 0,5 mm a 6 mm.

(2) En la chapa de acero laminado en frío de alta resistencia según (1), puede formarse una película de revestimiento que incluye, al menos, uno de un óxido de fósforo y un óxido compuesto que contiene fósforo sobre al menos una superficie de la chapa de acero.

(3) En la chapa de acero laminado en frío de alta resistencia según (1), puede formarse una capa electrogalvanizada sobre al menos una superficie de la chapa de acero.

(4) En la chapa de acero laminado en frío de alta resistencia según (3), puede formarse una película de revestimiento que incluye, al menos, uno de un óxido de fósforo y un óxido compuesto que contiene fósforo sobre la capa electrogalvanizada.

(5) En la chapa de acero laminado en frío de alta resistencia según (1), puede formarse una capa galvanizada sobre al menos una superficie de la chapa de acero.

(6) En la chapa de acero laminado en frío de alta resistencia según (5), puede formarse una película de revestimiento que incluye, al menos, uno de un óxido de fósforo y un óxido compuesto que contiene fósforo sobre la capa galvanizada.

(7) En la chapa de acero laminado en frío de alta resistencia según (1), puede formarse una capa recocida galvanizada sobre al menos una superficie de la chapa de acero.

(8) En la chapa de acero laminado en frío de alta resistencia según (7), puede formarse una película de revestimiento

que incluye, al menos, uno de un óxido de fósforo y un óxido compuesto que contiene fósforo sobre la capa recocida galvanizada.

5 (9) Según un segundo aspecto de la presente invención, se proporciona un método para producir una chapa de acero laminado en frío según (1), comprendiendo el método: calentar de 1050°C a 1350°C una plancha que consiste en, como una composición de componentes, en % en masa, C: de 0,075% a 0,300%; Si: de 0,30% a 2,50%; Mn: de 1,30% a 3,50%; P: de 0,001% a 0,050%; S: de 0,0001% a 0,0100%; Al: de 0,001% a 1,500%; N: de 0,0001% a 0,0100%; Ti: 0,150% o menos; Nb: 0,150% o menos; V: 0,150% o menos; Cr: hasta 2,00% o menos; Ni: 2,00% o menos; Cu: 2,00% o menos; Mo: 1,00% o menos; W: 1,00% o menos; 0,5000% o menos en total de al menos uno de Ca, Ce, Mg, Zr, Hf y REM; siendo el resto Fe e impurezas inevitables, realizar el laminado en caliente a una temperatura de laminado de
10 acabado ajustada a un punto de transformación Ar3 o mayor y 1100°C o menor y después bobinar en un intervalo de temperatura de 400°C a 750°C para obtener una chapa de acero laminado en caliente; laminar en frío la chapa de acero laminado en caliente a una reducción del 30% al 80% para obtener una chapa de acero laminado en frío; y recocer la chapa de acero laminado en frío en un intervalo de temperatura de (punto de transformación Ac1 + 40)°C a (punto de transformación Ac3 + 50)°C en una atmósfera en la que log (presión parcial de agua/presión parcial de hidrógeno) es de -3,0 a 0,0 durante 20 segundos a 600 segundos, enfriar la chapa de acero de 100°C a 330°C a una
15 velocidad de enfriamiento de 0,5°C/s a 500°C/s en un intervalo de temperatura de 700°C a 500°C y después mantener la chapa de acero de 350°C a 500°C durante 10 segundos a 1000 segundos para obtener una chapa de acero laminado en frío de alta resistencia.

20 (10) El método para producir una chapa de acero laminado en frío según (9) puede incluir, además, la formación de una película de revestimiento que incluye, al menos, uno de un óxido de fósforo y un óxido compuesto que contiene fósforo sobre al menos una superficie de la chapa de acero de la chapa de acero laminado en frío de alta resistencia.

(11) El método para producir una chapa de acero laminado en frío según (9) puede incluir, además, la formación de una capa electrogalvanizada sobre al menos una superficie de la chapa de acero de la chapa de acero laminado en frío de alta resistencia.

25 (12) El método para producir una chapa de acero laminado en frío según (11) puede incluir, además, la formación de una película de revestimiento que incluye, al menos, uno de un óxido de fósforo y un óxido compuesto que contiene fósforo sobre la capa electrogalvanizada.

30 (13) El método para producir una chapa de acero laminado en frío según (9) puede incluir, además, la formación de una capa galvanizada sobre al menos una superficie de la chapa de acero de una chapa de acero laminado en frío de alta resistencia y, durante la formación de una capa galvanizada, la chapa de acero laminado en frío de alta resistencia puede sumergirse en un baño de galvanizado en un estado en el que la chapa de acero laminado en frío de alta resistencia se calienta o se enfría en un intervalo de temperatura de (temperatura del baño galvanizado -40)°C a (temperatura del baño galvanizado +50)°C y después enfriarse.

35 (14) El método para producir una chapa de acero laminado en frío según (13) puede incluir, además, la formación de una película de revestimiento que incluye, al menos, uno de un óxido de fósforo y un óxido compuesto que contiene fósforo sobre la capa galvanizada.

40 (15) El método para producir una chapa de acero laminado en frío según (9) puede incluir, además, la formación de una capa recocida galvanizada sobre al menos una superficie de la chapa de acero de una chapa de acero laminado en frío de alta resistencia y, durante la formación de la capa recocida galvanizada, la chapa de acero laminado en frío de alta resistencia puede sumergirse en un baño de galvanizado en un estado en el que el baño de galvanizado se calienta o se enfría en un intervalo de temperatura de (temperatura del baño galvanizado -40)°C hasta (temperatura del baño galvanizado +50)°C, sometido a formación de aleación a una temperatura de 460°C o mayor y después enfriarse.

45 (16) El método para producir una chapa de acero laminado en frío según (15) puede incluir, además, la formación de una película de revestimiento que incluye, al menos, uno de un óxido de fósforo y un óxido compuesto que contiene fósforo sobre la capa recocida galvanizada.

Efectos de la invención

Según la presente invención, es posible proporcionar una chapa de acero laminado en frío de alta resistencia que tenga una excelente plegabilidad y una resistencia a la tracción máxima de 700 MPa o mayor y un método para la
50 producción de la misma.

Realizaciones de la invención

Los presentes inventores han realizado estudios intensivos para obtener una chapa de acero laminado en frío de alta resistencia que tiene una resistencia a la tracción máxima de 700 MPa o mayor, mediante la cual puede obtenerse una plegabilidad excelente evitando el agrietamiento que ocurre dentro de una chapa de acero y la estricción de la
55 superficie de una chapa de acero causada por una parte de deformación cuando se realiza el plegado.

Como resultado, los presentes inventores han encontrado que la superficie de una chapa de acero puede ablandarse poniendo en contacto una composición de componentes predeterminada, controlando una microestructura para cambiarla a una estructura predeterminada y realizando descarburación y, de esta manera, puede obtenerse una plegabilidad excelente similar a una chapa de acero de baja resistencia incluso en un caso de una chapa de acero de alta resistencia que tenga una resistencia a la tracción máxima de 700 MPa o mayor. El efecto de la misma puede obtenerse cuando una razón entre la dureza de la superficie de la chapa de acero y la dureza a una profundidad de $t/4$ "(dureza de la superficie)/(dureza a una profundidad de $t/4$)" es mayor que 0,75 a 0,90.

Además, puesto que la microestructura de la parte de la superficie de la chapa de acero contiene austenita residual de 3% a 10% y ferrita de 10 a 87% en fracción en volumen, y la microestructura interna a una profundidad de $t/4$ de la chapa de acero contiene austenita residual de 8% a 30% en fracción en volumen, puede suprimirse el agrietamiento causado por la estricción y puede obtenerse una mejora adicional de la plegabilidad. En particular, puesto que la localización se hace más cercana a la parte de la superficie, la tensión aumenta durante el plegado. De esta manera, puede obtenerse un efecto de mejora significativo sobre la plegabilidad, permitiendo que la dureza de la superficie y el interior de la chapa de acero estén dentro del intervalo descrito anteriormente.

La chapa de acero de la presente invención tiene también un alargamiento satisfactorio puesto que puede obtenerse un efecto de supresión de la estricción durante el plegado y un efecto de supresión de la estricción en un ensayo de tracción y trabajado en prensa al contener austenita residual.

En lo sucesivo en la presente memoria, se describirá una realización de una chapa de acero laminado en frío de alta resistencia de la presente invención.

En la siguiente descripción, una chapa de acero que tiene excelente plegabilidad se refiere a una chapa de acero en la que no ocurren agrietamiento ni estricción a un radio de plegado R de 1,0 mm o menos, o una chapa de acero en la cual el agrietamiento no ocurre a un radio de plegado R de 0,5 mm o menos en un ensayo de plegado en V a 90 grados según JIS Z 2248 (2006).

(Composición de componentes del acero)

En primer lugar, se describirá una composición de componentes de un acero que constituye una chapa de acero laminado en frío o una chapa de acero galvanizado según la realización. Obsérvese que % en la siguiente descripción es % en masa.

"C: de 0,075% a 0,300%"

El C está contenido para aumentar la resistencia de una chapa de acero base. Sin embargo, cuando el contenido de C es mayor que 0,300%, la propiedad de alargamiento y la soldabilidad resultan insuficientes y, por tanto, es difícil asegurar una alta plegabilidad. El contenido de C preferiblemente es de 0,280% o menos y más preferiblemente 0,260% o menos. Por otro lado, cuando el contenido de C es menor que 0,075%, la resistencia disminuye y no es posible asegurar la resistencia a la tracción máxima de 700 MPa o mayor. Para aumentar la resistencia, el contenido de C es preferiblemente 0,090% o mayor, y más preferiblemente 0,100% o mayor.

"Si: de 0,30% a 2,50%"

El Si facilita la reacción de descarburación para ablandar la superficie de la chapa de acero y, por tanto, el Si es el elemento más importante. Cuando el contenido de Si es mayor que 2,50%, la chapa de acero base se hace quebradiza y se deteriora la ductilidad. Por tanto, el límite superior se establece a 2,50%. Desde el punto de vista de la ductilidad, el contenido de Si es preferiblemente 2,20% o menos y más preferiblemente 2,00% o menos. Por otro lado, cuando el contenido de Si es menor que 0,30%, se genera una gran cantidad de carburos gruesos basados en hierro y la fracción de austenita residual de la microestructura interna no puede establecerse entre 3% y 30%, deteriorándose de esta manera el alargamiento. Desde este punto de vista, el límite inferior del Si es preferiblemente 0,50% o mayor y más preferiblemente 0,70% o mayor. Además, el Si es un elemento necesario para suprimir el engrosamiento de los carburos basados en hierro en la chapa de acero base para mejorar la resistencia y la formabilidad. Además, es necesario añadir el Si como un elemento endurecedor en solución sólida para contribuir al aumento de la resistencia de la chapa de acero. Desde este punto de vista, el límite inferior del Si se establece preferiblemente a 1% o mayor y, más preferiblemente, a 1,2% o mayor.

"Mn: de 1,30% a 3,50%"

El Mn está contenido para aumentar la resistencia de la chapa de acero base. Sin embargo, cuando el contenido de Mn es mayor que 3,50%, se genera una parte concentrada de Mn grueso en una parte central del espesor de la chapa de la chapa de acero base, la fragilidad ocurre fácilmente y también ocurre fácilmente un problema tal como el agrietamiento de una plancha colada. Además, cuando el contenido de Mn es mayor que 3,50%, la soldabilidad también se deteriora. Por lo tanto, el contenido de Mn se establece al 3,50% o menos. Desde el punto de vista de la soldabilidad, el contenido de Mn es preferiblemente de 3,20% o menos, y más preferiblemente 3,00% o menos. Por otro lado, cuando el contenido de Mn es menor que 1,30%, se forma una gran cantidad de estructuras blandas durante el enfriamiento después del recocido y, de esta manera, resulta difícil asegurar la resistencia a la tracción máxima de

700 MPa o mayor. Por tanto, el contenido de Mn se establece a 1,30% o mayor. El contenido de Mn, para aumentar adicionalmente la resistencia, es preferiblemente de 1,50% o mayor y, más preferiblemente de 1,70% o mayor.

"P: de 0,001% a 0,050%"

5 El P tiende a segregar en la parte central del espesor de la chapa de la chapa de acero base y hace quebradiza una zona de soldadura. Cuando el contenido de P es mayor que 0,050%, la zona soldada se hace bastante quebradiza y, por tanto, el contenido de P está limitado a 0,050% o menos. Aunque los efectos de la presente invención se muestran sin establecer particularmente el límite inferior del contenido de P, establecer el contenido de P a menor que 0,001% va a acompañado de un gran aumento en los costes de fabricación y, por tanto, se establece 0,001% como el valor del límite inferior.

10 "S: de 0,0001% a 0,0100%"

15 El S afecta negativamente a la soldabilidad y fabricabilidad durante la colada y el laminado en caliente. Por tanto, el valor del límite superior del contenido S se establece al 0,0100% o menos. Además, el S se acopla con el Mn para formar MnS grueso y disminuye la ductilidad y expansibilidad de estirado. Por tanto, el contenido de S es preferiblemente de 0,0050% o menos y, más preferiblemente, 0,0025% o menos. Los efectos de la presente invención se muestran sin establecer particularmente el límite inferior del contenido de S. Sin embargo, establecer el contenido de S a menor que 0,0001% va a acompañado de un gran aumento en los costes de fabricación y, por tanto, el contenido de S se establece a 0,0001% como valor de límite inferior.

"Al: de 0,001% a 1,500%"

20 El Al facilita una reacción de decarbonización para ablandar la superficie de una chapa de acero y, por tanto, el Al es el elemento más importante. Sin embargo, cuando el contenido de Al es mayor que 1,500%, la soldabilidad se deteriora y, por tanto, el límite superior del contenido de Al se establece a 1,500%. Desde este punto de vista, el contenido de Al es preferiblemente de 1,200% o menos y, más preferiblemente 0,900% o menos. Además, aunque el Al es un elemento eficaz como material desoxidante, cuando el contenido de Al es menor que 0,001%, el efecto como material desoxidante no puede obtenerse suficientemente y, por tanto, el límite inferior del contenido de Al se establece a 25 0,001% o mayor. Para obtener el efecto desoxidante suficientemente, el contenido de Al preferiblemente es 0,003% o mayor.

"N: de 0,0001% a 0,0100%"

30 El N forma un nitruro grueso y deteriora la ductilidad y la expansibilidad de estirado y, por tanto, la cantidad de N añadido tiene que reducirse. Cuando el contenido de N es mayor que 0,0100%, esta tendencia resulta significativa y, por tanto, el valor límite superior del contenido de N se establece a 0,0100% o menos. Además, el N provoca generación de orificios de soplado durante la soldadura y, por tanto, el contenido N es preferiblemente de 0,0080% o menos. Aunque los efectos de la presente invención se muestran sin establecer particularmente el límite inferior del contenido de N, establecer el contenido de N a menor que 0,0001% va a acompañado de un gran aumento en los costes de fabricación y, por tanto, se establece 0,0001% como el valor del límite inferior.

35 La chapa de acero base de la chapa de acero laminado en frío de alta resistencia según la realización contiene los elementos mencionados anteriormente y el resto consiste en Fe e impurezas inevitables como una estructura base, y no pueden añadirse otros elementos. Sin embargo, la chapa de acero puede contener además, según se requiera, Ti, Nb, V, Cr, Ni, Cu, Mo, W, Ca, Ce, Mg, Zr, Hf y REM dentro del siguiente intervalo de contenido. Los límites inferiores de estos elementos son de 0%. Sin embargo, para obtener un efecto deseado, los límites inferiores de estos elementos 40 pueden ser los límites inferiores mostrados a continuación, respectivamente. Además, el contenido de impurezas inevitables es permisible dentro de un intervalo que no deteriore significativamente los efectos de la presente invención, aunque es preferible reducir el contenido tanto como sea posible.

