

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 671 886**

51 Int. Cl.:

C22C 38/00	(2006.01)	C22C 38/04	(2006.01)
C21D 9/46	(2006.01)	C22C 38/06	(2006.01)
C23C 2/02	(2006.01)	C22C 38/08	(2006.01)
C23C 2/06	(2006.01)	C22C 38/12	(2006.01)
C23C 2/12	(2006.01)	C22C 38/14	(2006.01)
C23C 2/26	(2006.01)	C22C 38/16	(2006.01)
C23C 2/28	(2006.01)	C22C 38/18	(2006.01)
C21D 8/02	(2006.01)	C22C 38/22	(2006.01)
C25D 5/36	(2006.01)	C22C 38/28	(2006.01)
C22C 38/02	(2006.01)	C22C 38/32	(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **11.01.2013 PCT/JP2013/050382**
- 87 Fecha y número de publicación internacional: **18.07.2013 WO13105632**
- 96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **11.01.2013 E 13735919 (6)**
- 97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **02.05.2018 EP 2803744**

54 Título: **Chapa de acero laminada en frío y método para producir la misma**

30 Prioridad:

13.01.2012 JP 2012004551

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

11.06.2018

73 Titular/es:

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

72 Inventor/es:

**NONAKA, TOSHIKI;
KATO, SATOSHI;
KAWASAKI, KAORU y
TOMOKIYO, TOSHIMASA**

74 Agente/Representante:

ELZABURU, S.L.P

ES 2 671 886 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín Europeo de Patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre Concesión de Patentes Europeas).

DESCRIPCIÓN

Chapa de acero laminada en frío y método para producir la misma

5 [Campo técnico de la invención]

10 La presente invención se relaciona, con una chapa de acero laminada en frío que tiene excelente conformabilidad antes de la estampación en caliente y después de la estampación en caliente y un método de fabricación de la misma. La chapa de acero laminada en frío de la presente invención incluye una chapa de acero laminada en frío galvanizada en caliente, una chapa de acero laminada galvanizada en frío, una chapa de acero laminada en frío electrogalvanizada y una chapa de acero laminada en frío aluminizada.

[Técnica relacionada]

15 Actualmente, una chapa de acero para un vehículo se requiere que sea mejorada para la seguridad a la colisión y tenga un peso reducido. Actualmente, hay una demanda de una chapa de acero de resistencia más elevada añadida a las chapas de acero de clase 980 MPa (980 MPa o mayor) y chapas de acero de clase 1.180 MPa (1.180 MPa o mayor) en términos de resistencia a la tracción. Por ejemplo, hay una demanda de chapa de acero que tenga una resistencia a la tracción de más de 1,5 GPa. En la circunstancia descrita arriba, el estampado en caliente (también denominado prensado en caliente, temple en troquel, temple en prensa o similar) está atrayendo la atención como un método para obtener una resistencia elevada. El estampado en caliente se refiere a un método de conformación en el cual una chapa de acero es calentada a una temperatura de 750 °C o mayor, conformada en caliente (trabajada) para mejorar la conformabilidad de la chapa de acero de alta resistencia y, luego, enfriada para templar la chapa de acero, obteniendo con ello las calidades del material deseadas.

20 Una chapa de acero que tiene ferrita y martensita, una chapa de acero que tiene ferrita y bainita, una chapa de acero que contiene austenita retenida en la estructura o similares se conocen como una chapa de acero que tiene tanto conformabilidad en prensa como alta resistencia. De entre las chapas de acero descritas arriba, una chapa de acero multifase que tenga martensita dispersa en una base de ferrita (chapa de acero que incluye ferrita y martensita, esto es, chapa de acero DP) tiene un límite de elasticidad bajo y resistencia a la tracción alta, y además, excelentes características de alargamiento. No obstante, la chapa de acero multifase tiene una expansibilidad de orificio pobre puesto que las tensiones se concentran en la interfase entre ferrita y martensita y es probable que se origine agrietamiento a partir de la interfase. Además, una chapa de acero que tiene las multifases descritas arriba no es capaz de presentar resistencia a la tracción de clase 1,5 GPa.

25 Por ejemplo, los Documentos de Patentes 1 a 3 divulgan chapas de acero multifase según las descritas arriba. Además, los Documentos de Patentes 4 a 6 describen la relación entre la dureza y la conformabilidad de una chapa de acero de alta resistencia.

30 No obstante, incluso con las técnicas descritas arriba de la técnica anterior, es difícil satisfacer los requerimientos actuales para un vehículo tal como reducción de peso adicional, aumento de resistencia adicional y formas de componentes más complicadas. El documento de patente europea EP2264206 A1 divulga una chapa de acero zincada de alta resistencia la cual es excelente en el equilibrio entre capacidad para ser trabajada para desbarbado y ductilidad y excelente en la resistencia a la fatiga. El documento de patente japonesa JP 2010-065292 A1 divulga un miembro prensado en caliente que tiene una excelente ductilidad, TS de 1.300 a 1.450 MPa y EI de 8% o más.

[Documentos de la técnica anterior]

[Documentos de Patentes]

35 [Documento de Patente 1] Solicitud de Patente Japonesa no examinada, Primera Publicación N° H6-128688
 [Documento de Patente 2] Solicitud de Patente Japonesa no examinada, Primera Publicación N° 2000-319756
 [Documento de Patente 3] Solicitud de Patente Japonesa no examinada, Primera Publicación N° 2005-120436
 [Documento de Patente 4] Solicitud de Patente Japonesa no examinada, Primera Publicación N° 2005-256141
 55 [Documento de Patente 5] Solicitud de Patente Japonesa no examinada, Primera Publicación N° 2001-355044
 [Documento de Patente 6] Solicitud de Patente Japonesa no examinada, Primera Publicación N° H11-189842

[Descripción de la invención]

60 [Problemas a ser resueltos por la invención]

La presente invención se ha hecho en consideración del problema descrito arriba. Esto es, un objeto de la presente invención es proporcionar una chapa de acero laminada en frío la cual tiene excelente conformabilidad y es capaz de obtener expansibilidad de orificio conveniente junto con resistencia y un método de fabricación de la misma. Además, otro objeto de la presente invención es proporcionar una chapa de acero laminada en frío capaz de asegurar una resistencia de 1,5 GPa o más, preferiblemente 1,8 GPa o más, y 2,0 GPa o más después de

conformado por estampación en caliente y de obtener expansibilidad de orificio más conveniente y un método de fabricación de la misma.

[Métodos para resolver el problema]

Los presentes inventores llevaron a cabo intensos estudios en relación con una chapa de acero laminada en frío de alta resistencia la cual asegura la resistencia antes de estampación en caliente (antes del calentamiento en un proceso de estampación en caliente que incluye calentar a una temperatura en un intervalo de 750 °C a 1.000 °C, trabajar y enfriar) y tiene excelente conformabilidad tal como la expansibilidad de orificio. Además, los inventores llevaron a cabo intensos estudios en relación con una chapa de acero laminada en frío la cual asegura una resistencia de 1,5 GPa o más, preferiblemente 1,8 GPa o más y 2,0 GPa o más después de la estampación en caliente (después de trabajar y enfriar en el proceso de estampación en frío) y tiene excelente conformabilidad tal como la expansibilidad de orificio. Como resultado, se encontró que, en una chapa de acero laminada en frío, una conformabilidad más conveniente que nunca, esto es, el producto de la resistencia a la tracción TS y la ratio de expansibilidad de orificio λ (TS \times λ) de 50.000 MPa·% o más, puede asegurarse mediante (i) con respecto a los componentes del acero, establecer una relación apropiada entre las cantidades de Si, Mn y C, (ii) ajustar las fracciones de ferrita y martensita a fracciones predeterminadas y (iii) ajustar la reducción de laminación de la laminación en frío para obtener una proporción de dureza (diferencia de dureza) de la martensita entre la parte superficial de un espesor de chapa y la porción central del espesor de chapa (parte central) de la chapa de acero y una distribución de dureza de la martensita en la parte central en un intervalo específico. Además, se encontró que, cuando la chapa de acero laminada en frío obtenida de la manera descrita arriba se usa para estampar en caliente dentro de un intervalo de condiciones determinado, la proporción de dureza de la martensita entre la parte superficial del espesor de la chapa y la parte central de la chapa de acero laminada en frío y la distribución de dureza de la martensita en la porción central del espesor de la chapa raramente cambian incluso después de estampar en caliente y, por lo tanto, puede obtenerse una chapa de acero laminada en frío (acero estampado en caliente) que tiene alta resistencia y excelente conformabilidad. Además, también se clarificó que la supresión de la segregación de MnS en la porción central del espesor de chapa de la chapa de acero laminada en frío es efectiva para mejorar la expansibilidad de orificio tanto en la chapa de acero laminada en frío antes de estampación en caliente como en la chapa de acero laminada en frío después de estampación en caliente.

Además, también se encontró que, en laminación en frío para la cual se usa un tren de laminación en frío que tiene una pluralidad de cajas, el ajuste de la fracción de la reducción de laminación en frío en cada una de las cajas desde la más superior hasta la tercera en la reducción de laminación en frío total (reducción de laminación acumulada) a un intervalo específico es efectivo para controlar la dureza de la martensita. Sobre la base de los hallazgos descritos arriba, los inventores han encontrado una variedad de aspectos de la presente invención descritos más abajo. Además, se encontró que los efectos no se alteran incluso cuando se llevan a cabo sobre la chapa de acero laminada en frío galvanizada en caliente, recocida después de galvanizar, electrogalvanizada y aluminizada.

(1) Esto es, de acuerdo con un primer aspecto de la presente invención, se proporciona una chapa de acero laminada en frío que consiste en, en % en masa, C: más de 0,150% hasta 0,300%, Si: 0,010% hasta 1,000%, Mn: 1,50% hasta 2,70%, P: 0,001% hasta 0,060%, S: 0,001% hasta 0,010%, N: 0,0005% hasta 0,0100% y Al: 0,010% hasta 0,050% y que contiene, opcionalmente, uno o más de B: 0,0005% hasta 0,0020%, Mo: 0,01% a 0,50%, Cr: 0,01% hasta 0,50%, V: 0,001% hasta 0,100%, Ti: 0,001% hasta 0,100%, Nb: 0,001% hasta 0,050%, Ni: 0,01% hasta 1,00% Cu: 0,01% hasta 1,00%, Ca: 0,0005% hasta 0,0050% y REM: 0,0005% hasta 0,0050%, y un balance de Fe e impurezas inevitables, en el cual, cuando una cantidad de C, una cantidad de Si y una cantidad de Mn están representadas, respectivamente, por [C], [Si] y [Mn] en unidades de % de masa, se satisface una relación de la fórmula 1 siguiente, una estructura metalográfica consiste en, en porcentaje de área, 40% a 90% de ferrita y 10% a 60% de martensita, opcionalmente uno o más de 10% o menos de perlita en porcentaje de área, 5% o menos de austenita retenida en porcentaje de volumen y 20% o menos de bainita en porcentaje de área, una dureza de la martensita medida usando un nanoindentador satisface las fórmulas 2a y 3a siguientes, y TS \times λ que representa un producto de TS que es una resistencia a la tracción y λ que es una relación de expansión de orificio es 50.000 MPa·% o más.

$$(5 \times [\text{Si}] + [\text{Mn}]) / [\text{C}] > 10 \dots (1)$$

$$1,005 \leq H_{20} / H_{10} < 1,10 \dots (2a)$$

$$\sigma_{HM0} < 20 \dots (3a)$$

Aquí, H10 representa una dureza media de la martensita en la parte superficial de la chapa de acero laminada en frío la cual está a 200 μm o menos desde la capa más externa en una dirección del espesor, el H20 representa una dureza media de la martensita en la porción central de un espesor de chapa, la cual ocupa un intervalo de $\pm 100 \mu\text{m}$ desde un centro del espesor de chapa de la chapa de acero laminada en frío en la dirección del espesor y el σ_{HM0} representa una varianza de la dureza de la martensita presente

en el intervalo de $\pm 100 \mu\text{m}$ desde la porción central del espesor de chapa en la dirección del espesor.

- (2) En la chapa de acero laminada en frío de acuerdo con el punto (1) anterior, un porcentaje de área de MnS que está presente en la estructura metalográfica y tiene un diámetro de círculo equivalente en un intervalo de $0,1 \mu\text{m}$ a $10 \mu\text{m}$ puede ser 0,01% o menos, y puede satisfacerse la fórmula 4a siguiente.

$$n_{20}/n_{10} < 1,5 \dots (4a)$$

Aquí, el n_{10} representa una cifra de densidad media del MnS por $10.000 \mu\text{m}^2$ en una parte $\frac{1}{4}$ del espesor de chapa de la chapa de acero laminada en frío, y el n_{20} representa una cifra de densidad media del MnS por $10.000 \mu\text{m}^2$ en la porción central del espesor de chapa.

- (3) Si, en la chapa de acero laminada en frío de acuerdo con el punto (1) anterior, adicionalmente, después de una estampación en caliente que incluye calentar a una temperatura en un intervalo de $750 \text{ }^\circ\text{C}$ a $1.000 \text{ }^\circ\text{C}$, se lleva a cabo un trabajado y un enfriamiento, la dureza de la martensita medida usando un nanoindentador puede satisfacer las fórmulas 2b y 3b siguientes, la estructura metalográfica puede contener 80% o más de martensita en porcentaje de área, opcionalmente, contener además uno o más de 10% o menos de perlita en porcentaje de área, 5% o menos de austenita retenida en porcentaje de volumen, menos de 20% de ferrita y menos de 20% de bainita en porcentaje de área, y $TS \times \lambda$ que representa el producto de TS que es la resistencia a la tracción y λ que es una relación de expansión de orificio puede ser $50.000 \text{ MPa}\cdot\%$ o más.

$$H_2/H_1 < 1,10 \dots (2b)$$

$$\sigma_{HM} < 20 \dots (3b)$$

Aquí, el H_1 representa una dureza media de la martensita en la parte superficial después de la estampación en caliente, el H_2 representa una dureza media de la martensita en la porción central del espesor de chapa después de la estampación en caliente y σ_{HM} representa una varianza de la dureza de la martensita presente en la porción central del espesor de chapa después de la estampación en caliente.

- (4) Si, en la chapa de acero laminada en frío de acuerdo con el punto (3) anterior, un porcentaje de área de MnS que está presente en la estructura metalográfica y tiene un diámetro de círculo equivalente en un intervalo de $0,1 \mu\text{m}$ a $10 \mu\text{m}$ puede ser 0,01% o menos, y puede satisfacerse la fórmula 4b siguiente.

$$n_2/n_1 < 1,5 \dots (4b)$$

Aquí, el n_1 representa una cifra de densidad media del MnS por $10.000 \mu\text{m}^2$ en una parte $\frac{1}{4}$ del espesor de chapa de la chapa de acero laminada en frío después de estampación en caliente, y el n_2 representa una cifra de densidad media del MnS por $10.000 \mu\text{m}^2$ en la porción central del espesor de chapa después de la estampación en caliente.

- (5) En la chapa de acero laminada en frío de acuerdo con cualquiera de los puntos (1) a (4) anteriores, puede formarse, además, una capa galvanizada en caliente sobre una superficie de la chapa de acero laminada en frío.

- (6) En la chapa de acero laminada en frío de acuerdo con el punto (5) anterior, la capa galvanizada en caliente puede incluir una capa recocida después de galvanizar.

- (7) En la chapa de acero laminada en frío de acuerdo con cualquiera de los puntos (1) a (4) anteriores, puede formarse, además, una capa electrolgalvanizada sobre una superficie de la chapa de acero laminada en frío.

- (8) En la chapa de acero laminada en frío de acuerdo con cualquiera de los puntos (1) a (4) anteriores, puede formarse, además, una capa aluminizada sobre una superficie de la chapa de acero laminada en frío.

- (9) De acuerdo con otro aspecto de la presente invención, se proporciona un método de fabricación para una chapa de acero laminada en frío que incluye un proceso de colada de colar acero fundido que tiene los componentes químicos descritos en el punto (1) anterior y producir un acero; un proceso calentamiento de calentar el acero; un proceso de laminación en caliente de llevar a cabo laminación en caliente sobre el acero usando una instalación de laminación en caliente que tenga una pluralidad de cajas; un proceso de bobinado de bobinar el acero después del proceso de laminación en caliente; un proceso de decapado de llevar a cabo decapado sobre el acero después del proceso de bobinado; un proceso de laminación en frío de llevar a cabo una laminación en frío sobre el acero después del proceso de decapado usando un tren de laminación en frío que tiene una pluralidad de cajas bajo condiciones en las cuales se satisface la fórmula 5 siguiente; un proceso de recocido de llevar a cabo calentar a una temperatura en un intervalo de $750 \text{ }^\circ\text{C}$ a

850 °C y enfriar sobre el acero después del proceso de laminado en frío; y un proceso de temperizado de llevar a cabo temperizado sobre el acero después del proceso de recocido.

$$1,5 \times r_1/r + 1,2 \times r_2/r + r_3/r > 1,0 \dots (5)$$

5 Aquí, r_i representa una reducción de laminación en frío en % individual objetivo en la i -ésima caja donde i es 1, 2 o 3 contado desde la caja más superior de entre una pluralidad de las cajas de la laminación en frío y r representa una reducción de laminación en frío total en el proceso de laminación en frío en %.

