

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 712 379**

51 Int. Cl.:

C22C 38/00	(2006.01)	C23C 2/28	(2006.01)
B21D 22/20	(2006.01)	C23C 2/40	(2006.01)
C21D 9/46	(2006.01)	C25D 7/06	(2006.01)
C22C 38/06	(2006.01)	C21D 1/673	(2006.01)
C22C 38/54	(2006.01)	C22C 38/02	(2006.01)
C23C 2/06	(2006.01)	C22C 38/04	(2006.01)
C21D 6/00	(2006.01)	C22C 38/08	(2006.01)
C21D 8/02	(2006.01)	C22C 38/12	(2006.01)
C23C 2/02	(2006.01)	C22C 38/14	(2006.01)
C23C 2/12	(2006.01)	C22C 38/16	(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **27.03.2014 PCT/JP2014/058950**
- 87 Fecha y número de publicación internacional: **09.10.2014 WO14162984**
- 96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **27.03.2014 E 14778399 (7)**
- 97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **10.10.2018 EP 2982772**

54 Título: **Artículo moldeado por estampación en caliente, chapa de acero laminada en frío y procedimiento para fabricar artículos moldeados por estampación en caliente**

30 Prioridad:

02.04.2013 JP 2013076835

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
13.05.2019

73 Titular/es:

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

72 Inventor/es:

**SUWA, YOSHIHIRO;
NONAKA, TOSHIKI;
SATO, KOICHI;
NARUSE, MANABU;
IWASA, YASUNORI y
KOBAYASHI, YOSHIFUMI**

74 Agente/Representante:

ELZABURU, S.L.P

ES 2 712 379 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

Artículo moldeado por estampación en caliente, chapa de acero laminada en frío y procedimiento para fabricar artículos moldeados por estampación en caliente

5 Campo técnico de la Invención

La presente invención se refiere a una chapa de acero laminada en frío estampada en caliente que tiene una excelente conformabilidad (expansibilidad de orificios), una excelente propiedad de tratamiento de conversión química y una excelente adherencia del enchapado después de la estampación en caliente, y un procedimiento para producir una chapa de acero laminada en frío estampada en caliente.

Técnica relacionada

En este momento se requiere mejorar una chapa de acero para un vehículo en términos de seguridad para colisión y para que tenga un peso reducido. En una situación de este tipo, la estampación en caliente (también llamada prensado en caliente, estampado en caliente, temple en frío, enfriamiento en prensa o similar) está llamando la atención como un procedimiento para obtener una alta resistencia. La estampación en caliente se refiere a un procedimiento de formación en el que una chapa de acero se calienta a una temperatura alta, por ejemplo, de 700 °C o más, a continuación se forma en caliente para mejorar la conformabilidad de la chapa de acero, y se temple por enfriamiento después del formado, obteniendo de este modo las cualidades del material deseadas. Como se describe anteriormente, se requiere que una chapa de acero usada para una estructura de la carrocería de un vehículo tenga una alta manejabilidad en prensa y una alta resistencia. Una chapa de acero que tiene una estructura de ferrita y martensita, una chapa de acero que tiene una estructura de ferrita y bainita, una chapa de acero que contiene austenita retenida en una estructura o similar se conoce como una chapa de acero que tiene tanto manejabilidad en prensa como alta resistencia. Entre estas chapas de acero, una chapa de acero multifase que tiene martensita dispersada en una base de ferrita tiene una baja proporción de rendimiento y una alta resistencia a la tracción, y además, tiene excelentes características de elongación. Sin embargo, la chapa de acero multifase tiene una escasa expansibilidad de orificios, dado que la tensión se concentra en la interfaz entre la ferrita y la martensita, y es probable que el agrietamiento se inicie desde la interfaz.

Por ejemplo, los documentos de patente 1 a 3 divulgan la chapa de acero multifase. Además, los documentos de patente 4 a 6 describen las relaciones entre la dureza y la conformabilidad de una chapa de acero.

Sin embargo, incluso con estas técnicas de la técnica relacionada, es difícil obtener una chapa de acero que cumpla los requisitos actuales de un vehículo, tales como una reducción adicional del peso y conformaciones más complejas de un componente. Se pueden mejorar diversos tipos de resistencia añadiendo elementos tales como Si y Mn, así como cambiando la microestructura. Sin embargo, cuando la cantidad de Si excede una cantidad constante como se describe a continuación al añadir Si, se puede degradar la elongación o la expansibilidad de orificios del acero. Además, cuando se incrementa la cantidad de Si o la cantidad de Mn, se puede degradar la propiedad de tratamiento de conversión química o la adherencia del enchapado después de la estampación en caliente, lo que no es preferente.

El documento de patente 7 se refiere a una chapa de acero galvanizado de alta resistencia que tiene una excelente conformabilidad que comprende: acero que tiene una composición componente que contiene, en un porcentaje basado en masa, de un 0,03 % a un 0,15 % de C, menos de un 0,5 % de Si, de un 1,0 % a un 2,5 % de Mn, un 0,05 % o menos de P, un 0,01 % o menos de S, un 0,05 % o menos de Al, un 0,0050 % o menos de N, de un 0,05 % a un 0,8 % de Cr, de un 0,01 % a un 0,1 % de V, y el resto es Fe e impurezas inevitables; y una película de cincado sobre una superficie de una chapa de acero, en la que una microestructura del acero contiene ferrita que tiene un diámetro de grano promedio de 15 µm o menos y de un 5 % a un 40 % de martensita en una proporción de área, y la proporción de martensita que tiene una proporción de aspecto de menos de 3,0 con respecto a toda la martensita es más de un 95 % en proporción de área.

Documentos de la técnica anterior

Documentos de patente

55 [Documento de patente 1] Solicitud de patente japonesa no examinada, primera publicación n.º H6-128688

[Documento de patente 2] Solicitud de patente japonesa no examinada, primera publicación n.º 2000-319756

60 [Documento de patente 3] Solicitud de patente japonesa no examinada, primera publicación n.º 2005-120436

[Documento de patente 4] Solicitud de patente japonesa no examinada, primera publicación n.º 2005-256141

[Documento de patente 5] Solicitud de patente japonesa no examinada, primera publicación n.º 2001-355044

65 [Documento de patente 6] Solicitud de patente japonesa no examinada, primera publicación n.º H11-189842

[Documento de patente 7] Solicitud de patente europea EP-A1-2 562 286

Exposición de la Invención

5 Problemas que se van a resolver por la invención

Un objetivo de la presente invención es proporcionar una chapa de acero laminada en frío que pueda garantizar una resistencia y tener una expansibilidad de orificios más favorable, una excelente propiedad de tratamiento de conversión química y una excelente adherencia del enchapado cuando se produce para dar una chapa de acero laminada en frío estampada en caliente y un procedimiento para producir la misma chapa de acero laminada en frío estampada en caliente.

Medios para solucionar el problema

Los autores de la presente invención llevaron a cabo estudios intensivos con respecto a una chapa de acero laminada en frío para estampación en caliente que garantizaba una resistencia después de la estampación en caliente (después del templado en una estampación en caliente), tenía una excelente conformabilidad (expansibilidad de orificios) y tenía una excelente propiedad de tratamiento de conversión química y una excelente adherencia del enchapado después de la estampación en caliente. Como resultado, se encontró que, cuando se establece una relación apropiada entre la cantidad de Si, la cantidad de Mn y la cantidad de C, se fijan una fracción de ferrita y una fracción de martensita en la chapa de acero en fracciones predeterminadas, y se fijan la proporción de dureza (diferencia de dureza) de la martensita entre una porción de superficie de un espesor de chapa y una porción central del espesor de chapa y la distribución de dureza de la martensita en la porción central del espesor de chapa en intervalos específicos, es posible producir industrialmente una chapa de acero laminada en frío para estampación en caliente que puede garantizar una conformabilidad, es decir, una característica de $TS \times \lambda \geq 50000 \text{ MPa}\cdot\%$ que es un valor más grande que nunca en términos de $TS \times \lambda$ que es producto de una resistencia a la tracción TS y una proporción de expansión de orificios λ . Además, se encontró que, cuando esta chapa de acero laminada en frío se usa para estampación en caliente, un acero estampado en caliente tiene una excelente expansibilidad de orificios incluso después de obtener la estampación en caliente. Además, también se aclaró que la limitación de segregación de MnS en la porción central del espesor de chapa de la chapa de acero laminada en frío para la estampación en caliente también es eficaz para mejorar la expansibilidad de orificios del acero estampado en caliente. En particular, se encontró que, cuando se reduce la cantidad de Mn que es un elemento principal para mejorar la templabilidad y disminuye la fracción o dureza de la martensita, se maximiza la expansibilidad de orificios por la limitación de segregación del MnS y la propiedad de tratamiento de conversión química y la adherencia del enchapado son excelentes después de la estampación en caliente. Además, también se encontró que, en la laminación en frío, un ajuste de una fracción de una reducción de la laminación en frío con respecto a una reducción total de la laminación en frío (reducción de la laminación acumulada) desde una caja más alta a una tercera caja en base a la caja más alta dentro de un intervalo específico es eficaz para controlar la dureza de la martensita. Además, los autores de la invención han encontrado una variedad de aspectos de la presente invención como se describe a continuación. Además, se encontró que los efectos no se ven afectados incluso cuando se forman una capa galvanizada por inmersión en caliente, una capa recocida y galvanizada, una capa electrogalvanizada y una capa aluminizada en la chapa de acero laminada en frío.

La presente invención se define en las reivindicaciones. Además, en el presente documento se divulga lo siguiente: (1) Un acero estampado en caliente que incluye, en % en masa, C: de un 0,030 % a un 0,150 %, Si: de un 0,010 % a un 1,000 %, Mn: un 0,50 % o más y menos de un 1,50 %, P: de un 0,001 % a un 0,060 %, S: de un 0,001 % a un 0,010 %, N: de un 0,0005 % a un 0,0100 %, Al: de un 0,010 % a un 0,050 %, y opcionalmente al menos uno de B: de un 0,0005 % a un 0,0020 %, Mo: de un 0,01 % a un 0,50 %, Cr: de un 0,01 % a un 0,50 %, V: de un 0,001 % a un 0,100 %, Ti: de un 0,001 % a un 0,100 %, Nb: de un 0,001 % a un 0,050 %, Ni: de un 0,01 % a un 1,00 %, Cu: de un 0,01 % a un 1,00 %, Ca: de un 0,0005 % a un 0,0050 %, REM: de un 0,00050 % a un 0,0050 %, y un resto de Fe e impurezas, en el que, cuando [C] es la cantidad de C en % en masa, [Si] es la cantidad de Si en % en masa y [Mn] es la cantidad de Mn en % en masa, se cumple la siguiente expresión (A), la fracción de área de ferrita es de un 40 % a un 95 % y la fracción de área de martensita es de un 5 % a un 60 %, el total de la fracción de área de ferrita y la fracción de área de martensita es de un 60 % o más, el acero estampado en caliente incluye además uno o más de perlita, austenita retenida y bainita, la fracción de área de perlita es de un 10 % o menos, la fracción volumétrica de austenita retenida es de un 5 % o menos y la fracción de área de bainita es menor que un 40 %, la dureza de la martensita medida con un nanopenetrador cumple la siguiente expresión (B) y la siguiente expresión (C), $TS \times \lambda$ que es el producto de la resistencia a la tracción TS y una proporción de expansión de orificios λ es 50000 MPa·% o más,

$$(5 \times [\text{Si}] + [\text{Mn}]) / [\text{C}] > 10 \quad (\text{A}),$$

$$H2 / H1 < 1.10 \quad (\text{B}),$$

$$\sigma_{HM} < 20 \quad (\text{C}),$$

65

y

H1 es la dureza promedio de la martensita en una porción de superficie de un espesor de chapa del acero estampado en caliente, la porción de superficie es un área que tiene un ancho de 200 µm en una dirección de espesor desde una capa más externa, H2 es la dureza promedio de la martensita en una porción central del espesor de chapa del acero estampado en caliente, la porción central es un área que tiene un ancho de 200 µm en la dirección del espesor en un centro del espesor de chapa, y la σ_{HM} es la varianza de la dureza promedio de la martensita en la porción central del espesor de chapa del acero estampado en caliente.

(2) En el acero estampado en caliente de acuerdo con el punto (1) anterior, la fracción de área de MnS existente en el acero estampado en caliente y que tiene un diámetro de círculo equivalente de 0,1 µm a 10 µm puede ser de un 0,01 % o menos, y se puede cumplir la siguiente expresión (D),

$$n2 / n1 < 1.5 \quad (D),$$

y

n1 es una densidad numérica promedio por 10000 µm² del MnS que tiene un diámetro de círculo equivalente de 0,1 µm a 10 µm en una porción de 1/4 del espesor de chapa del acero estampado en caliente, y n2 es la densidad numérica promedio por 10000 µm² del MnS que tiene un diámetro de círculo equivalente de 0,1 µm a 10 µm en la porción central del espesor de chapa del acero estampado en caliente.

(3) En el acero estampado en caliente de acuerdo con el punto (1) o (2) anterior, se puede formar una capa galvanizada por inmersión en caliente sobre una superficie del mismo.

(4) En el acero estampado en caliente de acuerdo con el punto (3) anterior, la capa galvanizada por inmersión en caliente se puede alear.

(5) En el acero estampado en caliente de acuerdo con el punto (1) o (2) anterior, se puede formar una capa electrogalvanizada sobre una superficie del mismo.

(6) En el acero estampado en caliente de acuerdo con el punto (1) o (2) anterior, se puede formar una capa aluminizada sobre una superficie del mismo.

(7) También se divulga en el presente documento un procedimiento para producir un acero estampado en caliente que incluye colar un acero fundido que tiene una composición química de acuerdo con el punto (1) anterior y obtener un acero, calentar el acero, laminar en caliente el acero con un laminador en caliente que incluye una pluralidad de cajas, enrollar el acero después la laminación en caliente, decapar el acero después del enrollamiento, laminar en frío el acero con un laminador en frío que incluye una pluralidad de cajas después del decapado en una condición que cumple la siguiente expresión (E), recocer en el que el acero se recuece por debajo de 700° C a 850° C después de la laminación en frío y se enfría, templar por laminación el acero después del recocido, y estampar en caliente en el que el acero se calienta a un intervalo de temperaturas de 700° C a 1000° C después de templar por laminación, se estampa en caliente dentro del intervalo de temperaturas, y después de esto se enfría hasta temperatura ambiente o más y a 300° C o menos,

$$1.5 \times r1 / r + 1.2 \times r2 / r + r3 / r > 1.00 \quad (E),$$

y

ri (i = 1, 2, 3) es una reducción de laminación en frío objetivo individual en una caja iésima (i = 1, 2, 3) en base a una caja más alta en la pluralidad de cajas en la laminación en frío en unidad de %, y r es la reducción total de laminación en frío en la laminación en frío en unidad de %.

(8) En el procedimiento para producir el acero estampado en caliente de acuerdo con el punto (7) anterior, la laminación en frío se puede llevar a cabo en una condición que cumpla la siguiente expresión (E'),

$$1.20 \geq 1.5 \times r1 / r + 1.2 \times r2 / r + r3 / r > 1.00 \quad (E'),$$

y

ri (i = 1, 2, 3) es la reducción de laminación en frío objetivo individual en la caja iésima (i = 1, 2, 3) en base a la caja más alta en la pluralidad de cajas en la laminación en frío en unidad de %, y r es la reducción total de laminación en frío en la laminación en frío en unidad de %.