"Ti: de 0,005% a 0,150%"

45 El Ti es un elemento que contribuye a aumentar la resistencia de la chapa de acero base por endurecimiento por formación de precipitados, endurecimiento por grano fino, aumentando la supresión de granos de cristal de ferrita y endurecimiento por dislocación por supresión de la recrystalización. Sin embargo, cuando el contenido de Ti es mayor que 0,150%, la precipitación del carbonitruro aumenta y se deteriora la formabilidad y, por tanto, el contenido de Ti es preferiblemente 0,150% o menos. Desde el punto de vista de la formabilidad, el contenido de Ti es más preferiblemente 0,120% o menos, y aún más preferiblemente 0,100% o menos. Aunque los efectos de la presente invención se muestran sin establecer particularmente el límite inferior del contenido de Ti, el contenido de Ti es preferiblemente 50 0,005% o mayor para obtener suficientemente el efecto del Ti de aumentar la resistencia. Para aumentar la resistencia de la chapa de acero base, el contenido de Ti es más preferiblemente 0,010% o mayor y aún más preferiblemente 0,015% o mayor.

"Nb: de 0,005% a 0,150%"

55 El Nb es un elemento que contribuye a aumentar la resistencia de la chapa de acero base por endurecimiento por

5 formación de precipitados, endurecimiento por grano fino, aumentando la supresión de granos de cristal de ferrita y endurecimiento por dislocación por supresión de la recrystalización. Sin embargo, cuando el contenido de Nb es mayor que 0,150%, la precipitación del carbonitruro aumenta y se deteriora la formabilidad y, por tanto el contenido de Nb es preferiblemente 0,150% o menos. Desde el punto de vista de la formabilidad, el contenido de Nb es más preferiblemente 0,120% o menos, y aún más preferiblemente 0,100% o menos. Aunque los efectos de la presente invención se muestran sin establecer particularmente el límite inferior del contenido de Nb, el contenido de Nb es preferiblemente 0,005% o mayor, de modo que se obtenga suficientemente el efecto de aumento de la resistencia del Nb. Para aumentar la resistencia de la chapa de acero base, el contenido de Nb preferiblemente es de 0,010% o mayor y aún más preferiblemente 0,015% o mayor.

10 "V: de 0,005% a 0,150%"

15 El V es un elemento que contribuye a aumentar la resistencia de la chapa de acero base por endurecimiento por formación de precipitados, endurecimiento por grano fino aumentando la supresión de los granos de cristal de ferrita y endurecimiento por dislocación por supresión de la recrystalización. Sin embargo, cuando el contenido de V es mayor que 0,150%, la precipitación del carbonitruro aumenta y se deteriora la formabilidad y, por tanto, el contenido de V es preferiblemente 0,150% o menos. Aunque los efectos de la presente invención se muestran sin establecer particularmente el límite inferior del contenido de V, el contenido de V es preferiblemente 0,005% o mayor de modo que se obtenga suficientemente el efecto del V de aumentar la resistencia.

"Cr: de 0,01% a 2,00%"

20 El Cr suprime la transformación de fase a alta temperatura y es un elemento efectivo para aumentar la resistencia y puede añadirse en lugar de parte de C y/o Mn. Cuando el contenido de Cr es mayor que 2,00%, la trabajabilidad durante el trabajado en caliente se ve afectada y disminuye la productividad y, por tanto, el contenido de Cr preferiblemente es de 2,00% o menos. Aunque los efectos de la presente invención se muestran sin establecer particularmente el límite inferior del contenido de Cr, el contenido de Cr preferiblemente es 0,01% o mayor, de modo que se obtenga suficientemente el efecto de aumentar la resistencia mediante Cr.

25 "Ni: de 0,01% a 2,00%"

30 El Ni suprime la transformación de fase a alta temperatura y es un elemento eficaz para aumentar la resistencia y puede añadirse en lugar de parte de C y/o Mn. Cuando el contenido de Ni es mayor que 2,00%, la soldabilidad se ve afectada y, por tanto, el contenido de Ni preferiblemente es de 2,00% o menos. Aunque los efectos de la presente invención se muestran sin establecer particularmente el límite inferior del contenido de Ni, el contenido de Ni preferiblemente es de 0,01% o mayor, de modo que se obtenga suficientemente el efecto de aumentar la resistencia mediante Ni.

"Cu: de 0,01% a 2,00%"

35 El Cu es un elemento que aumenta la resistencia al existir en forma de partículas finas en el acero, y puede añadirse en lugar de parte de C y/o Mn. Cuando el contenido de Cu es mayor que 2,00%, la soldabilidad se ve afectada y, por tanto, el contenido de Cu es preferiblemente 2,00% o menos. Aunque los efectos de la presente invención se muestran sin establecer particularmente el límite inferior del contenido de Cu, el contenido de Cu es preferiblemente 0,01% o mayor, de modo que se obtenga un efecto suficiente de aumento de la resistencia mediante Cu.

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

40 El Mo suprime la transformación de fase a alta temperatura y es un elemento efectivo para aumentar la resistencia, y puede añadirse en lugar de parte del C y/o Mn. Cuando el contenido de Mo es mayor que 1,00%, la trabajabilidad durante el trabajado en caliente se ve afectada y disminuye la productividad y, por tanto, el contenido de Mo es preferiblemente de 1,00% o menos. Aunque los efectos de la presente invención se muestran sin establecer particularmente el límite inferior del contenido de Mo, el contenido de Mo es preferiblemente 0,01% o mayor, de modo que se obtenga suficientemente el efecto de aumento de la resistencia mediante Mo.

45 "W: de 0,01% a 1,00%"

50 El W suprime la transformación de fase a alta temperatura y es un elemento efectivo para aumentar la resistencia y puede añadirse en lugar de parte C y/o Mn. Cuando el contenido de W es mayor que 1,00%, la trabajabilidad durante el trabajado en caliente se ve afectada y disminuye la productividad y, por tanto, el contenido de W es preferiblemente de 1,00% o menos. Aunque los efectos de la presente invención se muestran sin establecer particularmente el límite inferior del contenido de W, el contenido de W es preferiblemente 0,01% o mayor, de modo que se obtenga suficientemente el efecto de aumentar la resistencia mediante W.

"De 0,0001% a 0,5000% en total de al menos uno de Ca, Ce, Mg, Zr, Hf y REM"

Ca, Ce, Mg, Zr, Hf y REM son elementos efectivos para mejorar la formabilidad, y puede añadirse uno o dos o más de estos elementos. Sin embargo, por el contrario, cuando un contenido total de al menos uno de Ca, Ce, Mg, Zr, Hf y

REM es mayor que 0,5000%, es posible que la ductilidad se vea afectada. Por consiguiente, el contenido total de cada elemento es preferiblemente de 0,5000% o menos. Aunque los efectos de la presente invención se muestran sin establecer particularmente el límite inferior del contenido total de al menos uno de Ca, Ce, Mg, Zr, Hf y REM, el contenido total de cada elemento es preferiblemente de 0,0001% o mayor, de modo que se obtenga suficientemente el efecto de mejorar la formabilidad de la chapa de acero base. Desde el punto de vista de la formabilidad, el contenido total de uno o dos o más de Ca, Ce, Mg, Zr, Hf y REM es más preferiblemente 0,0005% o mayor y aún más preferiblemente 0,0010% o mayor.

Obsérvese que REM es una abreviatura de Metal de Tierras Raras y se refiere a un elemento que pertenece a la serie de los lantánidos. REM o Ce a menudo se añade como metal de Misch, y puede contener elementos de la serie de los lantánidos distintos de La y Ce en una forma compleja. Los efectos de la presente invención se muestran incluso cuando están contenidos elementos de la serie de los lantánidos, distintos de La y Ce, como impurezas inevitables. Además, los efectos de la presente invención se muestran incluso cuando se añaden los metales La y Ce.

(Microestructura interna)

A continuación, se describirá la microestructura interna. En la presente memoria, la microestructura interna significa una microestructura a una profundidad de $t/4$, suponiendo que el espesor de la chapa de la chapa de acero base sea t . Además, la microestructura de la superficie, que se describirá posteriormente, se refiere a una microestructura en la superficie de la chapa de acero base, exactamente, en una superficie que es paralela a la superficie de la chapa de la chapa de acero base y situada a una profundidad de 20 μm desde la superficie.

"Austenita residual de la microestructura interna: de 8% a 30%"

La microestructura interna de la chapa de acero contiene austenita residual de 8% a 30% en fracción de volumen en un intervalo de profundidad de $t/8$ a $3t/8$, siendo la profundidad $t/4$ el centro. La austenita residual tiene un efecto de supresión de la estricción durante el plegado, mejorando significativamente la ductilidad. Por otro lado, la austenita residual se convierte en origen de fractura y, por tanto, deteriora la plegabilidad. Por lo tanto, es preferible que la fracción en volumen de la austenita residual en la microestructura de la chapa de acero base sea de 8% a 20%. El límite inferior de la austenita residual en la microestructura interna es de 8% o mayor.

"Austenita residual de la microestructura de la superficie: de 3% a 10%"

"Ferrita de la microestructura de la superficie: de 10 a 87%"

Para obtener una plegabilidad más excelente, la fracción de austenita residual en la parte de la superficie de la chapa de acero está limitada a de 3% a 10% y la fracción de ferrita está limitada a de 10 a 87%. Cuando la fracción de austenita residual en la superficie es menor que 3%, por ejemplo, ocurre estricción en la parte de la superficie a un radio de plegado R de 1,0 mm o menos en un ensayo de plegado en V a 90 grados, y se deteriora la plegabilidad. Por tanto, es necesario que la fracción de austenita residual en la superficie de la chapa de acero sea de 3% o mayor. Por otro lado, puesto que la austenita residual se transforma en martensita durante el plegado para convertirse en origen de grieta, es necesario reducir la fracción de austenita en la superficie de la chapa de acero realizando descarburación. Incluso cuando la fracción de martensita nueva se reduce a 15% o menos, el deterioro de la plegabilidad por tener martensita, que se genera por la transformación de austenita residual en martensita como punto de partida, es inevitable. Por tanto, la fracción de austenita residual en la parte de la superficie de la chapa de acero se establece a 10% o menos, preferiblemente 8% o menos, y más preferiblemente 5,8% o menos.

Puesto que la fracción de la austenita residual en la microestructura interna y la microestructura de la superficie de la chapa de acero cae dentro del intervalo anterior, es posible que una relación de dureza entre la parte de la superficie de la chapa de acero, que se describirá posteriormente, y el interior de la chapa de acero (a una profundidad de $t/4$) sea mayor que 0,75 a 0,90 o menos, y también puede obtenerse una excelente plegabilidad.

Cuando la fracción de ferrita en la microestructura de la superficie es mayor que 90%, es difícil asegurar una fracción predeterminada de austenita residual y no puede asegurarse una plegabilidad excelente. En la presente invención, se establece 87% como el límite superior.

Además, la microestructura de la superficie y la microestructura interna de la chapa de acero laminado en frío de alta resistencia según la realización contienen martensita revenida, ferrita y opcionalmente perlita, además de la austenita residual. Dentro del intervalo descrito a continuación, puede conseguirse el objeto de la presente invención.

La chapa de acero laminado en frío de alta resistencia según la realización contiene ferrita de 10% a 87%, martensita revenida de 10% a 50%, además de la austenita residual mencionada anteriormente, en fracción en volumen, dentro del intervalo de profundidad de $t/8$ a $3t/8$, siendo la profundidad de $t/4$ el centro. Además, la chapa de acero tiene una microestructura en la que la fracción en volumen de martensita nueva está limitada a 15% o menos. Siempre que la microestructura de la chapa de acero de la presente invención (una chapa de acero base en un caso de una chapa de acero galvanizada) tenga tal microestructura, se obtiene una chapa de acero laminado en frío de alta resistencia que tiene una resistencia de 700 MPa o mayor y excelente plegabilidad.

Además, puede estar contenida una o más de ferrita bainítica, bainita y perlita. Dentro del intervalo descrito a continuación, puede conseguirse el objeto de la presente invención.

"Martensita revenida: de 10% a 50%"

5 La martensita revenida mejora la resistencia a la tracción significativamente. Por tanto, la martensita revenida está contenida en un 50% o menos en fracción en volumen en la estructura de la chapa de acero base. La martensita revenida es martensita obtenida reteniendo la martensita a de 200°C a 500°C y precipitando carburos basados en hierro tal como θ , ϵ y η , y apenas provoca agrietamiento en comparación con la martensita nueva. Desde el punto de vista de la resistencia a la tracción, la fracción en volumen de la martensita revenida es de 10% o mayor. Por otro lado, cuando la fracción en volumen de la martensita revenida contenida en la estructura de la chapa de acero base es mayor que 50%, el límite elástico aumenta excesivamente y hay preocupación de que se deteriore la fijabilidad de forma.

"Ferrita: de 10% a 87%"

15 La ferrita es efectiva para mejorar la ductilidad. De esta manera, la ferrita está contenida en un 10% o mayor en fracción en volumen en la estructura de la chapa de acero base. Puesto que la ferrita tiene una estructura blanda, el límite superior de la ferrita se establece al 87% en fracción en volumen para asegurar una resistencia suficiente.

"Martensita nueva: 15% o menos"

20 La martensita nueva mejora significativamente la resistencia a la tracción. Por otro lado, la martensita nueva se convierte en un origen de fractura y deteriora significativamente la plegabilidad. Por consiguiente, la martensita nueva está limitada a 15% o menos por fracción en volumen en la estructura de la chapa de acero base. Para aumentar la plegabilidad, la fracción en volumen de la martensita nueva es más preferiblemente de 10% o menos y, aún más preferiblemente, 5% o menos.

25 La martensita nueva es martensita que no contiene carburos basados en hierro y es muy dura y quebradiza. Como resulta, cuando se realiza el plegado, la martensita nueva se convierte en origen de grieta y deteriora la plegabilidad significativamente. Por lo tanto, es deseable que la fracción en volumen de la misma sea tan pequeña como sea posible.

"Total de ferrita bainítica y bainita: de 10% a 50%"

30 La ferrita bainítica y la bainita tienen una estructura con un excelente equilibrio entre resistencia y ductilidad, tienen una estructura que tiene una resistencia que está en el medio entre ferrita blanda y martensita dura y martensita revenida y austenita residual y contribuyen a mejorar el equilibrio entre resistencia y ductilidad. Por lo tanto, la ferrita bainítica y la bainita están contenidas a de 10% a 50% en total por fracción en volumen.

"Perlita: 5% o menos"

35 Cuando hay una gran cantidad de perlita se deteriora la ductilidad. Por lo tanto, la fracción en volumen de perlita contenida en la estructura de la chapa de acero base es de 5% o menos y, más preferiblemente, de 3% o menos.

Como se ha descrito anteriormente, la fracción en volumen de cada estructura puede medirse mediante el siguiente método, por ejemplo.

(Microestructura interna)

40 Con respecto a la fracción en volumen de austenita residual, se realiza difracción de rayos X sobre una superficie de observación que es una superficie en paralelo a una superficie de la chapa de la chapa de acero base y a una profundidad de $t/4$, y se calcula una fracción de área, que puede interpretarse entonces como la fracción en volumen. Con respecto a las fracciones en volumen de ferrita, perlita, bainita, cementita, martensita revenida y martensita nueva, se recoge una muestra de una superficie de observación que es una sección transversal a la dirección del espesor paralela a una dirección de laminado de la chapa de acero base, la superficie de observación se pule y se ataca con una solución de nital, se observa el intervalo de profundidad de $t/8$ a $3t/8$, siendo una profundidad de $t/4$ el centro, con un microscopio electrónico de barrido con emisión de campo (FE-SEM) y se miden las fracciones de área de las estructuras respectivas, que pueden interpretarse como las fracciones en volumen de las estructuras respectivas.