10 (10) En el método de fabricación de fabricar una chapa de acero laminada en frío de acuerdo con el punto (9) anterior, cuando una temperatura de bobinado en el proceso de bobinado se representa por CT en unidades °C; y una cantidad de C, una cantidad de Mn, una cantidad de Cr y una cantidad de Mo del acero se representan, respectivamente, por [C], [Mn], [Cr] y [Mo] en unidades de % en masa, puede satisfacerse la fórmula 6 siguiente.

$$560 - 474 \times [C] - 90 \times [Mn] - 20 \times [Cr] - 20 \times [Mo] < CT < 830 - 270 \times [C] - 90 \times [Mn] - 70 \times [Cr] - 80 \times [Mo] \dots (6)$$

15 (11) En el método de fabricación de fabricar una chapa de acero laminada en frío de acuerdo con los puntos (9) o (10) anteriores, cuando una temperatura de calentamiento en el proceso de calentamiento está representada por T en unidades °C, un tiempo de residencia en el horno se representa por t en unidades minuto; y una cantidad de Mn y una cantidad de S en el acero están representadas, respectivamente, por [Mn] y [S] en unidades de % en masa; se puede satisfacer la fórmula 7 siguiente.

$$T \times \ln(t) / (1,7 \times [Mn] + [S]) > 1.500 \dots (7)$$

20 (12) En el método de fabricación de fabricar una chapa de acero laminada en frío de acuerdo con cualquiera de los puntos (9) a (11) anteriores, puede incluirse, además, un proceso de galvanización en caliente de llevar a cabo una galvanización en caliente sobre el acero entre el proceso de recocido y el proceso de temperizado.

25 (13) En el método de fabricación de fabricar una chapa de acero laminada en frío de acuerdo con cualquiera de los puntos (9) a (12) anteriores, puede incluirse, además, un proceso de tratamiento de aleación de llevar a cabo un tratamiento de aleación sobre el acero entre el proceso de galvanización en caliente y el proceso de temperizado.

30 (14) En el método de fabricación de fabricar una chapa de acero laminada en frío de acuerdo con cualquiera de los puntos (9) a (11) anteriores, puede incluirse, además, un proceso de electrogalvanización de llevar a cabo una electrogalvanización sobre el acero después del proceso de temperizado.

35 (15) En el método de fabricación de fabricar una chapa de acero laminada en frío de acuerdo con cualquiera de los puntos (9) a (11) anteriores, puede incluirse, además, un proceso de aluminización de llevar a cabo una aluminización sobre el acero entre el proceso de recocido y el proceso de temperizado.

40 [Efectos de la invención]

45 De acuerdo con el aspecto de la presente invención, puesto que se establece una relación apropiada entre la cantidad de C, la cantidad de Mn y la cantidad de Si, y se da a la martensita una dureza apropiada medida usando un nanoindentador, es posible obtener una chapa de acero laminada en frío que tiene una expansibilidad de orificio conveniente. Además, es posible obtener una chapa de acero laminada en frío que tiene una expansibilidad de orificio conveniente incluso después de estampación en caliente.

50 Mientras tanto, la chapa de acero laminada en frío de acuerdo con los puntos (1) a (8) anteriores y aceros estampados en caliente fabricados usando la chapa de acero laminada en frío fabricada de acuerdo con los puntos (9) a (15) anteriores tienen una conformabilidad excelente.

55 [Breve descripción de los dibujos]

La figura 1 es una gráfica que ilustra una relación entre $(5 \times [Si] + [Mn]) / [C]$ y $TS \times \lambda$.

60 La figura 2A es una gráfica que ilustra el fundamento de las Fórmulas 2a, 2b, 3a y 3b, y es una gráfica que ilustra una relación entre H_{20}/H_{10} y σ_{HM0} de una chapa de acero laminada en frío antes de estampación en caliente y una relación de H_2/H_1 y σ_{HM} de una chapa de acero laminada en frío después de estampación en caliente.

65 La figura 2B es una gráfica que ilustra el fundamento de las Fórmulas 3a y 3b, y es una gráfica que ilustra una relación entre σ_{HM0} antes de la estampación en caliente y σ_{HM} después de estampación en caliente, y $TS \times \lambda$.

La figura 3 es una gráfica que ilustra una relación entre n_{20}/n_{10} de la chapa de acero laminada en frío antes de estampación en caliente y n_2/n_1 de la chapa de acero laminada en frío después de estampación en caliente, y $TS \times \lambda$ y que ilustra el fundamento de las Fórmulas 4a y 4b.

La figura 4 es una gráfica que ilustra una relación entre $1,5 \times r_1/r + 1,2 \times r_2/r + r_3/r$ y H_{20}/H_{10} de la chapa de acero laminada en frío antes de estampación en caliente y H_2/H_1 después de estampación en caliente, y que ilustra el fundamento de la Fórmula 5.

La figura 5A es una gráfica que ilustra una relación entre la Fórmula 6 y una fracción de martensita.

La figura 5B es una gráfica que ilustra una relación entre la Fórmula 6 y una fracción de perlita.

La figura 6 es una gráfica que ilustra una relación entre $T \times \ln(t)/(1,7 \times [Mn] + [S])$ y $TS \times \lambda$, y que ilustra el fundamento de la Fórmula 7.

La figura 7 es una vista en perspectiva de un acero estampado en caliente (chapa de acero laminada en frío después de estampación en caliente) usada en un ejemplo.

La figura 8 es un diagrama de flujo que ilustra un método fabricación de fabricar una chapa de acero laminada en frío de acuerdo con una realización de la presente invención.

[Realizaciones de la invención]

Según se describió arriba, es importante establecer una relación apropiada entre las cantidades de Si, Mn y C y, además, dar una dureza apropiada a la martensita en porciones predeterminadas de la chapa de acero para mejorar la expansibilidad de orificio. Hasta ahora, no ha habido ningún estudio con respecto a la relación entre la conformabilidad de una chapa de acero laminada en frío y la dureza de la martensita para tanto antes como después de la estampación en caliente.

En adelante en este documento, se describirá con detalle una realización de la presente invención.

Primero, se describirán una chapa de acero laminada en frío de acuerdo con una realización de la presente invención y las razones para limitar los componentes químicos del acero usado para la fabricación de la chapa de acero laminada en frío. En adelante en este documento, "%", que es la unidad de la cantidad de cada componente, indica "% en masa".

Mientras tanto, en la presente realización, por conveniencia, una chapa de acero laminada en frío que no ha sido sometida a estampación en caliente se llamará, simplemente, una chapa de acero laminada en frío, una chapa de acero laminada en frío antes de estampación en caliente o una chapa de acero laminada en frío de acuerdo con la realización, y una chapa de acero laminada en frío que ha sido sometida a estampación en caliente (trabajada mediante estampación en caliente) se llamará una chapa de acero laminada en frío después de estampación en caliente o una chapa de acero laminada en frío después de estampación en caliente de acuerdo con la realización.

C: más de 0,150% hasta 0,300%

El C es un elemento importante para endurecer la ferrita y la martensita y aumenta la resistencia del acero. No obstante, cuando la cantidad de C es 0,150% o menos, no puede obtenerse una cantidad suficiente de martensita y no es posible aumentar suficientemente la resistencia. Por otro lado, cuando la cantidad de C excede 0,300%, el alargamiento o la expansión de orificio se degrada significativamente. Por lo tanto, el intervalo de la cantidad de C se establece en más de 0,150% y 0,300% o menos.

Si: 0,010% hasta 1,000%

El Si es un elemento importante para suprimir la generación de un carburo perjudicial y para obtener multifases que incluyen principalmente ferrita y martensita. No obstante, cuando 1,000%, el alargamiento o la expansibilidad de orificio se degradan y las propiedades de conversión química también se degradan. Por lo tanto, la cantidad de Si se establece en 1,000% o menos. Además, se añade Si para la desoxidación, pero el efecto de desoxidación no es suficiente en una cantidad de Si de menos de 0,010%. Por lo tanto, la cantidad de Si se establece en 0,010% o más.

Al: 0,010% hasta 0,050%

El Al es un elemento importante como agente desoxidante. Para obtener el efecto de desoxidación, la cantidad de Al se establece en 0,010% o más. Por otro lado, incluso cuando se añade Al excesivamente, el efecto descrito arriba se satura y, a la inversa, el acero se vuelve frágil y se reduce $TS \times \lambda$. Por lo tanto, la cantidad de Al se establece en el intervalo de 0,010% hasta 0,050%.

Mn: 1,50% hasta 2,70%

El Mn es un elemento importante para aumentar la capacidad de endurecimiento y aumentan la resistencia del acero. No obstante, cuando la cantidad de Mn es menos de 1,50%, no es posible aumentar suficientemente la resistencia. Por otro lado, cuando la cantidad de Mn excede 2,70%, la capacidad de endurecimiento se hace

excesiva y el alargamiento o la expansibilidad de orificio se degradan. Por lo tanto, la cantidad de Mn se establece en 1,50% hasta 2,70%. En un caso en el cual se requiera un alargamiento más elevado, la cantidad de Mn se establece deseablemente en 2,00% o menos.

5 P: 0,001% hasta 0,060%

En una cantidad grande, se segrega P en los bordes de los granos y deteriora el alargamiento local y la soldabilidad. Por lo tanto, la cantidad de P se establece en 0,060% o menos. La cantidad de P es menor deseablemente pero una reducción extrema en el contenido de P conduce a un aumento en el coste de refinado y, por lo tanto, la cantidad de P se establece deseablemente en 0,001% o más.

10 P se establece deseablemente en 0,001% o más.

S: 0,001% hasta 0,010%

15 El S es un elemento que forma MnS y deteriora significativamente el alargamiento local y la soldabilidad. Por lo tanto, el límite superior de la cantidad de S se establece en 0,010%. Además, la cantidad de S es menor deseablemente; no obstante, debido a un problema de costes de refinado, el límite inferior de la cantidad de S se establece deseablemente en 0,001%.

20 N: 0,0005% hasta 0,0100%

25 El N es un elemento importante para precipitar AlN y similares y miniaturizar los granos de cristal. No obstante, cuando la cantidad de N excede 0,0100%, permanece solución sólida de nitrógeno y se degradan el alargamiento o la expansibilidad de orificio. Por lo tanto, la cantidad de N se establece en 0,100% o menos. Mientras tanto, la cantidad de N es deseablemente menor; no obstante, debido al problema de costes de refinado, el límite inferior de la cantidad de N se establece deseablemente en 0,0005%.

30 La chapa de acero laminada en frío de acuerdo con la realización tiene una composición básica que tiene los componentes descritos arriba y un resto de hierro e impurezas inevitables, pero puede contener, además, cualesquiera uno o más elementos de Nb, Ti, V, Mo, Cr, Ca, REM (metales de tierras raras), Cu, Ni y B como elementos que se han usado hasta ahora en cantidades del límite superior descrito arriba o menos para mejorar la resistencia, controlar la forma de un sulfuro o un óxido, y similares. Los elementos químicos descritos arriba no se añaden siempre a la chapa de acero y, por lo tanto, el límite inferior de los mismos es 0%.

35 Nb, Ti y V son elementos que precipitan carbonitruro fino y aumenta la resistencia del acero. Además, Mo y Cr son elementos que aumentan la capacidad de endurecimiento y aumentan la resistencia del acero. Para obtener los efectos descritos arriba, es deseable contener 0,001% o más de Nb, 0,001% o más de Ti, 0,001% o más de V, 0,01% o más de Mo y 0,01% o más de Cr. No obstante, incluso cuando se contienen más de 0,050% de Nb, más de 0,100% de Ti, más de 0,100% de V, más de 0,50% de Mo y más de 0,50% de Cr, el efecto de aumento de resistencia se satura y se causa la degradación del alargamiento o la expansibilidad de orificio. Por lo tanto, los límites superiores de Nb, Ti, V, Mo y Cr se establecen en 0,050%, 0,100%, 0,100%, 0,50% y 0,50%, respectivamente.

40 El acero puede contener, además, Ca en un intervalo de 0,0005% a 0,0050%. El Ca controla la forma de un sulfuro o un óxido y aumenta el alargamiento local o la expansibilidad de orificio. Para obtener el efecto descrito arriba, es deseable contener 0,0005% o más de Ca. No obstante, cuando se contiene una cantidad excesiva de Ca, se deteriora la capacidad para ser trabajado y, por lo tanto, el límite superior de la cantidad de Ca se establece en 0,0050%. Por la misma razón, el límite inferior se establece en 0,0005% y el límite superior de elementos de tierras raras (REM) se establece en 0,0050%.

45 El acero puede contener, además, Cu en un intervalo de 0,01% hasta 1,00%, Ni en un intervalo de 0,01% hasta 1,00% y B en un intervalo de 0,0005% hasta 0,0020%. Los elementos descritos arriba también pueden mejorar la capacidad de endurecimiento y aumentar la resistencia del acero. No obstante, para obtener el efecto descrito arriba, es deseable contener 0,01% o más de Cu, 0,01% o más de Ni y 0,0005% o más de B. En las cantidades descritas arriba o menos, el efecto que endurece el acero es pequeño. Por otro lado, incluso cuando se añade más de 1,00% de Cu, más de 1,00% de Ni y más de 0,0020% de B, el efecto de aumento de resistencia se satura y se degrada el alargamiento o la expansibilidad de orificio. Por lo tanto, los límites superiores de la cantidad de Cu, la cantidad de Ni y la cantidad de B se establecen en 1,00%, 1,00% y 0,0020%, respectivamente.

50 En un caso en el cual el acero contenga B, Mo, Cr, V, Ti, Nb, Ni, Cu, Ca y REM, se contiene al menos un elemento. El resto del acero incluye Fe e impurezas inevitables. El acero puede, además, contener otros elementos distintos de los descritos arriba (por ejemplo, Sn, As y similares) como las impurezas inevitables siempre y cuando las características no se alteran. B, Mo, Cr, V, Ti, Nb, Ni, Cu, Ca y REM que están contenidos en cantidades menores de los límites inferiores descritos arriba se tratan como impurezas inevitables.

65 Mientras tanto, puesto que no hay ningún cambio en los componentes químicos incluso después de la estampación en caliente, los componentes químicos satisfarán aún los intervalos descritos arriba incluso en la chapa de acero

después de estampación en caliente.

Además, en la chapa de acero laminada en frío de acuerdo con la realización y la chapa de acero laminada en frío después de estampación en caliente de acuerdo con la realización, cuando la cantidad de C (% en masa), la cantidad de Si (% en masa) y la cantidad de Mn (% en masa) se representan por [C], [Si] y [Mn], respectivamente, es importante satisfacer la relación de la fórmula 1 siguiente para obtener suficiente expansibilidad de orificio según se ilustra en la figura 1.

$$(5 \times [\text{Si}] + [\text{Mn}]) / [\text{C}] > 10 \dots (1)$$

Cuando el valor de $(5 \times [\text{Si}] + [\text{Mn}]) / [\text{C}]$ es 10 o menos, $\text{TS} \times \lambda$ se hace menos de 50.000 MPa·%, y no es posible obtener suficiente expansibilidad de orificio. Esto es porque, cuando el contenido en C es alto, la dureza de una fase dura se hace demasiado elevada, la diferencia de la dureza de una fase blanda se hace grande y, por lo tanto, el valor λ se deteriora y, cuando el contenido en Si, o el contenido en Mn, son pequeños, TS se hace baja. Por lo tanto, es necesario controlar el balance entre las cantidades de los respectivos elementos además de contener los elementos en los intervalos descritos arriba. El valor de $(5 \times [\text{Si}] + [\text{Mn}]) / [\text{C}]$ no cambia debido a la laminación o la estampación en caliente. No obstante, incluso cuando $(5 \times [\text{Si}] + [\text{Mn}]) / [\text{C}] > 10$ se satisface, en un caso en el cual la proporción de dureza descrita más abajo de la martensita (H20/H10, H2/H1) o la dispersión de la dureza de la martensita (σ_{HM0} , σ_{HM}) no satisfacen las condiciones, no puede obtenerse suficiente expansibilidad de orificio en la chapa de acero laminada en frío o la chapa de acero laminada en frío después de estampación en caliente.

A continuación, se describirá la razón para limitar la estructura metalográfica de la chapa de acero laminada en frío de acuerdo con la realización y la chapa de acero laminada en frío después de estampación en caliente de acuerdo con la realización.

Generalmente, en la chapa de acero laminada en frío que tiene una estructura metalográfica que incluye principalmente ferrita y martensita, el factor dominante para la conformabilidad tal como la expansibilidad de orificio es la martensita más bien que la ferrita. Los inventores llevaron a cabo intensos estudios con respecto a la relación entre la dureza de la martensita y la conformabilidad tal como el alargamiento o la expansibilidad de orificio. Como resultado, se encontró que, según se ilustra en las figuras 2A y 2B, la conformabilidad tal como el alargamiento o la expansibilidad de orificio se hace conveniente siempre y cuando la proporción de dureza (diferencia de dureza) de la martensita entre la parte superficial del espesor de chapa y la porción central del espesor de chapa y la distribución de dureza de la martensita en la porción central del espesor de chapa están en estados predeterminados tanto en la chapa de acero laminada en frío como en la chapa de acero laminada en frío después de estampación en caliente. Además, se encontró que la proporción de dureza de la martensita y la distribución de dureza de la martensita en la chapa de acero laminada en frío antes de estampación en caliente raramente cambiaban en la chapa de acero laminada en frío después de estampación en caliente obtenido llevando a cabo temple mediante estampación en caliente sobre una chapa de acero laminada en frío que tiene conformabilidad conveniente y, consecuentemente, conformabilidad tal como alargamiento o la expansibilidad de orificio convenientes. Esto es así porque la distribución de la dureza de la martensita generada en la chapa de acero laminada en frío antes de estampación en caliente tiene aún un efecto significativo incluso después de estampación en caliente. Específicamente, esto se considera que es porque elementos de aleación concentrados en la porción central del espesor de chapa aún permanecen en la porción central del espesor de chapa en un estado concentrado incluso después de estampación en caliente. Esto es, en un caso en el cual la proporción de dureza de la martensita entre la parte superficial del espesor de chapa y la porción central del espesor de chapa es grande o un caso en el cual la varianza de la dureza de la martensita en la porción central del espesor de chapa es grande, se obtienen la misma proporción de dureza y la misma varianza incluso después de estampación en caliente.