(9) En el procedimiento para producir el acero estampado en caliente de acuerdo con el punto (7) u (8) anterior,

cuando CT es una temperatura de enrollamiento en el enrollamiento en unidad de ° C, [C] es la cantidad de C en el acero en % en masa, [Mn] es la cantidad de Mn en el acero en % en masa, [Si] es la cantidad de Si en el acero en % en masa y [Mo] es la cantidad de Mo en el acero en % en masa, se puede cumplir la siguiente expresión (F),

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

(10) En el procedimiento para producir el acero estampado en caliente de acuerdo con uno cualquiera de los puntos (7) a (9) anteriores, cuando T es la temperatura de calentamiento en el calentamiento en unidad de °C, t es el tiempo en el horno en el calentamiento en unidad de minutos, [Mn] es la cantidad de Mn en el acero en % en masa y [S] es la cantidad de S en el acero en % en masa, se puede cumplir la siguiente expresión (G),

$$T \times \ln(t) / (1.7 \times [\text{Mn}] + [\text{S}]) > 1500 \quad (\text{G}).$$

(11) El procedimiento para producir el acero estampado en caliente de acuerdo con uno cualquiera de los puntos (7) a (10) anteriores puede incluir además galvanizar el acero entre el recocido y el templado por laminación.

(12) El procedimiento para producir el acero estampado en caliente de acuerdo con el punto (11) anterior puede incluir además alear el acero entre el galvanizado y el templado por laminación.

(13) El procedimiento para producir el acero estampado en caliente de acuerdo con uno cualquiera de los puntos (7) a (10) anteriores puede incluir además electrogalvanizar el acero después del templado por laminación.

(14) El procedimiento para producir el acero estampado en caliente de acuerdo con uno cualquiera de los puntos (7) a (10) anteriores puede incluir además aluminizar el acero entre el recocido y el templado por laminación.

(15) Además, se divulga una chapa de acero laminada en frío que incluye, en % en masa, C: de un 0,030 % a un 0,150 %; Si: de un 0,010 % a un 1,000 %; Mn: un 0,50 % o más y menos de un 1,50 %; P: de un 0,001 % a un 0,060 %; S: de un 0,001 % a un 0,010 %; N: de un 0,0005 % a un 0,0100 %; Al: de un 0,010 % a un 0,050 %, y opcionalmente al menos uno de B: de un 0,0005 % a un 0,0020 %; M: de un 0,01 % a un 0,50 %; Cr: de un 0,01 % a un 0,50 %; V: de un 0,001 % a un 0,100 %; Ti: de un 0,001 % a un 0,100 %; Nb: de un 0,001 % a un 0,050 %; Ni: de un 0,01 % a un 1,00 %; Cu: de un 0,01 % a un 1,00 %; Ca: de un 0,0005 % a un 0,0050 %; REM: de un 0,0005 % a un 0,0050 %, y un resto de Fe e impurezas inevitables, en el que, cuando [C] es la cantidad de C en % en masa, [Si] es la cantidad de Si en % en masa y [Mn] es la cantidad de Mn en % en masa, se cumple la siguiente expresión (A), la fracción de área de ferrita es de un 40 % a un 95 % y la fracción de área de martensita es de un 5 % a un 60 %, el total de la fracción de área de ferrita y la fracción de área de martensita es de un 60 % o más, la chapa de acero laminada en frío incluye además opcionalmente uno o más de perlita, austenita retenida y bainita, la fracción de área de perlita es de un 10 % o menos, la fracción volumétrica de austenita retenida es de un 5 % o menos, y la fracción de área de bainita es menor que un 40 %, la dureza de la martensita medida con un nanopenetrador cumple la siguiente expresión (H) y la siguiente expresión (I), TS × λ, que es el producto de la resistencia a la tracción TS y la proporción de expansión de orificio λ es 50000 MPa·% o más,

$$(5 \times [\text{Si}] + [\text{Mn}]) / [\text{C}] > 10 \quad (\text{A}),$$

$$H_{20} / H_{10} < 1.10 \quad (\text{H}),$$

$$\sigma_{HM0} < 20 \quad (\text{I}),$$

y

H₁₀ es la dureza promedio de la martensita en una porción de superficie de un espesor de chapa, la porción de superficie es un área que tiene un ancho de 200 μm en una dirección de espesor desde una capa más externa, H₂₀ es la dureza promedio de la martensita en una porción central del espesor de chapa, la porción central es un área que tiene un ancho de 200 μm en la dirección del espesor en un centro del espesor de chapa, y la σ_{HM0} es la varianza de la dureza promedio de la martensita en la porción central del espesor de chapa.

(16) En la chapa de acero laminada en frío de acuerdo con el punto (15) anterior, la fracción de área de MnS existente en la chapa de acero laminada en frío y que tiene un diámetro de círculo equivalente de 0,1 μm a 10 μm puede ser de un 0,01 % o menos, se cumple la siguiente expresión (J),

$$n_{20} / n_{10} < 1.5 \quad (\text{J}),$$

y

n₁₀ es una densidad numérica promedio por 10000 μm² del MnS que tiene un diámetro de círculo equivalente de 0,1 μm a 10 μm en una porción de 1/4 del espesor de chapa, y n₂₀ es una densidad numérica promedio por 10000 μm² del MnS que tiene un diámetro de círculo equivalente de 0,1 μm a 10 μm en la porción central del espesor de chapa.

(17) En la chapa de acero laminada en frío de acuerdo con el punto (15) o (16) anterior, se puede formar una capa galvanizada por inmersión en caliente sobre una superficie de la misma.

(18) En la chapa de acero laminada en frío de acuerdo con el punto (17) anterior, la capa galvanizada por inmersión en caliente se puede alear.

(19) En la chapa de acero laminada en frío de acuerdo con el punto (15) o (16) anterior, se puede formar una capa electrogalvanizada sobre una superficie de la misma.

(20) En la chapa de acero laminada en frío de acuerdo con el punto (15) o (16) anterior, se puede formar una capa aluminizada sobre una superficie de la misma.

Efectos de la Invención

5 De acuerdo con el aspecto descrito anteriormente de la presente invención, dado que se establece una relación apropiada entre la cantidad de C, la cantidad de Mn y la cantidad de Si, y la dureza de la martensita medida con un nanopenetrador se fija en un valor apropiado en la chapa de acero laminada en frío antes de la estampación en caliente y del acero estampado en caliente después de la estampación en caliente, es posible obtener una expansibilidad de orificios más favorable en el acero estampado en caliente y la propiedad de tratamiento de conversión química y la adherencia del enchapado son favorables incluso después de la estampación en caliente.

Breve descripción de los dibujos

15 La FIGURA 1 es un gráfico que muestra la relación entre $(5 \times [Si] + [Mn]) / [C]$ y $TS \times \lambda$ en una chapa de acero laminada en frío para estampación en caliente antes del templado en la estampación en caliente y un acero estampado en caliente.

20 La FIGURA 2A es un gráfico que muestra el fundamento de una expresión (B) y es un gráfico que muestra la relación entre $H20/H10$ y σ_{HM0} en la chapa de acero laminada en frío para estampación en caliente antes del templado en la estampación en caliente y la relación entre $H2/H1$ y σ_{HM} en el acero estampado en caliente.

La FIGURA 2B es un gráfico que muestra el fundamento de una expresión (C) y es un gráfico que muestra la relación entre σ_{HM0} y $TS \times \lambda$ en la chapa de acero laminado en frío para estampación en caliente antes del templado en la estampación en caliente y la relación entre σ_{HM} y $TS \times \lambda$ en el acero estampado en caliente.

25 La FIGURA 3 es un gráfico que muestra la relación entre $n20/n10$ y $TS \times \lambda$ en la chapa de acero laminada en frío para estampación en caliente antes del templado en la estampación en caliente y la relación entre $n2/n1$ y $TS \times \lambda$ en el acero estampado en caliente y que muestra el fundamento de una expresión (D).

30 La FIGURA 4 es un gráfico que muestra la relación entre $1,5 \times r1 / r + 1,2 \times r2 / r + r3 / r$ y $H20/H10$ en la chapa de acero laminada en frío para la estampación en caliente antes del templado en la estampación en caliente y la relación entre $1,5 \times r1 / r + 1,2 \times r2 / r + r3 / r$ y $H2/H1$ en el acero estampado en caliente, y que muestra el fundamento de una expresión (E).

La FIGURA 5A es un gráfico que muestra la relación entre una expresión (F) y una fracción de martensita.

La FIGURA 5B es un gráfico que muestra la relación entre la expresión (F) y una fracción de perlita.

35 La FIGURA 6 es un gráfico que muestra la relación entre $T \times \ln(t) / (1,7 \times [Mn] + [S])$ y $TS \times \lambda$, y que muestra el fundamento de una expresión (G).

La FIGURA 7 es una vista en perspectiva de un acero estampado en caliente usado en un ejemplo.

La FIGURA 8 es un diagrama de flujo que muestra un procedimiento para producir el acero estampado en caliente para el que se usa una chapa de acero laminada en frío para estampación en caliente de acuerdo con un modo de realización de la presente invención.

40

Modos de realización de la Invención

45 Como se describe anteriormente, es importante establecer una relación apropiada entre la cantidad de Si, la cantidad de Mn y la cantidad de C y proporcionar una dureza apropiada a la martensita en una posición predeterminada en un acero estampado en caliente (o una chapa de acero laminada en frío) a fin de mejorar la expansibilidad de orificios del acero estampado en caliente. Hasta el momento, no se han realizado estudios con respecto a la relación entre la expansibilidad de orificios o la dureza de la martensita en un acero estampado en caliente.

50 En el presente documento, se describirán los motivos para limitar una composición química de un acero estampado en caliente de acuerdo con un modo de realización de la presente invención (en algunos casos, también denominado acero estampado en caliente de acuerdo con el presente modo de realización) y el acero usado para la fabricación del mismo. A continuación en el presente documento, el "%" es decir, las unidades de la cantidad de un componente individual indica el "% en masa".

55 C: de un 0,030 % a un 0,150 %

60 El C es un elemento importante para fortalecer la martensita e incrementar la resistencia del acero. Cuando la cantidad de C es menor que un 0,030 %, no es posible incrementar suficientemente la resistencia del acero. Por otra parte, cuando la cantidad de C excede un 0,150 %, la degradación de la ductilidad (elongación) del acero se vuelve significativa. Por lo tanto, el intervalo de la cantidad de C se fija en de un 0,030 % a un 0,150 %. En un caso en el que exista una demanda de gran expansibilidad de orificios, la cantidad de C se fija de forma deseable en un 0,100 % o menos.

Si: de un 0,010 % a un 1,000 %

65 El Si es un elemento importante para suprimir la formación de carburo dañino y obtener una estructura multifase que incluye principalmente una estructura de ferrita y un resto de la martensita. Sin embargo, en un caso en el que la cantidad de Si exceda un 1,000 %, la elongación o la expansibilidad de orificios del acero se degrada, y la

propiedad de tratamiento de conversión química o la adherencia del enchapado después de la estampación en caliente también se degrada. Por lo tanto, la cantidad de Si se fija en un 1,000 % o menos. Además, aunque se añade Si para la desoxidación, un efecto de desoxidación no es suficiente cuando la cantidad de Si es menor que un 0,010 %. Por lo tanto, la cantidad de Si se fija en un 0,010 % o más.

Al: de un 0,010 % a un 0,050 %

El Al es un elemento importante como agente desoxidante. Para obtener el efecto de desoxidación, la cantidad de Al se fija en un 0,010 % o más. Por otra parte, incluso cuando se añade Al en exceso, el efecto descrito anteriormente se satura y, por el contrario, el acero se vuelve quebradizo. Por lo tanto, la cantidad de Al se fija para que esté en un intervalo de un 0,010 % a un 0,050 %.

Mn: un 0,50 % o más y menos de un 1,50 %

El Mn es un elemento importante para incrementar la templabilidad del acero y fortalecer el acero. Sin embargo, cuando la cantidad de Mn es menor que un 0,50 %, no es posible incrementar suficientemente la resistencia del acero. Por otra parte, el Mn se oxida de forma selectiva en una superficie de manera similar al Si, y de este modo la propiedad de tratamiento de conversión química o la adherencia del enchapado después de la estampación en caliente se degrada. Como resultado de los estudios realizados por los autores de la invención, se encontró que cuando la cantidad de Mn es de un 1,50 % o más, la adherencia del enchapado se degrada. Por lo tanto, en un modo de realización, la cantidad de Mn se fija en menos de un 1,5 %. Es más preferente que el límite superior de la cantidad de Mn sea de un 1,45 %. Por lo tanto, la cantidad de Mn se fija en un intervalo de un 0,50 % a menos de un 1,50 %. En un caso en el que exista una demanda de alta elongación, la cantidad de Mn se fija de forma deseable en un 1,00 % o menos.

P: de un 0,001 % a un 0,060 %

En un caso en el que la cantidad sea grande, el P se segrega en un límite de grano y deteriora la ductilidad local y la soldabilidad del acero. Por lo tanto, la cantidad de P se fija en un 0,060 % o menos. Por otra parte, dado que una disminución innecesaria de P da lugar a un incremento en el coste de afino, la cantidad de P se fija de forma deseable en un 0,001 % o más.

S: de un 0,001 % a un 0,010 %

El S es un elemento que forma MnS y deteriora significativamente la ductilidad local o la soldabilidad del acero. Por lo tanto, el límite superior de la cantidad de S se fija en un 0,010 %. Además, a fin de reducir los costes de afino, el límite inferior de la cantidad de S se fija de forma deseable en un 0,001 %.

N: de un 0,0005 % a un 0,0100 %

El N es un elemento importante para precipitar AlN y similares y para afinar los granos cristalinos. Sin embargo, cuando la cantidad de N excede un 0,0100 %, permanece un soluto N (un soluto de nitrógeno) y la ductilidad del acero se degrada. Por lo tanto, la cantidad de N se fija en un 0,0100 % o menos. Debido a un problema de costes de afino, el límite inferior de la cantidad de N se establece de forma deseable en 0,0005 %.

El acero estampado en caliente de acuerdo con el modo de realización tiene una composición básica que incluye los elementos descritos anteriormente, Fe e impurezas inevitables como resto, pero puede contener además uno cualquiera o más elementos seleccionados de Nb, Ti, V, Mo, Cr, Ca, REM (metal de tierras raras), Cu, Ni y B como elementos que hasta ahora se han usado en cantidades que están dentro de los intervalos descritos a continuación para mejorar la resistencia, para controlar la conformación de un sulfuro o un óxido, y similares. Incluso cuando el acero estampado en caliente o la chapa de acero laminada en frío no incluye Nb, Ti, V, Mo, Cr, Ca, REM, Cu, Ni y B, se pueden mejorar suficientemente diversas propiedades del acero estampado en caliente o de la chapa de acero laminada en frío. Por lo tanto, los límites inferiores de las cantidades de Nb, Ti, V, Mo, Cr, Ca, REM, Cu, Ni y B son de un 0 %.

Nb, Ti y V son elementos que precipitan carbonitruro fino y refuerzan el acero. Además, Mo y Cr son elementos que incrementan la templabilidad y fortalecen el acero. Para obtener estos efectos, el acero de forma deseable contiene Nb: un 0,001 % o más, Ti: un 0,001 % o más, V: un 0,001 % o más, Mo: un 0,01 % o más y Cr: un 0,01 % o más. Sin embargo, incluso cuando contiene Nb: más de un 0,050 %, Ti: más de un 0,100 %, V: más de un 0,100 %, Mo: más de un 0,50 % o Cr: más de un 0,50 %, se satura el efecto de incremento de resistencia, y existe la preocupación de que se pueda provocar la degradación de la elongación o la expansibilidad de orificios.