45 La razón por la que la posición de medición de la fracción en volumen de cada estructura se establece en el intervalo de profundidad de $t/8$ a $3t/8$, siendo una profundidad de $t/4$ desde la superficie el centro, es que la superficie de la chapa de acero tiene una estructura de chapa de acero diferente de la estructura de la chapa de acero en el intervalo de profundidad de $t/8$ a $3t/8$ debido a la decarburación, también tiene una estructura en la que una gran cantidad de martensita está contenida en el centro del espesor de la chapa debido a la segregación de Mn, y tiene estructuras notablemente diferentes en otras posiciones.

(Microestructura de la superficie)

5 Por otro lado, con respecto a la fracción en volumen de austenita residual en la superficie, se realiza difracción de rayos X sobre una superficie de observación que es una superficie en paralelo a una superficie de la chapa de la chapa de acero base y a una profundidad de 20 μm desde la superficie, y se calcula una fracción de área que puede interpretarse como la fracción en volumen. Con respecto a las fracciones en volumen de ferrita, perlita, bainita, cementita, martensita revenida y martensita nueva, se recoge una muestra desde una superficie de observación que es una sección transversal a la dirección del espesor paralela a una dirección del laminado de la chapa de acero base, la superficie de observación se pule, se ataca con una solución de nital y se observa con un microscopio electrónico de barrido con emisión de campo (FE-SEM) y se miden las fracciones de área de las estructuras respectivas, que pueden interpretarse como las fracciones en volumen de las estructuras respectivas.

(Razón de dureza de la chapa de acero)

A continuación, se describirá el motivo por el que se define una razón entre la dureza de la superficie de una chapa de acero y la dureza a una profundidad de $t/4$ de la chapa de acero base.

15 Los presentes inventores han encontrado que es posible obtener una excelente plegabilidad realizando la descarburación en una chapa de acero que tiene la composición de componentes y la estructura descritas anteriormente, y reblandeciendo la superficie de la chapa de acero. Esto es, puede obtenerse una plegabilidad excelente estableciendo una razón $[Hvs/Hvb]$ entre la dureza Hvs de la superficie de la chapa de acero y la dureza Hvb a una profundidad de $t/4$ de la chapa de acero base a mayor que 0,75 a 0,90.

20 El motivo por el que la razón de dureza se establece a mayor que 0,75 es que cuando la razón de dureza es 0,75 o menos, la chapa de acero se ablanda excesivamente y es difícil de asegurar la resistencia a la tracción máxima de 700 MPa o mayor. La razón es preferiblemente 0,8 o mayor. Por otro lado, cuando la razón es mayor que 0,90, está contenida una gran cantidad de austenita residual y, por tanto, es posible suprimir la estricción en el momento de la deformación por plegado. Sin embargo, puede ocurrir un agrietamiento mínimo y se deteriora la plegabilidad.

25 Con respecto al término de "dureza" usado en la presente memoria, se mide la dureza de 10 puntos en cada una de la superficie de la chapa de acero y una sección transversal en la dirección del espesor paralela a la dirección del laminado de la chapa de acero a una profundidad de $t/4$, usando un equipo de ensayo de dureza Vickers con una carga de empuje de 10 g de peso y se obtienen valores promedio respectivos, que pueden interpretarse como la dureza de cada una de la superficie de la chapa de acero y la sección transversal.

30 Cuando los presentes inventores han investigado una relación entre la plegabilidad y las propiedades de la chapa de acero como un ensayo preliminar antes de la investigación de una relación entre la dureza y la plegabilidad, se ha encontrado que dentro de un intervalo de profundidad de $t/8$ a $3t/8$, la dureza promedio es independiente de la posición, la estructura de la chapa de acero es diferente en el centro del espesor de la chapa (una profundidad de $t/2$) debido a la segregación central de Mn y la dureza promedio en el centro del espesor de la chapa también es diferente de la dureza promedio a una profundidad de $t/8$ a $3t/8$. Por tanto, la dureza a la profundidad de $t/4$ que puede representarse como la dureza de la chapa de acero base se interpreta como la dureza (Hvb) de la chapa de acero base.

35 Por otro lado, cuando se ha investigado una relación entre una condición de descarburación y la dureza de la superficie de la chapa de acero, se ha encontrado que, a medida que transcurre la descarburación, disminuye la dureza de la superficie de la chapa de acero y una región reblandecida se dispersa en la dirección del espesor de la chapa, y el mayor de una capa reblandecida y el grado de blandura pueden representarse midiendo la dureza a una profundidad predeterminada desde la superficie de la chapa de acero. Por tanto, se mide la dureza en una posición a 20 μm desde la superficie de la chapa de acero y, en un caso de una chapa de acero con depósito, se mide la dureza en una posición a 20 μm desde una interfaz entre una capa con depósito y el hierro base, y el valor medido se interpreta como la dureza (Hvs) de la superficie de la chapa de acero.

40 En este caso, el motivo por el que la posición de medición se establece en una posición a 20 μm desde la superficie es el siguiente.

45 En la posición ablandada, la dureza de la chapa de acero Hv es de 100 a 400 y el tamaño de indentación es de aproximadamente 8 μm a 13 μm . Cuando la posición de medición era excesivamente cercana a la superficie de la chapa de acero, era difícil medir la dureza con precisión. Por otro lado, cuando la posición de medición era muy distante de la superficie de la chapa de acero, la capa ablandada no estaba incluida y, por tanto, era difícil obtener una relación precisa entre la plegabilidad y la dureza de la superficie de la chapa de acero. Por tanto, la posición de medición se ajustó a una posición de 20 μm desde la superficie.

50 Cuando se mide la dureza de la superficie de la chapa de acero, para evitar el combado de la superficie de la chapa de acero durante el pulido, después de que una placa de apoyo se fije a la chapa de acero para incrustar resina entremedias, la chapa de acero puede pulirse para medir la dureza.

55

(Configuración de la chapa de acero)

5 La chapa de acero laminado en frío de alta resistencia de la presente invención puede ser cualquiera de una chapa de acero laminado en frío, una lámina de acero galvanizada de inmersión en caliente, una chapa de acero recocida galvanizada y una chapa de acero electrogalvanizada, siempre y cuando la dureza de la chapa de acero satisfaga el intervalo anterior.

La capa galvanizada no está particularmente limitada. Por ejemplo, como una capa galvanizada de inmersión en caliente, puede usarse una capa con depósito que contiene menos de 7% en masa de Fe y consistiendo el resto en Zn, Al e impurezas inevitables, y como una capa recocida galvanizada, puede usarse una capa con depósito que contiene de 7% en masa a 15% en masa de Fe y consistiendo el resto en Zn, Al e impurezas inevitables.

10 Además, la capa galvanizada puede contener al menos uno de Pb, Sb, Si, Sn, Mg, Mn, Ni, Cr, Co, Ca, Cu, Li, Ti, Be, Bi, Sr, I, Cs y REM o al menos uno de los elementos puede estar mezclado en la capa galvanizada. Incluso cuando la capa recocida galvanizada contiene al menos uno de estos elementos o al menos uno de los elementos puede estar mezclado en la capa recocida galvanizada, los efectos de la presente invención no se ven afectados, y en ocasiones hay un caso preferible en el cual la resistencia a la corrosión y la trabajabilidad mejoran dependiendo del contenido del elemento.

Además, la chapa de acero laminado en frío de alta resistencia de la presente invención puede incluir una película de revestimiento que contiene, al menos, uno de un óxido de fósforo y un óxido compuesto que contiene fósforo sobre la superficie de la chapa de acero laminado en frío o sobre la superficie de la capa con depósito de la chapa de acero galvanizada.

20 Una película de revestimiento que contiene al menos uno de un óxido de fósforo y un óxido compuesto que contiene fósforo puede funcionar como un lubricante cuando se trabaja la chapa de acero y puede proteger la superficie de la chapa de acero y la capa recocida galvanizada.

(Método para producir una chapa de acero)

25 A continuación, se describirá en detalle un método para producir la chapa de acero laminado en frío de alta resistencia descrita anteriormente.

30 Para producir una chapa de acero, en primer lugar, se cuela una plancha que tiene la composición de componentes descrita anteriormente. A medida que la plancha se somete a laminado en caliente, es posible usar una plancha colada continuamente o una plancha producida por una máquina de colada continua de planchas finas o similar. Además, puede usarse también un proceso similar a colada continua-laminado directo (CC-DR) en el que el laminado en caliente se realiza inmediatamente después de la colada.

35 En el laminado en caliente de la plancha, se requiere ajustar una temperatura de calentamiento de la plancha a 1050°C o mayor, para asegurar una temperatura de laminado de acabado de un punto de transformación Ar3 o mayor. Además, cuando la temperatura de calentamiento de la plancha disminuye, una disminución en la temperatura de calentamiento de la plancha conduce a un aumento excesivo en la carga del laminado y hay preocupaciones sobre la dificultad del laminado o el que se cause una forma defectuosa de la chapa de acero base después del laminado y similares. Aunque los efectos de la presente invención se muestran sin establecer particularmente el límite superior de la temperatura de calentamiento de plancha, establecer una temperatura de calentamiento excesivamente alta no es preferible en términos económicos y, por tanto, el límite superior de la temperatura de calentamiento de la plancha es 1350°C o menos.

40 Es necesario completar el laminado en caliente a una temperatura de laminado de acabado de un punto de transformación Ar3 o mayor. Cuando la temperatura de laminado de acabado es menor que el punto de transformación Ar3, se realiza el laminado con una región bifásica de ferrita y austenita. Por tanto, una estructura de chapa laminada en caliente se convierte en una estructura de grano doble heterogénea y una estructura heterogénea permanece incluso después de someterla a etapas de laminado en frío y recocido continuo, dando como resultado que se deterioran la ductilidad y la plegabilidad.

45 Por otro lado, aunque los efectos de la presente invención se muestran sin establecer particularmente el límite superior de la temperatura de laminado en caliente de acabado, cuando se establece una temperatura de laminado en caliente de acabado excesivamente alta, la temperatura de calentamiento de la plancha tiene que establecerse excesivamente alta para asegurar la temperatura. Por tanto, el límite superior de la temperatura de laminado de acabado es de 1100°C o menos.

Obsérvese que el punto de transformación Ar3 se calcula mediante la siguiente expresión usando el contenido (% en masa) de cada elemento.

$$Ar3 = 901 - 325 \times C + 33 \times Si - 92 \times (Mn + Ni/2 + Cr/2 + Cu/2 + Mo/2) + 52 \times Al$$

Para evitar un aumento excesivo en el espesor del óxido formado sobre la superficie de la chapa de acero laminado

en caliente y el deterioro de la capacidad de decapado, una temperatura de bobinado en el laminado en caliente se establece a 750°C o menos. Para aumentar adicionalmente la capacidad de decapado, la temperatura de bobinado es preferiblemente 720°C o menos y más preferiblemente 700°C o menos.

5 Por otro lado, cuando la temperatura de bobinado es menor que 400°C, la resistencia de la chapa de acero laminado en caliente aumenta excesivamente y hace que el laminado en frío sea difícil y, por tanto, la temperatura de bobinado es de 400°C o mayor. Para reducir una carga de laminado en frío, la temperatura de bobinado es preferiblemente 420°C o mayor.

10 A continuación, la chapa de acero laminado en caliente producida de esta manera se somete preferiblemente a decapado. El decapado sirve para retirar los óxidos sobre la superficie de la chapa de acero laminado en caliente y, por tanto, es importante para mejorar la capacidad de depósito sobre la chapa de acero base. Además, el decapado puede realizarse una vez o puede realizarse varias veces por separado.

15 La chapa de acero laminado en caliente después del decapado se somete a laminado en frío con el fin de ajustar el espesor y corregir la forma. Cuando se realiza el laminado en frío, una reducción se establece preferiblemente en el intervalo de 30% a 80% para obtener una chapa de acero base que tiene una forma excelente con una precisión de espesor de chapa elevada. Cuando la reducción es menor que 30% es difícil mantener la forma plana, dando como resultado posiblemente una pobre ductilidad del producto final. La reducción en el laminado en frío es preferiblemente 35% o mayor y más preferiblemente 40% o mayor. Por otro lado, en el laminado en frío con una reducción de más de 80%, una carga del laminado en frío se hace demasiado grande y hace que el laminado en frío sea difícil. Por tanto, la reducción es preferiblemente de 80% o menos. Sin embargo, incluso cuando el laminado en frío se realiza a una
20 reducción de laminado en frío de más de 80%, es posible obtener una excelente plegabilidad, que es el efecto de la presente invención.

En la etapa de laminado en frío, los efectos de la presente invención se muestran sin definir particularmente el número de pasadas de laminado y una reducción de cada una de las pasadas de laminado.

25 A continuación, como una etapa de tratamiento térmico, se realiza una etapa de recocido en la cual la chapa de acero laminado en frío obtenida se hace pasar a través de una línea de recocido en un intervalo de temperatura de (punto de transformación Ac1 + 40)°C a (punto de transformación Ac3 + 50)°C. Para obtener una chapa de acero que tenga una excelente plegabilidad, es necesario ablandar la superficie de la chapa de acero realizando descarburación de la superficie durante el recocido. La descarburación es un tratamiento en el que el C contenido en la superficie de la chapa de acero se difunde en el aire, permitiendo que la atmósfera en el horno caiga dentro del siguiente intervalo durante el recocido, de tal modo que disminuye la concentración de C de la superficie de la chapa de acero y, por tanto, disminuye la fracción de la estructura dura.
30

En la presente invención, la atmósfera en el horno durante el recocido se establece en el intervalo en el que log (presión parcial de agua/presión parcial de hidrógeno) es -3,0 a 0,0 y se realiza la descarburación. Haciendo que el logaritmo de la razón entre la presión parcial de agua y la presión parcial de hidrógeno del gas de la atmósfera sea de -3,0 a 0,0, se facilita moderadamente la descarburación desde la superficie de la chapa de acero laminado en frío realizando el recocido.
35

40 Cuando el logaritmo de la razón entre la presión parcial de agua y la presión parcial de hidrógeno es menor que -3,0, la descarburación de la superficie de la chapa de acero laminado en frío realizando el recocido resulta insuficiente. Para facilitar la descarburación, el logaritmo de la razón entre la presión parcial de agua y la presión parcial de hidrógeno es preferiblemente -2,5 o mayor. Por otro lado, cuando el logaritmo de la razón entre la presión parcial de agua y la presión parcial de hidrógeno es mayor que 0,0, se facilita excesivamente la descarburación desde la superficie de la chapa de acero laminado en frío para realizar el recocido, y hay una preocupación de que la resistencia de la chapa de acero sea insuficiente. Para asegurar la resistencia de la chapa de acero, el logaritmo de la razón entre la presión parcial de agua y la presión parcial de hidrógeno es preferiblemente -0,3 o menos. Además, preferiblemente, la atmósfera cuando se realiza el recocido incluye nitrógeno, vapor de agua e hidrógeno, y está constituida principalmente por nitrógeno, y puede estar contenido oxígeno además de nitrógeno, vapor de agua e hidrógeno.
45

El motivo por el que la región de temperatura durante el recocido se establece a (punto de transformación Ac1 + 40)°C a (punto de transformación Ac3 + 50)°C es facilitar el aumento de la resistencia de la chapa de acero por formación de austenita durante el recocido y cambiando la austenita a martensita, bainita o austenita residual.

50 Cuando la temperatura de recocido es menor que (punto de transformación Ac1 + 40)°C, la fracción en volumen de la austenita formada durante el recocido es pequeña y es difícil asegurar una resistencia de 700 MPa o mayor. Por tanto, el límite inferior de la temperatura de recocido se establece a (punto de transformación Ac1 + 40)°C.