Además, con respecto a la medida de la dureza de la martensita medida con una ampliación de 1.000 veces usando un nanoindentador fabricado por Hysitron Corporation, los inventores encontraron que, en la chapa de acero laminada en frío antes de estampación en caliente, se mejoró la conformabilidad satisfaciendo las fórmulas 2a y 3a siguientes. Además, con respecto a las relaciones descritas arriba, los inventores encontraron que, en la chapa de acero laminada en frío después de estampación en caliente, de manera similar, se mejoró la conformabilidad satisfaciendo las fórmulas 2b y 3b siguientes.

$$1,005 \leq \text{H20}/\text{H10} < 1,10 \dots (2a)$$

$$\sigma_{\text{HM0}} < 20 \dots (3a)$$

$$\text{H2}/\text{H1} < 1,10 \dots (2b)$$

$$\sigma_{\text{HM}} < 20 \dots (3b)$$

Aquí, H10 representa la dureza de la martensita en la parte superficial del espesor de chapa de la chapa de acero laminada en frío antes de estampación en caliente la cual es 200 μm o menos desde la capa la más externa en una dirección del espesor. H20 representa la dureza de la martensita en la porción central de un espesor de chapa de la

chapa de acero laminada en frío antes de estampación en caliente, esto es, martensita en un intervalo de $\pm 100 \mu\text{m}$ desde el centro del espesor de chapa en la dirección del espesor. σ_{HM0} representa la varianza de la dureza de la martensita presente en el intervalo de $\pm 100 \mu\text{m}$ desde el centro del espesor de chapa de la chapa de acero laminada en frío antes de estampación en caliente en la dirección del espesor.

Además, H1 representa la dureza de la martensita en la parte superficial del espesor de chapa de la chapa de acero laminada en frío después de estampación en caliente, la cual es $200 \mu\text{m}$ o menos desde la capa la más externa en la dirección del espesor. H2 representa la dureza de la martensita en la porción central del espesor de chapa de la chapa de acero laminada en frío después de estampación en caliente, esto es, martensita en un intervalo de $\pm 100 \mu\text{m}$ desde el centro del espesor de chapa en la dirección del espesor. σ_{HM} representa la varianza de la dureza de la martensita presente en el intervalo de $\pm 100 \mu\text{m}$ desde el centro del espesor de chapa de la chapa de acero laminada en frío después de estampación en caliente en la dirección del espesor.

La dureza se mide en 300 puntos para cada una. El intervalo de $\pm 100 \mu\text{m}$ desde el centro del espesor de chapa en la dirección del espesor se refiere a un intervalo que tiene un centro en el centro del espesor de chapa y que tiene un tamaño de $200 \mu\text{m}$ en la dirección del espesor.

Además, la varianza de la dureza σ_{HM0} o σ_{HM} se obtiene usando la fórmula 8 siguiente e indica la distribución de la dureza de la martensita. Mientras tanto, σ_{HM} en la fórmula representa σ_{HM0} y se expresa como σ_{HM} .

$$\sigma_{HM} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (X_{ave} - X_i)^2 \quad \dots (8)$$

X_{ave} representa el valor medio de la dureza de la martensita medida y X_i representa la dureza de la i-ésima martensita. Mientras tanto, la fórmula es válida aún incluso cuando σ_{HM} se reemplaza por σ_{HM0} .

La figura 2A ilustra las proporciones entre la dureza de la martensita en la parte superficial y la dureza de la martensita en la porción central del espesor de chapa en la chapa de acero laminada en frío antes de estampación en caliente y la chapa de acero laminada en frío después de estampación en caliente. Además, la figura 2B ilustra colectivamente las varianzas de la dureza de martensita presente en el intervalo de $\pm 100 \mu\text{m}$ desde el centro del espesor de chapa en la dirección del espesor de la chapa de acero laminada en frío antes de estampación en caliente y la chapa de acero laminada en frío después de estampación en caliente. Según se ilustra en las figuras 2A y 2B, la proporción de dureza de la chapa de acero laminada en frío antes de estampación en caliente y la proporción de dureza de la chapa de acero laminada en frío después de estampación en caliente son casi la misma. Además, las varianzas de la dureza de la martensita en la porción central del espesor de chapa son casi la misma tanto en la chapa de acero laminada en frío antes de estampación en caliente como en la chapa de acero laminada en frío después de estampación en caliente. Por lo tanto, se encuentra que la conformabilidad de la chapa de acero laminada en frío después de estampación en caliente es tan excelente como la conformabilidad de la chapa de acero laminada en frío antes de estampación en caliente.

El valor de H20/H10 o H2/H1 que sea 1,10 o más indica que, en la chapa de acero laminada en frío antes de estampación en caliente o la chapa de acero laminada en frío después de estampación en caliente, la dureza de la martensita en la porción central del espesor de chapa es 1,10 o más veces la dureza de la martensita en la parte superficial del espesor de chapa. Esto es, el valor indica que la dureza en la porción central del espesor de chapa se hace demasiado elevada. Según se ilustra en la figura 2A, cuando H20/H10 es 1,10 o más, σ_{HM0} alcanza 20 o más y, cuando H2/H1 es 1,10 o más, σ_{HM} alcanza 20 o más. En este caso, $TS \times \lambda$ se hace menor de 50.000 MPa·% y no se obtiene suficiente conformabilidad tanto antes de templar (esto es, antes de estampación en caliente) como después de templar (esto es, después de estampación en caliente). Además, teóricamente, hay un caso en el cual los límites inferiores de H20/H10 y H1/H2 son los mismos en la porción central del espesor de chapa y en la parte superficial del espesor de chapa siempre y cuando no se lleve a cabo ningún tratamiento térmico; no obstante, en un proceso de producción real que considera la productividad, los límites inferiores se bajan, por ejemplo, hasta aproximadamente 1,005.

La varianza σ_{HM0} o σ_{HM} que sea 20 o más indica que, en la chapa de acero laminada en frío antes de estampación en caliente y la chapa de acero laminada en frío después de estampación en caliente, hay una gran falta de uniformidad de la dureza de la martensita y hay porciones locales que tienen dureza excesivamente elevada. En este caso, $TS \times \lambda$ se hace menor de 50.000 MPa·% y no se obtiene suficiente conformabilidad.

A continuación, se describirá la estructura metalográfica de la chapa de acero laminada en frío de acuerdo con la realización (antes de estampación en caliente) y la chapa de acero laminada en frío después de estampación en caliente de acuerdo con la realización.

5 En la estructura metalográfica de la chapa de acero laminada en frío de acuerdo con la realización, el porcentaje de área de ferrita está en un intervalo de 40% a 90%. Cuando el porcentaje de área de ferrita es menos de 40%, la resistencia se hace demasiado elevada incluso antes de estampación en caliente de tal forma que hay un caso en el cual la forma de la chapa de acero se deteriora o el corte se hace difícil. Por lo tanto, el porcentaje de área de ferrita se establece en 40% o más. Por otro lado, en la chapa de acero laminada en frío de acuerdo con la realización, puesto que se añade una gran cantidad de elementos de aleación, es difícil establecer el porcentaje de área de ferrita en más del 90%. La estructura metalográfica incluye, no sólo ferrita sino también martensita, y el porcentaje de área de martensita está en el intervalo de 10% a 60%. La suma del porcentaje de área de ferrita y el porcentaje de área de martensita es, deseablemente, 60% o más. La estructura metalográfica puede, además, incluir uno o más de perlita, bainita y austenita retenida. No obstante, cuando la austenita retenida permanece en la estructura metalográfica, es probable que se degraden la fragilidad secundaria al trabajado y las características de fractura retardada y, por lo tanto, es preferible que la estructura metalográfica no incluya, sustancialmente, austenita retenida. No obstante, inevitablemente, puede incluirse austenita retenida en un porcentaje de volumen de 5% o menos. Puesto que la perlita es una estructura dura y frágil, la estructura metalográfica, preferiblemente, no incluye nada de perlita; no obstante, inevitablemente, puede incluirse perlita en un porcentaje de área de hasta 10%. La bainita es una estructura que puede generarse como una estructura residual y es una estructura intermedia en términos de resistencia o conformabilidad. La ausencia de bainita no supone ninguna diferencia pero la estructura metalográfica puede incluir hasta 20% de bainita en porcentaje de área. En la realización, con respecto a la estructura metalográfica, ferrita, bainita y perlita se observaron mediante ataque con Nital, y la martensita se observó mediante ataque con reactivo Le pera. Las estructuras fueron todas observadas en parte $\frac{1}{4}$ del espesor de chapa con una ampliación de 1.000 veces usando un microscopio óptico. Para la austenita retenida, la fracción volumétrica se midió usando un aparato de difracción de rayos X después de pulir la chapa de acero hasta una posición a una profundidad de un cuarto del espesor.

25 En la estructura metalográfica de la chapa de acero laminada en frío después de estampación en caliente de acuerdo con la realización, el porcentaje de área de la martensita es 80% o más. Cuando el porcentaje de área de la martensita es menos de 80%, no puede obtenerse una resistencia suficiente requerida para un acero recién estampado en caliente (por ejemplo, 1,5 GPa o más). Por lo tanto, el porcentaje de área de la martensita se establece, deseablemente, en 80% o más. Todas o las partes principales de la estructura metalográfica de la chapa de acero laminada en frío después de estampación en caliente están ocupadas por martensita, pero hay un caso en el cual la estructura metalográfica restante incluye uno o más de 10% o menos de perlita en porcentaje de área, 5% o menos de austenita retenida en porcentaje de volumen, menos de 20% de ferrita en porcentaje de área y menos de 20% de bainita en porcentaje de área. La ferrita está presente en un intervalo de contenido de 0% hasta menos de 20% dependiendo de las condiciones de la estampación en caliente, y no hay ningún problema con la resistencia después de la estampación en caliente siempre y cuando la ferrita esté contenida en el intervalo descrito arriba. Además, cuando austenita retenida permanece en la estructura metalográfica, es probable que se degraden la fragilidad secundaria al trabajado y las características de fractura retardada. Por lo tanto, es preferible que la estructura metalográfica no incluya, sustancialmente, ninguna austenita retenida; no obstante, inevitablemente, puede estar incluida austenita retenida en un porcentaje de volumen de 5% o menos. Puesto que la perlita es una estructura dura y frágil, la estructura metalográfica, preferiblemente, no incluye perlita; no obstante, inevitablemente, puede estar incluida perlita en un porcentaje de área de hasta 10%. Por la misma razón, la estructura metalográfica puede incluir hasta 20% de bainita en porcentaje de área. De manera similar al caso de la chapa de acero laminada en frío antes de estampación en caliente, las estructuras metalográficas se observaron en una parte $\frac{1}{4}$ del espesor de chapa con una ampliación de 1.000 veces usando un microscopio óptico después de llevar a cabo ataque con Nital para ferrita, bainita y perlita y llevar a cabo ataque con reactivo Le pera para la martensita. Para la austenita retenida, la fracción volumétrica se midió usando un aparato de difracción de rayos X después de pulir la chapa de acero hasta una posición a una profundidad de un cuarto del espesor.

50 Mientras tanto, la estampación en caliente puede ejecutarse de acuerdo con un método convencional, por ejemplo, puede incluir calentar a una temperatura en un intervalo de 750 °C a 1.000 °C, trabajar y enfriar.

55 En la realización, se especifica la dureza de la martensita medida en la chapa de acero laminada en frío antes de estampación en caliente y la chapa de acero laminada en frío después de estampación en caliente usando un nanoindentador con una ampliación de 1.000 veces (dureza de penetración (GPa o N/mm²) o el valor de dureza Vickers (Hv) convertido a partir de la dureza de penetración). En un ensayo de dureza Vickers ordinario, se forma una penetración mayor que la martensita. Por lo tanto, pueden obtenerse la dureza macroscópica de la martensita y las estructuras periféricas de la misma (ferrita y similares) pero no es posible obtener la dureza de la propia martensita. Puesto que la conformabilidad tal como la expansibilidad de orificio está afectada significativamente por la dureza de la propia martensita, es difícil evaluar suficientemente la conformabilidad sólo con la dureza Vickers. Por el contrario, en la realización, puesto que la proporción de dureza y el estado de dispersión de la martensita medida usando un nanoindentador son controlados en un intervalo apropiado, es posible obtener conformabilidad extremadamente conveniente.

65 Se observó MnS en una posición a una profundidad de un cuarto del espesor de chapa (una ubicación a una profundidad de un cuarto del espesor de chapa desde la superficie) y la porción central del espesor de chapa de la chapa de acero laminada en frío de acuerdo con la realización. Como resultado, se encontró que el porcentaje de

5
10
15
20
25
30
35
40
45
50
55
60

área de MnS que tiene un diámetro de círculo equivalente en un intervalo de 0,1 µm a 10 µm era 0.01% o menos y, como se ilustra en la figura 3, es preferible satisfacer la fórmula 4a siguiente con el fin de satisfacer $TS \times \lambda \geq 50.000$ MPa·% de manera conveniente y estable. Esto se considera que es porque, cuando el MnS que tiene un diámetro de círculo equivalente de 0,1 µm está presente en un ensayo de expansibilidad de orificio, las tensiones se concentran alrededor del MnS y, por lo tanto, se vuelve probable que ocurra el agrietamiento. La razón para no contar MnS que tiene un diámetro de círculo equivalente de menos de 0,1 µm es que tal MnS tiene un efecto pequeño en la concentración de tensiones. Por otro lado, el MnS que es mayor de 10 µm es demasiado grande y es, así, inadecuado para trabajar. Además, cuando el porcentaje de área de MnS en un intervalo de 0,1 µm a 10 µm excede 0,01%, se vuelve fácil para grietas finas generadas debido a concentración de tensiones el propagarse. Por lo tanto, hay un caso en el cual la expansibilidad de orificio se degrada.

$$n_{20}/n_{10} < 1,5 \dots (4a)$$

15
20
25
30
35
40
45
50
55
60

Aquí, n_{10} representa la cifra de densidad (granos/10.000 µm²) del MnS que tiene un diámetro de círculo equivalente en un intervalo de 0,1 µm a 10 µm por unidad de área (10.000 µm²) en la parte ¼ del espesor de chapa de la chapa de acero laminada en frío antes de estampación en caliente. n_{20} representa la cifra de densidad (cifra de densidad media) del MnS que tiene un diámetro de círculo equivalente en un intervalo de 0,1 µm a 10 µm por unidad de área en la porción central del espesor de chapa de la chapa de acero laminada en frío antes de estampación en caliente.

20
25
30
35
40
45
50
55
60

Además, los inventores observaron MnS en una posición a una profundidad de un cuarto del espesor (una ubicación a una profundidad de un cuarto del espesor de chapa desde la superficie) y la porción central del espesor de chapa de la chapa de acero laminada en frío después de estampación en caliente de acuerdo con la realización. Como resultado, se encontró que, de manera similar a la chapa de acero laminada en frío antes de estampación en caliente, el porcentaje de área de MnS que tiene un diámetro de círculo equivalente en un intervalo de 0,1 µm a 10 µm era 0.01% o menos y, como se ilustra en la figura 3, es preferible satisfacer la fórmula 4b siguiente con el fin de satisfacer $TS \times \lambda \geq 50.000$ MPa·% de manera conveniente y estable.

$$n_2/n_1 < 1,5 \dots (4b)$$

30
35
40
45
50
55
60

Aquí, n_1 representa una cifra de densidad del MnS que tiene un diámetro de círculo equivalente en un intervalo de 0,1 µm a 10 µm por unidad de área en la parte ¼ del espesor de chapa de la chapa de acero laminada en frío después de estampación en caliente. n_2 representa la cifra de densidad (cifra de densidad media) del MnS que tiene un diámetro de círculo equivalente en un intervalo de 0,1 µm a 10 µm por unidad de área en la porción central del espesor de chapa de la chapa de acero laminada en frío después de estampación en caliente.

35
40
45
50
55
60

Cuando el porcentaje de área del MnS que tiene un diámetro de círculo equivalente en un intervalo de 0,1 µm a 10 µm es más de 0,01%, según se describió arriba, es probable que la conformabilidad se degrade debido a la concentración de tensiones. El límite inferior del porcentaje de área del MnS no está especificada particularmente, pero 0,0001% o más de MnS puede estar presente debido a la limitación del método de medida descrito más abajo, la ampliación y el campo visual, capacidad de tratamiento de desulfuración y la cantidad original de Mn o S.