El acero puede además contener Ca en un intervalo de un 0,0005 % a un 0,0050 %. El Ca y el metal de tierras raras (REM) controlan la conformación de los sulfuros u óxidos y mejoran la ductilidad local o la expansibilidad de orificios. Para obtener este efecto usando el Ca, es preferente añadir un 0,0005 % o más de Ca. Sin embargo, dado que existe la preocupación de que una adición excesiva pueda deteriorar la manejabilidad, el límite superior de la cantidad de Ca se fija en un 0,0050 %. Por el mismo motivo, también para el metal de tierras raras (REM), es preferente establecer el límite inferior de la cantidad en un 0,0005 % y el límite superior de la cantidad en un 0,0050 %.

El acero puede contener además Cu: de un 0,01 % a un 1,00 %, Ni: de un 0,01 % a un 1,00 % y B: de un 0,0005 % a un 0,0020 %. Estos elementos también pueden mejorar la templabilidad e incrementar la resistencia del acero. Sin embargo, para obtener el efecto, es preferente contener Cu: un 0,01 % o más, Ni: un 0,01 % o más y B: un 0,0005% o más. En un caso en el que las cantidades son iguales a o menores que los valores descritos anteriormente, el efecto que fortalece el acero es pequeño. Por otra parte, incluso cuando se añaden Cu: más de un 1,00 %, Ni: más de un 1.00 % y B: más de un 0,0020 %, se satura el efecto de incremento de resistencia, y existe la preocupación de que la ductilidad se pueda degradar.

En un caso en el que el acero contenga B, Mo, Cr, V, Ti, Nb, Ni, Cu, Ca y REM, están contenidos uno o más elementos. El resto del acero se compone de Fe e impurezas inevitables. Elementos distintos a los elementos descritos anteriormente (por ejemplo, Sn, As y similares) pueden estar contenidos adicionalmente como impurezas inevitables siempre que los elementos no afecten las características. Además, cuando B, Mo, Cr, V, Ti, Nb, Ni, Cu, Ca y REM están contenidos en cantidades que son menores que los límites inferiores descritos anteriormente, los elementos se tratan como impurezas inevitables.

Además, en el acero estampado en caliente de acuerdo con el modo de realización, como se muestra en la FIGURA 1, cuando la cantidad de C (% en masa), la cantidad de Si (% en masa) y la cantidad de Mn (% en masa) se representan respectivamente por [C], [Si] y [Mn], es importante satisfacer la siguiente expresión (A).

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

Para satisfacer una condición de $TS \times \lambda \geq 50000$ MPa·%, la expresión anterior (A) se satisface preferentemente. Cuando el valor de $(5 \times [\text{Si}] + [\text{Mn}]) / [\text{C}]$ es 10 o menos, no es posible obtener una expansibilidad de orificios suficiente. Esto se debe a que, cuando la cantidad de C es grande, la dureza de una fase dura se vuelve demasiado alta, la diferencia de dureza (proporción de dureza) entre la fase dura y una fase suave se vuelve grande, y por lo tanto el valor λ se deteriora, y cuando la cantidad de Si o la cantidad de Mn es pequeña, la TS se vuelve baja. Con respecto al valor de $(5 \times [\text{Si}] + [\text{Mn}]) / [\text{C}]$, dado que el valor no cambia incluso después de la estampación en caliente como se describe anteriormente, la expresión se cumple preferentemente cuando se produce la chapa de acero laminada en frío.

En general, es la martensita en lugar de la ferrita para dominar la conformabilidad (expansibilidad de orificios) en un acero de fase doble (acero DP). Como resultado de los estudios intensivos realizados por los inventores con respecto a la dureza de la martensita, se aclaró que, cuando la diferencia de dureza (la proporción de dureza) de la martensita entre una porción de superficie de un espesor de chapa y una porción central del espesor de chapa, y la distribución de dureza de la martensita en la porción central del espesor de chapa está en un estado predeterminado en una fase antes del templado en la estampación en caliente, el estado se mantiene casi incluso después de la estampación en caliente como se muestra en las FIGURAS 2A y 2B, y la conformabilidad, tal como la elongación o la expansibilidad de orificios, se vuelve favorable. Se considera que esto se debe a que la distribución de dureza de la martensita formada antes del templado en la estampación en caliente todavía tiene un efecto significativo incluso después de la estampación en caliente, y los elementos de aleación concentrados en la porción central del espesor de chapa todavía mantienen el estado de concentración en la porción central del espesor de chapa incluso después de la estampación en caliente. Es decir, en la chapa de acero laminada en frío antes del templado en la estampación en caliente, en un caso en el que la proporción de dureza entre la martensita en la porción de superficie del espesor de chapa y la martensita en la porción central del espesor de chapa es grande, o una varianza de la dureza de la martensita es grande, la misma tendencia se presenta incluso después de la estampación en caliente. Como se muestra en las FIGURAS 2A y 2B, la proporción de dureza entre la porción de superficie del espesor de chapa y la porción central del espesor de chapa en la chapa de acero laminado en frío de acuerdo con el modo de realización antes del templado en la estampación en caliente y la proporción de dureza entre la porción de superficie del espesor de chapa y la porción central del espesor de chapa en el acero estampado en caliente de acuerdo con el modo de realización son casi la misma. Además, de forma similar, la varianza de la dureza de la martensita en la porción central del espesor de chapa en la chapa de acero laminada en frío de acuerdo con el modo de realización antes del templado en la estampación en caliente y la varianza de la dureza de la martensita en la porción central del espesor de chapa en el acero estampado en caliente de acuerdo con el modo de realización son casi la misma. Por lo tanto, la conformabilidad de la chapa de acero laminada en frío de acuerdo con el modo de realización es, de forma similar, excelente con respecto a la conformabilidad del acero estampado en caliente de acuerdo con el modo de realización.

Además, con respecto a la dureza de la martensita medida con un nanopenetrador fabricado por Hysitron Corporation, los inventores encontraron que los cumplimientos de la siguiente expresión (B) y la siguiente expresión (C) son ventajosos para la expansibilidad de orificios del acero estampado en caliente. Los cumplimientos de la expresión (H) y la expresión (I) también son ventajosos de la misma manera. Aquí, "H1" es la dureza promedio de la martensita en la porción de superficie del espesor de chapa que está dentro de un área que tiene un ancho de 200 μm en una dirección de espesor desde una capa más externa del acero estampado en caliente, "H2" es la dureza promedio de la martensita en un área que tiene un ancho de $\pm 100 \mu\text{m}$ en la dirección del espesor desde la porción central del espesor de chapa en la porción central del espesor de chapa

en el acero estampado en caliente, y " σ_{HM} " es la varianza de la dureza de la martensita en un área que tiene un ancho de $\pm 100 \mu\text{m}$ en la dirección del espesor desde la porción central del espesor de chapa en el acero estampado en caliente. Además, "H10" es la dureza de la martensita en la porción de superficie del espesor de chapa en la chapa de acero laminada en frío antes del templado en la estampación en caliente, "H20" es la dureza de la martensita en la porción central del espesor de chapa, es decir, en un área que tiene un ancho de $200 \mu\text{m}$ en la dirección del espesor en el centro del espesor de chapa en la chapa de acero laminado en frío antes del templado en la estampación en caliente, y " σ_{HM0} " es la varianza de la dureza de la martensita en la porción central del espesor de chapa en la chapa de acero laminada en frío antes del templado en la estampación en caliente. H1, H10, H2, H20, σ_{HM} y σ_{HM0} se obtienen a partir de mediciones de 300 puntos para cada uno. Un área que tiene un ancho de $\pm 100 \mu\text{m}$ en la dirección de espesor desde la porción central del espesor de chapa se refiere a un área que tiene un centro en el centro del espesor de chapa y que tiene un ancho de $200 \mu\text{m}$ en la dirección del espesor.

$$H2 / H1 < 1.10 \quad (B)$$

$$\sigma_{HM} < 20 \quad (C)$$

$$H20 / H10 < 1.10 \quad (H)$$

$$\sigma_{HM0} < 20 \quad (I)$$

Además, aquí, la varianza es un valor obtenido usando la siguiente expresión (K) e indicando una distribución de la dureza de la martensita.

$$\sigma_{HM} = (1 / n) \times \sum [n_i, i=1] (x_{pro} - x_i)^2 \quad (K)$$

x_{pro} es el valor promedio de la dureza, y x_i es una dureza iésima.

Un valor de H2/H1 de 1,10 o más representa que la dureza de la martensita en la porción central del espesor de chapa es de 1,10 o más veces la dureza de la martensita en la porción de superficie del espesor de chapa y, en este caso, σ_{HM} se convierte en 20 o más incluso después de la estampación en caliente como se muestra en la FIGURA 2A. Cuando el valor de H2/H1 es de 1,10 o más, la dureza de la porción central del espesor de chapa se vuelve demasiado alta, $TS \times \lambda$ se vuelve menor que 50000 MPa·% como se muestra en la FIGURA 2B, y no se puede obtener una conformabilidad suficiente tanto antes del templado (es decir, antes de la estampación en caliente) como después del templado (es decir, después de la estampación en caliente). Además, teóricamente, existe un caso en el que el límite inferior del H2/H1 se vuelve el mismo en la porción central del espesor de chapa y en la porción de superficie del espesor de chapa, a menos que se lleve a cabo un tratamiento térmico especial; sin embargo, en un proceso de producción real, cuando se considera la productividad, el límite inferior es, por ejemplo, de aproximadamente 1,005. Lo que se ha descrito anteriormente con respecto al valor de H2/H1 también se aplicará de manera similar al valor de H20/H10.

Además, siendo la varianza de σ_{HM} de 20 o más, incluso después de la estampación en caliente, indica que la dispersión de la dureza de la martensita es grande, y existen porciones en las que la dureza es demasiado alta a nivel local. En este caso, $TS \times \lambda$ se convierte en menos de 50000 MPa·% como se muestra en la FIGURA 2B, y no se puede obtener una expansibilidad de orificios suficiente del acero estampado en caliente. Lo que se ha descrito anteriormente con respecto al valor de σ_{HM} también se aplicará de manera similar al valor de σ_{HM0} .

En el acero estampado en caliente de acuerdo con el modo de realización, la fracción de área de ferrita es de un 40 % a un 95 %. Cuando la fracción de área de ferrita es menor que un 40 %, no se puede obtener una elongación suficiente o una expansibilidad de orificios suficiente. Por otra parte, cuando la fracción de área de la ferrita excede un 95 %, la martensita se vuelve insuficiente y no se puede obtener una resistencia suficiente. Por lo tanto, la fracción de área de ferrita en el acero estampado en caliente se fija en de un 40 % a un 95 %. Además, el acero estampado en caliente también incluye martensita, la fracción de área de martensita es de un 5 % a un 60 %, y el total de la fracción de área de ferrita y la fracción de área de martensita es de un 60 % o más. La totalidad o las porciones principales del acero estampado en caliente están ocupadas por ferrita y martensita, y además, una o más de bainita y austenita retenida se pueden incluir en el acero estampado en caliente. Sin embargo, cuando la austenita retenida permanece en el acero estampado en caliente, es probable que se degraden la fragilidad de trabajo secundario y la característica de fractura retardada. Por lo tanto, es preferente que la austenita retenida no se incluya sustancialmente; sin embargo, inevitablemente, se puede incluir un 5 % o menos de austenita retenida en una fracción volumétrica. Dado que la perlita es una estructura dura y quebradiza, es preferente no incluir perlita en el acero estampado en caliente; sin embargo, inevitablemente, se puede incluir hasta un 10 % de perlita en una fracción de área. Además, la cantidad de bainita puede ser de un 40 % como máximo en una fracción de área con respecto a una región que excluye ferrita y martensita. Aquí, se observaron ferrita, bainita y perlita a través del grabado en nital, y se observó

martensita a través del grabado en LePera. En ambos casos, se observó una porción de 1/4 del espesor de chapa con un aumento de 1000 veces. La fracción volumétrica de austenita retenida se midió con un aparato de difracción de rayos X después de pulir la chapa de acero hasta la porción de 1/4 del espesor de chapa. La porción de 1/4 del espesor de chapa se refiere a un 1/4 de porción del espesor de la chapa de acero alejada de la superficie de la chapa de acero en la dirección del espesor de la chapa de acero en la chapa de acero.

En el modo de realización, la dureza de la martensita se especifica mediante una dureza obtenida usando un nanopenetrador bajo las siguientes condiciones.

- Ampliación para observar la indentación: x1000
- Campo visual para observación: altura de 90 µm y ancho de 120 µm
- Conformación del penetrador: Penetrador de diamante piramidal de tres lados de tipo Berkovich
- Carga de compresión: 500 µN (50 mgf)
- Tiempo de carga para la compresión del penetrador: 10 segundos
- Período de tiempo de descarga para la compresión del penetrador: 10 segundos (el penetrador no se mantiene en una posición de la carga máxima).

Se obtiene una relación entre la profundidad de compresión y la carga en la condición anterior, y se calcula la dureza a partir de la relación. La dureza se puede calcular por un procedimiento convencional. La dureza se mide en 10 posiciones, la dureza de la martensita se obtiene mediante un promedio aritmético para los 10 valores de dureza. Las posiciones individuales para la medición no están particularmente limitadas siempre que las posiciones estén dentro de los granos de martensita. Sin embargo, la distancia entre las posiciones para la medición debe ser de 5 µm o mayor.

Dado que una muesca formada en una prueba de dureza Vickers ordinaria es más grande que la martensita, de acuerdo con la prueba de dureza Vickers, mientras que se puede obtener una dureza macroscópica de la martensita y de las estructuras periféricas de la misma (ferrita y similares), no es posible obtener la dureza de la martensita en sí misma. Dado que la conformabilidad (expansibilidad de orificios) se ve afectada significativamente por la dureza de la martensita en sí misma, es difícil evaluar suficientemente la conformabilidad solamente con una dureza Vickers. Por el contrario, en el modo de realización, dado que el estado de distribución de la dureza se da en base a la dureza de la martensita en el acero estampado en caliente medido con el nanopenetrador, es posible obtener una conformabilidad extremadamente favorable.

Además, en la chapa de acero laminada en frío antes del templado en la estampación en caliente y el acero estampado en caliente, como resultado de observar MnS en una localización de 1/4 del espesor de chapa y en la porción central del espesor de chapa, se encontró que es preferente que la fracción de área del MnS que tiene un diámetro de círculo equivalente de 0,1 µm a 10 µm sea de un 0,01 % o menos, y, como se muestra en la FIGURA 3, se cumpla la siguiente expresión (D) ((J) también) a fin de cumplir de forma favorable y estable la condición de $TS \times \lambda \geq 50000 \text{ MPa}\cdot\%$. Cuando existe MnS que tiene un diámetro de círculo equivalente de 0,1 µm o más durante una prueba de expansibilidad de orificios, dado que la tensión se concentra en los alrededores del mismo, es probable que se produzca agrietamiento. Un motivo para no contar con que el MnS tenga un diámetro de círculo equivalente de menos de 0,1 µm es que el efecto sobre la concentración de tensión es pequeño. Además, un motivo para no contar con que el MnS tenga un diámetro de círculo equivalente de más de 10 µm es que, cuando el MnS que tiene el tamaño de partícula descrito anteriormente se incluye en el acero estampado en caliente o la chapa de acero laminada en frío, el tamaño de partícula es demasiado grande, y el acero estampado en caliente o la chapa de acero laminada en frío se vuelven inadecuados para el trabajo. Además, cuando la fracción de área del MnS que tiene un diámetro de círculo equivalente de 0,1 µm a 10 µm excede un 0,01 %, dado que resulta fácil que se propaguen grietas finas generadas debido a la concentración de tensión, la expansibilidad de orificios se deteriora adicionalmente, y existe un caso en el que no se cumple la condición de $TS \times \lambda \geq 50000 \text{ MPa}\cdot\%$. Aquí, "n1" y "n10" son densidades numéricas del MnS que tiene un diámetro de círculo equivalente de 0,1 µm a 10 µm en la porción de 1/4 del espesor de chapa en el acero estampado en caliente y la chapa de acero laminada en frío antes del templado en la estampación en caliente, respectivamente, y "n2" y "n20" son densidades numéricas del MnS que tiene un diámetro de círculo equivalente de 0,1 µm a 10 µm en la porción central del espesor de chapa en el acero estampado en caliente y la chapa de acero laminada en frío antes del templado en la estampación en caliente, respectivamente.

$$n2 / n1 < 1.5 \quad (D)$$

$$n20 / n10 < 1.5 \quad (J)$$

Estas relaciones son todas idénticas a la chapa de acero antes del templado en la estampación en caliente, la chapa de acero después de la estampación en caliente y el acero estampado en caliente.