Por otro lado, establecer una temperatura de recocido excesivamente alta no es preferible en términos económicos, y una instalación de laminado o de producción se deteriora significativamente. Por tanto, el límite superior de la temperatura de recocido es deseablemente (punto de transformación Ac3 + 50)°C o menos. Sin embargo, es posible el efecto de obtener una plegabilidad excelente, excepto por la eficiencia económica.
55

Obsérvese que los puntos de transformación Ac1 y Ac3 se calculan mediante la siguiente expresión usando el

contenido (% en masa) de cada elemento.

$$Ac1 = 723 - 10,7 \times Mn - 16,9 \times Ni + 29,1 \times Si + 16,9 \times Cr + 6,38 \times W$$

$$Ac3 = 910 - 203 \times (C)^{0,5} - 15,2 \times Ni + 44,7 \times Si + 104 \times V + 31,5 \times Mo - 30 \times Mn - 11 \times Cr - 20 \times Cu + 700 \times P + 400 \times Al + 400 \times Ti$$

5 En la presente invención, se establece un tiempo de mantenimiento a la temperatura de recocido anterior en la atmósfera a de 20 segundos a 600 segundos. Cuando el tiempo de mantenimiento es más corto que 20 segundos, la fracción de la estructura dura se hace pequeña y, por tanto, es difícil asegurar una alta resistencia de 700 MPa o mayor. Esto es, la austenita se forma disolviendo carburos y toma algún tiempo disolver los carburos. En el recocido más corto de 20 segundos, un tiempo para disolver los carburos es insuficiente y no puede asegurarse una cantidad de austenita suficiente. Como resultado, es difícil obtener una resistencia de 700 MPa o mayor. De esta manera, el límite inferior del tiempo a la temperatura de recocido se establece a 20 segundos. Por otro lado, el tiempo de mantenimiento mayor que 600 segundos no es preferible, puesto que el efecto se satura y se deteriora la productividad. Por lo tanto, el límite superior de la temperatura de recocido se establece a 600 segundos.

10 En el enfriamiento después del recocido, el enfriamiento se realiza estableciendo una velocidad de enfriamiento promedio a 0,5°C/s o mayor y 500°C/s o menor en un intervalo de temperatura de 700°C a 500°C, y se detiene en un intervalo de temperatura de 100°C a 330°C.

15 Cuando la velocidad de enfriamiento promedio es menor que 0,5°C/s en el intervalo de temperatura, el tiempo de mantenimiento en el intervalo de temperatura se hace más largo y se genera una gran cantidad de ferrita y perlita. Por tanto, es difícil obtener una resistencia de 700 MPa o mayor. Por otro lado, cuando la velocidad de enfriamiento es mayor que 500°C/s, se requiere una mayor inversión en instalaciones, y hay una preocupación de un aumento desigual en la temperatura de la chapa.

20 Además, una temperatura de detención del enfriamiento se establece a 330°C o menos, preferiblemente 300°C o menos y más preferiblemente 250°C o menos. Por tanto, la martensita se forma durante el enfriamiento y se asegura una resistencia de 700 MPa o mayor. Cuanto menor sea la temperatura de parada de enfriamiento, mayor se hace la fracción en volumen de la martensita y la martensita se mantiene y se reviene para aumentar la martensita revenida. Sin embargo, establecer una temperatura de parada de enfriamiento excesivamente baja no es preferible en términos económicos, y aumentan las desigualdades en la temperatura de parada de enfriamiento y otras desigualdades en la calidad del material. Por tanto, el límite inferior de la temperatura de parada de enfriamiento es deseablemente 100°C o mayor. El límite inferior de la temperatura de parada de enfriamiento es deseablemente 130°C o mayor y, más deseablemente, 160°C o mayor.

25 Después de que se pare el enfriamiento, se realiza el calentamiento y la temperatura se establece en un intervalo de temperatura de 350°C a 500°C y el mantenimiento se realiza en el intervalo de temperatura de 10 segundos a 1000 segundos.

30 El motivo por el que el intervalo de temperatura del mantenimiento se establece a de 350°C a 500°C es conseguir una alta resistencia y plegabilidad reviniendo la martensita formada durante el enfriamiento o permitiendo que transcurra la transformación a bainita. El revenido es un tratamiento en el que la martensita se mantiene en un intervalo de temperatura de 350°C a 500°C para precipitar carburos basados en hierro o recuperar la dislocación. Realizando el revenido, las propiedades de la martensita pueden mejorarse en gran medida y la plegabilidad puede mejorarse también en gran medida.

35 Sin embargo, en el mantenimiento en un intervalo de temperatura de menor que 350°C, se requiere un largo periodo de tiempo para la precipitación de carburos y la recuperación de la dislocación y, por tanto, no puede facilitarse la mejora de la plegabilidad. Por otro lado, en el mantenimiento a más de 500°C, se forman carburos gruesos en los límites de grano, y los carburos gruesos son quebradizos y, por tanto, se facilita el agrietamiento durante el plegado. Alternativamente, la transformación de bainita apenas transcurre y se forman martensita nueva en el proceso de enfriamiento y se deteriora la plegabilidad. Por tanto, es necesario mantener la chapa de acero a 500°C o menos.

40 Además, la razón por la que el tiempo de mantenimiento se establece a de 10 segundos a 1000 segundos es para precipitar una cantidad suficiente de carburos y recuperar la dislocación. Cuando el tiempo de mantenimiento es más corto que 10 segundos, no puede obtenerse un efecto de revenido, que es el efecto de la presente invención. Por otro lado, puesto que un mantenimiento excesivo deteriora la productividad, es preferible establecer el límite superior a 1000 segundos o más corto. Además, la transformación a bainita ocurre durante el mantenimiento en algunos casos, lo que contribuye a la estabilización de la austenita residual.

45 El mantenimiento mencionado en la presente invención significa que la chapa de acero se mantiene durante el periodo de tiempo anterior en el intervalo de temperatura indicado. Por consiguiente, el mantenimiento no solo incluye un mantenimiento isotérmico en el intervalo de temperatura, sino también un calentamiento lento y un enfriamiento lento en el intervalo de temperatura.

Para facilitar tanto una alta resistencia de 980 MPa o mayor como una excelente plegabilidad, es necesario realizar tanto el ablandamiento de la superficie debido a la descarburación como el enfriamiento y mantenimiento al punto Ms o menor. Esto se debe a que el agrietamiento se suprime debido al ablandamiento de la superficie y se facilita la propagación de grietas debido a la mejora de las propiedades del metal base. Cuando se realiza el ablandamiento de la superficie, el agrietamiento puede suprimirse en la superficie durante el plegado. Sin embargo, no puede suprimirse el agrietamiento dentro de la chapa de acero en la superficie (justo por debajo de la superficie). Esto es, incluso cuando se ablanda la superficie que tiene la deformación máxima durante el plegado, se aplica una gran deformación a una parte cercana a la superficie, y ocurre agrietamiento desde el interior de la chapa de acero en algunos casos. Particularmente, la fractura de la interfaz entre la estructura dura y la estructura blanda o la propia estructura dura se convierte en una causa de agrietamiento. Por tanto, es necesario suprimir el agrietamiento desde el metal base por enfriamiento una vez y mantener la chapa de acero al punto Ms o menor y cambiar la estructura dura a martensita revenida a partir de martensita nueva. Por otro lado, incluso cuando el metal base tiene una estructura que incluye ferrita, martensita revenida, austenita residual y bainita, hay un problema en la obtención tanto de una alta resistencia como de una excelente plegabilidad, y el agrietamiento por ablandamiento de la superficie debe retrasarse. Por lo tanto, es necesario realizar tanto el ablandamiento de la superficie debido a la descarburación como el enfriamiento y mantenimiento al punto Ms o menor.

Cuando se produce la chapa de acero galvanizada sumergida en caliente, después de la descarburación, se realizan el enfriamiento a de 100°C a 330°C y el mantenimiento a de 350°C a 500°C, se realiza el calentamiento a (temperatura del baño de galvanizado - 40)°C a (temperatura del baño galvanizado + 50)°C o el enfriamiento. La chapa de acero se sumerge en un baño de galvanizado de inmersión en caliente para realizar el depósito.

La temperatura de la chapa para inmersión en un baño de depósito deseablemente está en el intervalo de temperatura de una temperatura 40°C menor que la temperatura del baño galvanizado de inmersión en caliente y a una temperatura 50°C mayor que la temperatura del baño galvanizado de inmersión en caliente. Cuando la temperatura de la chapa para inmersión del baño galvanizado es menor que (temperatura del baño galvanizado en caliente - 40)°C, se libera una gran cantidad de calor en el momento en que la chapa de acero entra en el baño de galvanizado y parte del cinc fundido solidifica, deteriorando el aspecto del depósito. De esta manera, el límite inferior se establece a (temperatura del baño galvanizado de inmersión en caliente - 40)°C.

Sin embargo, incluso cuando la temperatura de chapa antes de la inmersión es menor que (temperatura de baño de galvanizado de inmersión en caliente - 40)°C, la chapa de acero puede recalentarse antes de la inmersión en el baño de depósito y la temperatura de la chapa puede aumentar a (temperatura del baño de galvanizado de inmersión en caliente - 40)°C o mayor, de modo que la chapa de acero se sumerge en el baño de depósito. Además, cuando la temperatura de inmersión de depósito es mayor que (temperatura de baño de galvanizado de inmersión en caliente + 50)°C, la temperatura de depósito aumenta y, por tanto, provoca un problema industrial. El baño de depósito puede contener cinc puro y Fe, mg, Mn, Si, Cr y similares además de Al.

Cuando la capa con depósito se somete a aleado, el aleado se realiza a 460°C o mayor. Cuando la temperatura de aleado es menor que 460°C, el aleado transcurre lentamente y se deteriora la productividad. Cuando la temperatura es mayor que 600°C, los carburos precipitan en austenita y la austenita se descompone. Por tanto, es difícil asegurar una resistencia de 700 MPa o mayor y una plegabilidad satisfactoria, y se establece 600°C como el límite superior.

El galvanizado de la superficie de la chapa de acero laminado en frío no está limitado al galvanizado por inmersión en caliente mencionado anteriormente y puede realizarse por electrodeposición. En este caso, el electrodeposición puede realizarse según un método típico.

Para el fin de lubricar la superficie o similar, puede formarse una película de revestimiento que incluye, al menos, uno de un óxido de fósforo y un óxido compuesto que contiene fósforo sobre la superficie de la chapa de acero laminado en frío de la presente invención o la superficie de la chapa con depósito de la chapa de acero galvanizada.

Puede realizarse un laminado de pasada superficial después del recocido mencionado anteriormente. En este momento, la reducción está preferiblemente dentro de un intervalo de 0,1% a 1,5%. Cuando la reducción es menor que 0,1% el efecto es pequeño y el control es difícil y, por tanto, se establece 0,1% como el límite inferior. Cuando la reducción es mayor que 1,5%, disminuye la productividad significativamente y, por tanto, se establece 1,5% como el límite superior. La pasada superficial puede realizarse en línea o fuera de línea. Además, el laminado de pasada superficial puede realizarse a una reducción deseada en una sola pasada o en varias pasadas.

Ejemplos

La presente invención se describirá en mayor detalle usando ejemplos.

En los Ejemplos 1 a 85, las planchas que tenían las composiciones de componentes mostradas en las Tablas 1 y 2 se sometieron a calentamiento a 1230°C, laminado en caliente, laminado en frío y tratamiento térmico en las condiciones de producción mostradas en las Tablas 3 a 6 para producir chapas de acero laminado en frío que tenían un espesor de 1,2 mm. En todos los ejemplos, el depósito se realizó en las condiciones de depósito mostradas en las Tablas 5 y 6.

Las Tablas 1 y 2 muestran composiciones de componentes de la plancha de acero de tipos A a Y y a a d usadas en

los Ejemplos 1 a 85. Las Tablas 3 y 4 muestran las propiedades de las planchas, las condiciones de laminado en caliente y las condiciones de laminado en frío. Las Tablas 5 y 6 muestran las condiciones de tratamiento térmico y las condiciones de depósito.

5 En las Tablas 1 a 6, los valores numéricos fuera del intervalo de la presente invención están subrayados. Además, en las Tablas 5 y 6, "-" en las columnas de la temperatura de aleado significa que el aleado no se ha realizado.

10 Cuando se produjeron las chapas de acero galvanizadas por inmersión en caliente (GI) y las chapas de acero recocidas galvanizadas (GA), las chapas de acero que se sometieron a enfriamiento y mantenimiento en las condiciones de tratamiento térmico mostradas en las Tablas 5 y 6 se sumergieron y después se enfriaron a temperatura ambiente. La densidad de Al efectiva en el baño de depósito se ajustó en un intervalo de 0,07% en masa a 0,17% en masa. Algunas de las chapas de acero se sumergieron en un baño de galvanizado, se sometieron a aleado según cada condición y después se enfriaron a temperatura ambiente. En este momento, el peso base se ajustó a aproximadamente 35 g/m² para ambas superficies. Al menos, las chapas de acero obtenidas se sometieron a laminado de pasada superficial a una reducción del 0,4%.

15 Después del desengrasado, las chapas de acero laminado en frío según los Ejemplos 13, 61 y 79 se sometieron a electrogalvanizado para obtener chapas de acero electrogalvanizadas (EG). Las condiciones de depósito fueron las siguientes. El decapado electrolítico se realizó a una densidad de corriente de 15 A/dm² en una solución de 8% en peso de ácido sulfúrico a 50°C durante aproximadamente 12 segundos y el depósito se realizó en un baño de depósito de Zn en el Ejemplo 13, un baño de depósito de Zn-Ni en el Ejemplo 61 y un baño de depósito de Zn-Co en el Ejemplo 79. La cantidad de depósito se ajustó a 30 g/m² y 60 g/m². La temperatura del baño de depósito se ajustó a 50±2°C, la densidad de corriente se ajustó a 60 A/dm² y el caudal de la solución de depósito se ajustó a 1 m/s.

20 Se aplicó una solución acuosa de pH 1 a 7 que contenía ácido fosfórico y peróxido de hidrógeno a las superficies de la chapa de acero laminado en frío (CR) en el Ejemplo 1, las chapas de acero galvanizado por inmersión en caliente (GI) en los Ejemplos 54 y 71 y la chapa de acero recocida galvanizada (GA) en el Ejemplo 15. La razón en peso de ácido fosfórico y peróxido de hidrógeno en la solución estaba en un intervalo de 0,1 a 10. Cada superficie se horneó y se secó a 400°C sin lavarla con agua y se formó una película de revestimiento inorgánica basada en óxido de fósforo con una cantidad de depósito de 10 mg/m² a 500 mg/m² en términos de contenido de P.

25 La evaluación de la plegabilidad se realizó según JIS Z 2248 (2006) de modo que las chapas de acero obtenidas se cortaron en una dirección perpendicular a una dirección de laminado de la chapa de acero y la superficie terminal se pulió mecánicamente para preparar una muestra de ensayo que tenía un tamaño de 35 mm x 100 mm. Para la evaluación, se realizó un ensayo de plegado a 90 grados usando un troquel de 90 grados y un punzón que tenía un radio R del extremo de la punta de 0,5 mm a 6 mm. Después del ensayo de plegado, la superficie de la muestra se observó con una lente de aumento y el radio de plegado mínimo en el que no ocurría agrietamiento se definió como el radio de plegado límite. Una chapa de acero en la que el radio de plegado límite es 1 mm o menos y no ocurre estricción, o una chapa de acero en la que el radio de plegado límite es 0,5 mm o menos, se definió como una chapa de acero que tenía una excelente plegabilidad.

30 Se preparó una muestra a partir de cada una de las chapas de acero obtenidas y la superficie de la chapa de acero (esto es, la superficie que es paralela a la superficie de la chapa de acero base y a una profundidad de 20 µm desde la superficie) y la estructura de la chapa de acero a una profundidad de t/4, se midieron por el método anterior. Los resultados se muestran en las Tablas 7 y 8. En las Tablas 7 y 8, F representa ferrita, γR representa austenita residual, TM representa martensita revenida, M representa martensita nueva, B representa bainita y P representa perlita. Los carburos se cuentan como una fracción de área de ferrita.

Además, en las Tablas 9 y 10, se muestra la dureza de la superficie (Hvs) de la chapa de acero, la dureza (Hvb) a una profundidad de t/4, la razón de dureza (Hvs/Hvb), TS, EL, TS x EL, el radio de plegado mínimo, Fe en el depósito ("-" significa que el aleado no se ha realizado) y los tipos de chapa de acero.