40
45
50
55
60

Por otro lado, el valor de n_{20}/n_{10} o n_2/n_1 que sea 1,5 o más indica que la cifra de densidad de MnS en la porción central del espesor de chapa de la chapa de acero laminada en frío antes de estampación en caliente o la chapa de acero laminada en frío después de estampación en caliente es 1,5 veces o más la cifra de densidad de MnS en la parte ¼ del espesor de chapa. En este caso, es probable que la conformabilidad se degrade debido a la segregación de MnS en la porción central del espesor de chapa.

50
55
60

En la realización, el diámetro de círculo equivalente y la cifra de densidad de MnS se midieron usando un microscopio electrónico de barrido de emisión de campo (Fe-SEM) fabricado por JEOL Ltd. La ampliación fue 1.000 veces y el área de medida del campo visual se estableció en $0,12 \times 0,09$ mm² ($=10.800$ µm² \approx 10.000 µm²). La observación fue llevada a cabo en 10 campos visuales en la ubicación a una profundidad de un cuarto del espesor de chapa desde la superficie (la parte ¼ del espesor de chapa) y en 10 campos visuales en la porción central del espesor de chapa. El porcentaje de área del MnS se calcula usando un software de análisis de partículas. En la realización, se observó MnS en la chapa de acero laminada en frío antes de estampación en caliente y la chapa de acero laminada en frío después de estampación en caliente, la forma del MnS en la chapa de acero laminada en frío después de estampación en caliente raramente cambió de la forma (forma y número) del MnS en la chapa de acero laminada en frío antes de estampación en caliente. La figura 3 es una vista que ilustra la relación entre n_{20}/n_{10} de la chapa de acero laminada en frío antes de estampación en caliente y n_2/n_1 de la chapa de acero laminada en frío después de estampación en caliente y $TS \times \lambda$. Se encontró que n_{20}/n_{10} de la chapa de acero laminada en frío antes de estampación en caliente y n_2/n_1 de la chapa de acero laminada en frío después de estampación en caliente son casi coincidentes. Esto es porque la forma del MnS no cambia a la temperatura de calentamiento de la estampación en caliente ordinaria.

La chapa de acero laminada en frío de acuerdo con la realización tiene una conformabilidad excelente. Además, una

5 chapa de acero laminada en frío después de estampación en caliente llevando a cabo estampación en caliente sobre la chapa de acero laminada en frío descrita arriba tiene una resistencia a la tracción en el intervalo de 1.500 MPa (1,5 GPa) hasta 2.000 MPa y presenta excelente conformabilidad. Un efecto significativo que mejora la conformabilidad comparada con la de la chapa de acero laminada en frío de la técnica relacionada se obtiene, particularmente, a una alta resistencia en un intervalo de aproximadamente 1.800 MPa 2.000 MPa.

10 Es preferible llevar a cabo galvanización, por ejemplo, galvanización en caliente, recocido después de galvanizar, electrogalvanización o aluminización sobre las superficies de la chapa de acero laminada en frío de acuerdo con la realización y la chapa de acero laminada en frío después de estampación en caliente de acuerdo con la realización en términos de prevención del óxido. Llevar a cabo el recubrimiento descrito arriba no altera los efectos de la realización. El recubrimiento descrito arriba puede llevarse a cabo usando un método bien conocido.

15 En adelante en este documento, se describirá un método de fabricación de fabricar la chapa de acero laminada en frío de acuerdo con la realización.

20 Cuando se está fabricando la chapa de acero laminada en frío de acuerdo con la realización, como condición ordinaria, acero líquido fundido para tener los componentes químicos descritos arriba es colado en continuo desde un convertidor produciendo con ello un desbaste plano. Durante la colada continua, cuando la velocidad de colada es demasiado rápida, los precipitados de Ti y similares se hacen demasiado finos. Por otro lado, cuando la velocidad de colada es baja, se deteriora la productividad y los precipitados descritos arriba se hacen de grano grueso y el número de partículas decrece de tal manera que hay un caso en el cual la chapa de acero laminada en frío obtiene una forma en la cual otras características y, así, la fractura retardada, no pueden controlarse. Por lo tanto, la velocidad de colada se establece, deseablemente, en un intervalo de 1,0 m/minuto hasta 2,5 m/minuto.

25 El desbaste plano, después de fundir y colar puede ser sometido a una laminación en caliente bruto de fundición. Como alternativa, en un caso en el cual el desbaste plano ha sido enfriado hasta por debajo de 1.100 °C, es posible recalentar el desbaste plano en un horno túnel o similar a una temperatura en un intervalo de 1.100 °C hasta 1.300 °C y, entonces, laminar en caliente el desbaste plano. Cuando la temperatura del desbaste plano durante la laminación en caliente es inferior a 1.100 °C, es difícil asegurar la temperatura de acabado durante la laminación en caliente, lo cual causa la degradación del alargamiento. Además, en una chapa de acero a la cual se añade TiNb, los precipitados no se disuelven suficientemente durante el calentamiento y, por lo tanto, la resistencia decrece. Por otro lado, cuando la temperatura del desbaste plano es más alta de 1.300 °C, hay una preocupación de que puedan generarse un número de cascarillas de óxido y pueda ser imposible obtener calidad superficial conveniente de la chapa de acero.

35 Además, para reducir el porcentaje de área del MnS, cuando la cantidad de Mn (% en masa) y la cantidad de S (% en masa) del acero están representadas, respectivamente, por [Mn] y [S], es preferible para la temperatura T (°C) del horno de calentamiento, el tiempo de residencia en el horno t (minutos), que [Mn] y [S] antes de la laminación en caliente satisfagan la fórmula 7 siguiente.

$$40 \quad T \times \ln(t) / (1,7 \times [Mn] + [S]) > 1.500 \dots (7)$$

45 Cuando el valor de $T \times \ln(t) / (1,7 \times [Mn] + [S])$ es 1.500 o menos, el porcentaje de área del MnS se hace grande y hay un caso en el cual la diferencia se hace grande entre el número de MnS en la parte $\frac{1}{4}$ del espesor de chapa y el número MnS en la porción central del espesor de chapa. Mientras tanto, la temperatura del horno de calentamiento antes de la laminación en caliente se refiere a la temperatura de extracción en el lado de salida del horno de calentamiento y el tiempo de residencia en el horno se refiere al tiempo transcurrido desde la inserción del desbaste plano en el horno de calentamiento de la laminación en caliente hasta la extracción del desbaste plano del horno de calentamiento. Puesto que MnS no cambia debido a la laminación o estampación en caliente según se describió arriba, la fórmula 7 se satisface, preferiblemente, durante el calentamiento del desbaste plano. Mientras tanto, ln descrito arriba representa un logaritmo neperiano.

55 A continuación, se lleva a cabo la laminación en caliente de acuerdo con un método convencional. En este momento, es deseable llevar a cabo la laminación en caliente sobre el desbaste plano con la temperatura de acabado (la temperatura cuando termina el laminación en caliente) establecida en un intervalo de temperatura Ar3 hasta 970 °C. Cuando la temperatura de acabado es inferior de la temperatura Ar3, hay una preocupación de que la laminación pueda ser llevada a cabo en una región bifásica de ferrita (α) y austenita (γ) y puede degradarse el alargamiento. Por otro lado, cuando la temperatura de acabado es más alta de 970 °C, el grano de austenita se hace grande y la fracción de ferrita se hace pequeña y, por lo tanto, hay una preocupación de que pueda degradarse el alargamiento.

60 La temperatura Ar3 puede obtenerse llevando a cabo un ensayo formastor, midiendo el cambio en la longitud de una probeta de ensayo en respuesta al cambio de temperatura y estimando la temperatura del punto de inflexión.

65 Después de la laminación en caliente, el acero es enfriado a una velocidad de enfriamiento media de 20 °C/segundo

hasta 500 °C/segundo y es bobinado a una temperatura de bobinado predeterminada CT °C. En un caso en el cual la velocidad de enfriamiento es menos de 20 °C/segundo, es probable que se genere perlita que causa la degradación del alargamiento, lo cual no es preferible.

5 Por otro lado, el límite superior de la velocidad de enfriamiento no está especificado particularmente pero el límite superior de la velocidad de enfriamiento se establece deseablemente en aproximadamente 500 °C/segundo desde el punto de vista de la especificación de la instalación, pero el límite superior no está limitado a ella.

10 Después del bobinado, se lleva a cabo decapado y se lleva a cabo laminación en frío. En este momento, según se ilustra en la figura 4, la laminación en frío se lleva a cabo bajo condiciones en las cuales se satisfaga la fórmula 5 siguiente para obtener un intervalo que satisfaga la fórmula 2a descrita arriba. Cuando las condiciones de recocido, enfriamiento y similares descritas abajo se satisfacen, además, después de que se lleve a cabo la laminación descrita arriba, se obtiene una chapa de acero laminada en frío en la cual se satisface $TS \times \lambda \geq 50.000 \text{ MPa}\cdot\%$. Además, la chapa de acero laminada en frío aún satisface $TS \times \lambda \geq 50.000 \text{ MPa}\cdot\%$ incluso después de llevar a cabo estampación en caliente que incluye calentar a una temperatura en un intervalo de 750 °C hasta 1.000 °C, trabajado y enfriado. La laminación en frío se lleva a cabo, deseablemente, usando un tren de laminación en tándem en el cual una chapa de acero es laminada en continuo en una única dirección a través de una pluralidad de laminadores dispuestos linealmente, obteniendo con ello un espesor predeterminado.

20
$$1,5 \times r_1 / r + 1,2 \times r_2 / r + r_3 / r > 1,0 \dots (5)$$

25 Aquí, r_i ($i=1, 2$ o 3) representa la reducción (%) de laminación en frío individual objetivo en la i -ésima ($i=1, 2$ o 3) caja desde la caja más superior de la laminación en frío descrita arriba y r representa una reducción (%) de laminación en frío descrito arriba. La reducción de laminación total es una denominada reducción de laminación acumulada y es el porcentaje de la cantidad de reducción de laminación acumulada con respecto al criterio del espesor de chapa en la entrada del primer paso (la diferencia entre el espesor de chapa en la entrada antes del primer paso y el espesor de chapa en la salida después del paso final).

30 Cuando la laminación en frío se lleva a cabo bajo condiciones en las cuales se satisface la fórmula 5 descrita arriba, es posible dividir suficientemente la perlita durante la laminación en frío incluso cuando está presente perlita grande antes de la laminación en frío. Como resultado, es posible calcinar la perlita o suprimir el porcentaje de área de la perlita a la mínima extensión mediante recocido, llevado a cabo después de la laminación en frío. Por lo tanto, se vuelve fácil obtener una estructura en la cual se satisfacen las fórmulas 2 y 3. Por otro lado, en un caso en el cual no se satisface la fórmula 5, las reducciones de laminación en frío en las cajas de flujo superior no son suficientes y es probable que la perlita grande permanezca. Como resultado, no es posible generar martensita que tenga una forma deseada en el proceso de recocido.

35 Además, los inventores encontraron que, en la chapa de acero laminada en frío que había sido sometida a laminación satisfaciendo la fórmula 5, fue posible mantener la forma de la martensita obtenida después de recocer (proporción de dureza y varianza) en casi el mismo estado incluso después de llevar a cabo estampación en caliente, y la chapa de acero laminada en frío se hace ventajosa en términos de alargamiento o la expansibilidad de orificio incluso después de estampación en caliente. En un caso en el cual la chapa de acero laminada en frío de acuerdo con la realización es calentada hasta una región austenítica mediante estampación en caliente, la fase dura que incluye la martensita se transforma en una austenita que tiene una concentración de C elevada, y la fase ferrita se transforma en la austenita que tiene una concentración de C baja. Cuando la chapa de acero laminada en frío es enfriada después, la austenita se transforma en una fase dura que incluye martensita. Esto es, cuando la fórmula 5 se satisface para obtener la H20/H10 descrita arriba en un intervalo predeterminado, la H20/H10 se mantiene incluso después de estampación en caliente y, con ello, H2/H1 se obtiene en un intervalo predeterminado y la chapa de acero laminada en frío se hace excelente en términos de conformabilidad después de estampación en caliente.

40 En un caso en el cual se lleva a cabo estampación en caliente sobre la chapa de acero laminada en frío de acuerdo con la realización, cuando se lleva a cabo calentar a una temperatura en un intervalo de 750 °C a 1.000 °C, trabajar y enfriar de acuerdo con un método convencional, se presenta una conformabilidad excelente incluso después de estampación en caliente. Por ejemplo, la estampación en caliente se lleva a cabo, deseablemente, bajo las condiciones siguientes. Primero, la chapa de acero laminada en frío es calentada hasta una temperatura en un intervalo de 750 °C a 1.000 °C a una tasa de incremento de temperatura de 5 °C/segundo hasta 500 °C/segundo y es trabajada (conformada) durante un segundo a 120 segundos. Para obtener alta resistencia, la temperatura de calentamiento es, preferiblemente, más elevada que el punto Ac3. El punto Ac3 puede obtenerse llevando a cabo una ensayo formador, midiendo el cambio en la longitud de una probeta de ensayo en respuesta al cambio de temperatura y estimando la temperatura a partir del punto de inflexión. Después de trabajar, la chapa de acero laminada en frío es, preferiblemente, enfriada hasta, por ejemplo, una temperatura en un intervalo de temperatura ambiente hasta 300 °C a una velocidad de enfriamiento de 10 °C/segundo hasta 1.000 °C/segundo.

65 Cuando la temperatura de calentamiento es inferior a 750 °C, la fracción de martensita es insuficiente y hay una preocupación de que puede ser imposible asegurar la resistencia. Por otro lado, cuando la temperatura de

calentamiento es más elevada de 1.000 °C, la estructura se hace demasiado blanda y, en un caso en el cual la superficie de la chapa de acero está recubierta, particularmente está recubierta con zinc, hay una preocupación de que el zinc pueda evaporarse y se calcina, lo cual no es preferible. Por lo tanto, la temperatura de calentamiento de la estampación en caliente está, preferiblemente, en un intervalo de 750 °C hasta 1.000 °C. Cuando la tasa de incremento de temperatura es menos de 5 °C/segundo, el control es difícil y la productividad se degrada significativamente y, por lo tanto, la chapa de acero laminada en frío es calentada, preferiblemente, a una tasa de incremento de temperatura de 5 °C/segundo o más. Mientras tanto, no hay necesidad de limitar el límite superior de la tasa de incremento de temperatura; no obstante, cuando se tiene en cuenta la capacidad de calentamiento actual, el límite superior de la tasa de incremento de temperatura se establece, deseablemente, en 500 °C/segundo. Cuando la velocidad de enfriamiento después de trabajar es menos de 10 °C/segundo, el control de la velocidad es difícil y la productividad se degrada significativamente. Mientras tanto, no hay necesidad de limitar el límite superior de la velocidad de enfriamiento; no obstante, cuando se tiene en cuenta la capacidad de enfriamiento actual, el límite superior de la velocidad de enfriamiento se establece, deseablemente, en 1000 °C/segundo. La razón para establecer un tiempo deseable transcurrido hasta la estampación en caliente después de que la temperatura se eleve en un intervalo de 1 segundo a 120 segundos es evitar la evaporación del zinc o similar en un caso en el cual la superficie de la chapa de acero está galvanizada o similar. La razón para una temperatura de detención del enfriamiento deseable en un intervalo de temperatura ambiente a 300 °C es asegurar la resistencia después de estampación en caliente asegurando una cantidad suficiente de martensita.

En la realización, r , r_1 , r_2 y r_3 representan reducciones de laminación en frío objetivo. Generalmente, una chapa de acero es laminada en frío con un control para obtener casi el mismo valor de reducción de laminación en frío real que la reducción de laminación en frío objetivo. No es preferible llevar a cabo laminación en frío con una reducción de laminación en frío real innecesariamente desviada de la reducción de laminación en frío objetivo. En un caso, en el cual hay una diferencia grande entre la reducción de laminación objetivo y la reducción de laminación real, es posible considerar que una chapa de acero laminada en frío es una realización de la presente invención siempre y cuando la reducción de laminación real satisfaga la fórmula 5 descrita arriba. La reducción de laminación en frío real se hace converger, preferiblemente, dentro de un intervalo de $\pm 10\%$ de la reducción de laminación en frío objetivo.

Después de la laminación en frío, se lleva a cabo un recocido. El recocido causa la recristalización en la chapa de acero y genera la martensita deseada. Durante el recocido, es preferible, de acuerdo con un método convencional, calentar la chapa de acero hasta un intervalo de temperatura de 700 °C hasta 850 °C y enfriar la chapa de acero hasta temperatura ambiente o una temperatura a la cual un tratamiento superficial, tal como galvanización en caliente, se lleva a cabo. Cuando el recocido se lleva a cabo en el intervalo de temperatura descrito arriba, se obtienen porcentajes de área predeterminados de ferrita y martensita y la suma del porcentaje de área de ferrita y el porcentaje de área de martensita alcanza el 60% o más y, por lo tanto, $TS \times \lambda$ mejora.

Condiciones diferentes a la temperatura de recocido no se especifican particularmente; no obstante, para asegurar de manera fiable una estructura predeterminada, el tiempo de mantenimiento a una temperatura en un intervalo de 750 °C a 850 °C se establece, preferiblemente, en 1 segundo o más, por ejemplo, aproximadamente 10 minutos dentro del alcance en el cual la productividad no se perjudica. La tasa de incremento de temperatura se determina, preferiblemente, según sea apropiado en un intervalo de 1 °C/segundo hasta el límite superior de la instalación, por ejemplo, 500 °C/segundo y la velocidad de enfriamiento se determina, preferiblemente, según sea apropiado en un intervalo de 1 °C/segundo hasta el límite superior de la instalación, por ejemplo, 500 °C/segundo.