Cuando la fracción de área del MnS que tiene un diámetro de círculo equivalente de 0,1 µm a 10 µm es más de un 0,01 % después de la estampación en caliente, es probable que la expansibilidad de orificios se degrade. El

límite inferior de la fracción de área del MnS no se especifica en particular, sin embargo, un 0,0001 % o más del MnS está presente debido a un procedimiento de medición descrito a continuación, una limitación de una ampliación y un campo visual, y una cantidad original de Mn o del S. Además, un valor de n_2/n_1 (o n_{20}/n_{10}) de 1,5 o más indica que una densidad numérica del MnS que tiene un diámetro de círculo equivalente de 0,1 μm a 10 μm en la porción central del espesor de chapa del acero estampado en caliente (o la chapa de acero laminada en frío antes de la estampación en caliente) es de 1,5 o más veces la densidad numérica del MnS que tiene un diámetro de círculo equivalente de 0,1 μm o más en la porción de 1/4 del espesor de chapa del acero estampado en caliente (o chapa de acero laminada en frío antes de la estampación en caliente). En este caso, es probable que la conformabilidad se degrade debido a la segregación del MnS en la porción central del espesor de chapa del acero estampado en caliente (o la chapa de acero laminada en frío antes de la estampación en caliente). En el modo de realización, el diámetro de círculo equivalente y la densidad numérica del MnS que tiene un diámetro de círculo equivalente de 0,1 μm a 10 μm se midieron con un microscopio electrónico de barrido de emisión de campo (Fe-SEM) fabricado por JEOL Ltd. En una medición, una ampliación fue de 1000 veces, y un área de medición del campo visual se fijó en $0,12 \times 0,09 \text{ mm}^2$ ($= 10800 \mu\text{m}^2 \approx 10000 \mu\text{m}^2$). Se observaron diez campos visuales en la porción de 1/4 del espesor de chapa, y se observaron diez campos visuales en la porción central del espesor de chapa. La fracción de área del MnS que tiene un diámetro de círculo equivalente de 0,1 μm a 10 μm se calculó con un programa informático de análisis de partículas. En el acero estampado en caliente de acuerdo con el modo de realización, la forma (conformación y número) del MnS formado antes de la estampación en caliente es la misma antes y después de la estampación en caliente. La FIGURA 3 es una vista que muestra una relación entre n_2 / n_1 y $TS \times \lambda$ después de la estampación en caliente y una relación entre n_{20} / n_{10} y $TS \times \lambda$ antes del templado en la estampación en caliente, y, de acuerdo con la FIGURA 3, n_{20} / n_{10} de la chapa de acero laminada en frío antes del templado en la estampación en caliente y n_2 / n_1 del acero estampado en caliente son casi la misma. Esto se debe a que la forma del MnS no cambia a una temperatura de calentamiento típica de la estampación en caliente.

Cuando la estampación en caliente se lleva a cabo en la chapa de acero laminada en frío que tiene la configuración descrita anteriormente, es posible obtener un acero estampado en caliente con una resistencia a la tracción de 400 MPa a 1000 MPa, y la expansibilidad de orificios se mejora significativamente en el acero estampado en caliente que tiene una resistencia a la tracción de aproximadamente 400 MPa a 800 MPa.

Además, se puede formar una capa galvanizada por inmersión en caliente, una capa recocida y galvanizada, una capa electrogalvanizada o una capa aluminizada sobre una superficie del acero estampado en caliente de acuerdo con el modo de realización. Es preferente formar el enchapado descrito anteriormente en términos de prevención de la oxidación. Una formación de los enchapados descritos anteriormente no afecta los efectos del modo de realización. Los enchapados descritos anteriormente se pueden llevar a cabo con un procedimiento bien conocido.

Una chapa de acero laminada en frío incluye, en % en masa, C: de un 0,030 % a un 0,150 %; Si: de un 0,010 % a un 1,000 %; Mn: un 0,50 % o más y menos de un 1,50 %; P: de un 0,001 % a un 0,060 %; S: de un 0,001 % a un 0,010 %; N: de un 0,0005 % a un 0,0100 %; Al: de un 0,010 % a un 0,050 %, y opcionalmente al menos uno de B: de un 0,0005 % a un 0,0020 %; M: de un 0,01 % a un 0,50 %; Cr: de un 0,01 % a un 0,50 %; V: de un 0,001 % a un 0,100 %; Ti: de un 0,001 % a un 0,100 %; Nb: de un 0,001 % a un 0,050 %; Ni: de un 0,01 % a un 1,00 %; Cu: de un 0,01 % a un 1,00 %; Ca: de un 0,0005 % a un 0,0050 %; REM: de un 0,0005 % a un 0,0050 %, y un resto de Fe e impurezas, en la que, cuando [C] es la cantidad de C en % en masa, [Si] es la cantidad de Si en % en masa y [Mn] es la cantidad de Mn en % en masa, se cumple la siguiente expresión (A), la fracción de área de ferrita es de un 40 % a un 95 % y la fracción de área de martensita es de un 5 % a un 60 %, el total de la fracción de área de ferrita y la fracción de área de martensita es de un 60 % o más, la chapa de acero laminada en frío puede incluir además opcionalmente una o más de perlita, austenita retenida y bainita, la fracción de área de perlita es de un 10 % o menos, la fracción volumétrica de austenita retenida es de un 5 % o menos, y la fracción de área de bainita es menor que un 40 %, la dureza de la martensita medida con un nanopenetrador cumple la siguiente expresión (H) y la siguiente expresión (I), $TS \times \lambda$, que es un producto de la resistencia a la tracción TS y la proporción de expansión de orificios λ es 50000 MPa·% o más.

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

$$H_{20} / H_{10} < 1.10 \quad (\text{H})$$

$$\sigma_{HM0} < 20 \quad (\text{I})$$

H10 es la dureza promedio de la martensita en una porción de superficie de un espesor de chapa, H20 es la dureza promedio de la martensita en una porción central del espesor de chapa, la porción central es un área que tiene un ancho de 200 μm en la dirección de espesor en el centro del espesor de chapa, y σ_{HM0} es la varianza de la dureza promedio de la martensita en la porción central del espesor de chapa.

El acero estampado en caliente anterior se obtiene estampando en caliente la chapa de acero laminada en frío de acuerdo con el modo de realización como se describe a continuación. Incluso cuando la chapa de acero laminada en frío se estampa en caliente, la composición química de la chapa de acero laminado en frío no cambia. Además, como se describe anteriormente, cuando la proporción de dureza de la martensita entre la porción de superficie 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 el estado predeterminado anterior en una fase antes del templado en la estampación en caliente, el estado casi se mantiene incluso después de la estampación en caliente (véase también la FIGURA 2A y la FIGURA 2B). Además, cuando el estado de ferrita, martensita, perlita, austenita retenida y bainita está en el estado predeterminado anterior en una fase antes del templado en la estampación en caliente, el estado casi se mantiene incluso después de la estampación en caliente. En consecuencia, las características de la chapa de acero laminada en frío son sustancialmente las mismas que las características del acero estampado en caliente anterior.

En la chapa de acero laminada en frío, la fracción de área de MnS existente en la chapa de acero laminada en frío y que tiene un diámetro de círculo equivalente de 0,1 μm a 10 μm puede ser de un 0,01 % o menos, y se puede cumplir la siguiente expresión (J).

$$n_{20} / n_{10} < 1.5 \quad (J)$$

n_{10} es la densidad numérica promedio por 10000 μm^2 del MnS que tiene un diámetro de círculo equivalente de 0,1 μm a 10 μm en una porción de 1/4 del espesor de chapa, y n_{20} es la densidad numérica promedio por 10000 μm^2 del MnS que tiene un diámetro de círculo equivalente de 0,1 μm a 10 μm en la porción central del espesor de chapa.

Como se describe anteriormente, la proporción de n_{20} a n_{10} que tiene la chapa de acero laminada en frío antes de la estampación en caliente casi se mantiene incluso después de estampar en caliente la chapa de acero laminada en frío (véase también la FIGURA 3). Además, la fracción de área de MnS es casi la misma antes y después de la estampación en caliente. En consecuencia, las características que tienen la chapa de acero laminada en frío son sustancialmente las mismas que las características que tienen el acero estampado en caliente anterior.

Se puede formar una capa galvanizada por inmersión en caliente sobre una superficie de la chapa de acero laminada en frío de manera similar que con el acero estampado en caliente descrito anteriormente. Además, la capa galvanizada por inmersión en caliente se puede alear en la chapa de acero laminado en frío. Además, se puede formar una capa electrogalvanizada o una capa aluminizada sobre la superficie de la chapa de acero laminada en frío.

A continuación en el presente documento, se describirán un procedimiento para producir la chapa de acero laminada en frío (una chapa de acero laminada en frío, una chapa de acero laminada en frío galvanizada, una chapa de acero laminada en frío recocida y galvanizada, una chapa de acero laminada en frío electrogalvanizada y una chapa de acero laminada en frío aluminizada) y un procedimiento para producir el acero estampado en caliente para el que se usa la chapa de acero laminada en frío de acuerdo con los modos de realización.

Cuando se produce la chapa de acero laminada en frío y el acero estampado en caliente para el que se usa la chapa de acero laminada en frío de acuerdo con los modos de realización, como una condición ordinaria, un acero fundido de un convertidor se cuela continuamente, produciendo de este modo un acero. En la colada continua, cuando la tasa de colada es rápida, los precipitados de Ti y similares se vuelven demasiado finos y, cuando la tasa de colada es lenta, la productividad se deteriora y, por consiguiente, los precipitados descritos anteriormente se vuelven gruesos y el número de granos (por ejemplo, la ferrita, la martensita y similares) en la microestructura disminuye, los granos se vuelven gruesos en la microestructura y, por tanto, existe un caso en el que no se pueden controlar otras características tales como una fractura retardada. Por lo tanto, la tasa de colada es de forma deseable de 1,0 m/minuto a 2,5 m/minuto.

El acero después de la colada se puede someter a laminación en caliente tal como está. De forma alternativa, en un caso en el que el acero después del enfriamiento se haya enfriado a menos de 1100° C, es posible recalentar el acero después del enfriamiento a de 1100° C a 1300° C en un horno de túnel o similar y someter el acero a laminación en caliente. Cuando la temperatura de calentamiento es menor que 1100° C, es difícil garantizar una temperatura de acabado en la laminación en caliente, lo que provoca una degradación de la elongación. Además, en el acero estampado en caliente para el que se usa una chapa de acero laminada en frío a la que se añaden Ti y Nb, dado que la disolución de los precipitados se vuelve insuficiente durante el calentamiento, lo que provoca una disminución de la resistencia. Por otra parte, cuando la temperatura de calentamiento es más de 1300° C, la cantidad de incrustaciones formadas se incrementa y existe un caso en el que no es posible hacer que la propiedad de superficie del acero estampado en caliente sea favorable.

Además, para disminuir la fracción de área del MnS que tiene un diámetro de círculo equivalente de 0,1 μm a 10 μm , cuando la cantidad de Mn y la cantidad de S en el acero se representan respectivamente por [Mn] y [S]

en % en masa, es preferente para una temperatura T (°C) de un horno de calentamiento antes de llevar a cabo la laminación en caliente, un tiempo t (minutos) en el horno, que [Mn] y [S] cumplan la siguiente expresión (G) como se muestra en la FIGURA 6.

$$T \times \ln(t) / (1.7 \times [\text{Mn}] + [\text{S}]) > 1500 \quad (\text{G})$$

Cuando $T \times \ln(t) / (1.7 \times [\text{Mn}] + [\text{S}])$ es igual o menor que 1500, la fracción de área del MnS que tiene un diámetro de círculo equivalente de 0,1 µm a 10 µm se vuelve grande, y existe un caso en el que una diferencia entre la densidad numérica del MnS que tiene un diámetro de círculo equivalente de 0,1 µm a 10 µm en la porción de 1/4 del espesor de chapa y la densidad numérica del MnS que tiene un diámetro de círculo equivalente de 0,1 µm a 10 µm en la porción central del espesor de chapa se vuelve grande. La temperatura del horno de calentamiento antes de llevar a cabo la laminación en caliente se refiere a una temperatura de extracción en un lado de salida del horno de calentamiento, y el tiempo en el horno se refiere al tiempo transcurrido desde la colocación del acero en el horno de calentamiento caliente a una extracción del acero del horno de calentamiento. Dado que el MnS no cambia incluso después de la estampación en caliente como se describe anteriormente, es preferente cumplir la expresión (G) en una etapa de calentamiento antes de la laminación en caliente.

Seguidamente, la laminación en caliente se lleva a cabo de acuerdo con un procedimiento convencional. En este momento, es deseable llevar a cabo la laminación en caliente sobre el acero a la temperatura de acabado (la temperatura final de laminación en caliente) que se fija para que esté en un intervalo de temperatura de Ar₃ a 970° C. Cuando la temperatura de acabado es menor que la temperatura de Ar₃, la laminación en caliente incluye una laminación de región bifásica (α + γ) (laminación de región bifásica de la ferrita + la martensita), y existe la preocupación de que se pueda degradar la elongación. Por otra parte, cuando la temperatura de acabado excede los 970° C, el tamaño de grano de la austenita se vuelve grueso y la fracción de la ferrita se vuelve pequeña, y por tanto, existe la preocupación de que se pueda degradar la elongación. Una instalación de laminación en caliente puede tener una pluralidad de cajas.

Aquí, la temperatura de Ar₃ se estimó a partir de un punto de inflexión de una longitud de una muestra de prueba después de llevar a cabo una prueba de FormaStor.

Después de la laminación en caliente, el acero se enfría a una tasa de enfriamiento promedio de 20° C/segundo a 500° C/segundo, y se enrolla a una temperatura de enrollamiento CT predeterminada. En un caso en el que la tasa de enfriamiento promedio es menor que 20° C/segundo, es probable que se forme la perlita que provoca la degradación de la ductilidad. Por otra parte, el límite superior de la tasa de enfriamiento no se especifica particularmente y se fija en aproximadamente 500° C/segundo en consideración de una especificación de la instalación, pero no se limita a ello.