45 En las Tablas 7 a 10, los valores numéricos fuera del intervalo de la presente invención están subrayados. TS se midió mediante un ensayo de tracción según JIS Z 2241 (2011).

50 En las Tablas 9 y 10, las formas de las chapas de acero se muestran en las columnas de tipos de chapa de acero y las formas de las chapas de acero se muestran respectivamente como sigue: CR: chapa de acero laminado en frío; GI: chapa de acero galvanizada por inmersión en caliente; GA: chapa de acero recocida galvanizada y EG: chapa de acero electrogalvanizada. Además, se añadió +P a una columna de la chapa de acero en la que se formó una película de revestimiento inorgánica basada en óxido de fósforo.

En los ejemplos que satisfacen las condiciones de la presente invención, se obtienen tanto una resistencia a la tracción máxima de 700 MPa o mayor como una excelente plegabilidad. Además, el equilibrio (TS x EI) entre la resistencia (TS) y el alargamiento total (EI) era de 1800 (MPa·%) o mayor, lo cual era satisfactorio.

55

ES 2 768 598 T3

[Tabla 1]

Tabla 1

Acero	Ac1	Ac3	Ar3	C	Si	Mn	P	S	N	Al
	°C	°C	°C	% en masa	% en masa	% en masa	% en masa	% en masa	% en masa	% en masa
A	719	813	658	0,134	0,76	2,46	0,009	0,0013	0,0024	0,028
B	736	881	700	0,156	1,24	2,16	0,006	0,0015	0,0039	0,142
C	739	831	677	0,186	1,39	2,29	0,012	0,0034	0,0021	0,016
D	752	872	683	0,171	1,92	2,49	0,016	0,0028	0,0032	0,059
E	729	826	709	0,209	1,48	1,88	0,014	0,0026	0,0042	0,011
F	738	839	712	0,182	1,42	1,82	0,009	0,0018	0,0025	0,027
G	749	836	689	0,179	1,55	1,83	0,006	0,0022	0,0027	0,024
H	740	866	691	0,164	1,42	2,24	0,011	0,0029	0,0033	0,048
I	744	859	698	0,162	1,38	2,04	0,012	0,0028	0,0024	0,030
J	744	846	690	0,168	1,56	2,27	0,008	0,0022	0,0030	0,029
K	746	841	683	0,189	1,62	2,28	0,019	0,0036	0,0031	0,004
L	741	839	676	0,182	1,48	2,34	0,024	0,0017	0,0026	0,007
M	740	834	676	0,185	1,45	2,32	0,011	0,0015	0,0048	0,021
N	727	966	714	0,154	0,78	1,73	0,010	0,0024	0,0034	0,329
O	765	828	662	0,187	1,38	1,82	0,008	0,0027	0,0030	0,016
P	743	859	704	0,152	1,49	2,16	0,007	0,0030	0,0029	0,033
Q	739	826	675	0,189	1,38	2,29	0,009	0,0059	0,0031	0,013
R	769	889	736	0,168	2,34	2,06	0,008	0,0024	0,0037	0,034
S	737	824	660	0,204	1,38	2,41	0,006	0,0019	0,0026	0,031
T	748	846	659	0,189	1,83	2,64	0,009	0,0028	0,0024	0,038
U	737	824	656	0,197	1,39	2,48	0,011	0,0056	0,0041	0,021
V	743	833	659	0,221	1,58	2,43	0,013	0,0034	0,0036	0,029
W	747	822	618	0,249	1,89	2,89	0,008	0,0024	0,0028	0,024
X	762	815	579	0,289	2,01	2,88	0,007	0,0026	0,0021	0,034
Y	729	1261	686	0,199	1,2	2,72	0,008	0,0024	0,0034	1,16
<u>a</u>	730	744	503	<u>0,623</u>	1,19	2,56	0,012	0,0008	0,0022	0,024
<u>b</u>	718	837	718	<u>0,071</u>	0,55	1,95	0,009	0,0033	0,0025	0,021
<u>c</u>	711	800	687	0,185	<u>0,23</u>	1,76	0,019	0,0026	0,0011	0,016
<u>d</u>	726	845	751	0,176	0,54	<u>1,22</u>	0,033	0,0016	0,0009	0,024

[Tabla 2]

Tabla 2

Acero	Ti	Nb	V	Cr	Ni	Cu	Mo	W	Ca	Ce	Mg	Zr	Hf	REM
	% en masa	% en masa	% en masa	% en masa	% en masa	% en masa	% en masa	% en masa	% en masa	% en masa	% en masa	% en masa	% en masa	% en masa
A														
B														
C														
D														
E					0,99									
F					0,39	0,22								

ES 2 768 598 T3

Acero	Ti	Nb	V	Cr	Ni	Cu	Mo	W	Ca	Ce	Mg	Zr	Hf	REM
	% en masa	% en masa	% en masa	% en masa	% en masa	% en masa	% en masa	% en masa	% en masa	% en masa	% en masa	% en masa	% en masa	% en masa
G						0,82								
H	0,038													
I	0,021			0,13			0,08							
J		0,019												
K											0,0037			
L														0,0056
M									0,0026					
N							0,44							
O				1,24										
P			0,084											
Q										0,0029				
R												0,0054		
S													0,0035	
T								0,02						
U														
V														
W														
X				0,68										
Y														
a														
b														
c														
d														

[Tabla 3]

Tabla 3

	Propiedades de la plancha						Condición de laminado en caliente		Condición de laminado en frío
	Tipo de acero	Ac1	Ac3	Ar3	Ac 1+40 (Referencia)	Ac3+50 (Referencia)	Temperatura de laminado de acabado	Temperatura de bobinado	Reducción
	-	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C	%
Ejemplo 1	A	719	813	658	759	863	880	540	67
<u>Ejemplo 2</u>	A	719	813	658	759	863	890	600	67
<u>Ejemplo 3</u>	A	719	813	658	759	863	900	540	67
<u>Ejemplo 4</u>	A	719	813	658	759	863	940	620	67
<u>Ejemplo 5</u>	A	719	813	658	759	863	880	630	67
<u>Ejemplo 6</u>	A	719	813	658	759	863	920	600	67
<u>Ejemplo 7</u>	A	719	813	658	759	863	930	590	67
Ejemplo 8	A	719	813	658	759	863	940	600	67
<u>Ejemplo 9</u>	A	719	813	658	759	863	900	630	67
<u>Ejemplo 10</u>	A	719	813	658	759	863	920	590	67

ES 2 768 598 T3

	Propiedades de la plancha						Condición de laminado en caliente		Condición de laminado en frío
	Tipo de acero	Ac1	Ac3	Ar3	Ac 1+40 (Referencia)	Ac3+50 (Referencia)	Temperatura de laminado de acabado	Temperatura de bobinado	Reducción
	-	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C	%
Ejemplo 11	A	719	813	658	759	863	890	580	67
Ejemplo 12	A	719	813	658	759	863	900	600	67
Ejemplo 13	A	719	813	658	759	863	930	620	67
Ejemplo 14	B	736	881	700	776	931	940	620	60
Ejemplo 15	C	739	831	677	779	881	910	530	60
Ejemplo 16	C	739	831	677	779	881	920	550	60
Ejemplo 17	C	739	831	677	779	881	890	560	60
Ejemplo 18	C	739	831	677	779	881	900	600	60
Ejemplo 19	C	739	831	677	779	881	920	590	60
Ejemplo 20	C	739	831	677	779	881	880	620	60
Ejemplo 21	C	739	831	677	779	881	960	490	50
Ejemplo 22	C	739	831	677	779	881	920	500	50
Ejemplo 23	C	739	831	677	779	881	900	500	50
Ejemplo 24	C	739	831	677	779	881	890	570	60
Ejemplo 25	C	739	831	677	779	881	900	560	60
Ejemplo 26	C	739	831	677	779	881	900	600	60
Ejemplo 27	C	739	831	677	779	881	920	620	60
Ejemplo 28	C	739	831	677	779	881	890	590	60
Ejemplo 29	C	739	831	677	779	881	930	610	60
Ejemplo 30	D	752	872	683	792	922	960	480	50
Ejemplo 31	E	729	826	709	769	876	920	530	60
Ejemplo 32	F	738	839	712	778	889	890	510	50
Ejemplo 33	G	749	836	689	789	886	900	640	60
Ejemplo 34	H	740	866	691	780	916	900	620	60
Ejemplo 35	I	744	859	698	784	909	890	600	60
Ejemplo 36	J	744	846	690	784	896	910	460	50
Ejemplo 37	K	746	841	683	786	891	940	430	40
Ejemplo 38	L	741	839	676	781	889	890	560	50
Ejemplo 39	M	740	834	676	780	884	930	540	50
Ejemplo 40	N	727	966	714	767	1016	900	660	60
Ejemplo 41	O	765	828	662	805	878	890	540	50
Ejemplo 42	P	743	859	704	783	909	960	570	50
Ejemplo 43	Q	739	826	675	779	876	890	540	50
Ejemplo 44	R	769	889	736	809	939	880	530	50
Ejemplo 45	S	737	824	660	777	874	920	430	50
Ejemplo 46	T	748	846	659	788	896	920	480	50
Ejemplo 47	T	748	846	659	788	896	930	540	50
Ejemplo 48	T	748	846	659	788	896	920	550	50
Ejemplo 49	T	748	846	659	788	896	900	530	40
Ejemplo 50	T	748	846	659	788	896	890	660	50

[Tabla 4]

Tabla 4

	Propiedades de la plancha						Condición de laminado en caliente		Condición de laminado en frío
	Tipo de acero	Ac1	Ac3	Ar3	Ac 1+40 (Referencia)	Ac3+50 (Referencia)	Temperatura de laminado de acabado	Temperatura de bobinado	Reducción
	-	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C	%
<u>Ejemplo 51</u>	T	748	846	659	788	896	900	540	50
<u>Ejemplo 52</u>	T	748	846	659	788	896	890	550	50
<u>Ejemplo 53</u>	T	748	846	659	788	896	870	530	50
Ejemplo 54	T	748	846	659	788	896	910	560	50
<u>Ejemplo 55</u>	T	748	846	659	788	896	900	580	50
<u>Ejemplo 56</u>	T	748	846	659	788	896	920	550	50
<u>Ejemplo 57</u>	T	748	846	659	788	896	920	420	40
<u>Ejemplo 58</u>	T	748	846	659	788	896	900	580	50
<u>Ejemplo 59</u>	T	748	846	659	788	896	920	660	50
<u>Ejemplo 60</u>	T	748	846	659	788	896	890	580	50
<u>Ejemplo 61</u>	T	748	846	659	788	896	920	480	40
<u>Ejemplo 62</u>	U	737	824	656	777	874	870	500	48
Ejemplo 63	Y	743	833	659	783	883	940	530	48
Ejemplo 64	W	747	822	618	787	872	930	680	40
<u>Ejemplo 65</u>	W	747	822	618	787	872	880	560	48
<u>Ejemplo 66</u>	W	747	822	618	787	872	890	580	48
<u>Ejemplo 67</u>	W	747	822	618	787	872	910	600	48
<u>Ejemplo 68</u>	W	747	822	618	787	872	970	540	40
<u>Ejemplo 69</u>	W	747	822	618	787	872	920	550	40
<u>Ejemplo 70</u>	W	747	822	618	787	872	900	550	40
Ejemplo 71	W	747	822	618	787	872	1030	540	40
<u>Ejemplo 72</u>	W	747	822	618	787	872	920	590	48
<u>Ejemplo 73</u>	W	747	822	618	787	872	900	580	48
<u>Ejemplo 74</u>	W	747	822	618	787	872	870	470	40
<u>Ejemplo 75</u>	W	747	822	618	787	872	900	530	40
<u>Ejemplo 76</u>	W	747	822	618	787	872	920	550	40
<u>Ejemplo 77</u>	W	747	822	618	787	872	900	580	48
<u>Ejemplo 78</u>	W	747	822	618	787	872	870	560	48
<u>Ejemplo 79</u>	W	747	822	618	787	872	880	570	48
Ejemplo 80	X	762	815	579	802	865	920	530	60
Ejemplo 81	Y	729	1261	686	769	1311	920	560	50
<u>Ejemplo 82</u>	<u>a</u>	730	744	503	770	794	890	600	67
<u>Ejemplo 83</u>	<u>b</u>	718	837	718	758	887	950	620	60
<u>Ejemplo 84</u>	<u>c</u>	711	800	687	751	850	940	640	60
<u>Ejemplo 85</u>	<u>d</u>	726	845	751	766	895	930	620	60

[Tabla 5]

Tabla 5

	Condición de tratamiento térmico							Condición de depósito		Observaciones
	log (presión parcial de agua / presión parcial de hidrógeno)	Temperatura	Tiempo de mantenimiento	Velocidad de enfriamiento desde 700°C hasta 500°C después del recocido	Temperatura de parada del enfriamiento	Temperatura de mantenimiento	Tiempo de mantenimiento	Inmersión en baño de depósito	Temperatura de aleado	
	-	°C	s	°C/s	°C	°C	s	-	°C	-
Ejemplo 1	-2,3	800	100	45	250	400	250	No sumergido	-	Ejemplo
<u>Ejemplo 2</u>	-2,9	<u>730</u>	80	2	250	370	250	No sumergido	-	<u>Ejemplo Comparativo</u>
<u>Ejemplo 3</u>	-2,1	800	120	<u>0,1</u>	250	380	250	No sumergido	-	<u>Ejemplo Comparativo</u>
<u>Ejemplo 4</u>	-2,2	840	100	9	<u>25</u>	400	250	No sumergido	-	<u>Ejemplo Comparativo</u>
<u>Ejemplo 5</u>	-2,4	810	100	10	<u>450</u>	400	250	No sumergido	-	<u>Ejemplo Comparativo</u>
<u>Ejemplo 6</u>	-1,2	800	90	220	<u>25</u>	<u>25</u>	<u>0</u>	No sumergido	-	<u>Ejemplo Comparativo</u>
<u>Ejemplo 7</u>	-0,9	800	100	7	200	380	230	Sumergido	-	*Ejemplo
Ejemplo 8	-1,8	810	160	10	230	420	60	Sumergido	500	Ejemplo
<u>Ejemplo 9</u>	<u>-3,4</u>	800	200	20	200	400	80	Sumergido	480	<u>Ejemplo Comparativo</u>
<u>Ejemplo 10</u>	-1,1	<u>720</u>	120	8	250	400	70	Sumergido	630	<u>Ejemplo Comparativo</u>
<u>Ejemplo 11</u>	-1,4	800	390	<u>0,1</u>	230	400	60	Sumergido	490	<u>Ejemplo Comparativo</u>
<u>Ejemplo 12</u>	-0,6	810	120	20	<u>560</u>	<u>530</u>	30	Sumergido	520	<u>Ejemplo Comparativo</u>
<u>Ejemplo 13</u>	-1,0	820	100	50	260	380	420	No sumergido	-	*Ejemplo
<u>Ejemplo 14</u>	-1,0	850	120	20	230	400	30	Sumergido	520	*Ejemplo
Ejemplo 15	-1,8	820	120	160	230	400	30	No sumergido	-	Ejemplo
<u>Ejemplo 16</u>	<u>-3,8</u>	780	140	200	200	380	300	No sumergido	-	<u>Ejemplo Comparativo</u>
<u>Ejemplo 17</u>	-2,8	<u>720</u>	160	50	250	400	330	No sumergido	-	<u>Ejemplo Comparativo</u>
<u>Ejemplo 18</u>	-2,7	800	<u>5</u>	50	230	420	400	No sumergido	-	<u>Ejemplo Comparativo</u>
<u>Ejemplo 19</u>	-2,7	870	230	<u>0,1</u>	300	400	560	No sumergido	-	<u>Ejemplo Comparativo</u>
<u>Ejemplo 20</u>	-2,7	860	120	20	<u>520</u>	<u>530</u>	250	No sumergido	-	<u>Ejemplo Comparativo</u>
<u>Ejemplo 21</u>	-2,4	830	120	60	<u>25</u>	<u>25</u>	<u>0</u>	No sumergido	-	<u>Ejemplo Comparativo</u>