Después del recocido, se lleva a cabo temperizado sobre el acero. La temperizado puede ser llevada a cabo de acuerdo con un método convencional. La tasa de alargamiento de la temperizado está, generalmente, en el intervalo de aproximadamente 0,2% a 0,5% y una tasa de alargamiento a la cual el límite de elasticidad de alargamiento puede evitarse y la forma de la chapa de acero puede corregirse es preferible.

Como una condición aún más preferible de la presente invención, cuando la cantidad de C (% en masa), la cantidad de Mn (% en masa), la cantidad de Si (% en masa) y la cantidad de Mo (% en masa) de acero están representadas, respectivamente, por [C], [Mn], [Si] y [Mo], la temperatura de bobinado CT en el proceso de bobinado satisface, preferiblemente, la fórmula 6 siguiente.

$$560-474 \times [C] - 90 \times [Mn] - 20 \times [Cr] - 20 \times [Mo] < CT < 830 - 270 \times [C] - 90 \times [Mn] - 70 \times [Cr] - 80 \times [Mo] \dots (6)$$

Según se ilustra en la figura 5A, cuando la temperatura de bobinado CT es menos de $560-474 \times [C] - 90 \times [Mn] - 20 \times [Cr] - 20 \times [Mo]$, esto es, $CT - (560-474 \times [C] - 90 \times [Mn] - 20 \times [Cr] - 20 \times [Mo])$ es menos de cero, se genera una cantidad de martensita excesiva y la chapa de acero se hace demasiado dura de tal manera que hay un caso en el cual la subsiguiente laminación en frío se hace difícil. Por otro lado, según se ilustra en la figura 5B, cuando la temperatura de bobinado CT es más de $830-270 \times [C] - 90 \times [Mn] - 70 \times [Cr] - 80 \times [Mo]$, esto es, $CT - (830-270 \times [C] - 90 \times [Mn] - 70 \times [Cr] - 80 \times [Mo])$ es más de cero, se hace probable que se genere una estructura en forma de banda que incluya ferrita y perlita. Además, la fracción de perlita en la porción central del espesor de chapa es probable que se haga elevada. Por lo tanto, se degrada la uniformidad de la distribución de la martensita que se genera durante el subsiguiente proceso de recocido, y se hace difícil satisfacer la fórmula 2a descrita arriba. Además, hay un caso en el cual se

hace difícil que se genere una cantidad suficiente de martensita.

5 Cuando la fórmula 6 se satisface, una distribución de la ferrita y la fase dura se hacen de la forma ideal en la chapa de acero laminada en frío antes de estampación en caliente según se describió arriba. Además, en este caso, C y similares se difunden fácilmente de manera uniforme incluso después de calentar y enfriar mediante la estampación en caliente. Por lo tanto, la forma de distribución de la dureza de la martensita se hace aproximadamente ideal incluso después de que se lleve a cabo el enfriamiento. Esto es, siempre y cuando sea posible asegurar más fiabilidad de la estructura metalográfica descrita arriba satisfaciendo la fórmula 6, la conformabilidad se hace excelente en ambos casos de antes y después de la estampación en caliente.

10 Además, para el propósito de mejorar la capacidad de prevención de óxido, es preferible proporcionar un proceso de galvanización en caliente en el cual se lleva a cabo la galvanización en caliente entre el proceso de recocido descrito arriba y el proceso de temperizado descrito arriba y llevar a cabo la galvanización en caliente sobre la superficie de la chapa de acero laminada en frío. Además, también es preferible proporcionar un proceso de tratamiento de aleación en el cual se lleva a cabo un tratamiento de aleación entre el proceso de galvanización en caliente y el proceso de temperizado para obtener una placa recocida después de galvanizar mediante alear una placa galvanizada en caliente. En un caso en el cual se lleva a cabo un tratamiento de aleación, se puede llevar a cabo, además, un tratamiento sobre la superficie de la placa recocida después de galvanizar en el cual la superficie es llevada a hacer contacto con una sustancia que oxida la superficie de la placa tal como vapor de agua, engrosando con ello una película oxidada.

15 También es preferible proporcionar, por ejemplo, un proceso de electrogalvanización en el cual se lleva a cabo una electrogalvanización sobre la superficie de la chapa de acero laminada en frío después del proceso de temperizado añadido al proceso de galvanización en caliente y al proceso de tratamiento de aleación. Además, también es preferible proporcionar, en lugar de la galvanización en caliente, un proceso de aluminización en el cual se lleva a cabo una aluminización entre el proceso de recocido y el proceso de temperizado y llevar a cabo aluminización sobre la superficie de la chapa de acero laminada en frío. La aluminización es, general y preferiblemente, aluminizado por inmersión en baño caliente.

20 Según se describió arriba, cuando se satisfacen las condiciones descritas arriba, es posible fabricar una chapa de acero laminada en frío que asegure resistencia y presenta expansibilidad de orificio más conveniente. Además, la distribución de dureza o la estructura se mantiene incluso después de estampación en caliente de forma que se asegura la resistencia y se obtiene una expansibilidad de orificio más conveniente incluso después de estampación en caliente.

25 Mientras tanto, la figura 8 ilustra un diagrama de flujo (Procesos S1 a S9 y Procesos S11 a S14) de un ejemplo del método de fabricación descrito arriba.

40 [Ejemplo]

45 Acero que tenía los componentes descritos en la Tabla 1 fue colado en continuo a una velocidad de colada en un intervalo de 1,0 m/minuto a 2,5 m/minuto, un desbaste plano fue calentado en un horno de calentamiento bajo condiciones de la Tabla 2 de acuerdo con un método convencional como bruto de colada o después de enfriar el acero una vez y se llevó a cabo laminación en caliente a una temperatura de acabado en un intervalo de 910 °C hasta 930 °C, produciendo con ello una chapa de acero laminada en caliente. Después de eso, la chapa de acero laminada en caliente fue bobinada a una temperatura de bobinado CT descrita en la Tabla 2. Después de eso, se eliminaron cascarillas de óxido de la superficie de la chapa de acero llevando a cabo decapado y se obtuvo un espesor de chapa en un intervalo de 1,2 mm a 1,4 mm mediante laminación en frío. En este momento, se llevó a cabo la laminación en frío de forma que el valor de la fórmula 5 se hiciera el valor descrito en la Tabla 2. Después de la laminación en frío, se llevó a cabo recocido en un horno de recocido en continuo a la temperatura de recocido descrita en las Tablas 3 y 4. Sobre algunas de las chapas de acero se llevó a cabo galvanización en caliente en la mitad del enfriamiento después de remojar en el horno de recocido en continuo y, entonces, se llevó a cabo, además, un tratamiento de aleación sobre algunas de las chapas de acero galvanizadas en caliente, llevando a cabo con ello recocido después de galvanizar. Además, se llevó a cabo electrogalvanización o aluminización sobre algunas de las chapas de acero. Se llevó a cabo temperizado a una tasa de alargamiento de 1% de acuerdo con un método convencional. En este estado, se tomó una muestra para evaluar las calidades del material de la chapa de acero laminada en frío (antes de estampación en caliente) y se llevó a cabo un ensayo de calidad del material o similar. Después de eso, para investigar las características de la chapa de acero laminada en frío después de estampación en caliente, se llevó a cabo estampación en caliente en la cual la chapa de acero laminada en frío fue calentada a una tasa de incremento de temperatura en un intervalo de 10 °C/segundo a 100 °C/segundo hasta la temperatura de tratamiento térmico de las Tablas 5 y 6, mantenida durante 10 segundos y enfriada hasta 200 °C o menos a una velocidad de enfriamiento de 100 °C/segundo, obteniendo con ello un acero estampado en caliente que tenía una forma según se ilustra en la figura 7. Se recortó una muestra de una ubicación en el acero estampado en caliente obtenido ilustrado en la figura 7, se llevaron a cabo un ensayo de calidad del material y una observación de la estructura y se obtuvieron las fracciones de las respectivas estructuras, la cifra de densidad de MnS, dureza, resistencia a la tracción (TS), alargamiento (E1), relación de expansión orificio (λ). Los resultados se describen en

ES 2 671 886 T3

las Tablas 3 a 8. Las relaciones de expansión orificio λ en las Tablas 3 a 6 se obtuvieron usando la fórmula 11 siguiente.

$$\lambda (\%) = \{(d'-d)/d\} \times 100 \dots \text{(Fórmula 11)}$$

5

d': diámetro de orificio cuando grietas penetran la chapa
d: el diámetro de orificio inicial

10

Con respecto a los tipos de recubrimiento en las Tablas 5 y 6, CR representa una chapa de acero laminada en frío no recubierta, GI representa una chapa de acero laminada en frío galvanizada en caliente, GA representa una chapa de acero laminada en frío recocida después de galvanizar, EG representa una chapa de acero laminada en frío electrogalvanizada y A1 representa una chapa de acero laminada en frío aluminizada.

15

La cantidad "0" en la Tabla 1 indica que la cantidad es igual o menor que el límite inferior de medida.

Las determinaciones G y B en las tablas 2, 7 y 8 tienen, respectivamente, los significados siguientes

20

G: se satisface la fórmula de condición objetivo
B: no se satisface la fórmula de condición objetivo

[Tabla 1]

(% en masa)

Símbolo de referencia del tipo de acero	C	Si	Mn	P	S	N	Al	Cr	Mb	V	Ti	Nb	Ni	Cu	Ca	B	REM	Fórmula 1	Nota
A	0,151	0,145	2,01	0,003	0,008	0,0035	0,035	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	18	Componentes de la invención
B	0,158	0,231	1,61	0,023	0,006	0,0064	0,021	0	0	0	0	0	0,3	0	0	0	0	18	Componentes de la invención
C	0,167	0,950	2,12	0,008	0,009	0,0034	0,042	0,12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	41	Componentes de la invención
D	0,178	0,342	1,62	0,007	0,007	0,0035	0,042	0,42	0,15	0	0	0	0	0	0	0	0	19	Componentes de la invención
E	0,186	0,251	1,89	0,008	0,008	0,0045	0,034	0,21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	17	Componentes de la invención
F	0,191	0,256	1,71	0,006	0,008	0,0087	0,041	0	0	0	0	0	0	0,4	0,004	0	0	16	Componentes de la invención
G	0,197	0,321	1,51	0,012	0,008	0,0041	0,038	0	0	0	0	0	0	0	0,003	0	0	19	Componentes de la invención
H	0,206	0,465	1,52	0,051	0,001	0,0035	0,032	0,32	0,05	0	0	0	0	0	0,003	0	0	22	Componentes de la invención
I	0,214	0,512	2,05	0,008	0,002	0,0035	0,041	0	0	0,03	0	0	0	0	0,0008	0	0	26	Componentes de la invención
J	0,216	0,785	1,62	0,007	0,008	0,0014	0,045	0	0,00	0	0	0	0	0	0	0	0	18	Componentes de la invención
K	0,222	0,412	1,74	0,006	0,008	0,0026	0,034	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	24	Componentes de la invención
L	0,227	0,624	2,11	0,012	0,006	0,0015	0,012	0	0,21	0	0,05	0	0	0	0	0	0	14	Componentes de la invención
M	0,231	0,325	1,58	0,011	0,005	0,0032	0,025	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	17	Componentes de la invención
N	0,236	0,265	2,61	0,009	0,007	0,0035	0,041	0	0,31	0	0	0	0	0	0,0012	0	0	28	Componentes de la invención
O	0,241	0,955	1,74	0,007	0,008	0,0041	0,037	0	0,25	0	0	0	0	0	0	0	0	15	Componentes de la invención
P	0,245	0,210	2,45	0,005	0,008	0,0022	0,012	0,42	0	0	0	0	0	0	0,0010	0	0	14	Componentes de la invención
Q	0,251	0,325	1,84	0,011	0,003	0,0041	0,035	0	0,11	0	0	0,03	0	0	0	0	0	11	Componentes de la invención
R	0,256	0,120	2,06	0,008	0,004	0,0047	0,035	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	Componentes de la invención
S	0,264	0,562	1,86	0,013	0,007	0,0034	0,015	0	0,12	0	0	0	0	0	0	0	0	11	Componentes de la invención
T	0,271	0,150	2,01	0,018	0,003	0,0031	0,031	0	0,21	0	0,03	0	0	0	0	0	0	17	Componentes de la invención
U	0,278	0,115	2,41	0,011	0,003	0,0060	0,021	0	0,31	0	0	0	0	0	0,0008	0	0	22	Componentes de la invención
W	0,281	0,562	2,03	0,012	0,003	0,0012	0,036	0	0	0	0	0	0	0,002	0	0	0	13	Componentes de la invención
X	0,289	0,921	1,54	0,013	0,007	0,0087	0,026	0,15	0,11	0	0,05	0	0	0	0,0014	0,0005	0	14	Componentes comparativos
Y	0,293	0,150	2,44	0,009	0,007	0,0074	0,034	0,32	0	0	0	0	0	0	0,0015	0	0	13	Componentes comparativos
Z	0,298	0,362	2,00	0,008	0,004	0,0069	0,035	0	0,15	0,05	0	0	0	0	0	0	0	16	Componentes comparativos
AA	0,175	0,210	1,85	0,010	0,005	0,0025	0,025	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	20	Componentes comparativos
AB	0,185	0,210	1,84	0,011	0,005	0,0032	0,032	0	0	0	0	0	0	0	0,0008	0	0	16	Componentes comparativos
AC	0,192	0,150	1,95	0,008	0,003	0,0035	0,035	0	0	0	0	0	0	0	0,0011	0	0	14	Componentes comparativos
AD	0,175	0,325	1,95	0,008	0,004	0,0034	0,031	0	0,15	0	0	0	0	0	0	0	0	20	Componentes comparativos
AE	0,187	0,256	1,99	0,008	0,002	0,0030	0,031	0	0	0	0	0,01	0	0	0,0015	0	0	17	Componentes comparativos
AF	0,192	0,263	1,85	0,008	0,002	0,0030	0,031	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	16	Componentes comparativos
AG	0,154	0,526	1,85	0,007	0,003	0,0034	0,030	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	29	Componentes comparativos
AH	0,120	0,320	1,65	0,007	0,003	0,0035	0,035	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0006	0	27	Componentes comparativos
AI	0,321	0,489	2,04	0,003	0,006	0,0009	0,041	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	14	Componentes comparativos
AJ	0,174	0,005	2,22	0,007	0,009	0,0035	0,035	0	0,15	0	0	0	0	0	0,0012	0	0	13	Componentes comparativos
AK	0,189	0,151	1,50	0,008	0,005	0,0034	0,026	0,280	0,32	0	0	0	0	0	0,0015	0	0	38	Componentes comparativos
AL	0,210	0,660	1,21	0,009	0,003	0,0032	0,029	0	0	0	0	0	0	0	0,0000	0	0	21	Componentes comparativos
AM	0,254	0,050	2,91	0,007	0,004	0,0034	0,036	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	12	Componentes comparativos
AN	0,263	0,321	2,05	0,091	0,003	0,0021	0,034	0,256	0,15	0	0	0,03	0	0	0	0	0	14	Componentes comparativos
AO	0,275	0,154	2,50	0,002	0,025	0,0059	0,034	0	0	0	0	0	0,2	0	0	0	0	12	Componentes comparativos
AP	0,245	0,256	1,52	0,011	0,009	0,0145	0,026	0	0	0	0	0,02	0	0,003	0	0	0	11	Componentes comparativos
AQ	0,174	0,012	2,25	0,006	0,004	0,0058	0,003	0	0,20	0	0	0	0	0	0	0	0	13	Componentes comparativos
AR	0,281	0,150	2,35	0,005	0,003	0,0035	0,074	0	0,22	0	0	0	0	0	0	0	0	11	Componentes comparativos
AS	0,291	0,020	1,54	0,007	0,003	0,0032	0,031	0	0	0	0	0	0	0	0,001	0	0	6	Componentes comparativos
AT	0,294	0,315	1,95	0,005	0,003	0,0020	0,025	0	0	0	0	0,01	0	0	0	0	0	12	Componentes de la invención
AU	0,274	0,220	1,84	0,005	0,003	0,0020	0,025	0	0	0	0,01	0	0	0	0	0	0	11	Componentes de la invención
AV	0,277	0,201	1,61	0,018	0,003	0,0031	0,031	0	0	0	0,01	0	0	0	0	0	0	9	Componentes comparativos

[Tabla 2]