Después de enrollar el acero, se lleva a cabo el decapado y se lleva a cabo la laminación en frío. En este momento, para obtener un intervalo que cumpla la expresión (C) descrita anteriormente como se muestra en la FIGURA 4, se lleva a cabo la laminación en frío en una condición en la que se cumple la siguiente expresión (E). Cuando se cumplen adicionalmente las condiciones de recocido, enfriamiento y similares descritos a continuación después de la laminación descrita anteriormente, se garantiza TS × λ ≥ 50000 MPa·% en la chapa de acero laminada en frío antes de la estampación en caliente y/o el acero estampado en caliente. Desde el punto de vista de la productividad, la laminación en frío se lleva a cabo de forma deseable con un laminador en tándem en el que una pluralidad de laminadores se disponen linealmente, y la chapa de acero se lamina continuamente en una única dirección, obteniendo de este modo un espesor predeterminado.

$$1.5 \times r1 / r + 1.2 \times r2 / r + r3 / r > 1.00 \quad (\text{E})$$

Aquí, el "ri" es una reducción de laminación en frío objetivo individual (%) en una caja iésima (i = 1, 2, 3) desde una caja más alta en la laminación en frío, y la "r" es una reducción de laminación en frío objetivo total (%) en la laminación en frío. La reducción de laminación en frío total es una reducción denominada acumulativa, y sobre la base del espesor de chapa en una entrada de una primera caja, es un porcentaje de la reducción acumulativa (la diferencia entre el espesor de chapa en la entrada antes de un primer pase y el espesor de chapa en una salida después de un pase final) con respecto a la base descrita anteriormente.

Cuando el acero se lamina en frío en las condiciones en que se cumple la expresión (E), es posible dividir suficientemente la perlita en la laminación en frío, incluso cuando existe una perlita grande antes de la laminación en frío. Como resultado, es posible eliminar la perlita o limitar a un mínimo la fracción de área de perlita a través del recocido llevado a cabo después de la laminación en frío, y por lo tanto se vuelve fácil obtener una estructura en la que se cumplen la expresión (B) y la expresión (C) (o la expresión (H) y la expresión (I)). Por otra parte, en un caso en el que la expresión (E) no se cumple, las reducciones de laminación en frío en las cajas superiores no son suficientes, es probable que la perlita grande permanezca y no es posible formar una martensita deseada en el siguiente recocido. Por lo tanto, no es posible obtener una estructura en la que se cumplan la expresión (B) y la expresión (C) (o la expresión (H) y la expresión (I)). Es decir, en el caso en el que la expresión (E) no se

cumple, no es posible obtener una característica de $H2/H1 < 1,10$ (o $H20/H10 < 1,10$), y una característica de $\sigma_{HM} < 20$ (u $\sigma_{HM0} < 20$). Además, los inventores encontraron que, cuando se cumple la expresión (E), una forma obtenida de la estructura de martensita después del recocido se mantiene casi en el mismo estado incluso después de que se lleva a cabo la estampación en caliente, y por lo tanto el acero estampado en caliente de acuerdo con el modo de realización se vuelve ventajoso en términos de la elongación o la expansibilidad de orificios incluso después de la estampación en caliente. En un caso en el que el acero estampado en caliente de acuerdo con el modo de realización se calienta hasta la región bifásica en la estampación en caliente, una fase dura que incluye martensita antes del templado en la estampación en caliente se convierte en una estructura de austenita, y la ferrita antes del templado en la estampación en caliente permanece tal como está. El carbono (C) en la austenita no se mueve a la ferrita periférica. Después de eso, cuando se enfría, la austenita se convierte en una fase dura que incluye martensita. Es decir, cuando se cumple la expresión (E), la expresión (H) se cumple antes de la estampación en caliente y la expresión (B) se cumple después de la estampación en caliente y, de este modo, el acero estampado en caliente se vuelve excelente en términos de la conformabilidad.

r, r1, r2 y r3 son las reducciones de laminación en frío objetivo. En general, la laminación en frío se lleva a cabo mientras se controla la reducción de laminación en frío objetivo y una reducción de laminación en frío real para que se vuelva sustancialmente en el mismo valor. No es preferente llevar a cabo la laminación en frío en un estado en el que la reducción de laminación en frío real se haga innecesariamente diferente de la reducción de laminación en frío objetivo. Sin embargo, en un caso en el que exista una gran diferencia entre una reducción de laminación objetivo y una reducción de laminación real, es posible considerar que el modo de realización se lleve a cabo cuando las reducciones de laminación en frío reales cumplan la expresión (E). Además, la reducción de laminación en frío real está preferentemente dentro de $\pm 10\%$ de la reducción de laminación en frío objetivo.

Además, es más preferente que las reducciones de laminación en frío reales cumplan la siguiente expresión.

$$1.20 \geq 1.5 \times r1 / r + 1.2 \times r2 / r + r3 / r > 1.00 \quad (E')$$

Cuando " $1,5 \times r1 / r + 1,2 \times r2 / r + r3 / r$ " excede de 1,20, se aplica una carga pesada a un laminador en frío, la productividad se degrada. La resistencia a la tracción de la chapa de acero de acuerdo con el modo de realización descrito anteriormente es un intervalo de 400 MPa a 1000 MPa, y es mucho más grande que la resistencia a la tracción de las chapas de acero laminadas en frío típicas. Es necesario aplicar una carga de laminación de 1800 ton o más por caja a fin de llevar a cabo la laminación en frío en una condición en que " $1,5 \times r1 / r + 1,2 \times r2 / r + r3 / r$ " exceda de 1,20 en la chapa de acero que tiene dicha resistencia a la tracción. Es difícil aplicar dicha carga de laminación pesada en consideración de la rigidez de las cajas y/o la capacidad de la instalación de laminación. Además, cuando se aplica dicha carga de laminación pesada, existe la preocupación de que se degrade la eficacia de producción.

Después de la laminación en frío, se produce una recristalización en la chapa de acero al recocer el acero. El recocido forma una martensita deseada. Además, con respecto a la temperatura de recocido, es preferente llevar a cabo el recocido calentando la chapa de acero a de 700°C a 850°C , y enfriar la chapa de acero hasta una temperatura ambiente o hasta una temperatura a la que se lleva a cabo un tratamiento de superficie tal como el galvanizado. Cuando se lleva a cabo el recocido en el intervalo descrito anteriormente, es posible garantizar de manera estable una fracción de área predeterminada de la ferrita y una fracción de área predeterminada de la martensita, fijar de manera estable el total de la fracción de área de la ferrita y la fracción de área de la martensita a un 60 % o más, y contribuir a una mejora de $TS \times \lambda$. Un tiempo de mantenimiento de 700°C a 850°C es preferentemente de 1 segundo o más, siempre que la productividad no se vea afectada (por ejemplo, 300 segundos) para obtener de manera confiable una estructura predeterminada. La tasa de incremento de temperatura está preferente en un intervalo de 1°C/segundo a un límite superior de la capacidad de una instalación, y la tasa de enfriamiento está preferente en un intervalo de 1°C/segundo al límite superior de la capacidad de la instalación. En una etapa de templado por laminación, el templado por laminación se lleva a cabo con un procedimiento convencional. La proporción de elongación del templado por laminación es, en general, de aproximadamente un 0,2 % a un 5 %, y está preferentemente dentro de un intervalo en el que se evita una elongación del punto de fluencia y se puede corregir la conformación de la chapa de acero.

En el procedimiento de la 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) del acero están representadas por [C], [Mn], [Si] y [Mo], respectivamente, con respecto a la temperatura de enrollamiento CT, se cumple la siguiente expresión (F).

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

Como se muestra en la FIGURA 5A, cuando la temperatura de enrollamiento CT es menor que " $560 - 474 \times [C] - 90 \times [Mn] - 20 \times [Cr] - 20 \times [Mo]$ ", se forma excesivamente martensita, la chapa de acero se vuelve demasiado dura, y existe un caso en el que la siguiente laminación en frío se vuelve difícil. Por otra parte, como se muestra

en la FIGURA 5B, cuando la temperatura de enrollamiento CT excede " $830 - 270 \times [C] - 90 \times [Mn] - 70 \times [Cr] - 80 \times [Mo]$ ", es probable que se forme una estructura de bandas de ferrita y perlita y, además, es probable que se incremente una fracción de la perlita en la porción central del espesor de chapa. Por lo tanto, la uniformidad de una distribución de la martensita formada en el recocido siguiente se degrada, y se vuelve difícil cumplir la expresión (C) descrita anteriormente. Además, existe un caso en el que se vuelve difícil que la martensita se forme en una cantidad suficiente.

Cuando se cumple la expresión (F), la ferrita y la fase dura tienen una forma de distribución ideal antes de la estampación en caliente como se describe anteriormente. En este caso, cuando se lleva a cabo un calentamiento bifásico en la estampación en caliente, se mantiene la forma de distribución como se describe anteriormente. Si es posible garantizar de manera más confiable una microestructura que tenga la característica descrita anteriormente cumpliendo la expresión (F), la microestructura se mantiene incluso después de la estampación en caliente y el acero estampado en caliente se vuelve excelente en términos de conformabilidad.

Además, para mejorar la capacidad de prevención de la oxidación, también es preferente incluir una etapa de galvanización en la que se forma una capa galvanizada sobre el acero entre una etapa de recocido y la etapa de templado por laminación, y formar la capa galvanizada sobre una superficie de la chapa de acero laminada en frío. Además, también es preferente que el procedimiento para producir de acuerdo con el modo de realización incluya una etapa de aleación en la que se realice un tratamiento de aleación después de galvanizar el acero. En un caso en el que se realiza el tratamiento de aleación, un tratamiento en el que una superficie recocida y galvanizada se pone en contacto con una sustancia que oxida la superficie recocida y galvanizada tal como vapor de agua, de este modo se puede llevar a cabo adicionalmente el engrosamiento de una película oxidada sobre la superficie.

También es preferente incluir, por ejemplo, una etapa de electrogalvanización en la que se forma una capa electrogalvanizada sobre el acero después de la etapa de templado por laminación así como la etapa de galvanización y la etapa de recocido y galvanización y formar una capa electrogalvanizada sobre la superficie de la chapa de acero laminada en frío. Además, también es preferente incluir, en lugar de la etapa de galvanización, una etapa de aluminización en la que se forma una capa aluminizada sobre el acero entre la etapa de recocido y la etapa de templado por laminación. La aluminización es en general una aluminización por inmersión en caliente, lo que es preferente.

Después de una serie de los tratamientos descritos anteriormente, el acero se calienta hasta un intervalo de temperaturas de 700°C a 1000°C y se estampa en caliente en el intervalo de temperaturas. En la etapa de estampación en caliente, la estampación en caliente se lleva a cabo de forma deseable, por ejemplo, en las siguientes condiciones. En primer lugar, la chapa de acero se calienta hasta de 700°C a 1000°C a una tasa de incremento de temperaturas de $5^{\circ}\text{C/segundo}$ a $500^{\circ}\text{C/segundo}$, y la estampación en caliente (una etapa de estampación en caliente) se lleva a cabo después del tiempo de espera de 1 segundo a 120 segundos. Para mejorar la conformabilidad, la temperatura de calentamiento es preferentemente una temperatura de A_{c3} o menos. Posteriormente, la chapa de acero se enfría, por ejemplo, de hasta temperatura ambiente a 300°C a una tasa de enfriamiento de $10^{\circ}\text{C/segundo}$ a $1000^{\circ}\text{C/segundo}$ (templado en la estampación en caliente). La temperatura de A_{c3} se calculó a partir del punto de inflexión de la longitud de la muestra de prueba después de llevar a cabo la prueba de FormaStor y medir el punto de inflexión.

Cuando la temperatura de calentamiento en la etapa de estampación en caliente es menor que 700°C , el templado no es suficiente y, en consecuencia, no se puede garantizar la resistencia, lo que no es preferente. Cuando la temperatura de calentamiento es más de 1000°C , la chapa de acero se vuelve demasiado blanda y, en un caso en el que se forma un enchapado, en particular un enchapado de cinc, sobre la superficie de la chapa de acero, existe la preocupación de que se pueda evaporar y quemar el cinc, lo que no es preferente. Por lo tanto, la temperatura de calentamiento en la estampación en caliente es preferentemente de 700°C a 1000°C . Cuando la tasa de incremento de temperatura es menor que $5^{\circ}\text{C/segundo}$, dado que es difícil controlar el calentamiento en la estampación en caliente, y la productividad se degrada significativamente, es preferente llevar a cabo el calentamiento a la tasa de incremento de temperatura de $5^{\circ}\text{C/segundo}$ o más. Por otra parte, el límite superior de la tasa de incremento de temperatura de $500^{\circ}\text{C/segundo}$ depende de una capacidad de calentamiento actual, pero no es necesario limitarlo a ello. A una tasa de enfriamiento de menos de $10^{\circ}\text{C/segundo}$, dado que el control de la tasa del enfriamiento después de la etapa de estampación en caliente es difícil, y la productividad también se degrada significativamente, es preferente llevar a cabo el enfriamiento a la tasa de enfriamiento de $10^{\circ}\text{C/segundo}$ o más. El límite superior de la tasa de enfriamiento de $1000^{\circ}\text{C/segundo}$ depende de una capacidad de enfriamiento actual, pero no es necesario limitarlo a ello. Un motivo para fijar un tiempo hasta la estampación en caliente después de un incremento de la temperatura a 1 segundo o más es una capacidad de control del proceso actual (un límite inferior de la capacidad de una instalación), y un motivo para fijar el tiempo hasta la estampación en caliente después del incremento de la temperatura a 120 segundos o menos es evitar una evaporación del cinc o similar en un caso en el que la capa galvanizada o similar se forma sobre la superficie de la chapa de acero. El motivo para fijar la temperatura de enfriamiento a de la temperatura ambiente a 300°C es garantizar suficientemente la martensita y garantizar la resistencia del acero estampado en caliente.

La FIGURA 8 es un diagrama de flujo que muestra el procedimiento para producir el acero estampado en caliente de acuerdo con el modo de realización de la presente invención. Cada uno de los signos de referencia S1 a S13 en el dibujo corresponde a la etapa individual descrita anteriormente.

En el acero estampado en caliente del modo de realización, la expresión (B) y la expresión (C) se cumplen incluso después de que se lleva a cabo la estampación en caliente en la condición descrita anteriormente. Además, en consecuencia, es posible cumplir la condición de $TS \times \lambda \geq 50000 \text{ MPa}\cdot\%$ incluso después de que se lleva a cabo la estampación en caliente.

Como se describe anteriormente, cuando se cumplen las condiciones descritas anteriormente, es posible fabricar el acero estampado en caliente en el que la distribución de dureza o la estructura se mantiene incluso después de la estampación en caliente, y en consecuencia se garantiza la resistencia y se puede obtener una expansibilidad de orificios más favorable.