ES 2 768 598 T3

	Condición de tratamiento térmico							Condición de depósito		Observaciones
	log (presión parcial de agua / presión parcial de hidrógeno)	Temperatura	Tiempo de mantenimiento	Velocidad de enfriamiento desde 700°C hasta 500°C después del recocido	Temperatura de parada del enfriamiento	Temperatura de mantenimiento	Tiempo de mantenimiento	Inmersión en baño de depósito	Temperatura de aleado	
	-	°C	s	°C/s	°C	°C	s	-	°C	
Ejemplo 22	-1,6-	840	T50	11	220	400	60	Sumergido	-	Ejemplo
Ejemplo 23	-0,4	820	120	12	200	380	60	Sumergido	510	*Ejemplo
Ejemplo 24	-3,4	830	130	20	230	380	20	Sumergido	560	<u>Ejemplo Comparativo</u>
Ejemplo 25	-1,3	<u>730</u>	<u>5</u>	50	<u>340</u>	400	120	Sumergido	500	<u>Ejemplo Comparativo</u>
Ejemplo 26	-1,1	820	240	<u>0,1</u>	330	400	360	Sumergido	520	<u>Ejemplo Comparativo</u>
Ejemplo 27	-1,6	800	240	10	<u>520</u>	<u>510</u>	<u>0</u>	Sumergido	520	<u>Ejemplo Comparativo</u>
Ejemplo 28	-1,2	840	220	8	220	400	60	Sumergido	520	*Ejemplo
Ejemplo 29	-0,2	<u>730</u>	200	100	200	380	100	No sumergido	-	<u>Ejemplo Comparativo</u>
Ejemplo 30	-1,5	840	180	25	200	400	60	Sumergido	530	*Ejemplo
Ejemplo 31	-1,2	810	160	50	230	360	240	Sumergido	500	*Ejemplo
Ejemplo 32	-0,8	830	170	50	200	370	30	Sumergido	520	*Ejemplo
Ejemplo 33	-1,6	830	180	40	250	380	160	Sumergido	510	Ejemplo
Ejemplo 34	-0,6	840	200	50	230	400	200	Sumergido	500	*Ejemplo
Ejemplo 35	-1,2	840	200	60	220	420	140	Sumergido	520	*Ejemplo
Ejemplo 36	-0,2	840	160	50	240	390	90	Sumergido	490	*Ejemplo
Ejemplo 37	-2,1	840	140	45	230	400	60	Sumergido	510	Ejemplo
Ejemplo 38	-1,3	840	230	50	240	400	300	Sumergido	500	Ejemplo
Ejemplo 39	-1,1	820	200	35	250	380	60	Sumergido	510	Ejemplo
Ejemplo 40	-1,0	830	240	45	250	400	180	Sumergido	520	*Ejemplo
Ejemplo 41	-0,7	820	200	40	250	390	450	Sumergido	500	Ejemplo
Ejemplo 42	-1,8	840	170	50	230	400	180	Sumergido	500	*Ejemplo
Ejemplo 43	-1,7	830	180	35	250	400	200	Sumergido	490	Ejemplo
Ejemplo 44	-1,9	870	240	40	230	420	270	Sumergido	540	*Ejemplo
Ejemplo 45	-1,8	820	200	30	250	380	220	Sumergido	470	Ejemplo
Ejemplo 46	-1,9	820	200	20	240	420	540	No sumergido	-	Ejemplo
Ejemplo 47	<u>-3,2</u>	800	180	45	300	400	450	No sumergido	-	<u>Ejemplo Comparativo</u>
Ejemplo 48	-0,9	<u>720</u>	180	50	200	420	360	No sumergido	-	<u>Ejemplo Comparativo</u>
Ejemplo 49	-1,2	<u>760</u>	<u>5</u>	40	250	390	420	No sumergido	-	<u>Ejemplo Comparativo</u>
Ejemplo 50	-1,8	820	240	<u>0,1</u>	300	400	760	No sumergido	-	<u>Ejemplo Comparativo</u>

*Ejemplo de Referencia

[Tabla 6]

Tabla 6

	Condición de tratamiento térmico							Condición de depósito		Observaciones
	log (presión parcial de agua / presión parcial de hidrógeno)	Temperatura	Tiempo de mantenimiento	Velocidad de enfriamiento desde 700°C hasta 500°C después del recocido	Temperatura de parada del enfriamiento	Temperatura de mantenimiento	Tiempo de mantenimiento	Inmersión en baño de depósito	Temperatura de aleado	
	-	°C	s	°C/s	°C	°C	s	-	°C	-
<u>Ejemplo 51</u>	-0,6	820	200	40	<u>530</u>	<u>510</u>	<u>0</u>	No sumergido	-	<u>Ejemplo Comparativo</u>
<u>Ejemplo 52</u>	-1,0	830	230	30	<u>25</u>	<u>25</u>	<u>0</u>	No sumergido	-	<u>Ejemplo Comparativo</u>
<u>Ejemplo 53</u>	-1,1	820	160	50	<u>25</u>	360	360	Sumergido	-	<u>Ejemplo Comparativo</u>
<u>Ejemplo 54</u>	-0,8	830	250	45	230	400	30	Sumergido	500	Ejemplo
<u>Ejemplo 55</u>	<u>-3,4</u>	840	180	50	230	420	260	Sumergido	520	<u>Ejemplo Comparativo</u>
<u>Ejemplo 56</u>	-1,2	<u>690</u>	240	8	250	380	300	Sumergido	510	<u>Ejemplo Comparativo</u>
<u>Ejemplo 57</u>	-1,0	<u>750</u>	<u>5</u>	40	200	400	200	Sumergido	490	<u>Ejemplo Comparativo</u>
<u>Ejemplo 58</u>	-1,0	830	180	<u>0,1</u>	230	400	800	Sumergido	500	<u>Ejemplo Comparativo</u>
<u>Ejemplo 59</u>	-1,8	840	230	12	<u>540</u>	460	24	Sumergido	530	<u>Ejemplo Comparativo</u>
<u>Ejemplo 60</u>	-1,4	820	200	40	<u>25</u>	<u>25</u>	<u>0</u>	Sumergido	520	<u>Ejemplo Comparativo</u>
<u>Ejemplo 61</u>	-2,2	830	240	40	260	380	120	No sumergido	-	Ejemplo
<u>Ejemplo 62</u>	-1,1	800	220	40	270	400	60	No sumergido	-	*Ejemplo
<u>Ejemplo 63</u>	-0,9	810	180	40	270	380	240	No sumergido	-	Ejemplo
<u>Ejemplo 64</u>	-1,4	820	200	10	260	380	540	No sumergido	-	Ejemplo
<u>Ejemplo 65</u>	<u>-3,3</u>	820	200	35	300	410	260	No sumergido	-	<u>Ejemplo Comparativo</u>
<u>Ejemplo 66</u>	-1,6	<u>690</u>	140	40	250	390	300	No sumergido	-	<u>Ejemplo Comparativo</u>
<u>Ejemplo 67</u>	-1,5	<u>750</u>	<u>5</u>	40	240	380	360	No sumergido	-	<u>Ejemplo Comparativo</u>
<u>Ejemplo 68</u>	-1,1	820	400	<u>0,1</u>	250	400	320	No sumergido	-	<u>Ejemplo Comparativo</u>
<u>Ejemplo 69</u>	-2,1	820	200	50	<u>540</u>	<u>520</u>	<u>0</u>	No sumergido	-	<u>Ejemplo Comparativo</u>
<u>Ejemplo 70</u>	-1,8,	810	200	40	<u>25</u>	<u>25</u>	<u>0</u>	No sumergido	-	<u>Ejemplo Comparativo</u>

	Condición de tratamiento térmico							Condición de depósito		Observaciones
	log (presión parcial de agua / presión parcial de hidrógeno)	Temperatura	Tiempo de mantenimiento	Velocidad de enfriamiento desde 700°C hasta 500°C después del recocido	Temperatura de parada del enfriamiento	Temperatura de mantenimiento	Tiempo de mantenimiento	Inmersión en baño de depósito	Temperatura de aleado	
	-	°C	s	°C/s	°C	°C	s	-	°C	-
Ejemplo 71	-1,6	810	180	20	260	400	280	Sumergido	-	Ejemplo
Ejemplo 72	-1,8	830	200	10	270	380	240	Sumergido	500	*Ejemplo
Ejemplo 73	-3,5	810	200	8	270	370	60	Sumergido	510	<u>Ejemplo Comparativo</u>
Ejemplo 74	-0,8	660	120	10	250	390	60	Sumergido	520	<u>Ejemplo Comparativo</u>
Ejemplo 75	-1,6	750	10	20	300	400	30	Sumergido	500	<u>Ejemplo Comparativo</u>
Ejemplo 76	-1,8	810	200	0,1	340	400	240	Sumergido	540	<u>Ejemplo Comparativo</u>
Ejemplo 77	-1,6	820	200	20	530	510	0	Sumergido	500	<u>Ejemplo Comparativo</u>
Ejemplo 78	-1,7	830	220	10	25	25	0	Sumergido	510	<u>Ejemplo Comparativo</u>
Ejemplo 79	-1,9	820	240	8	240	390	360	No sumergido	-	*Ejemplo
Ejemplo 80	-0,3	820	180	40	250	420	500	Sumergido	490	Ejemplo
Ejemplo 81	-0,6	870	180	40	220	390	260	Sumergido	490	Ejemplo
Ejemplo 82	-2,3	820	50	40	270	400	120	Sumergido	490	<u>Ejemplo Comparativo</u>
Ejemplo 83	-1,6	800	30	16	280	400	120	Sumergido	500	<u>Ejemplo Comparativo</u>
Ejemplo 84	-1,6	810	60	2	270	400	160	Sumergido	480	<u>Ejemplo Comparativo</u>
Ejemplo 85	-1,9	790	30	2	300	380	120	Sumergido	540	<u>Ejemplo Comparativo</u>

[Tabla 7]

Tabla 7

	Microestructura de la superficie						Microestructura interna					
	F	γ residual	TM	M	B	P	F	γ residual	TM	M	B	P
	% de área	% de área	% de área	% de área	% de área	% de área	% de área	% de área	% de área	% de área	% de área	% de área
Ejemplo 1	72	6	12	0	10	0	64	8	18	0	10	0
Ejemplo 2	100	0	0	0	0	0	100	0	0	0	0	0
Ejemplo 3	83	0	0	0	0	17	82	0	0	0	0	18
Ejemplo 4	67	1	32	0	0	0	63	2	35	0	0	0

ES 2 768 598 T3

	Microestructura de la superficie						Microestructura interna					
	F	γ residual	TM	M	B	P	F	γ residual	TM	M	B	P
	% de área	% de área	% de área	% de área	% de área	% de área	% de área	% de área	% de área	% de área	% de área	% de área
Ejemplo 5	73	<u>2</u>	<u>0</u>	0	25	0	68	<u>3</u>	<u>0</u>	0	29	0
Ejemplo 6	75	<u>1</u>	<u>0</u>	<u>24</u>	<u>0</u>	0	69	<u>1</u>	<u>0</u>	<u>30</u>	<u>0</u>	0
Ejemplo 7	73	5	14	0	<u>8</u>	0	68	<u>6</u>	19	0	<u>7</u>	0
Ejemplo 8	71	6	13	0	10	0	67	8	15	1	<u>9</u>	0
Ejemplo 9	63	<u>11</u>	17	0	<u>9</u>	0	68	<u>7</u>	18	0	<u>7</u>	0
Ejemplo 10	100	<u>0</u>	<u>0</u>	0	<u>0</u>	0	100	<u>0</u>	<u>0</u>	0	<u>0</u>	0
Ejemplo 11	<u>88</u>	<u>0</u>	<u>0</u>	0	<u>0</u>	<u>12</u>	84	<u>0</u>	<u>0</u>	0	<u>0</u>	<u>16</u>
Ejemplo 12	75	<u>1</u>	<u>0</u>	<u>19</u>	<u>5</u>	0	68	<u>1</u>	<u>0</u>	<u>28</u>	<u>3</u>	0
Ejemplo 13	68	6	<u>7</u>	0	19	0	66	9	10	0	15	0
Ejemplo 14	74	5	<u>4</u>	0	17	0	70	8	<u>4</u>	0	18	0
Ejemplo 15	53	6	28	0	13	0	42	8	39	1	10	0
Ejemplo 16	44	<u>11</u>	38	0	<u>7</u>	0	45	9	41	0	<u>5</u>	0
Ejemplo 17	<u>100</u>	0	<u>0</u>	0	<u>0</u>	0	<u>100</u>	<u>0</u>	<u>0</u>	0	0	0
Ejemplo 18	<u>100</u>	0	<u>0</u>	0	<u>0</u>	0	83	<u>1</u>	<u>0</u>	2	<u>5</u>	<u>9</u>
Ejemplo 19	79	0	<u>0</u>	0	<u>0</u>	<u>21</u>	74	<u>0</u>	<u>0</u>	0	<u>0</u>	<u>26</u>
Ejemplo 20	53	2	<u>0</u>	<u>29</u>	16	0	46	<u>3</u>	<u>0</u>	<u>37</u>	14	0
Ejemplo 21	53	2	<u>0</u>	<u>38</u>	<u>7</u>	0	47	<u>2</u>	<u>0</u>	<u>48</u>	<u>3</u>	0
Ejemplo 22	56	5	27	0	12	0	46	8	36	0	10	0
Ejemplo 23	54	6	33	0	<u>7</u>	0	42	8	45	0	<u>5</u>	0
Ejemplo 24	45	<u>12</u>	32	0	11	0	43	9	38	1	<u>9</u>	0
Ejemplo 25	100	0	<u>0</u>	0	<u>0</u>	0	100	<u>0</u>	<u>0</u>	0	<u>0</u>	0
Ejemplo 26	80	0	<u>0</u>	0	<u>0</u>	<u>20</u>	72	<u>0</u>	<u>0</u>	0	<u>0</u>	<u>28</u>
Ejemplo 27	53	5	<u>0</u>	<u>29</u>	13	0	46	<u>6</u>	<u>0</u>	<u>36</u>	12	0
Ejemplo 28	53	6	31	0	10	0	44	9	39	0	<u>8</u>	0
Ejemplo 29	95	0	<u>0</u>	0	<u>0</u>	5	60	<u>6</u>	29	0	<u>5</u>	0
Ejemplo 30	52	7	36	0	<u>5</u>	0	45	9	42	1	<u>3</u>	0
Ejemplo 31	55	7	28	1	<u>9</u>	0	40	11	40	2	<u>7</u>	0
Ejemplo 32	58	6	27	0	<u>9</u>	0	43	9	40	1	<u>7</u>	0
Ejemplo 33	57	6	26	0	11	0	44	9	36	0	11	0
Ejemplo 34	58	5	30	0	<u>7</u>	0	43	9	42	0	<u>6</u>	0
Ejemplo 35	55	7	31	0	<u>7</u>	0	44	9	42	0	<u>5</u>	0