Símbolo de referencia del ensayo	Temperatura del horno calentamiento (°C)	Tiempo de residencia en el horno de calentamiento (minutos)	Lado derecho de la fórmula 7	Determinación	Lado izquierdo de la fórmula 5	Determinación	Lado izquierdo de la fórmula 6	CT (°C)	Lado derecho de la fórmula 6	Determinación
1	1.200	121	1.616	G	1,4	G	308	550	608	G
2	1.111	39	1.371	B	1,2	G	340	615	642	G
3	1.285	205	1.502	G	1,1	G	288	555	586	G
4	1.156	124	1.800	G	1,4	G	318	495	595	G
5	1.222	136	1.733	G	1,4	G	298	574	595	G
6	1.232	127	1.887	G	1,2	G	316	631	625	B
7	1.256	111	2.048	G	1,3	G	331	623	641	G
8	1.256	106	1.921	G	1,2	G	318	601	611	G
9	1.250	205	1.665	G	1,6	G	278	554	590	G
10	1.206	87	1.522	G	1,4	G	313	440	626	G
11	1.214	152	1.810	G	1,1	G	301	627	615	B
12	1.233	182	1.524	G	1,2	G	261	550	563	G
13	1.198	132	1.943	G	1,3	G	310	457	627	G
14	1.287	252	1.513	G	1,2	G	209	389	508	G
15	1.105	201	1.498	B	1,5	G	287	541	590	G
16	1.285	222	1.587	G	1,7	G	217	487	515	G
17	1.156	135	1.642	G	1,9	G	276	501	589	G
18	1.200	185	1.730	G	1,6	G	256	244	577	B
19	1.232	122	1.589	G	1,3	G	269	520	584	G
20	1.256	152	1.769	G	1,1	G	250	512	561	G
21	1.256	155	1.506	G	1,2	G	209	489	515	G
22	1.250	145	1.550	G	1,3	G	246	501	572	G
23	1.150	138	1.600	G	1,2	G	283	253	596	B
24	1.260	182	1.526	G	1,4	G	197	485	510	G
25	1.146	114	1.447	B	1,5	G	236	504	558	G
26	1.200	132	1.746	G	0,7	B	311	602	616	G
27	1.194	71	1.525	G	0,8	B	307	514	614	G
28	1.163	96	1.532	G	0,6	B	293	506	603	G
29	1.200	145	1.641	G	0,8	B	299	451	595	G
30	1.155	152	1.595	G	0,9	B	292	554	600	G
31	1.187	75	1.504	G	0,7	B	302	521	612	G
32	1.215	152	1.663	G	0,8	B	321	555	622	G
33	1.241	132	1.939	G	1,2	G	355	511	649	G
34	1.250	178	1.637	G	1,1	G	224	545	560	G
35	1.205	111	1.502	G	1,2	G	275	520	571	G
36	1.156	127	1.513	G	1,2	G	323	510	599	G
37	1.109	45	1.554	G	1,2	G	352	602	664	G
38	1.295	336	1.508	G	1,3	G	178	485	500	G
39	1.212	124	1.535	G	1,2	G	243	540	544	G
40	1.297	164	1.504	G	1,3	G	202	501	521	G
41	1.312	132	2.256	G	1,1	G	307	582	627	G
42	1.241	162	1.645	G	1,1	G	271	389	565	G
43	1.254	222	1.634	G	1,5	G	211	471	525	G
45	1.278	205	2.579	G	1,4	G	283	600	613	G
46	1.199	210	1.766	G	1,3	G	245	502	575	G
47	1.185	202	1.879	G	1,6	G	265	552	590	G
48	1.194	202	2.157	G	1,6	G	284	502	610	G

[Tabla 3]

Símbolo de referencia del tipo de acero	Símbolo de referencia del ensayo	Condición de recocido	Después de recocido y temperizado y antes de estampación en caliente											Porcentaje en área de perfitas (antes de laminación en frío) (%)
			Temperatura de recocido (°C)	TS (MPa)	EL (%)	λ (%)	TS x EL (MPa-%)	TS x λ (MPa-%)	Porcentaje de área de ferrita (%)	Porcentaje de área de martensita (%)	Porcentaje de área de ferrita + martensita (%)	Porcentaje de área de austenita residual (%)	Porcentaje de área de bainita (%)	
A	1	774	584	32,5	111	18.980	64.824	88	11	99	1	0	0	31
B	2	778	578	28,5	100	16.473	57.800	74	15	89	3	4	4	25
C	3	784	524	30,5	99	15.982	51.876	75	12	87	4	5	4	32
D	4	825	562	33,2	95	18.658	53.390	77	12	89	3	8	0	24
E	5	815	591	29,8	90	17.612	53.190	70	15	85	4	11	0	51
F	6	780	622	27,4	81	17.043	50.382	58	10	68	3	20	9	62
G	7	841	603	31,2	83	18.814	50.049	74	12	86	2	6	6	48
H	8	784	612	30,5	85	18.666	52.020	70	15	85	3	8	4	35
I	9	778	614	28,1	82	17.253	50.348	75	12	87	4	5	4	71
J	10	825	665	30,5	76	20.283	50.540	76	12	88	3	7	2	25
K	11	841	709	23,1	71	16.378	50.339	61	10	71	4	17	8	35
L	12	815	705	25,6	72	18.048	50.760	79	12	91	2	5	2	15
M	13	805	712	24,2	80	17.230	56.960	66	26	92	3	5	0	10
N	14	789	755	28,6	81	21.593	61.155	50	34	84	2	5	9	42
O	15	785	762	29,8	74	22.708	56.388	72	19	91	3	6	0	9
P	16	785	748	25,5	68	19.074	50.864	59	28	87	3	1	9	25
Q	17	841	780	20,1	71	15.678	55.380	78	18	96	0	4	0	31
R	18	845	783	20,1	65	15.738	50.895	41	44	85	4	5	6	51
S	19	789	805	20,4	74	16.422	59.570	42	38	80	4	10	6	46
T	20	785	789	22,2	71	17.516	56.019	44	40	84	3	12	1	18
U	21	805	845	20,2	62	17.069	52.390	41	38	79	5	12	4	22
W	22	778	922	17,4	61	16.043	56.242	41	39	80	4	12	4	15
X	23	804	988	15,5	51	15.314	50.388	42	46	88	2	4	6	45
Y	24	820	1.012	17,4	51	17.609	51.612	45	37	82	2	16	0	42
Z	25	836	1.252	13,5	45	16.902	56.340	41	48	89	2	9	0	10

[Tabla 4]

Símbolo de referencia del tipo de acero	Símbolo de referencia del ensayo	Condición de recocido	Después de recocido y temperizado y antes de estampación en caliente										Porcentaje en área de perlita	
			TS (MPa)	EL (%)	λ (%)	TS x EL (MPa·%)	TS x λ (MPa·%)	Porcentaje de área de ferrita (%)	Porcentaje de área de martensita (%)	Porcentaje de área de ferrita + martensita (%)	Porcentaje de área de austenita residual (%)	Porcentaje de área de bainita (%)		Porcentaje de área de perlita (%)
AA	26	804	577	27.2	77	15.694	44.429	59	10	69	2	12	17	35
AB	27	775	601	26.8	69	16.107	41.469	64	15	79	0	6	15	32
AC	28	754	513	28.9	74	14.826	37.962	62	12	74	2	5	19	25
AD	29	778	588	23.1	72	13.583	42.336	36	15	51	1	45	3	5
AE	30	780	595	27.9	69	16.601	41.055	73	10	83	2	3	12	66
AF	31	805	616	28.5	64	17.556	39.424	70	9	79	2	10	9	22
AG	32	812	632	28.6	52	18.075	32.864	58	20	78	2	9	11	25
AH	33	768	326	41.9	112	13.659	36.512	95	0	95	3	2	0	2
AI	34	781	1.512	8.9	25	13.457	37.800	5	90	95	4	1	0	3
AJ	35	805	635	22.5	72	14.288	45.720	74	22	96	2	2	0	42
AK	36	789	625	31.2	55	19.500	34.375	75	22	97	2	1	0	15
AL	37	784	705	26.0	48	18.330	33.840	42	25	67	1	25	7	2
AM	38	841	795	15.6	36	12.402	28.620	30	52	82	3	10	5	14
AN	39	845	784	19.1	42	14.974	32.928	51	37	88	3	9	0	16
AO	40	8/26	602	30.5	35	18.361	21.070	68	21	89	4	7	0	22
AP	41	807	586	27.4	66	16.056	38.676	69	21	90	4	6	0	32
AQ	42	845	1.254	7.5	25	9.405	31.350	11	68	79	4	11	6	22
AR	43	775	1.480	9.6	26	14.208	38.480	12	69	81	3	16	0	5
AS	45	845	1.152	12.0	42	13.824	48.384	41	35	76	0	23	1	5
AT	46	684	852	16.0	52	13.632	44.304	80	0	80	1	2	17	5
AU	47	912	1.355	6.0	33	8.130	44.715	5	50	55	1	40	4	5
AV	48	805	1.355	6.0	33	8.130	44.715	41	48	89	1	10	0	5

[Tabla 5]

Símbolo de referencia del ensayo	Condición de estampación en caliente	Después de estampación en caliente										Tipo de recubrimiento *)	Nota
		TS (MPa)	EL (%)	λ (%)	TS x EL (MPa%)	TS x λ (MPa%)	Porcentaje de área de ferrita (%)	Porcentaje de área de martensita (%)	Porcentaje de área de ferrita + martensita (%)	Porcentaje de área de austenita residual (%)	Porcentaje de área de bainita (%)		
1	871	1.512	8,5	41	12.852	61.992	10	82	92	1	7	0	Ejemplo de la invención
2	861	1.514	7,6	38	11.506	57.532	12	84	96	0	4	0	Ejemplo de la invención
3	825	1.612	8,1	37	13.057	59.644	8	81	89	1	5	5	Ejemplo de la invención
4	816	1.658	7,4	40	12.269	66.320	11	86	97	3	0	0	Ejemplo de la invención
5	901	1.689	8,4	36	14.188	60.804	9	84	93	1	0	6	Ejemplo de la invención
6	778	1.745	8,2	37	14.309	64.565	10	82	92	3	5	0	Ejemplo de la invención
7	885	1.784	7,6	38	13.558	67.792	5	81	86	0	6	8	Ejemplo de la invención
8	925	1.795	9,2	40	16.514	71.800	0	89	89	3	8	0	Ejemplo de la invención
9	955	1.812	8,6	35	15.583	63.420	0	94	94	0	6	0	Ejemplo de la invención
10	875	1.815	9,1	34	16.517	61.710	0	100	100	0	0	0	Ejemplo de la invención
11	851	1.823	8,4	31	15.313	56.513	0	100	100	0	0	0	Ejemplo de la invención
12	864	1.855	8,2	36	15.211	66.780	0	97	97	2	0	1	Ejemplo de la invención
13	865	1.894	7,6	37	14.394	70.078	0	100	100	0	0	0	Ejemplo de la invención
14	897	1.912	9,2	35	17.590	66.920	5	90	95	0	5	0	Ejemplo de la invención
15	880	1.894	8,6	36	16.288	68.184	0	100	100	0	0	0	Ejemplo de la invención

(continuación)

Símbolo de referencia del ensayo	Condición de estampación en caliente	Después de estampación en caliente										Tipo de recubrimiento *)	Nota		
		TS (MPa)	EL (%)	λ (%)	TS × EL (MPa-%)	TS × λ (MPa-%)	Porcentaje de área de ferrita (%)	Porcentaje de área de martensita (%)	Porcentaje de área de ferrita + martensita (%)	Porcentaje de área de austenita residual (%)	Porcentaje de área de bainita (%)			Porcentaje de área de perlita (%)	
16	Temperatura de tratamiento térmico (°C) 888	1.912	8,4	37	16.061	70.744	0	94	94	0	6	0	0	GA	Ejemplo de la invención
17	955	1.925	8,2	38	15.785	73.150	3	92	95	3	2	0	0	GA	Ejemplo de la invención
18	856	1.945	7,6	40	14.782	77.800	0	100	100	0	0	0	0	CR	Ejemplo de la invención
19	841	1.962	9,2	35	18.050	68.670	0	94	94	0	0	0	6	GA	Ejemplo de la invención
20	874	2.012	8,6	34	17.303	68.408	0	100	100	0	0	0	0	GI	Ejemplo de la invención
21	884	2.015	9,1	31	18.337	62.465	4	95	99	0	0	1	1	EG	Ejemplo de la invención
22	908	2.025	7,8	36	15.795	72.900	0	100	100	0	0	0	0	GA	Ejemplo de la invención
23	925	2.035	8,6	37	17.501	75.295	10	90	100	0	0	0	0	AI	Ejemplo de la invención
24	901	2.145	8,7	35	18.662	75.075	0	87	87	1	10	2	2	GA	Ejemplo de la invención
25	865	2.215	8,2	40	18.163	88.600	0	100	100	0	0	0	0	CR	Ejemplo de la invención

[Tabla 6]

Símbolo de referencia del ensayo	Condición de estampación en caliente	Después de estampación en caliente											Tipo de recubrimiento *)	Nota
		TS (MPa)	EL (%)	λ (%)	TS x EL (MPa·%)	TS x λ (MPa·%)	Porcentaje de área de ferrita (%)	Porcentaje de área de martensita (%)	Porcentaje de área de ferrita + martensita (%)	Porcentaje de área de austenita residual (%)	Porcentaje de área de bainita (%)	Porcentaje de área de perlita (%)		
26	849	1.754	20,1	26	35.255	45.604	8	77	85	0	5	10	GA	Ejemplo comparativo
27	878	1.792	16,1	26	28.851	46.592	5	74	79	0	12	9	CR	Ejemplo comparativo
28	865	1.817	15,4	26	27.982	47.242	3	81	84	0	3	13	GA	Ejemplo comparativo
29	825	1.823	16,5	27	30.080	49.221	8	76	84	3	11	2	EG	Ejemplo comparativo
30	869	1.988	14,9	25	29.621	49.700	6	78	84	0	7	9	GI	Ejemplo comparativo
31	848	1.965	13,6	25	26.724	49.125	8	77	85	0	11	4	AI	Ejemplo comparativo
32	876	1.512	18,5	25	27.972	37.800	7	74	81	4	7	8	CR	Ejemplo comparativo
33	835	1.524	42,5	24	64.770	36.576	32	52	84	10	2	4	GA	Ejemplo comparativo
34	895	2.012	8,5	21	17.102	42.252	30	62	92	4	1	3	GA	Ejemplo comparativo
35	888	1.812	18,5	26	33.522	47.112	5	85	90	2	5	3	GA	Ejemplo comparativo
36	846	1.842	17,2	20	31.682	36.840	0	95	95	2	3	0	GA	Ejemplo comparativo
37	805	1.785	16,5	25	29.453	44.625	7	78	85	3	10	2	GI	Ejemplo comparativo
38	863	1.812	15,0	26	27.180	47.112	3	92	95	3	2	0	GI	Ejemplo comparativo
39	878	1.845	18,2	24	33.579	44.280	0	100	100	0	0	0	GI	Ejemplo comparativo
40	899	2.012	17,0	21	34.204	42.252	0	95	95	0	0	5	GI	Ejemplo comparativo

(continuación)

Símbolo de referencia del ensayo	Condición de estampación en caliente Temperatura de tratamiento térmico (°C)	Después de estampación en caliente											Tipo de recubrimiento *)	Nota		
		TS (MPa)	EL (%)	λ (%)	TS x EL (MPa-%)	TS x λ (MPa-%)	Porcentaje de área de ferrita (%)	Porcentaje de área de martensita (%)	Porcentaje de área de ferrita + martensita (%)	Porcentaje de área de austenita residual (%)	Porcentaje de área de bainita (%)	Porcentaje de área de perlita (%)				
41	905	1.744	31,0	22	54.064	38.368	0	100	100	0	0	0	0	0	EG	Ejemplo comparativo
42	923	2.012	11,1	21	22.333	42.252	11	68	79	4	11	6			AI	Ejemplo comparativo
43	907	2.022	10,2	21	20.624	42.462	12	69	81	3	16	0			GA	Ejemplo comparativo
45	845	2.014	10,0	20	20.140	40.280	4	78	82	3	13	2			GA	Ejemplo comparativo
46	879	2.033	13,0	21	26.429	42.693	4	72	76	0	22	2			GA	Ejemplo comparativo
47	886	2.122	9,0	20	19.098	42.440	19	55	74	3	14	9			GA	Ejemplo comparativo
48	914	2.066	11,0	24	22.726	49.584	7	86	93	0	5	2			GA	Ejemplo comparativo

[Tabla 7]

Símbolo de referencia del tipo de acero	Símbolo de referencia del ensayo	Antes de estampación en caliente		Después de estampación en caliente		Antes de estampación en caliente	Después de estampación en caliente	Después de estampación en caliente									
		Lado izquierdo de la fórmula 2a	Determinación	Lado izquierdo de la fórmula 2b	Determinación			n1	n2	Lado izquierdo de la fórmula 4b	Determinación						
A	1	1,02	G	1,02	G	15	G	16	G	10	12	1,2	G	9	12	1,3	G
B	2	1,03	G	1,03	G	18	G	17	G	7	12	1,7	B	8	12	1,5	B
C	3	1,04	G	1,04	G	12	G	10	G	5	7	1,4	G	5	6	1,2	G
D	4	1,01	G	1,01	G	14	G	18	G	9	11	1,2	G	9	10	1,1	G
E	5	1,06	G	1,06	G	11	G	14	G	17	18	1,1	G	18	19	1,1	G
F	6	1,06	G	1,06	G	10	G	10	G	14	16	1,1	G	12	15	1,3	G
G	7	1,06	G	1,06	G	11	G	10	G	7	10	1,4	G	7	10	1,4	G
H	8	1,03	G	1,03	G	16	G	17	G	9	10	1,1	G	9	10	1,1	G
I	9	1,07	G	1,07	G	18	G	16	G	19	20	1,1	G	20	21	1,1	G
J	10	1,08	G	1,08	G	10	G	11	G	26	29	1,1	G	25	26	1,0	G
K	11	1,09	G	1,09	G	6	G	6	G	7	8	1,1	G	7	8	1,1	G
L	12	1,08	G	1,08	G	6	G	8	G	5	6	1,2	G	5	6	1,2	G
M	13	1,06	G	1,06	G	8	G	7	G	12	15	1,3	G	11	15	1,4	G
N	14	1,07	G	1,07	G	13	G	14	G	6	8	1,3	G	6	8	1,3	G
O	15	1,06	G	1,06	G	3	G	5	G	2	3	1,5	B	2	3	1,5	B
P	16	1,08	G	1,08	G	18	G	17	G	4	5	1,3	G	4	5	1,3	G
Q	17	1,06	G	1,06	G	14	G	13	G	7	9	1,3	G	7	9	1,3	G
R	18	1,04	G	1,04	G	13	G	13	G	16	18	1,1	G	15	18	1,2	G
S	19	1,02	G	1,02	G	9	G	8	G	10	12	1,2	G	10	12	1,2	G
T	20	1,03	G	1,03	G	8	G	8	G	6	7	1,2	G	6	7	1,2	G
U	21	1,03	G	1,03	G	8	G	6	G	8	10	1,3	G	7	9	1,3	G
W	22	1,05	G	1,05	G	11	G	10	G	16	20	1,3	G	15	20	1,3	G
X	23	1,07	G	1,07	G	16	G	16	G	23	26	1,1	G	22	25	1,1	G
Y	24	1,06	G	1,06	G	16	G	17	G	22	28	1,3	G	20	28	1,4	G
Z	25	1,04	G	1,04	G	15	G	17	G	20	31	1,6	B	22	32	1,5	B