Ejemplos

Se coló continuamente acero que tenía una composición descrita en la tabla 1-1 y la tabla 1-2 a una tasa de colada de 1,0 m/minuto a 2,5 m/minuto, se calentó un desbaste en un horno de calentamiento en las condiciones que se muestran en la tabla 5-1 y la tabla 5-2 con un procedimiento convencional tal como está o después de enfriar el desbaste una vez, y se llevó a cabo la laminación en caliente a una temperatura de acabado de 910° C a 930° C, produciendo de este modo una chapa de acero laminada en caliente. Después de eso, la chapa de acero laminada en caliente se enrolló a una temperatura de enrollamiento CT descrita en la tabla 5-1 y la tabla 5-2. Después de eso, se llevó a cabo el decapado para eliminar una incrustación en una superficie de la chapa de acero, y se hizo que un espesor de chapa fuera de 1,2 mm a 1,4 mm a través del laminado en frío. En este momento, se llevó a cabo la laminación en frío para que el valor de la expresión (E) se convirtiera en un valor descrito en la tabla 5-1 y la tabla 5-2. Después de la laminación en frío, se llevó a cabo el recocido en un horno de recocido continuo a una temperatura de recocido que se describe en la tabla 2-1 y la tabla 2-2. Sobre una parte de las chapas de acero, se formó además una capa galvanizada en medio del enfriamiento después de un remojo en el horno de recocido continuo, y a continuación se realizó además un tratamiento de aleación sobre una parte de la parte de las chapas de acero, formando de este modo una capa recocida y galvanizada. Además, se formó una capa electrolgalvanizada o una capa aluminizada sobre otra parte de las chapas de acero. Además, se llevó a cabo el templado por laminación a una proporción de elongación de un 1 % de acuerdo con un procedimiento convencional. En este estado, se tomó una muestra para evaluar las calidades del material y similares antes del templado en la estampación en caliente, y se llevó a cabo una prueba de calidad del material o similar. Después de eso, para obtener un acero estampado en caliente que tiene una forma como se muestra en la FIGURA 7, se llevó a cabo estampación en caliente. En la estampación en caliente, se incrementó la temperatura a una tasa de incremento de temperatura de 10° C/segundo a 100° C/segundo, la chapa de acero se mantuvo a una temperatura de calentamiento de 800° C durante 10 segundos y se enfrió a una tasa de enfriamiento de 100° C/segundo hasta 200° C o menos. Se cortó una muestra de una localización de la FIGURA 7 en un acero estampado en caliente obtenido, se llevaron a cabo la prueba de calidad del material y similares, y se obtuvieron la resistencia a la tracción (TS), la elongación (EI), la proporción de expansión de orificios (λ) y similares. Los resultados se describen en de la tabla 2-1 a la tabla 5-2. Las proporciones de expansión de orificios λ en las tablas se obtuvieron a partir de la siguiente expresión (L).

$$\lambda (\%) = \{(d' - d) / d\} \times 100 \quad (L)$$

d': un diámetro de orificio cuando una grieta penetra el espesor de chapa
d: un diámetro de orificio inicial

Además, con respecto a los tipos de enchapado en la tabla 3-1 y la tabla 3-2, CR representa una chapa de acero laminada en frío sin enchapado, GI representa que se forma la capa galvanizada, GA representa que se forma la capa recocida y galvanizada, EG representa que se forma la capa electrolgalvanizada, y Al representa que se forma la capa aluminizada.

Además, las determinaciones de G y B en las tablas tienen los siguientes significados.

G: se cumple una expresión de condición objetivo.
B: no se cumple la expresión de condición objetivo.

La propiedad de tratamiento de conversión química después de la estampación en caliente se evaluó como una propiedad de superficie después de la estampación en caliente en un acero estampado en caliente producido a partir de una chapa de acero laminada en frío sin enchapado. La adherencia del enchapado de acero estampado en caliente se evaluó como una propiedad de superficie después de la estampación en caliente cuando el cinc, el aluminio o similares se enchapó sobre una chapa de acero laminada en frío de la que se produjo un acero estampado en caliente.

La propiedad de tratamiento de conversión química se evaluó a través del siguiente procedimiento. En primer lugar, se aplicó un tratamiento de conversión química a cada muestra en una condición de que la temperatura del baño fuera de 43° C y el período de tiempo para el tratamiento de conversión química fuera de 120 segundos usando un agente de tratamiento de conversión química comercial (sistema Palbond PB-L3020 fabricado por Nihon Parkerizing Co., Ltd.). En segundo lugar, se evaluó la uniformidad cristalina de un revestimiento de conversión mediante observación SEM en la superficie de cada muestra a la que se aplica el tratamiento de conversión química. La uniformidad cristalina de un revestimiento de conversión se clasificó mediante los siguientes estándares de valoración. Bueno (G) se dio a una muestra sin falta de ocultación en los cristales del revestimiento de conversión, malo (B) se dio a una muestra sin falta de ocultación en un área de cristales del revestimiento de conversión, y muy malo (VB) se dio a una muestra con una notable falta de ocultación en los cristales del revestimiento de conversión.

La adherencia del enchapado se evaluó a través del siguiente procedimiento. En primer lugar, se tomó una muestra de chapa para pruebas que tenía una altura de 100 mm, un ancho de 200 mm y un espesor de 2 mm de una chapa de acero laminada en frío enchapada. La adherencia del enchapado se evaluó aplicando una prueba de doblado y enderezamiento en V a la muestra de chapa. En la prueba de doblado y enderezamiento en V, la muestra de chapa anterior se dobló usando un troquel para la prueba de doblado en V (un ángulo de doblado de 60°), y a continuación la muestra de chapa después del doblado en V se enderezó nuevamente mediante estampación. Una cinta de celofán ("CELLOTAPE™ CT405AP-24" fabricada por Nichiban Co. Ltd.) se pegó en una porción (porción deformada) que se localizó en el interior de una porción doblada durante el doblado en V en la muestra de chapa enderezada, y a continuación la cinta de celofán se retiró a mano. Seguidamente, se midió el ancho de una capa de enchapado desprendida que está pegada en la cinta de celofán. En los ejemplos, se dio bueno (G) a una muestra de chapa en la que el ancho fue de 5 mm o menos, se dio malo (B) a una muestra de chapa en la que el ancho fue más de 5 mm y 10 mm o menos, y se dio muy malo (VB) a una muestra de chapa en la que el ancho fue más de 10 mm.

En las tablas, los ejemplos que no satisfacen los requisitos de las reivindicaciones se dan como referencia.

[Tabla 1-1]

SÍMBOLO DE REFERENCIA DEL TIPO DE ACERO		C	Si	Mn	P	S	N	Al	Cr	Mo	V	Ti	Nb	Ni	Cu	Ca	B	REM	EXPRESIÓN (A)
A	EJEMPLO	0,045	0,143	0,55	0,002	0,007	0,0033	0,331	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	28,1
B	"	0,061	0,224	0,63	0,025	0,005	0,0054	0,025	0	0	0	0	0	0,5	0	0	0	0	28,7
C	"	0,149	0,970	1,45	0,008	0,009	0,0055	0,335	0,22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	42,3
D	"	0,075	0,520	0,69	0,007	0,006	0,0025	0,320	0	0,25	0	0	0	0	0	0	0	0	43,9
E	"	0,082	0,072	0,51	0,006	0,009	0,0032	0,345	0,40	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10,6
F	"	0,098	0,212	1,15	0,007	0,009	0,0075	0,335	0	0	0	0	0	0	0,7	0,005	0	0	22,6
G	"	0,102	0,372	0,82	0,013	0,008	0,0035	0,337	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	26,3
H	"	0,085	0,473	0,53	0,058	0,001	0,0029	0,341	0,39	0,15	0	0	0	0	0	0,004	0	0	34,1
I	"	0,095	0,720	0,72	0,008	0,002	0,0055	0,332	0	0	0,05	0	0	0	0	0	0	0	45,5
J	"	0,071	0,777	0,82	0,006	0,008	0,0014	0,315	0	0,45	0	0	0	0	0	0	0	0	66,3
K	"	0,091	0,165	1,21	0,006	0,009	0,0035	0,341	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	22,4
L	"	0,102	0,632	1,11	0,015	0,007	0,0041	0,332	0	0,37	0	0,07	0	0	0	0	0	0	41,9 f
M	"	0,105	0,301	1,22	0,012	0,009	0,0015	0,335	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	26,0
N	"	0,105	0,253	1,44	0,008	0,005	0,0032	0,342	0	0,35	0	0	0	0	0	0	0,0019	0	25,8
O	"	0,144	0,945	0,89	0,008	0,006	0,0043	0,335	0	0,21	0	0	0	0	0	0	0	0	39,0
P	"	0,095	0,243	1,45	0,009	0,007	0,0025	0,339	0,49	0	0	0	0	0	0	0	0	0	28,1
Q	"	0,115	0,342	1,03	0,015	0,004	0,0038	0,337	0	0,15	0	0	0,03	0	0	0	0,0011	0	23,8
R	"	0,121	0,175	0,78	0,008	0,003	0,0038	0,335	0	0	0	0	0,03	0	0	0	0	0	13,7
S	"	0,129	0,571	0,93	0,016	0,006	0,0024	0,339	0	0,19	0	0	0	0	0	0	0	0	29,3
T	"	0,141	0,150	1,40	0,018	0,003	0,0029	0,331	0	0,21	0	0,00,03	0	0	0	0	0	0	15,2
U	"	0,129	0,105	1,35	0,018	0,007	0,0064	0,319	0	0,29	0	0	0	0	0	0	0,0009	0	14,5
W	"	0,143	0,652	1,17	0,012	0,006	0,0019	0,338	0	0	0	0	0	0	0	0,003	0	0	31,0
X	"	0,141	0,922	1,02	0,015	0,004	0,0066	0,326	0,25	0,16	0	0,07	0	0	0	0	0,0015	0,0025	39,9
Y	"	0,131	0,155	1,47	0,008	0,006	0,0065	0,343	0,37	0	0	0	0	0	0	0	0,0013	0	17,1
Z	"	0,149	0,105	1,32	0,009	0,003	0,0061	0,331	0	0,25	0,04	0	0	0	0	0	0	0	12,4

[Tabla 1-2]

SÍMBOLO DE REFERENCIA DEL TIPO DE ACERO		C	Si	Mn	P	S	N	Al	Cr	Mo	v	Ti	Nb	Ni	Cu	Ca	B	REM	EXPRESIÓN (A)
AA	EJEMPLO COMPARATIVO	0,079	0,205	0,89	0,012	0,006	0,0021	0,029	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	24,2
AB	"	0,092	0,219	0,96	0,010	0,004	0,0029	0,041	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	22,3
AC	"	0,105	0,103	1,22	0,008	0,002	0,0041	0,039	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	16,5
AD	"	0,076	0,355	0,98	0,013	0,005	0,0039	0,033	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	36,3
AE	"	0,142	0,246	0,69	0,009	0,003	0,0030	0,031	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	13,5
AF	"	0,129	0,363	1,28	0,007	0,003	0,0040	0,042	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	24,0
AG	EJEMPLO COMPARATIVO	0,118	0,563	1,13	0,008	0,004	0,0039	0,041	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	33,4
AH	"	0,027	0,323	1,49	0,006	0,002	0,0031	0,032	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0050	115,0
AI	"	0,231	0,602	1,39	0,004	0,005	0,0013	0,040	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	19,0
AJ	"	0,093	0,004	1,01	0,006	0,008	0,0039	0,036	0	0,23	0	0	0	0	0	0	0,0011	0	11,1
AK	"	0,098	1,493	0,71	0,007	0,003	0,0041	0,036	0,38	0,03	0	0	0	0	0	0	0,0013	0	83,4
AL	"	0,126	0,780	0,21	0,011	0,003	0,0035	0,032	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	32,6
AM	"	0,136	0,040	2,75	0,008	0,003	0,0044	0,039	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	21,7
AN	"	0,103	0,265	1,12	0,005	0,004	0,0025	0,042	0,36	0,12	0	0	0,03	0	0	0	0	0	23,7
AO	"	0,072	0,223	1,41	0,002	0,025	0,0052	0,036	0	0	0	0	0	0,4	0	0	0	0	35,1
AP	"	0,051	0,281	1,03	0,012	0,007	0,1630	0,032	0	0	0	0	0,04	0	0	0,003	0	0	47,7
AQ	"	0,141	0,011	1,39	0,019	0,008	0,0045	0,003	0	0,23	0	0	0	0	0	0	0	0	10,2
AR	"	0,149	0,150	1,23	0,005	0,003	0,0035	0,065	0	0,37	0	0	0	0	0	0	0	0	13,3
AS	"	0,133	0,030	1,10	0,012	0,004	0,0020	0,035	0	0	0	0	0	0	0	0	0,001	0	9,4
AT	"	0,135	0,170	1,24	0,010	0,004	0,0023	0,035	0	0	0	0	0,02	0	0	0	0	0	15,5
AU	"	0,139	0,331	1,43	0,013	0,002	0,0044	0,030	0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0	22,2
AV	"	0,137	0,192	1,50	0,011	0,002	0,0041	0,033	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	18,0
AW	"	0,136	0,040	2,75	0,008	0,003	0,0044	0,039	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	21,7
AX	"	0,137	0,192	1,50	0,011	0,002	0,0041	0,033	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	18,0

[Tabla 2-1]

SÍMBOLO DE REFERENCIA DEL TIPO DE ACERO	SÍMBOLO DE REFERENCIA DE LA PRUEBA	TEMPERATURA DE RECOCIDO (°C)	DESPUÉS DE RECOCIDO Y TEMPLADO POR LAMINACIÓN Y ANTES DE ESTAMPACIÓN EN CALIENTE										FRACCIÓN DE ÁREA DE PERLITA ANTES DE LA LAMINACIÓN EN FRÍO (%)	
			TS (Mpa)	EL (%)	A (%)	TS × EL	TS × A	FRACCIÓN DE ÁREA DE FERRITA (%)	FRACCIÓN DE ÁREA DE MARTENSIT A (%)	FRACCIÓN DE ÁREA DE FERRITA + MARTENSIT A (%)	FRACCIÓN VOLUMÉTRICA DE AUSTENITA RESIDUAL (%)	FRACCIÓN DE ÁREA DE BAINITA (%)		FRACCIÓN DE ÁREA DE PERLITA (%)
A	1	790	445	35,5	121	15798	53845	92	7	99	1	0	0	25
B	2	800	468	36,2	115	16942	53820	87	6	93	3	4	0	25
C	3	750	502	31,2	132	15662	66264	82	10	92	2	5	1	34
D	4	790	542	33,1	105	17940	56910	84	8	92	3	5	0	26
E	5	795	542	34,8	98	18862	53116	78	7	85	4	11	0	42
F	6	790	585	26,5	86	15503	50310	78	6	84	2	7	7	62
G	7	745	552	27,2	92	15014	50784	65	8	73	4	15	8	72
H	3	792	622	29,1	87	18100	54114	88	6	94	3	3	0	35
I	9	782	598	28,3	93	16923	55614	82	9	91	4	5	0	42
J	10	771	565	29,2	105	16498	59325	75	9	84	3	7	6	29
K	11	811	635	27,1	79	17209	50165	78	10	88	2	6	4	34
I	12	752	672	30,6	89	20563	59808	87	7	94	0	5	1	15
M	13	782	612	31,4	82	19217	50184	56	27	83	2	6	9	8
N	14	821	631	29,6	87	18678	54897	58	27	85	5	4	6	42
O	15	769	629	28,7	89	18052	55981	78	13	91	4	3	2	33
P	16	781	692	27,1	77	18753	53284	71	24	95	2	2	1	25
Q	17	781	678	25,8	78	17492	52884	56	32	88	3	5	7	28
R	18	782	672	21,5	89	14448	59808	63	27	90	3	7	0	53
S	19	771	729	23,1	79	16840	57591	55	32	87	4	9	0	46
T	20	785	745	28,5	71	21233	52895	44	41	85	3	12	0	23
U	21	813	761	21,6	68	16438	51748	44	39	83	5	9	3	23
W	22	831	796	19,2	65	15283	51740	46	37	83	4	10	3	18
X	23	815	862	18,2	61	15688	52582	47	40	87	2	6	5	51
Y	24	802	911	19,2	59	17491	53749	45	38	83	2	15	0	43
Z	25	841	1021	13,5	55	13784	56155	43	41	84	4	12	0	15

[Tabla 2-2]