	Microestructura de la superficie						Microestructura interna					
	F	γ residual	TM	M	B	P	F	γ residual	TM	M	B	P
	% de área	% de área	% de área	% de área	% de área	% de área	% de área	% de área	% de área	% de área	% de área	% de área
<u>Ejemplo 36</u>	56	6	30	0	<u>8</u>	0	44	10	40	0	<u>6</u>	0
Ejemplo 37	49	7	30	0	14	0	43	9	37	0	11	0
Ejemplo 38	55	6	26	0	13	0	44	8	35	1	12	0
Ejemplo 39	52	7	25	0	16	0	43	9	33	0	15	0
<u>Ejemplo 40</u>	58	4	30	1	<u>7</u>	0	45	<u>7</u>	40	3	<u>5</u>	0
Ejemplo 41	59	5	24	0	12	0	44	8	35	0	13	0
<u>Ejemplo 42</u>	59	5	30	1	<u>5</u>	0	43	9	42	1	<u>5</u>	0
Ejemplo 43	55	4	26	0	15	0	39	9	38	0	14	0
<u>Ejemplo 44</u>	66	5	22	0	<u>7</u>	0	46	11	37	1	<u>5</u>	0
Ejemplo 45	56	5	26	0	13	0	41	9	38	0	12	0
Ejemplo 46	44	6	34	0	16	0	33	10	43	0	14	0
<u>Ejemplo 47</u>	38	<u>11</u>	19	8	24	0	35	9	21	11	24	0
<u>Ejemplo 48</u>	<u>100</u>	<u>0</u>	<u>0</u>	0	<u>0</u>	0	<u>100</u>	<u>0</u>	<u>0</u>	0	<u>0</u>	0
<u>Ejemplo 49</u>	94	<u>0</u>	<u>0</u>	1	<u>4</u>	1	<u>92</u>	<u>1</u>	<u>0</u>	2	<u>2</u>	3
<u>Ejemplo 50</u>	87	<u>0</u>	<u>0</u>	0	<u>0</u>	<u>13</u>	83	<u>0</u>	<u>0</u>	0	<u>0</u>	<u>17</u>

[Tabla 8]

Tabla 8

	Microestructura de la superficie						Microestructura interna					
	F	γ residual	TM	M	B	P	F	γ residual	TM	M	B	P
	% de área	% de área	% de área	% de área	% de área	% de área	% de área	% de área	% de área	% de área	% de área	% de área
<u>Ejemplo 51</u>	56	<u>2</u>	<u>0</u>	<u>16</u>	26	0	38	<u>4</u>	<u>0</u>	<u>30</u>	28	0
<u>Ejemplo 52</u>	52	3	<u>0</u>	<u>38</u>	<u>7</u>	0	34	<u>7</u>	<u>0</u>	<u>55</u>	<u>4</u>	0
<u>Ejemplo 53</u>	52	<u>0</u>	30	0	18	0	35	<u>2</u>	45	1	17	0
Ejemplo 54	51	6	30	0	13	0	34	10	43	1	12	0
<u>Ejemplo 55</u>	32	<u>12</u>	37	0	19	0	32	10	42	0	16	0
<u>Ejemplo 56</u>	<u>100</u>	<u>0</u>	<u>0</u>	0	<u>0</u>	0	<u>100</u>	<u>0</u>	<u>0</u>	0	<u>0</u>	0
<u>Ejemplo 57</u>	<u>94</u>	<u>0</u>	<u>0</u>	0	<u>0</u>	<u>6</u>	<u>89</u>	<u>0</u>	<u>0</u>	0	<u>0</u>	<u>11</u>
<u>Ejemplo 58</u>	<u>89</u>	<u>0</u>	<u>0</u>	0	<u>0</u>	<u>11</u>	81	<u>0</u>	<u>0</u>	0	<u>0</u>	<u>19</u>
<u>Ejemplo 59</u>	48	4	<u>0</u>	<u>24</u>	24	0	37	<u>7</u>	<u>0</u>	<u>33</u>	23	0

ES 2 768 598 T3

	Microestructura de la superficie						Microestructura interna					
	F	γ residual	TM	M	B	P	F	γ residual	TM	M	B	P
	% de área	% de área	% de área	% de área	% de área	% de área	% de área	% de área	% de área	% de área	% de área	% de área
<u>Ejemplo 60</u>	47	4	<u>0</u>	13	36	0	34	<u>7</u>	<u>0</u>	<u>21</u>	38	0
Ejemplo 61	43	5	33	1	18	0	31	9	42	2	16	0
<u>Ejemplo 62</u>	48	6	27	0	14	5	33	10	34	2	11	<u>10</u>
Ejemplo 63	49	6	24	0	21	0	27	12	37	1	23	0
Ejemplo 64	44	7	21	1	27	0	26	15	29	2	28	0
<u>Ejemplo 65</u>	28	<u>11</u>	<u>8</u>	<u>19</u>	34	0	24	16	<u>9</u>	<u>23</u>	28	0
<u>Ejemplo 66</u>	<u>100</u>	<u>0</u>	<u>0</u>	0	<u>0</u>	0	<u>100</u>	<u>0</u>	<u>0</u>	0	<u>0</u>	0
<u>Ejemplo 67</u>	85	<u>1</u>	<u>6</u>	0	<u>8</u>	0	82	<u>2</u>	10	0	<u>6</u>	0
<u>Ejemplo 68</u>	80	<u>1</u>	<u>6</u>	1	12	0	76	<u>2</u>	<u>9</u>	3	10	0
<u>Ejemplo 69</u>	61	<u>1</u>	<u>0</u>	0	38	0	32	<u>2</u>	<u>0</u>	<u>30</u>	36	0
<u>Ejemplo 70</u>	93	<u>2</u>	<u>0</u>	0	<u>5</u>	0	25	<u>4</u>	<u>0</u>	<u>70</u>	<u>1</u>	0
Ejemplo 71	40	10	23	1	26	0	25	16	30	2	27	0
<u>Ejemplo 72</u>	41	<u>11</u>	18	1	29	0	26	17	24	3	30	0
<u>Ejemplo 73</u>	29	<u>12</u>	22	0	37	0	25	18	25	1	31	0
<u>Ejemplo 74</u>	<u>100</u>	<u>0</u>	<u>0</u>	0	<u>0</u>	0	<u>100</u>	<u>0</u>	<u>0</u>	0	<u>0</u>	0
<u>Ejemplo 75</u>	81	<u>1</u>	<u>4</u>	0	14	0	78	<u>2</u>	<u>9</u>	2	<u>9</u>	0
<u>Ejemplo 76</u>	77	<u>1</u>	<u>3</u>	1	18	0	75	<u>4</u>	<u>7</u>	2	12	0
<u>Ejemplo 77</u>	41	<u>2</u>	<u>0</u>	<u>18</u>	39	0	26	8	<u>0</u>	<u>28</u>	38	0
<u>Ejemplo 78</u>	44	<u>2</u>	<u>0</u>	<u>47</u>	<u>7</u>	0	23	<u>5</u>	<u>0</u>	<u>68</u>	<u>4</u>	0
<u>Ejemplo 79</u>	36	3	30	1	30	0	25	<u>4</u>	38	2	31	0
Ejemplo 80	60	8	11	0	21	0	23	22	25	2	28	0
Ejemplo 81	51	8	16	0	25	0	42	12	23	0	23	0
<u>Ejemplo 82</u>	40	<u>15</u>	<u>0</u>	<u>16</u>	29	0	<u>4</u>	25	<u>0</u>	<u>34</u>	37	0
<u>Ejemplo 83</u>	87	4	<u>1</u>	0	<u>8</u>	0	84	<u>6</u>	<u>2</u>	0	<u>8</u>	0
<u>Ejemplo 84</u>	<u>89</u>	<u>1</u>	<u>0</u>	0	<u>7</u>	3	<u>88</u>	<u>2</u>	<u>0</u>	0	<u>4</u>	<u>6</u>
<u>Ejemplo 85</u>	<u>92</u>	<u>0</u>	<u>0</u>	0	<u>6</u>	2	<u>92</u>	<u>0</u>	<u>0</u>	0	<u>3</u>	5

[Tabla 9]

Tabla 9

	Dureza en la superficie	Dureza a una profundidad de 1/4	Razón de dureza	TS	EL	TS * EL	Radio de plegado mínimo	Evaluación de la estricción	Fe en depósito	Tipo de chapa de acero	Observaciones
	Hvs	Hvb	Hvs/Hvb	MPa	%	MPa·%	mm		% en masa		
Ejemplo 1	220	248	0,89	799	31	24769	0,50	OK	-	CR+P	Ejemplo
<u>Ejemplo 2</u>	156	176	0,89	<u>582</u>	30	<u>17460</u>	0,50	OK	-	CR	<u>Ejemplo Comparativo</u>
Ejemplo 3	175	209	0,84	<u>663</u>	29	19227	0,50	OK	,	CR	<u>Ejemplo Comparativo</u>
<u>Ejemplo 4</u>	237	271	0,87	857	18	<u>15426</u>	0,50	<u>NG</u>	-	CR	<u>Ejemplo Comparativo</u>
<u>Ejemplo 5</u>	172	211	0,82	<u>687</u>	24	<u>16488</u>	0,50	OK	-	CR	<u>Ejemplo Comparativo</u>
<u>Ejemplo 6</u>	203	272	<u>0,75</u>	905	20	18100	<u>2,00</u>	<u>NG</u>	-	CR	<u>Ejemplo Comparativo</u>
<u>Ejemplo 7</u>	200	248	0,81	807	31	25017	0,50	OK	2,1	GI	*Ejemplo
Ejemplo 8	224	249	0,90	812	29	23548	0,50	OK	10,9	GA	Ejemplo
<u>Ejemplo 9</u>	249	246	<u>1,01</u>	809	30	24270	<u>2,00</u>	OK	9,7	GA	<u>Ejemplo Comparativo</u>
<u>Ejemplo 10</u>	142	190	<u>0,75</u>	<u>608</u>	26	<u>15808</u>	0,50	OK	18,9	GA	<u>Ejemplo Comparativo</u>
<u>Ejemplo 11</u>	173	207	0,84	<u>670</u>	24	<u>16080</u>	0,50	OK	10,4	GA	<u>Ejemplo Comparativo</u>
<u>Ejemplo 12</u>	204	272	<u>0,75</u>	898	21	18858	<u>2,00</u>	<u>NG</u>	12,3	GA	<u>Ejemplo Comparativo</u>
<u>Ejemplo 13</u>	183	240	0,76	803	31	24893	0,50	OK	-	EG	*Ejemplo
<u>Ejemplo 14</u>	202	248	0,81	819	28	22932	0,50	OK	11,2	GA	*Ejemplo
Ejemplo 15	256	306	0,84	997	22	21934	0,50	OK	-	GA+P	Ejemplo
<u>Ejemplo 16</u>	306	312	<u>0,98</u>	1023	19	19437	<u>3,00</u>	OK	-	CR	<u>Ejemplo Comparativo</u>
<u>Ejemplo 17</u>	162	192	0,84	<u>643</u>	25	<u>16075</u>	0,50	OK	-	CR	<u>Ejemplo Comparativo</u>
<u>Ejemplo 18</u>	206	206	<u>1,00</u>	<u>679</u>	23	<u>15617</u>	0,50	OK	-	CR	<u>Ejemplo Comparativo</u>
<u>Ejemplo 19</u>	184	206	0,89	<u>675</u>	24	<u>16200</u>	0,50	OK	-	CR	<u>Ejemplo Comparativo</u>
<u>Ejemplo 20</u>	272	305	0,89	1198	13	<u>15574</u>	<u>2,50</u>	OK	-	CR	<u>Ejemplo Comparativo</u>
<u>Ejemplo 21</u>	332	371	0,89	1238	14	<u>17332</u>	<u>2,00</u>	<u>NG</u>	-	CR	<u>Ejemplo Comparativo</u>
Ejemplo 22	241	299	0,81	1009	21	21189	0,50	OK	1,9	GI	Ejemplo
<u>Ejemplo 23</u>	245	294	0,83	1002	22	22044	0,50	OK	10,8	GA	*Ejemplo
<u>Ejemplo 24</u>	304	307	<u>0,99</u>	1017	21	21357	<u>2,00</u>	<u>NG</u>	14,6	GA	<u>Ejemplo Comparativo</u>

ES 2 768 598 T3

	Dureza en la superficie	Dureza a una profundidad de 1/4	Razón de dureza	TS	EL	TS * EL	Radio de plegado mínimo	Evaluación de la estricción	Fe en depósito	Tipo de chapa de acero	Observaciones
	Hvs	Hvb	Hvs/Hvb	MPa	%	MPa·%	mm		% en masa		
<u>Ejemplo 25</u>	166	192	0,86	<u>637</u>	25	<u>15925</u>	0,50	OK	9,6	GA	<u>Ejemplo Comparativo</u>
<u>Ejemplo 26</u>	168	209	0,80	<u>689</u>	22	<u>15158</u>	0,50	OK	11,4	GA	<u>Ejemplo Comparativo</u>
<u>Ejemplo 27</u>	332	373	0,89	1228	14	<u>17192</u>	<u>2,00</u>	NG	10,7	GA	<u>Ejemplo Comparativo</u>
<u>Ejemplo 28</u>	272	305	0,89	1006	21	21126	0,50	OK	11,1	GA	*Ejemplo
<u>Ejemplo 29</u>	139	299	<u>0,46</u>	<u>650</u>	23	<u>14950</u>	1,00	OK	-	CR	<u>Ejemplo Comparativo</u>
<u>Ejemplo 30</u>	268	301	0,89	998	22	21956	0,50	OK	10,3	GA	*Ejemplo
<u>Ejemplo 31</u>	245	311	0,79	1023	21	21483	0,50	OK	11,4	GA	*Ejemplo
<u>Ejemplo 32</u>	233	303	0,77	1006	21	21126	0,50	OK	10,8	GA	*Ejemplo
<u>Ejemplo 33</u>	246	314	0,78	1042	21	21882	0,50	OK	11,8	GA	Ejemplo
<u>Ejemplo 34</u>	299	395	0,76	984	22	21648	0,50	OK	9,6	GA	*Ejemplo
<u>Ejemplo 35</u>	253	308	0,82	993	22	21846	0,50	OK	10,7	GA	*Ejemplo
<u>Ejemplo 36</u>	297	394	0,76	980	23	22540	0,50	OK	10,9	GA	*Ejemplo
<u>Ejemplo 37</u>	271	301	0,90	1002	21	21042	0,50	OK	9,4	GA	Ejemplo
<u>Ejemplo 38</u>	264	306	0,86	1014	21	21294	0,50	OK	11,5	GA	Ejemplo
<u>Ejemplo 39</u>	252	298	0,85	987	22	21714	0,50	OK	10,2	GA	Ejemplo
<u>Ejemplo 40</u>	253	306	0,83	1020	21	21420	0,50	OK	11,6	GA	*Ejemplo
<u>Ejemplo 41</u>	230	301	0,76	997	23	22931	0,50	OK	10,1	GA	Ejemplo
<u>Ejemplo 42</u>	238	302	0,79	1003	21	21063	0,50	OK	10,0	GA	*Ejemplo
<u>Ejemplo 43</u>	242	307	0,79	998	21	20958	0,50	OK	10,7	GA	Ejemplo
<u>Ejemplo 44</u>	245	319	0,77	1034	20	20680	0,50	OK	12,3	GA	*Ejemplo
<u>Ejemplo 45</u>	239	308	0,78	1004	21	21084	0,50	OK	9,7	GA	Ejemplo
<u>Ejemplo 46</u>	321	369	0,87	1228	18	22104	0,50	OK	-	CR	Ejemplo
<u>Ejemplo 47</u>	369	364	<u>1,01</u>	1209	19	22971	<u>2,00</u>	OK	-	CR	<u>Ejemplo Comparativo</u>
<u>Ejemplo 48</u>	162	197	0,82	<u>645</u>	24	<u>15480</u>	0,50	OK	-	CR	<u>Ejemplo Comparativo</u>
<u>Ejemplo 49</u>	178	208	0,86	<u>682</u>	22	<u>15004</u>	0,50	OK	-	CR	<u>Ejemplo Comparativo</u>
<u>Ejemplo 50</u>	180	200	0,90	<u>673</u>	23	<u>15479</u>	0,50	OK	-	CR	<u>Ejemplo Comparativo</u>

*Ejemplo de Referencia

[Tabla 10]