[Tabla 8]

Símbolo de referencia del tipo de acero	Antes de estampación en caliente		Después de estampación en caliente	Antes de estampación en caliente	Después de estampación en caliente	Antes de estampación en caliente		Después de estampación en caliente		Después de estampación en caliente								
	Lado izquierdo de la fórmula 2a	Determinación				Lado izquierdo de la fórmula 3a	Determinación	Lado izquierdo de la fórmula 2b	Determinación	Lado izquierdo de la fórmula 3b	Determinación	n10	Lado izquierdo de la fórmula 4a	Determinación	n1	Lado izquierdo de la fórmula 4b	Determinación	
AA	<u>1.18</u>	B	1,18	B	<u>22</u>	B	23	B	0,009	0,009	13	15	1,2	G	12	15	1,3	G
AB	<u>1.15</u>	B	1,15	B	<u>21</u>	B	19	G	0,008	0,008	7	10	1,4	G	8	11	1,4	G
AC	<u>1.20</u>	B	1,19	B	<u>24</u>	B	22	B	0,006	0,006	14	19	1,4	G	13	18	1,4	G
AD	<u>1.14</u>	B	1,13	B	<u>22</u>	B	25	B	0,007	0,007	6	7	1,2	G	6	7	1,2	G
AE	<u>1.11</u>	B	1,12	B	<u>20</u>	B	18	G	0,009	0,009	12	15	1,3	G	12	15	1,3	G
AF	<u>1.12</u>	B	1,14	B	<u>22</u>	B	21	B	0,002	0,002	18	23	1,3	G	17	22	1,3	G
AG	<u>1.13</u>	B	1,13	B	<u>23</u>	B	22	B	0,003	0,003	6	7	1,2	G	6	7	1,2	G
AH	<u>1.16</u>	B	1,16	B	<u>21</u>	B	21	B	0,004	0,004	4	5	1,3	G	4	5	1,3	G
AI	<u>1.23</u>	B	1,18	B	<u>25</u>	B	25	B	0,006	0,006	12	14	1,2	G	12	13	1,1	G
AJ	<u>1.21</u>	B	1,21	B	<u>24</u>	B	24	B	0,007	0,007	15	17	1,1	G	15	17	1,1	G
AK	<u>1.16</u>	B	1,15	B	<u>21</u>	B	21	B	0,006	0,007	11	12	1,1	G	11	12	1,1	G
AL	<u>1.35</u>	B	1,37	B	<u>31</u>	B	30	B	0,006	0,006	12	17	1,4	G	12	17	1,4	G
AM	<u>1.32</u>	B	1,32	B	<u>30</u>	B	31	B	0,006	0,006	15	21	1,4	G	16	21	1,3	G
AN	<u>1.23</u>	B	1,25	B	<u>25</u>	B	28	B	0,008	0,008	10	12	1,2	G	10	11	1,1	G
AO	<u>1.34</u>	B	1,33	B	<u>30</u>	B	32	B	0,004	0,004	8	11	1,4	G	8	11	1,4	G
AP	1,05	G	1,04	G	12	G	11	G	0,002	0,006	6	8	1,3	G	6	8	1,3	G
AQ	1,04	G	1,05	G	18	G	15	G	0,003	0,003	12	15	1,3	G	12	15	1,3	G
AR	<u>1.13</u>	B	1,14	B	<u>26</u>	B	26	B	0,002	0,002	23	26	1,1	G	23	25	1,1	G
AS	<u>1.11</u>	B	1,15	B	<u>26</u>	B	25	B	0,007	0,007	16	18	1,1	G	15	18	1,2	G
AT	<u>1.25</u>	B	1,27	B	<u>26</u>	B	27	B	0,004	0,005	17	19	1,1	G	16	17	1,1	G
AU	1,05	G	1,06	G	17	G	16	G	0,003	0,003	18	20	1,1	G	16	18	1,1	G
AV	<u>1.12</u>	B	1,13	B	<u>21</u>	B	23	B	0,005	0,005	18	19	1,1	G	17	18	1,1	G

ES 2 671 886 T3

Se encontró a partir de las Tablas 1 a 8 que, cuando se satisfacen las condiciones de la presente invención, es posible obtener una chapa de acero laminada en frío de alta resistencia que satisface $TS \times \lambda \geq 50.000 \text{ MPa}\cdot\%$.

- 5 Además, se encontró que, cuando se lleva a cabo estampación en caliente bajo condiciones de estampación en caliente predeterminadas, la chapa de acero laminada en frío de la presente invención satisface $TS \times \lambda \geq 50.000 \text{ MPa}\cdot\%$ incluso después de la estampación en caliente.

[Aplicabilidad industrial]

- 10 De acuerdo con la presente invención, puesto que se establece una relación apropiada entre la cantidad de C, la cantidad de Mn y la cantidad de Si y se da a la martensita una dureza apropiada medida usando un nanoindentador, es posible proporcionar una chapa de acero laminada en frío capaz de obtener expansibilidad de orificio conveniente.

- 15 [Breve descripción de los símbolos de referencia]

- S1: PROCESO DE FUSIÓN
S2: PROCESO DE COLADA
20 S3: PROCESO DE CALENTAMIENTO
S4: PROCESO DE LAMINACIÓN EN CALIENTE
S5: PROCESO DE BOBINADO
S6: PROCESO DE DECAPADO
S7: PROCESO DE LAMINACIÓN EN FRÍO
S8: PROCESO DE RECOCIDO
25 S9: PROCESO DE TEMPERIZADO
S11: PROCESO DE GALVANIZACIÓN EN CALIENTE
S12: PROCESO DE TRATAMIENTO DE ALEACIÓN
S13: PROCESO DE ALUMINIZACIÓN
30 S14: PROCESO DE ELECTROGALVANIZACIÓN

REIVINDICACIONES

1. Una chapa de acero laminada en frío que consiste en, en % en masa:

5 C: más de 0,150% hasta 0,300%;
 Si: 0,010% hasta 1,000%;
 Mn: 1,50% hasta 2,70%;
 P: 0,001% hasta 0,060%;
 S: 0,001% hasta 0,010%;
 10 N: 0,0005% hasta 0,0100%; y
 Al: 0,010% hasta 0,050%, y

opcionalmente uno o más de:

15 B: 0,0005% a 0,0020%;
 Mo: 0,01% a 0,50%;
 Cr: 0,01% a 0,50%;
 V: 0,001% a 0,100%;
 Ti: 0,001% a 0,100%;
 20 Nb: 0,001% a 0,050%;
 Ni: 0,01% a 1,00%;
 Cu: 0,01% a 1,00%;
 Ca: 0,0005% a 0,0050%; y
 25 REM: 0,0005% a 0,0050%, y

un resto de Fe e impurezas inevitables, en el cual, cuando una cantidad de C, una cantidad de Si y una cantidad de Mn están representadas, respectivamente, por [C], [Si] y [Mn] en unidades de % de masa, se satisface una relación de la fórmula 1 siguiente,
 30 una estructura metalográfica consiste en, en porcentaje de área, 40% a 90% de ferrita y 10% a 60% de martensita, opcionalmente uno o más de 10% o menos de perlita en porcentaje de área, 5% o menos de austenita retenida en porcentaje de volumen y 20% o menos de bainita en porcentaje de área,
 una dureza de la martensita medida usando un nanoindentador satisface las fórmulas 2a y 3a siguientes, y TS
 35 $\times \lambda$ que representa un producto de TS que es una resistencia a la tracción y λ que es una relación de expansión orificio es 50.000 MPa·% o más.

$$(5 \times [\text{Si}] + [\text{Mn}]) / [\text{C}] > 10 \dots (1)$$

40 $1,005 \leq H_{20} / H_{10} < 1,10 \dots (2a)$

$$\sigma_{HM0} < 20 \dots (3a)$$

45 aquí, H10 representa una dureza media de la martensita en la parte superficial de la chapa de acero laminada en frío la cual está a 200 μm o menos desde la capa más externa en una dirección del espesor, el H20 representa una dureza media de la martensita en la porción central de un espesor de chapa, la cual ocupa un intervalo de $\pm 100 \mu\text{m}$ desde un centro del espesor de chapa de la chapa de acero laminada en frío en la dirección del espesor y la σ_{HM0} representa una varianza de la dureza de la martensita presente en la porción central del espesor de chapa.

- 50 2. La chapa de acero laminada en frío de acuerdo con la reivindicación 1, en la que un porcentaje de área de MnS que está presente en la estructura metalográfica y tiene un diámetro de círculo equivalente en un intervalo de 0,1 μm a 10 μm es 0,01% o menos, y se satisface la fórmula 4a siguiente.

55 $n_{20} / n_{10} < 1,5 \dots (4a)$

60 aquí, n10 representa una cifra de densidad media del MnS por 10.000 μm^2 en una parte $\frac{1}{4}$ del espesor de chapa de la chapa de acero laminada en frío, y n20 representa una cifra de densidad media del MnS por 10.000 μm^2 en la porción central del espesor de chapa.

- 65 3. La chapa de acero laminada en frío de acuerdo con la reivindicación 1 o 2, en la que se forma, además, una capa galvanizada en caliente sobre una superficie de la chapa de acero laminada en frío.

4. La chapa de acero laminada en frío de acuerdo con la reivindicación 3, en la que la capa galvanizada en caliente puede incluir una capa recocida después de galvanizar.
5. La chapa de acero laminada en frío de acuerdo con la reivindicación 1 o 2, en la que se forma, además, una capa electrogalvanizada sobre una superficie de la chapa de acero laminada en frío.
6. La chapa de acero laminada en frío de acuerdo con la reivindicación 1 o 2, en la que se forma, además, una capa aluminizada sobre una superficie de la chapa de acero laminada en frío.
7. Un método de fabricación de fabricar una chapa de acero laminada en frío comprendiendo el método:

colar acero fundido que tiene los componentes químicos de acuerdo con la reivindicación 1 y obtener un acero;
 calentar el acero;
 laminar el acero en caliente usando una instalación de laminación en caliente que tenga una pluralidad de cajas;
 bobinar el acero después de la laminación en caliente;
 decapar el acero después del bobinado;
 laminar el acero en frío después del decapado usando un tren de laminación en frío que tiene una pluralidad de cajas bajo condiciones en las cuales se satisface la fórmula 5 siguiente;
 calentar el acero a una temperatura en un intervalo de 700 °C a 850 °C y enfriar el acero después de la laminación en frío; y
 temperizado el acero después del calentamiento y enfriamiento del acero,

$$1,5 \times r_1 / r + 1,2 \times r_2 / r + r_3 / r > 1,0 \dots (5)$$

r_i representa una reducción en % de laminación en frío individual objetivo en la i -ésima caja donde i es 1, 2 o 3 contado desde la caja más superior de entre una pluralidad de las cajas de la laminación en frío y r representa una reducción de laminación en frío total en la laminación en frío en %.

8. El método de fabricación de fabricar una chapa de acero laminada en frío de acuerdo con la reivindicación 7, en el que, cuando una temperatura de bobinado en el bobinado se representa por CT en unidades °C; y una cantidad de C, una cantidad de Mn, una cantidad de Cr y una cantidad de Mo del acero se representan, respectivamente, por [C], [Mn], [Cr] y [Mo] en unidades de % en masa, se satisface la fórmula 6 siguiente,

$$560 - 474 \times [C] - 90 \times [Mn] - 20 \times [Cr] - 20 \times [Mo] < CT < 830 - 270 \times [C] - 90 \times [Mn] - 70 \times [Cr] - 80 \times [Mo] \dots (6)$$

9. El método de fabricación de fabricar una chapa de acero laminada en frío de acuerdo con la reivindicación 7 u 8, en el que, cuando una temperatura de calentamiento en el calentamiento está representada por T en unidades °C; un tiempo de residencia en el horno se representa por t en unidades minuto; y una cantidad de Mn y una cantidad de S en el acero están representadas, respectivamente, por [Mn] y [S] en unidades de % en masa; se satisface la fórmula 7 siguiente.

$$T \times \ln(t) / (1,7 \times [Mn] + [S]) > 1.500 \dots (7)$$

10. El método de fabricación de fabricar una chapa de acero laminada en frío de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 7 a 9, que comprende, además:

galvanizar en caliente sobre el acero se proporciona, además, entre el recocido y el temperizado.

11. El método de fabricación de fabricar una chapa de acero laminada en frío de acuerdo con la reivindicación 10, que comprende, además:

alear el acero entre el galvanizado en caliente y el proceso de temperizado.

12. El método de fabricación de fabricar una chapa de acero laminada en frío de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 7 a 9, que comprende, además:

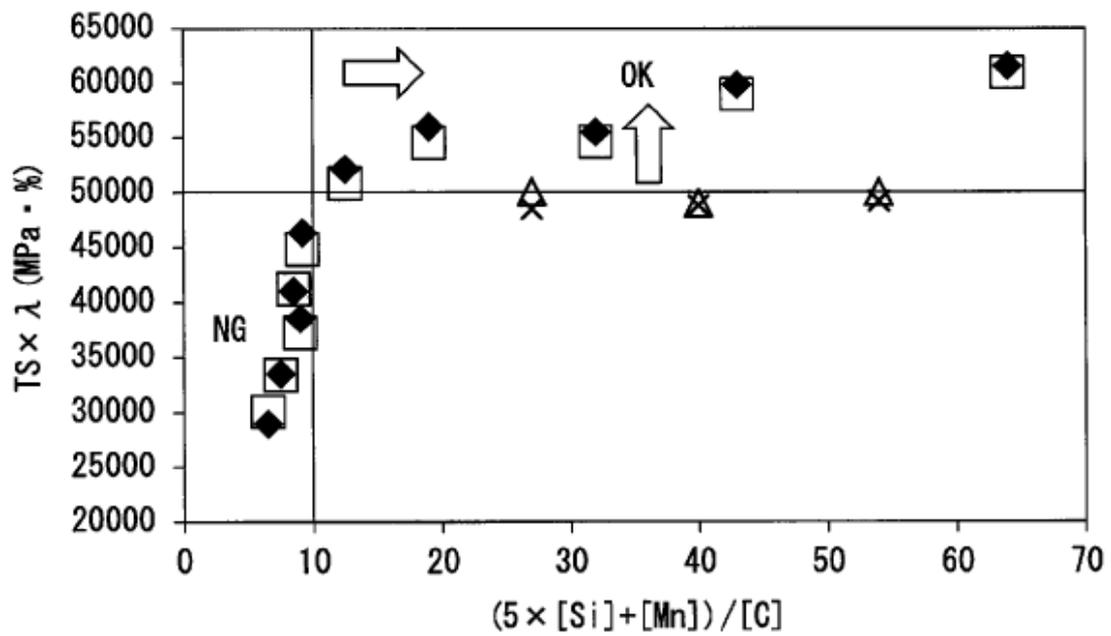
electrogalvanizar el acero después de la temperizado.

13. El método de fabricación de fabricar una chapa de acero laminada en frío de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 7 a 9, que comprende, además:

aluminizar el acero entre el recocido y la temperizado.