SÍMBOLO DE REFERENCIA DEL TIPO DE ACERO	SÍMBOLO DE REFERENCIA DE LA PRUEBA	TEMPERATURA DE RECOCIDO (°C)	DESPUÉS DE RECOCIDO Y TEMPLADO POR LAMINACIÓN Y ANTES DE ESTAMPACIÓN EN CALIENTE										FRACCIÓN DE ÁREA DE PERLITA ANTES DE LA LAMINACIÓN EN FRÍO (%)	
			TS (MPa)	EL (%)	A (%)	TS × EL	TS × A	FRACCIÓN DE ÁREA DE FERRITA (%)	FRACCIÓN DE ÁREA DE MARTENSITA (%)	FRACCIÓN DE FERRITA MARTENSITA (%)	FRACCIÓN VOLUMÉTRICA DE AUSTENITADA RESIDUAL (%)	FRACCIÓN DE ÁREA DE BAINITA (%)		FRACCIÓN DE ÁREA DE PERLITA
AA	26	804	582	27,2	76	15830	44232	62	8	70	2	13	15	25
AB	27	797	606	27,5	68	16665	41208	58	13	71	1	14	14	31
AC	28	769	581	27,6	79	16036	45892	51	9	60	3	17	20	17
AD	29	756	611	21,3	66	13014	40326	31	15	46	1	29	24	42
AE	30	792	598	24,1	75	14412	44850	52	9	61	2	7	30	28
AF	31	742	643	27,2	71	17490	45653	59	21	80	2	8	11	41
AG	32	772	602	29,1	62	17518	37324	72	17	89	2	8	11	21
AH	33	761	372	40,8	117	15178	43524	96	0	96	1	3	0	3
AI	34	789	1493	9,1	29	13586	43297	9	27	86	3	1	10	9
AJ	35	768	682	21,6	66	14731	45012	69	17	86	2	4	8	26
AK	36	802	602	30,3	59	18241	35318	76	20	96	2	2	0	7
AL	37	789	362	42,1	127	15240	45974	86	2	88	1	0	11	15
AM	38	766	832	15,7	42	13062	34944	35	42	77	3	13	7	14
AN	39	802	802	19,6	46	15719	36892	56	32	88	3	9	0	16
AO	40	816	598	24,1	38	14412	22724	69	19	88	4	5	3	16
AP	41	779	496	33,2	72	16467	35712	79	12	91	2	6	1	11
AQ	42	840	829	20,2	32	16746	26528	28	61	89	0	11	0	22
AR	43	776	968	14,2	39	13746	37752	27	63	90	0	0	10	11
AS	45	778	912	16,2	45	14774	41040	46	32	78	0	18	4	13
AT	46	671	713	15,9	51	11337	36363	30	10	40	1	16	43	40
AU	47	889	1023	11,3	32	11560	32736	2	56	58	1	33	8	7
AV	48	832	956	18,1	55	17304	52580	44	39	83	2	13	2	45
AW	38	766	832	15,7	42	13062	34944	35	42	77	3	13	7	14
AX	48	832	956	18,1	55	17304	52580	44	39	83	2	13	2	45

[Tabla 3-1]

SÍMBOLO DE REFERENCIA DEL TIPO DE ACERO	DESPUÉS DE ESTAMPACIÓN EN CALIENTE											TIPO DE ENCHAPADO (*)
	TS (Mpa)	EL (%)	λ (%)	TS × EL	TS × λ	FRACCIÓN DE ÁREA DE FERRITA (%)	FRACCIÓN DE ÁREA DE MARTENSITA (%)	FRACCIÓN DE ÁREA DE FERRITA + MARTENSITA (%)	FRACCIÓN VOLUMÉTRICA DE AUSTENITA RESIDUAL (%)	FRACCIÓN DE ÁREA DE BAINITA (%)	FRACCIÓN DE ÁREA DE PERLITA (%)	
A	462	40,2	135	18572	62370	92	6	98	1	0	1	GA
B	447	41,2	125	18416	55875	85	7	92	3	4	1	GI
C	512	36,2	115	18534	58880	83	10	93		5	1	GA
D	553	32,7	115	18083	63595	82	7	89	3	8	0	GA
E	589	32,9	99	19378	58311	81	6	87	1	12	0	CR
F	589	32,1	87	18907	51243	82	7	89	2	4	5	GA
G	561	30,9	90	17335	50490	66	10	76	2	14	8	GI
H	632	30,0	89	18960	56248	86	8	94	4	0	2	EG
I	698	28,3	75	19753	52350	65	7	72	4	23	1	GA
J	755	25,9	87	19555	65685	59	12	71	1	25	3	AI
K	721	24,5	72	17685	51912	52	22	74	1	19	6	GA
L	752	24,2	78	18198	58656	53	23	76	2	21	1	CR
M	789	20,9	69	16490	54441	57	35	92	2	6	0	CR
N	768	19,8	72	15206	55296	59	27	86	5	4	5	GA
O	802	21,2	65	17002	52130	41	35	76	4	11	9	GI
P	835	18,8	75	15698	62625	45	23	68	1	31	0	EG
Q	872	22,5	61	19620	53192	41	39	80	4	10	6	AI
R	852	21,5	69	18318	58788	47	31	78	4	13	5	CR
S	912	20,1	56	18331	51072	56	32	88	4	2	6	CR
T	965	18,5	62	17853	59830	41	41	82	3	12	3	GA
U	989	17,0	55	16813	54395	49	37	86	1	13	0	GA
W	1049	17,2	49	18043	51401	46	37	83	3	11	3	GA
X	1102	14,5	51	15979	56202	43	40	83	1	16	0	GA
Y	1189	13,1	55	15576	65395	45	48	93	2	5	0	GI
Z	1189	13,1	55	15576	65395	45	48	93	2	5	0	GA

[Tabla 3-2]

SÍMBOLO DE REFERENCIA DEL TIPO DE ACERO	DESPUÉS DE ESTAMPACIÓN EN CALIENTE											TIPO DE ENCHAPADO *)
	TS (Mpa)	EL (%)	A (%)	TS × EL	TS × A	FRACCIÓN DE ÁREA DE FERRITA (%)	FRACCIÓN DE ÁREA DE MARTENSITA (%)	FRACCIÓN DE ÁREA DE FERRITA + MARTENSITA (%)	FRACCIÓN VOLUMÉTRICA DE AUSTENITA RESIDUAL (%)	FRACCIÓN DE ÁREA DE BAINITA (%)	FRACCIÓN DE ÁREA DE PERLITA (%)	
AA	756	19,2	63	14515	47628	37	39	76	2	11	11	GA
AB	821	18,3	57	15024	46797	39	42	81	1	6	12	CR
AC	891	17,6	51	15682	45441	32	41	73	2	10	15	GA
AD	922	16,8	41	15490	37802	29	38	67	1	14	18	EG
AE	1021	15,8	31	16132	31651	49	31	80	2	7	11	GI
AF	1152	13,8	38	15898	43776	37	42	79	2	1	18	AI
AG	723	19,1	61	13809	44103	72	16	88	2	8	12	GI
AH	412	42,1	109	17345	44908	97	0	97	0	3	0	EG
AI	1513	8,3	27	12558	40851	6	88	94	3	2	1	AI
AJ	821	16,9	52	13875	42692	57	25	82	2	13	3	GA
AK	912	18,9	43	17237	39216	65	32	97	2	1	0	GA
AL	398	41,2	113	16398	44974	86	2	88	0	1	11	GA
AM	1023	14,7	431	14527	43969	45	43	88	3	8	1	GA
AN	923	17,6	46	16245	42458	57	31	88	3	9	0	GI
AO	736	19,2	41	14131	30176	63	26	89	4	7	0	CR
AP	543	31,0	68	16833	36924	78	14	92	1	6	1	GA
AQ	1128	14,3	34	16130	38352	29	53	92	0	6	2	GA
AR	1062	12,9	35	13700	37170	29	65	94	0	0	6	GA
AS	1109	13,8	41	15304	45469	46	32	78	3	14	5	GA
AT	1021	11,9	38	12150	38798	30	28	58	1	11	30	GI
AU	1236	9,9	34	12236	42024	7	59	76	4	18	2	GI
AV	1023	14,2	43	14527	43989	45	43	88	3	8	1	GI
AW	1151	13,1	46	15078	52946	41	44	85	4	10	1	CR
AX	1151	13,1	46	15078	52946	41	44	85	4	10	1	CR

[Tabla 4-1]

SÍMBOLO DE REFERENCIA DEL TIPO DE ACERO	LADO IZQUIERDO DE LA EXPRESIÓN (B) ANTES DE ESTAMPACIÓN EN CALIENTE	DETERMINACIÓN	LADO IZQUIERDO DE LA EXPRESIÓN (B) DESPUÉS DE ESTAMPACIÓN EN CALIENTE	DETERMINACIÓN	LADO IZQUIERDO DE LA EXPRESIÓN DE ESTAMPACIÓN EN CALIENTE	DETERMINACIÓN	LADO IZQUIERDO DE LA EXPRESIÓN (C) DESPUÉS DE ESTAMPACIÓN EN CALIENTE	DETERMINACIÓN	FRACCIÓN DE ÁREA DE MS DE 0,1 μm O MÁS ANTES DE ESTAMPACIÓN EN CALIENTE	FRACCIÓN DE ÁREA DE MS DE 0,1 μm O MÁS DESPUÉS DE ESTAMPACIÓN EN CALIENTE
A	1,01	G	1,02	G	13	G	15	G	0,004	0,004
B	1,04	G	1,02	G	17	G	16	G	0,006	0,005
C	1,05	G	1,07	G	5	G	3	G	0,016	0,014
D	1,08	G	1,07	G	17	G	15	G	0,006	0,006
E	1,07	G	1,05	G	18	G	17	G	0,006	0,007
F	1,08	G	1,09	G	12	G	13	G	0,015	0,015
G	1,08	G	1,09	G	15	G	12	G	0,008	0,007
H	1,02	G	1,03	G	7	G	9	G	0,006	0,005
I	1,05	G	1,04	G	8	G	9	G	0,005	0,006
J	1,05	G	1,01	G	15	G	14	G	0,005	0,006
K	1,03	G	1,04	G	19	G	18	G	0,005	0,006
L	1,03	G	1,02	G	14	G	13	G	0,006	0,007
M	1,08	G	1,06	G	14	G	15	G	0,012	0,011
N	1,06	G	1,08	G	12	G	13	G	0,003	0,003
O	1,07	G	1,08	G	13	G	12	G	0,003	0,004
P	1,04	G	1,05	G	11	G	10	G	0,006	0,005
Q	1,04	G	1,06	G	12	G	12	G	0,005	0,006
R	1,02	G	1,04	G	15	G	15	G	0,006	0,007
S	1,08	G	1,05	G	16	G	18	G	0,008	0,008
T	1,09	G	1,08	G	10	G	15	G	0,003	0,004
U	1,07	G	1,08	G	6	G	5	G	0,014	0,013
W	1,09	G	1,08	G	7	G	9	G	0,006	0,007
X	1,06	G	1,08	G	17	G	16	G	0,006	0,006
Y	1,04	G	1,05	G	12	G	11	G	0,006	0,004
Z	1,06	G	1,05	G	10	G	9	G	0,006	0,007

[Tabla 4-2]

SÍMBOLO DE REFERENCIA DEL TIPO DE ACERO	LADO IZQUIERDO DE LA EXPRESIÓN (B) ANTES DE ESTAMPACIÓN EN CALIENTE	DETERMINACIÓN	LADO IZQUIERDO DE LA EXPRESIÓN (B) DESPUÉS DE ESTAMPACIÓN EN CALIENTE	DETERMINACIÓN	LADO IZQUIERDO DE LA EXPRESIÓN (C) ANTES DE ESTAMPACIÓN EN CALIENTE	DETERMINACIÓN	LADO IZQUIERDO DE LA EXPRESIÓN (C) DESPUÉS DE ESTAMPACIÓN EN CALIENTE	DETERMINACIÓN	FRACCIÓN DE ÁREA DE MMS DE 0,1 μm O MÁS ANTES DE ESTAMPACIÓN EN CALIENTE	FRACCIÓN DE ÁREA DE MMS DE 0,1 μm O MÁS DESPUÉS DE ESTAMPACIÓN EN CALIENTE
AA	1.13	B	1.15	B	23	B	22	B	0.011	0.013
AB	1.15	B	1.16	B	22	B	21	B	0.008	0.007
AC	1.13	B	1.15	B	21	B	20	B	0.050	0.006
AD	1.19	B	1.18	B	26	B	25	B	0.006	0.007
AE	1.13	B	1.13	B	22	B	21	B	0.009	0.009
AF	1.11	B	1.10	B	19	G	18	G	0.003	0.003
AG	1.16	B	1.17	B	25	B	24	B	0.003	0.003
AH	-	B	-	B	-	B	-	B	0.004	0.004
AI	1.23	B	1.19	B	22	B	23	B	0.006	0.006
AJ	1.23	B	1.22	B	21	B	23	B	0.007	0.008
AK	1.19	B	1.18	B	23	B	22	B	0.007	0.006
AL	-	B	-	B	-	B	-	B	0.006	0.006
AM	1.41	B	1.39	B	31	B	30	B	0.006	0.007
AN	1.26	B	1.22	B	26	B	29	B	0.008	0.009
AO	1.29	B	1.31	B	28	B	33	B	0.005	0.004
AP	1.06	G	1.05	G	11	G	12	G	0.005	0.007
AQ	1.19	B	1.21	B	23	B	25	B	0.003	0.003
AR	1.09	G	1.07	G	17	G	17	G	0.002	0.002
AS	1.23	B	1.21	B	23	B	23	B	0.006	0.007
AT	1.28	B	1.26	B	27	B	28	B	0.005	0.006
AU	1.06	G	1.07	G	18	G	19	G	0.006	0.005
AV	1.06	G	1.07	G	18	G	19	G	0.006	0.005
AW	1.41	B	1.39	B	31	B	30	B	0.006	0.007
AX	1.06	G	1.07	G	18	G	19	G	0.006	0.005

NO SE MIDIÓ LA DUREZA PORQUE LA FRACCIÓN DE ÁREA DE MARTENSITA ES SIGNIFICATIVAMENTE PEQUEÑA.