Tabla 10

	Dureza en la superficie	Dureza a una profundidad de 1/4	Razón de dureza	TS	EL	TS * EL	Radio de plegado mínimo	Evaluación de la estricción	Fe en depósito	Tipo de chapa de acero	Observaciones
	Hvs	Hvb	Hvs/Hvb	MPa	%	MPa-%	mm		% en masa		
<u>Ejemplo 51</u>	312	416	<u>0,75</u>	1386	12	<u>16632</u>	<u>4,00</u>	OK	-	CR	<u>Ejemplo Comparativo</u>
<u>Ejemplo 52</u>	368	448	0,82	1482	9	<u>13338</u>	<u>6,00</u>	NG	-	CR	<u>Ejemplo Comparativo</u>
<u>Ejemplo 53</u>	300	363	0,83	1207	12	<u>14484</u>	<u>2,50</u>	NG	-	CR	<u>Ejemplo Comparativo</u>
Ejemplo 54	291	365	0,80	1215	19	23085	0,50	OK	2,1	GI+P	Ejemplo
<u>Ejemplo 55</u>	372	367	<u>1,01</u>	1220	19	23180	<u>3,00</u>	OK	9,6	GA	<u>Ejemplo Comparativo</u>
<u>Ejemplo 56</u>	162	191	0,85	<u>639</u>	24	<u>15336</u>	0,50	OK	10,4	GA	<u>Ejemplo Comparativo</u>
<u>Ejemplo 57</u>	147	203	<u>0,72</u>	<u>675</u>	21	<u>14175</u>	0,50	OK	11,2	GA	<u>Ejemplo Comparativo</u>
<u>Ejemplo 58</u>	167	208	0,80	<u>682</u>	24	<u>16368</u>	0,50	OK	10,8	GA	<u>Ejemplo Comparativo</u>
<u>Ejemplo 59</u>	356	403	0,88	1338	12	<u>16056</u>	<u>3,00</u>	NG	9,9	GA	<u>Ejemplo Comparativo</u>
<u>Ejemplo 60</u>	342	409	0,84	1334	14	18676	<u>4,00</u>	NG	10,0	GA	<u>Ejemplo Comparativo</u>
Ejemplo 61	333	372	0,90	1223	18	22014	0,50	OK	-	EG	Ejemplo
<u>Ejemplo 62</u>	324	364	0,89	1206	18	21708	0,50	OK	10,4	GA	* Ejemplo
Ejemplo 63	281	358	0,78	1186	19	22534	0,50	OK	10,8	GA	Ejemplo
Ejemplo 64	342	403	0,85	1336	16	21376	0,50	OK	-	CR	Ejemplo
<u>Ejemplo 65</u>	432	416	<u>1,04</u>	1389	15	20835	<u>4,00</u>	NG	-	CR	<u>Ejemplo Comparativo</u>
<u>Ejemplo 66</u>	344	406	0,85	<u>695</u>	24	<u>16680</u>	0,50	OK	-	CR	<u>Ejemplo Comparativo</u>
<u>Ejemplo 67</u>	182	223	0,82	726	21	<u>15246</u>	0,50	OK	-	CR	<u>Ejemplo Comparativo</u>
<u>Ejemplo 68</u>	186	224	0,83	754	23	<u>17342</u>	0,50	OK	-	CR	<u>Ejemplo Comparativo</u>
<u>Ejemplo 69</u>	364	406	0,90	1346	16	21536	<u>4,00</u>	OK	-	CR	<u>Ejemplo Comparativo</u>
<u>Ejemplo 70</u>	423	472	0,90	1568	9	<u>14112</u>	<u>4,00</u>	NG	-	CR	<u>Ejemplo Comparativo</u>
Ejemplo 71	345	400	0,86	1334	16	21344	0,50	OK	1,8	GI+P	Ejemplo
<u>Ejemplo 72</u>	356	403	0,88	1342	16	21472	0,50	OK	10,5	GA	*Ejemplo
<u>Ejemplo 73</u>	426	415	<u>1,03</u>	1380	16	22080	<u>4,00</u>	NG	10,9	GA	<u>Ejemplo Comparativo</u>
<u>Ejemplo 74</u>	142	203	<u>0,70</u>	<u>682</u>	23	<u>15686</u>	0,50	OK	11,3	GA	<u>Ejemplo Comparativo</u>

	Dureza en la superficie	Dureza a una profundidad de t/4	Razón de dureza	TS	EL	TS * EL	Radio de plegado mínimo	Evaluación de la estricción	Fe en depósito	Tipo de chapa de acero	Observaciones
	Hvs	Hvb	Hvs/Hvb	MPa	%	MPa-%	mm		% en masa		
<u>Ejemplo 75</u>	179	226	0,79	758	22	<u>16676</u>	0,50	OK	10,2	GA	<u>Ejemplo Comparativo</u>
<u>Ejemplo 76</u>	192	231	0,83	769	21	<u>16149</u>	0,50	OK	10,7	GA	<u>Ejemplo Comparativo</u>
<u>Ejemplo 77</u>	352	405	0,87	1348	17	22916	<u>4,00</u>	OK	10,8	GA	<u>Ejemplo Comparativo</u>
<u>Ejemplo 78</u>	349	404	0,86	1346	12	<u>16152</u>	<u>6,00</u>	<u>NG</u>	9,4	GA	<u>Ejemplo Comparativo</u>
<u>Ejemplo 79</u>	360	400	0,90	1334	16	21344	0,50	OK	-	EG	* Ejemplo
<u>Ejemplo 80</u>	362	445	0,81	1480	15	22200	0,50	OK	9,2	GA	Ejemplo
<u>Ejemplo 81</u>	257	321	0,80	1045	22	22990	0,50	OK	12,9	GA	Ejemplo
<u>Ejemplo 82</u>	352	503	<u>0,70</u>	1763	4	<u>7052</u>	<u>6,00</u>	<u>NG</u>	9,2	GA	<u>Ejemplo Comparativo</u>
<u>Ejemplo 83</u>	142	175	0,81	<u>585</u>	34	19890	0,50	OK	11,3	GA	<u>Ejemplo Comparativo</u>
<u>Ejemplo 84</u>	134	160	0,84	<u>535</u>	29	<u>15515</u>	0,50	OK	12,8	GA	<u>Ejemplo Comparativo</u>
<u>Ejemplo 85</u>	129	156	0,83	<u>525</u>	30	<u>15750</u>	0,50	OK	9,8	GA	<u>Ejemplo Comparativo</u>

*Ejemplo de Referencia

Aplicabilidad industrial

Según la presente invención, es posible proporcionar una chapa de acero laminado en frío de alta resistencia que tenga una resistencia a la tracción de 700 MPa o mayor y que tenga una excelente plegabilidad a un bajo coste y que sea adecuada para un miembro estructural, un miembro de endurecimiento y un miembro de suspensión para un automóvil, que puede esperarse que realice una contribución significativa a la disminución en el peso de un automóvil. Por tanto, la presente invención tiene un efecto industrial extremadamente importante.

5

REIVINDICACIONES

1. Una chapa de acero laminado en frío de alta resistencia que consiste en, como una composición de componentes, en % en masa:
- C: de 0,075% a 0,300%;
 - 5 Si: de 0,30% a 2,50%;
 - Mn: de 1,30% a 3,50%;
 - P: de 0,001% a 0,050%;
 - S: de 0,0001% a 0,0100%;
 - Al: de 0,001% a 1,500%;
 - 10 N: de 0,0001% a 0,0100%;
 - Ti: 0,150% o menos;
 - Nb: 0,150% o menos;
 - V: 0,150% o menos;
 - Cr: 2,00% o menos;
 - 15 Ni: 2,00% o menos;
 - Cu: 2,00% o menos;
 - Mo: 1,00% o menos;
 - W: 1,00% o menos;
 - 0,5000% o menos en total de al menos uno de Ca, Ce, Mg, Zr, Hf y REM; y siendo el resto Fe e impurezas inevitables,
 - 20 en donde una microestructura de la superficie, que es una microestructura en una superficie que es paralela a una superficie de la chapa de acero y que está situada a una profundidad de 20 μm desde la superficie de la chapa de acero, consiste en austenita residual de 3% a 10%, ferrita de 10% a 87%, martensita revenida de 10% a 50%, ferrita bainítica y bainita de 10% a 50% en total, martensita nueva 15% o menos y perlita 5% o menos, en fracción en volumen,
 - 25 una microestructura interna a una profundidad de $t/4$ desde la superficie de la chapa de acero, suponiendo que un espesor de la chapa es t , consiste en austenita residual de 8% a 30%, ferrita de 10% a 87%, martensita revenida de 10% a 50%, ferrita bainítica y bainita de 10% a 50% en total, martensita nueva 15% o menos y perlita 5% o menos, en fracción en volumen,
 - 30 una razón H_{vs}/H_{vb} entre una dureza de superficie H_{vs} a una profundidad de 20 μm desde la superficie de la chapa de acero y una dureza H_{vb} a una profundidad de $t/4$, es mayor que 0,75 a 0,90, y una resistencia a la tracción máxima TD es 700 MPa o mayor;
 - en donde el equilibrio $TS \times EI$ entre la resistencia a tracción máxima TS y el alargamiento total EI es 18000 MPa-% o mayor; y
 - 35 un radio de plegado límite es de 1 mm o menos y no ocurre estricción, o una chapa de acero en la que el radio de plegado límite es 0,5 mm o menos, en donde el radio de plegado límite se define como una radio de plegado mínimo en el cual no ocurre agrietamiento después de realizar un ensayo de plegado según JIS Z 2248 (2006) en el que cada una de las chapas de acero se cortan en una dirección perpendicular a una dirección de laminado de la chapa de acero y la superficie terminal se pule mecánicamente para preparar una muestra de ensayo que tiene
 - 40 un tamaño de 35 mm x 100 mm, y se realiza un ensayo de plegado a 90 grados usando un troquel de 90 grados y un punzón que tiene un radio R del extremo de la punta de 0,5 mm a 6 mm.
2. La chapa de acero laminado en frío de alta resistencia según la reivindicación 1,
- en donde se forma una película de revestimiento que incluye, al menos, uno de un óxido de fósforo y un óxido compuesto que contiene fósforo, sobre al menos una superficie de la chapa de acero.
- 45 3. La chapa de acero laminado en frío de alta resistencia según la reivindicación 1,

en donde se forma una capa electrolgalvanizada sobre al menos una superficie de la chapa de acero.

4. La chapa de acero laminado en frío de alta resistencia según la reivindicación 3,

en donde se forma una película de revestimiento que incluye, al menos, uno de un óxido de fósforo y un óxido compuesto que contiene fósforo, sobre la capa electrolgalvanizada.

5 5. La chapa de acero laminado en frío de alta resistencia según la reivindicación 1,

en donde se forma una capa galvanizada sobre al menos una superficie de la chapa de acero.

6. La chapa de acero laminado en frío de alta resistencia según la reivindicación 5,

en donde se forma una película de revestimiento que incluye, al menos, uno de un óxido de fósforo y un óxido compuesto que contiene fósforo, sobre la capa galvanizada.

10 7. La chapa de acero laminado en frío de alta resistencia según la reivindicación 1,

en donde se forma una capa recocida galvanizada sobre al menos una superficie de la chapa de acero.

8. La chapa de acero laminado en frío de alta resistencia según la reivindicación 7,

en donde se forma una película de revestimiento que incluye, al menos, uno de un óxido de fósforo y un óxido compuesto que contiene fósforo, sobre la capa recocida galvanizada.

15 9. Un método para producir una chapa de acero laminado en frío según la reivindicación 1, comprendiendo el método:

calentar a de 1050°C a 1350°C una plancha que consiste en, como composición de componentes, en % en masa, C: de 0,075% a 0,300%; Si: de 0,30% a 2,50%; Mn: de 1,30% a 3,50%; P: de 0,001% a 0,050%; S: de 0,0001% a 0,0100%; Al: de 0,001% a 1,500%; N: de 0,0001% a 0,0100%; Ti: 0,150% o menos; Nb: 0,150% o menos; V: 0,150% o menos; Cr: 2,00% o menos; Ni: 2,00% o menos; Cu: 2,00% o menos; Mo: 1,00% o menos; W: 1,00% o menos; 0,5000% o menos en total de al menos uno de Ca, Ce, Mg, Zr, Hf y REM; y siendo el resto Fe e impurezas inevitables, realizar el laminado en caliente a una temperatura de laminado de acabado ajustada a un punto de transformación Ar3 o mayor y 1100°C o menor, y después bobinarla en un intervalo de temperatura de 400°C a 750°C para obtener una chapa de acero laminado en caliente;

20 laminar en frío la chapa de acero laminado en caliente a una reducción de 30% a 80% para obtener una chapa de acero laminado en frío; y

25 recocer la chapa de acero laminado en frío en un intervalo de temperatura de (punto de transformación Ac1 + 40)°C a (punto de transformación Ac3 + 50)°C en una atmósfera en la que log (presión parcial de agua/presión parcial de hidrógeno) es de -3,0 a 0,0 durante 20 segundos a 600 segundos, enfriar la chapa de acero a de 100°C a 330°C a una velocidad de enfriamiento de 0,5°C/s a 500°C/s en un intervalo de temperatura de 700°C a 500°C y, después, mantener la chapa de acero a de 350°C a 500°C durante 10 segundos a 1000 segundos para obtener una chapa de acero laminado en frío de alta resistencia.

30 10. El método para producir una chapa de acero laminado en frío según la reivindicación 9, que comprende además:

formar una película de revestimiento que incluye, al menos, uno de un óxido de fósforo y un óxido compuesto que contiene fósforo, sobre al menos una superficie de la chapa de acero de la chapa de acero laminado en frío de alta resistencia.

35 11. El método para producir una chapa de acero laminado en frío según la reivindicación 9, que comprende además:

formar una capa electrolgalvanizada sobre al menos una superficie de la chapa de acero de la chapa de acero laminado en frío de alta resistencia.

12. El método para producir una chapa de acero laminado en frío según la reivindicación 11, que comprende además:

40 formar una película de revestimiento que incluye, al menos, uno de un óxido de fósforo y un óxido compuesto que contiene fósforo, sobre la capa electrolgalvanizada.

13. El método para producir una chapa de acero laminado en frío según la reivindicación 9, que comprende además:

formar una capa galvanizada sobre al menos una superficie de la chapa de acero de la chapa de acero laminado en frío de alta resistencia,

45 en donde durante la formación de la capa galvanizada, la chapa de acero laminado en frío de alta resistencia se sumerge en un baño de galvanizado en un estado en el que la chapa de acero laminado en frío de alta resistencia se calienta o se enfría en un intervalo de temperatura de (temperatura del baño de galvanizado - 40)°C a

(temperatura del baño de galvanizado + 50)°C, y se enfría.

14. El método para producir una chapa de acero laminado en frío según la reivindicación 13, que comprende además:
formar una película de revestimiento que incluye, al menos, uno de un óxido de fósforo y un óxido compuesto que contiene fósforo sobre la capa galvanizada.
- 5 15. El método para producir una chapa de acero laminado en frío según la reivindicación 9, que comprende además:
formar una capa recocida galvanizada sobre al menos una superficie de la chapa de acero de la chapa de acero laminado en frío de alta resistencia,
en donde durante la formación de la capa recocida galvanizada, la chapa de acero laminado en frío de alta resistencia se sumerge en un baño de galvanizado en un estado en el que el baño de galvanizado se calienta o se enfría en un intervalo de temperatura de (temperatura del baño de galvanizado - 40)°C a (temperatura del baño de galvanizado + 50)°C, se somete a aleado a una temperatura de 460°C o mayor y después se enfría.
- 10 16. El método para producir una chapa de acero laminado en frío según la reivindicación 15, que comprende además:
formar una película de revestimiento que incluye, al menos, uno de un óxido de fósforo y un óxido compuesto que contiene fósforo sobre la capa recocida galvanizada.
- 15 17. El método para producir una chapa de acero laminado en frío según una cualquiera de las reivindicaciones 9 a 16, en donde
una temperatura de parada del enfriamiento se establece a 300°C o menor en el enfriamiento.
18. El método para producir una chapa de acero laminado en frío según una cualquiera de las reivindicaciones 9 a 16, en donde
- 20 una temperatura de parada del enfriamiento se establece a 250°C o menor en el enfriamiento.