5

FIG. 1



- ◆ ANTES DE ESTAMPACIÓN EN CALIENTE
- DESPUÉS DE ESTAMPACIÓN EN CALIENTE
- × ANTES DE ESTAMPACIÓN EN CALIENTE (OTRAS CONDICIONES NO SATISFECHAS)
- △ DESPUÉS DE ESTAMPACIÓN EN CALIENTE (OTRAS CONDICIONES NO SATISFECHAS)

FIG. 2A

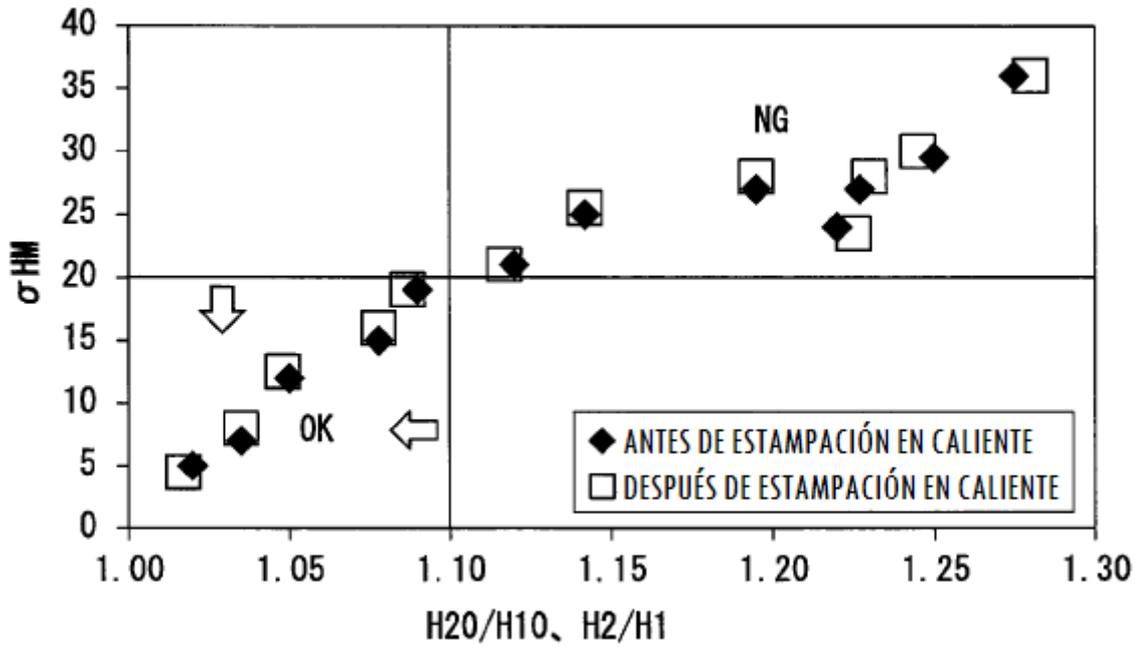


FIG. 2B

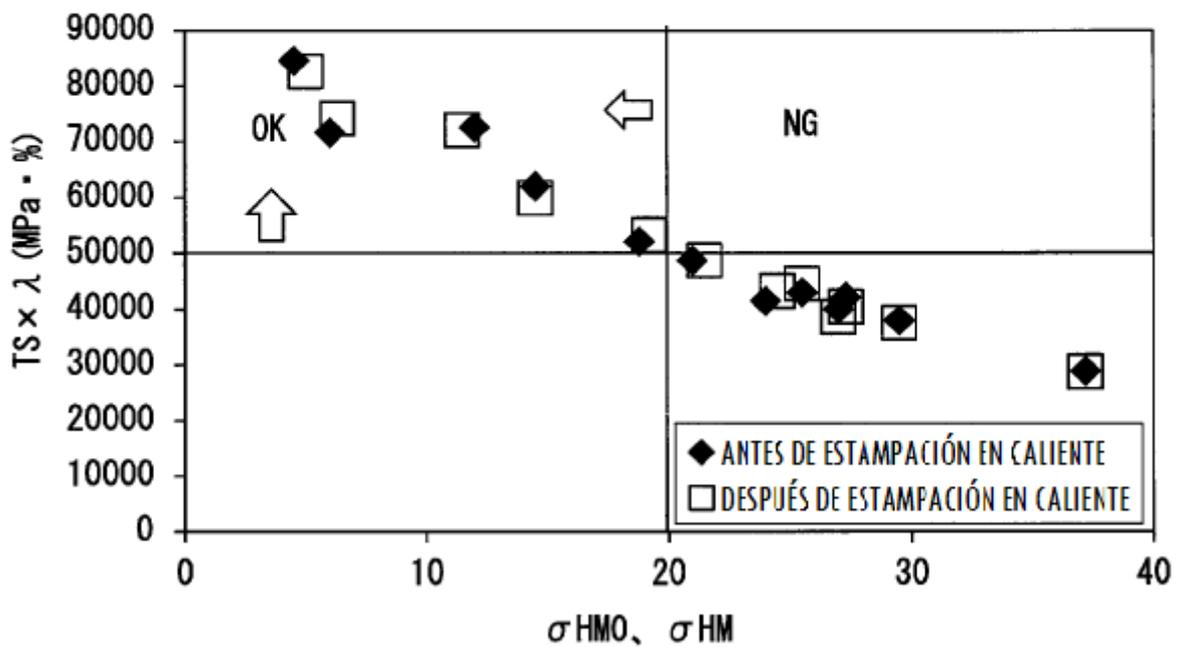


FIG. 3

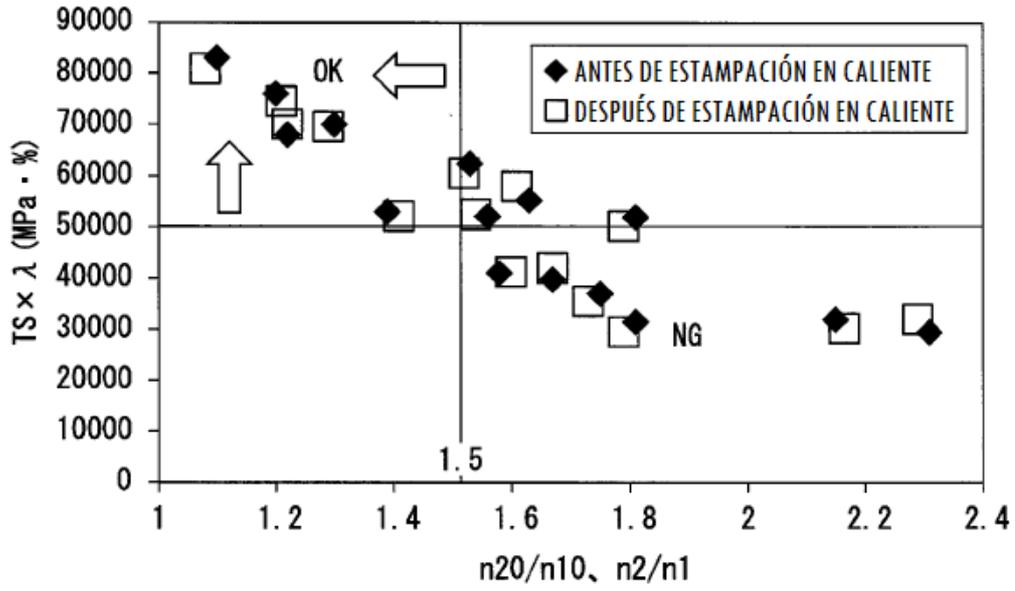


FIG. 4

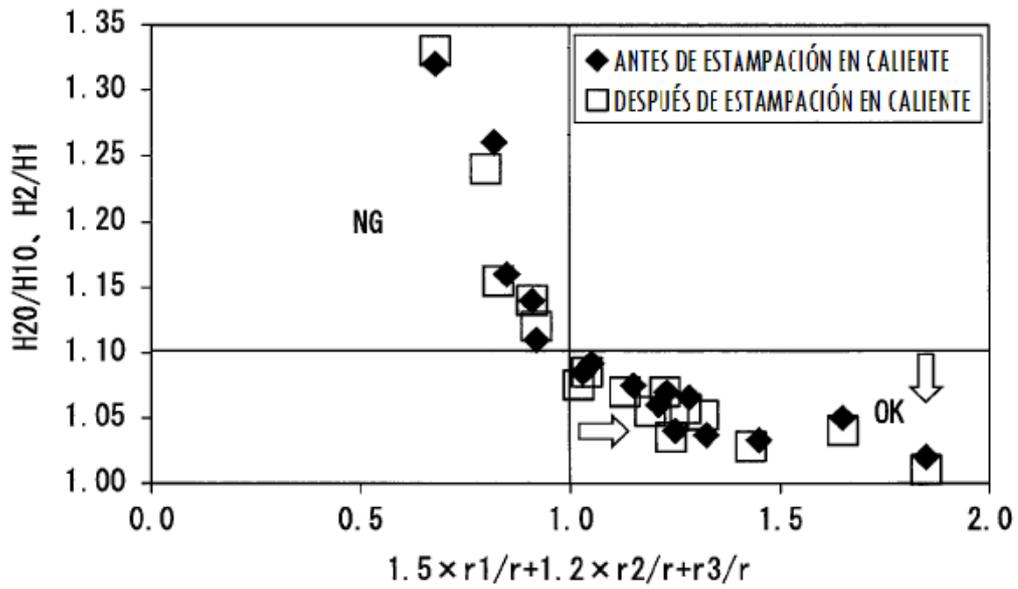


FIG. 5A

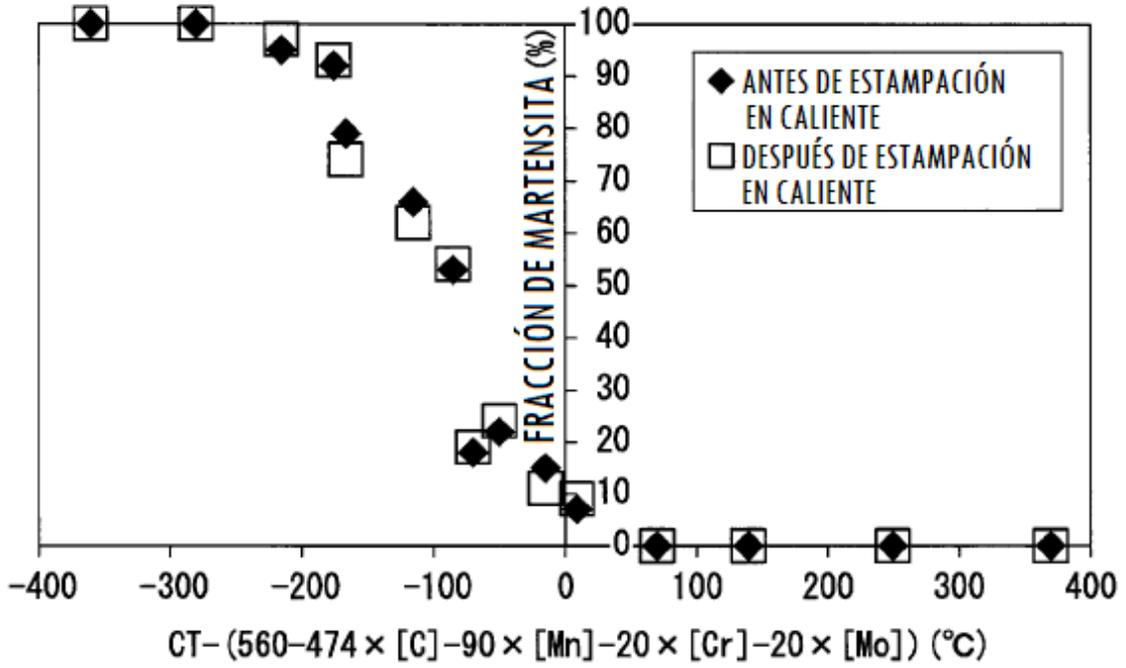


FIG. 5B

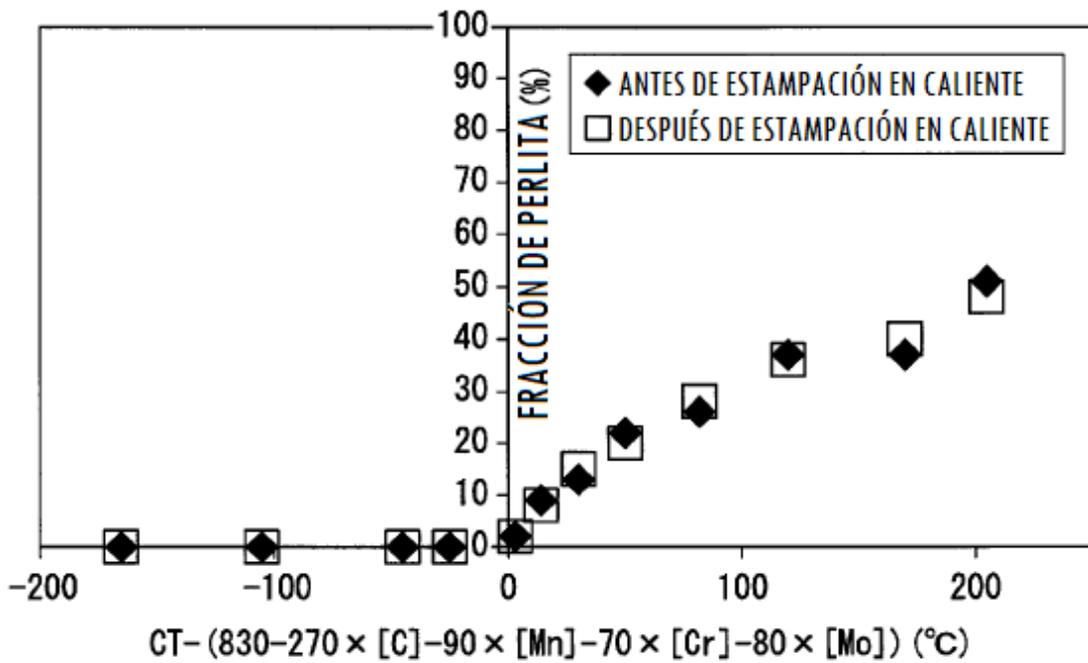


FIG. 6

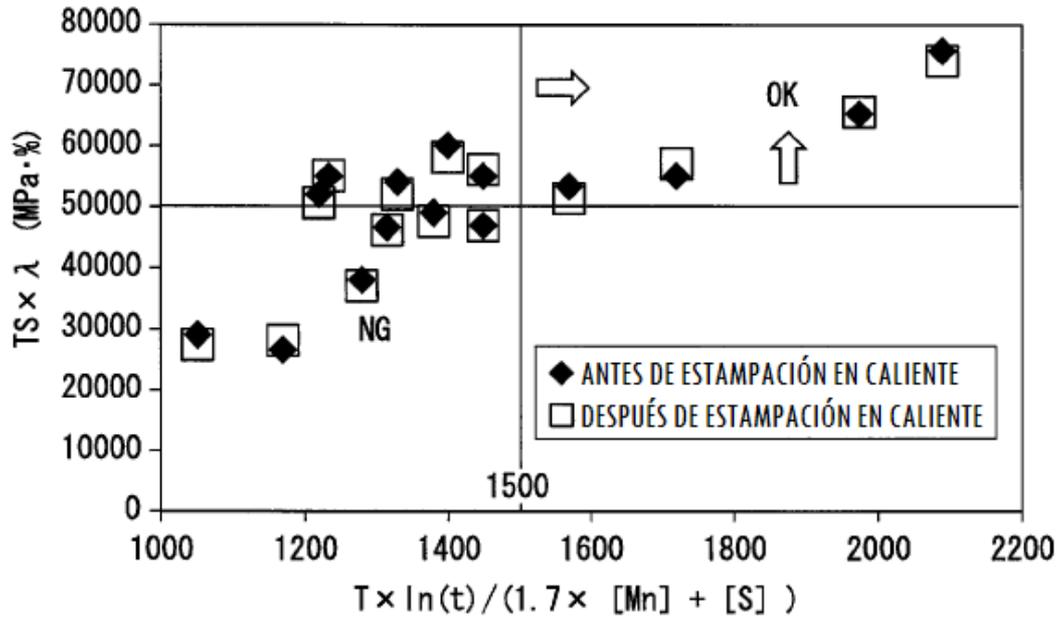


FIG. 7

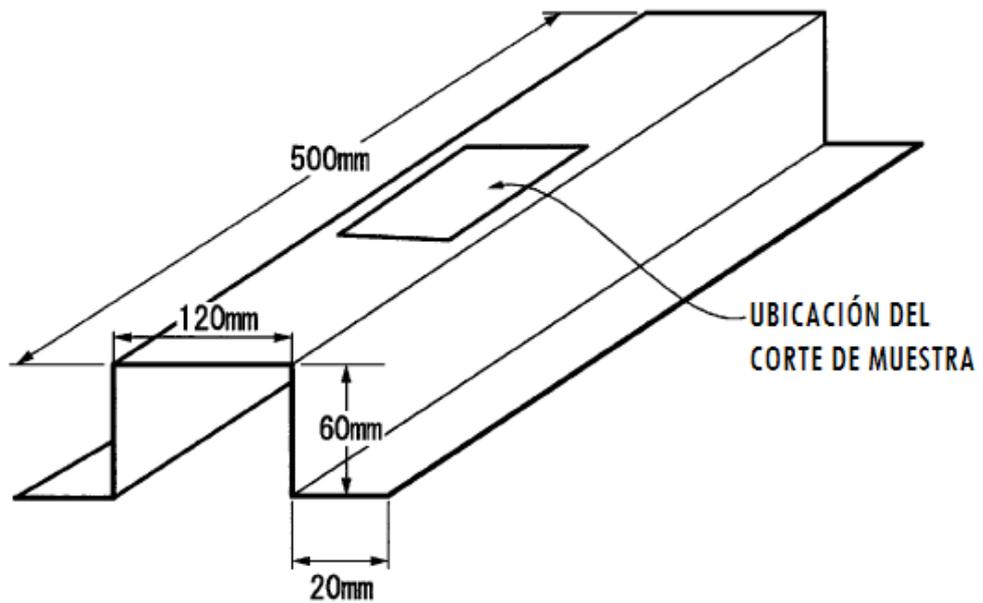


FIG. 8