[Tabla 5-1]

SÍMBOLO DE REFERENCIA DEL TIPO DE ACERO	ANTES DE ESTAMPACIÓN EN CALIENTE				DESPUÉS DE ESTAMPACIÓN EN CALIENTE				PROPIEDAD DE SUPERFICIE DESPUÉS DE ESTAMPACIÓN EN CALIENTE	LADO IZQUIERDO DE LA EXPRESIÓN (E)	DETERMINACIÓN	LADO IZQUIERDO DE LA EXPRESIÓN (F)	CT	LADO DERECHO DE LA EXPRESIÓN (F)	DETERMINACIÓN	TEMPERATURA DEL HORNO DE CALENTAMIENTO	TIEMPO EN EL HORNO DE CALENTAMIENTO (MINUTOS)	LADO IZQUIERDO DE LA EXPRESIÓN (G)	DETERMINACIÓN
	n1	n2	LADO IZQUIERDO DE LA EXPRESIÓN (D)	DETERMINACIÓN	n1	n2	LADO IZQUIERDO DE LA EXPRESIÓN (D)	DETERMINACIÓN											
A	10	12	1,2	G	8	11	1,4	G	1,32	G	489	580	768	G	1180	65	5229	G	
B	6	7	1,2	G	6	5	0,8	G	1,13	VG	474	650	757	G	1250	72	4968	G	
C	3	5	1,7	B	3	5	1,7	B	1,23	G	354	510	644	G	1154	68	1968	G	
D	7	6	0,9	G	6	6	1,0	G	1,29	G	457	580	728	G	1260	72	4570	G	
E	2	2	1,0	G	2	2	1,0	G	1,51	G	467	615	734	G	1215	116	6593	G	
F	2	2	1,0	G	2	2	1,0	G	1,23	G	410	721	700	B	1322	135	3302	G	
G	1	1	1,0	G	1	1	1,0	G	1,43	G	438	741	729	B	1173	123	4026	G	
H	5	6	1,2	G	5	5	1,0	G	1,10	VG	461	585	720	G	1205	95	6084	G	
I	3	4	1,3	G	4	4	1,0	G	1,38	G	450	542	740	G	1189	87	4331	G	
J	4	4	1,0	G	4	5	1,3	G	1,34	G	444	562	701	G	1221	89	3909	G	
K	6	7	1,2	G	7	9	1,3	G	1,22	G	408	715	697	B	1202	95	2649	G	
L	5	7	1,4	G	5	6	1,2	G	1,42	G	404	482	673	G	1212	165	3267	G	
M	11	20	1,8	B	11	19	1,7	B	1,24	G	400	463	692	G	1105	25	1708	G	
N	5	6	1,2	G	6	7	1,2	G	1,33	G	374	502	644	G	1295	195	2784	G	
O	3	3	1,0	G	3	3	1,0	G	1,36	G	407	631	694	G	1240	135	4004	G	
P	5	6	1,2	G	5	5	1,0	G	1,52	G	375	527	640	G	1298	201	2785	G	
Q	8	9	1,1	G	7	8	1,1	G	1,61	G	410	526	694	G	1192	120	3252	G	
R	16	18	1,1	G	15	18	1,2	G	1,40	G	432	543	727	G	1250	179	4879	G	
S	11	12	1,1	G	10	12	1,2	G	1,28	G	411	554	696	G	1232	122	3729	G	
T	6	7	1,2	G	6	6	1,0	G	1,30	VG	363	523	649	G	1232	162	2630	G	
U	7	15	2,1	B	7	14	2,0	B	1,41	G	372	621	650	G	1113	20	1448	B	
W	16	20	1,3	G	15	19	1,3	G	1,07	VG	387	521	686	G	1260	125	3049	G	
X	22	26	1,2	G	22	23	1,0	G	1,36	G	393	682	670	B	1180	141	3360	G	
Y	22	29	1,3	G	21	28	1,3	G	1,34	G	358	482	636	G	1280	162	2600	G	
Z	27	32	1,2	G	26	32	1,2	G	1,55	G	366	451	651	G	1260	181	2915	G	

[Tabla 5-2]

SÍMBOLO DE REFERENCIA DEL TIPO DE ACERO	ANTES DE ESTAMPACIÓN EN CALIENTE			DESPUÉS DE ESTAMPACIÓN EN CALIENTE			PROPIEDAD DE SUPERFICIE DESPUÉS DE ESTAMPACIÓN EN CALIENTE	LADO IZQUIERDO DE LA EXPRESIÓN (E)	DETERMINACIÓN	LADO IZQUIERDO DE LA EXPRESIÓN (F)	CT	LADO DERECHO DE LA EXPRESIÓN (F)	DETERMINACIÓN	TEMPERATURA DEL HORNO DE CALENTAMIENTO O	TIEMPO EN EL HORNO DE CALENTAMIENTO (MINUTOS)	LADO IZQUIERDO DE LA EXPRESIÓN (G)	
	n1	n2	LADO IZQUIERDO DE LA EXPRESIÓN (D)	n1	n2	LADO IZQUIERDO DE LA EXPRESIÓN (D)											DETERMINACIÓN
AA	12	13	1,1	G	12	14	1,2	G	B	442	582	729	G	1210	128	3865	G
AB	10	12	1,2	G	10	13	1,3	G	B	430	535	719	G	1236	116	3591	G
AC	15	18	1,2	G	16	19	1,2	G	B	400	426	692	G	1210	125	2814	G
AD	6	8	1,3	G	6	7	1,2	G	B	436	623	721	G	1210	145	3604	G
AE	12	16	1,3	G	12	15	1,3	G	B	431	611	730	G	1152	152	4921	G
AF	18	22	1,2	G	17	22	1,3	G	B	384	396	680	G	1198	86	2449	G
AG	β	7	1,2	G	5	7	1,4	G	B	402	557	696	G	1209	147	3134	G
AH	4	5	1,3	G	4	4	1,0	G	VG	413	462	689	G	1209	135	2339	G
AI	12	15	1,3	G	12	14	1,2	G	VG	325	476	643	G	1260	165	2717	G
AJ	17	21	1,2	G	15	21	1,4	G	G	420	543	696	G	1230	98	3269	G
AK	12	14	1,2	G	12	13	1,1	G	G	435	558	687	G	1211	156	5054	G
AL	2	2	1,0	G	2	2	1,0	G	VG	481	721	777	G	1180	161	16656	G
AM	16	22	1,4	G	15	21	1,4	G	G	248	539	546	G	1291	332	1602	G
AN	10	12	1,2	G	10	11	1,1	G	VG	401	560	667	G	1219	135	3134	G
AO	11	12	1,1	G	10	11	1,1	G	VG	396	523	673	G	1266	173	2694	G
AP	7	9	1,3	G	7	8	1,1	G	VG	443	551	724	G	1230	125	3378	G
AQ	13	14	1,1	G	14	16	1,1	G	VG	363	402	648	G	1250	140	2605	G
AR	21	26	1,2	G	22	25	1,1	G	G	371	432	649	G	1241	192	3115	G
AS	18	19	1,1	G	18	18	1,0	G	VG	398	630	695	G	1263	191	3540	G
AT	15	17	1,1	G	16	16	1,0	G	VG	384	669	682	G	1203	203	3026	G
AU	17	19	1,1	G	16	18	1,1	G	G	365	456	664	G	1248	192	2697	G
AV	17	19	1,1	G	16	18	1,1	G	G	360	456	658	G	1248	192	2571	G
AW	18	22	1,4	G	15	21	1,4	G	G	248	539	546	G	1291	332	1602	G
AX	17	19	1,1	G	16	18	1,1	G	G	360	456	658	G	1248	192	2571	G

5 En base a los ejemplos y ejemplos comparativos descritos anteriormente, se encuentra que, siempre que se cumplan las condiciones de la presente invención, es posible obtener una chapa de acero laminada en frío, una chapa de acero laminada en frío galvanizada, una chapa de acero laminada en frío recocida y galvanizada, una chapa de acero laminada en frío electrogalvanizada o una chapa de acero laminada en frío aluminizada, cumpliendo todas con $TS \times \lambda \geq 50000 \text{ MPa}\cdot\%$ incluso después de la estampación en caliente, y un acero estampado en caliente fabricado a partir de la chapa de acero laminada en frío obtenida.

10 Aplicabilidad industrial

10 Dado que la chapa de acero laminada en frío y el acero estampado en caliente que se obtienen en la presente invención pueden cumplir $TS \times \lambda \geq 50000 \text{ MPa}\cdot\%$ después de la estampación en caliente, la chapa de acero laminada en frío y el acero estampado en caliente tienen una alta manejabilidad en prensa y una alta resistencia, y cumplen los requisitos actuales para un vehículo tal como una reducción adicional del peso y una conformación más complicada de un componente.

15

Breve descripción de los símbolos de referencia

S1: ETAPA DE FUSIÓN
S2: ETAPA DE COLADA
S3: ETAPA DE CALENTAMIENTO
20 S4: ETAPA DE LAMINACIÓN EN CALIENTE
S5: ETAPA DE ENROLLAMIENTO
S6: ETAPA DE DECAPADO
S7: ETAPA DE LAMINACIÓN EN FRÍO
S8: ETAPA DE RECOCIDO
25 S9: ETAPA DE TEMPLADO POR LAMINACIÓN
S10: ETAPA DE GALVANIZACIÓN
S11: ETAPA DE ALEACION
S12: ETAPA DE ALUMINIZACIÓN
30 S13: ETAPA DE ELECTROGALVANIZACIÓN

REIVINDICACIONES

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

5 C: de un 0,030 % a un 0,150 %;
 Si: de un 0,010% a un 1,000%;
 Mn: un 0,50 % o más y menos de un 1,50 %;
 P: de un 0,001% a un 0,060%;
 S: de un 0,001% a un 0,010%;
 10 N: de un 0,0005% a un 0,0100%;
 Al: de un 0,010 % a un 0,050 %, y
 opcionalmente al menos uno de
 B: de un 0,0005% a un 0,0020%;
 Mo: de un 0,01% a un 0,50%;
 Cr: de un 0,01% a un 0,50%;
 15 V: de un 0,001% a un 0,100%;
 Ti: de un 0,001% a un 0,100%;
 Nb: de un 0,001% a un 0,050%;
 Ni: de un 0,01% a un 1,00%;
 Cu: de un 0,01% a un 1,00%;
 20 Ca: 0,0005 % a 0,0050 %; y
 REM: de un 0,0005% a un 0,0050%, y
 un resto de Fe e impurezas, en la que
 cuando [C] es una cantidad de C en % en masa, [Si] es una cantidad de Si en % en masa y [Mn] es una
 25 cantidad de Mn en % en masa, se cumple la siguiente expresión (A),
 una fracción de área de ferrita es de un 40 % a un 95 % y una fracción de área de martensita es de un
 5 % a un 60 %,
 un total de la fracción de área de la ferrita y la fracción de área de la martensita es de un 60 % o más,
 la chapa de acero laminada en frío estampada en caliente incluye además opcionalmente una o más de
 30 perlita, austenita retenida y bainita, una fracción de área de la perlita es de un 10 % o menos,
 una fracción volumétrica de la austenita retenida es de un 5 % o menos, y una fracción de área de la
 bainita es menos de un 40 %,
 la dureza de la martensita medida con un nanopenetrador cumple la siguiente expresión (B) y la siguiente
 expresión (C),
 35 $TS \times \lambda$, que es producto de la resistencia a la tracción TS y la proporción de expansión de orificios λ es
 50000 MPa.% o más,

$$(5 \times [Si] + [Mn]) / [C] > 10 \quad (A),$$

$$H2 / H1 < 1.10 \quad (B),$$

$$\sigma_{HM} < 20 \quad (C),$$

y
 H1 es una dureza promedio de la martensita en una porción de superficie de un espesor de chapa de la
 45 chapa de acero laminada en frío estampada en caliente, la porción de superficie es un área que tiene un
 ancho de 200 μm en una dirección de espesor desde una capa más externa, H2 es una dureza promedio
 de la martensita en una porción central del espesor de chapa de la chapa de acero laminada en frío
 estampada en caliente, la porción central es un área que tiene un ancho de 200 μm en la dirección de
 espesor en un centro del espesor de chapa y σ_{HM} es una varianza de la dureza promedio de la
 50 martensita de la porción central del espesor de chapa de la chapa de acero laminada en frío estampada
 en caliente.

2. La chapa de acero laminada en frío estampada en caliente de acuerdo con la reivindicación 1, en la que
 una fracción de área de MnS existente en la chapa de acero laminada en frío estampada en caliente y que tiene
 un diámetro de círculo equivalente de 0,1 μm a 10 μm es de un 0,01 % o menos,
 55 se cumple la siguiente expresión (D),

$$n2 / n1 < 1.5 \quad (D),$$

y
 60 n1 es una densidad numérica promedio por 10000 μm^2 del MnS que tiene un diámetro de círculo equivalente de
 0,1 μm a 10 μm en una porción de 1/4 del espesor de chapa de la chapa de acero laminada en frío estampada
 en caliente, y n2 es una densidad numérica promedio por 10000 μm^2 del MnS que tiene un diámetro de círculo
 equivalente de 0,1 μm a 10 μm en la porción central del espesor de chapa de la chapa de acero laminada en frío
 estampada en caliente.

3. La chapa de acero laminada en frío estampada en caliente de acuerdo con la reivindicación 1 o 2, en la que se forma una capa galvanizada por inmersión en caliente sobre una superficie de la misma.

4. La chapa de acero laminada en frío estampada en caliente de acuerdo con la reivindicación 3, en la que la capa galvanizada por inmersión en caliente está aleada.

5. La chapa de acero laminada en frío estampada en caliente de acuerdo con la reivindicación 1 o 2, en la que se forma una capa electrogalvanizada sobre una superficie de la misma.

6. La chapa de acero laminada en frío estampada en caliente de acuerdo con la reivindicación 1 o 2, en la que se forma una capa aluminizada sobre una superficie de la misma.

7. Un procedimiento para producir la chapa de acero laminada en frío estampada en caliente de acuerdo con la reivindicación 1, comprendiendo el procedimiento:

colar un acero fundido que tiene una composición química de acuerdo con la reivindicación 1 y obtener un acero;

calentar el acero;

laminar en caliente el acero con un laminador en caliente que incluye una pluralidad de cajas;

enrollar el acero después de la laminación en caliente en una condición que cumple la siguiente expresión (F);

decarar el acero después del enrollamiento;

laminar en frío el acero con un laminador en frío que incluye una pluralidad de cajas después del decapado en una condición que cumple la siguiente expresión (E);

recocer en el que el acero se recuece por debajo de 700° C a 850° C después de la laminación en frío y se enfría;

templar por laminación el acero después del recocido; y

estampar en caliente en el que el acero se calienta a un intervalo de temperaturas de 700° C a 1000° C después del templado por laminación, se estampa en caliente dentro del intervalo de temperaturas, y después de esto se enfría hasta temperatura ambiente o más y 300° C o menos, en el que

$$1.5 \times r_1 / r + 1.2 \times r_2 / r + r_3 / r > 1.00 \quad (E),$$

ri (i = 1, 2, 3) es una reducción de laminación en frío objetivo individual en una caja iésima (i = 1, 2, 3) en base a una caja más alta en la pluralidad de cajas en la laminación en frío en unidad de %, y

r es una reducción total de laminación en frío en la laminación en frío en unidad de %, en el que

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

y en el que

CT es una temperatura de enrollamiento en el enrollamiento en unidad de ° C, [C] es la cantidad de C en el acero en % en masa, [Mn] es la cantidad de Mn en el acero en % en masa, [Cr] es la cantidad de Cr en el acero en % en masa y [Mo] es la cantidad de Mo en el acero en % en masa.

8. El procedimiento para producir la chapa de acero laminada en frío estampada en caliente de acuerdo con la reivindicación 7, en el que

la laminación en frío se lleva a cabo en una condición que cumple la siguiente expresión (E'),

$$1.20 \geq 1.5 \times r_1 / r + 1.2 \times r_2 / r + r_3 / r > 1.00 \quad (E'),$$

y ri (i = 1, 2, 3) es la reducción de laminación en frío objetivo individual en la caja iésima (i = 1, 2, 3) en base a la caja más alta en la pluralidad de cajas en la laminación en frío en unidad de %, y r es la reducción total de laminación en frío en la laminación en frío en unidad de %.

9. El procedimiento para producir la chapa de acero laminada en frío estampada en caliente de acuerdo con la reivindicación 7 u 8, en el que

cuando T es una temperatura de calentamiento en el calentamiento en unidad de ° C, t es un tiempo en el horno en el calentamiento en unidad de minutos, [Mn] es la cantidad de Mn en el acero en % en masa y [S] es una cantidad de S en el acero en % en masa, se cumple la siguiente expresión (G).

$$T \times \ln(t) / (1.7 \times [Mn] + [S]) > 1500 \quad (G)$$

10. El procedimiento para producir la chapa de acero laminada en frío estampada en caliente de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 7 a 9, que comprende además:

galvanizar el acero entre el recocido y el templado por laminación.

11. El procedimiento para producir la chapa de acero laminada en frío estampada en caliente de acuerdo con la reivindicación 10, que comprende además:

5 alear el acero entre el galvanizado y el templado por laminación.

12. El procedimiento para producir la chapa de acero laminada en frío estampada en caliente de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 7 a 9, que comprende además:

10 electrogalvanizar el acero después del templado por laminación.

13. El procedimiento para producir la chapa de acero laminada en frío estampada en caliente de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 7 a 9, que comprende además:

aluminizar el acero entre el recocido y el templado por laminación.

FIG. 1

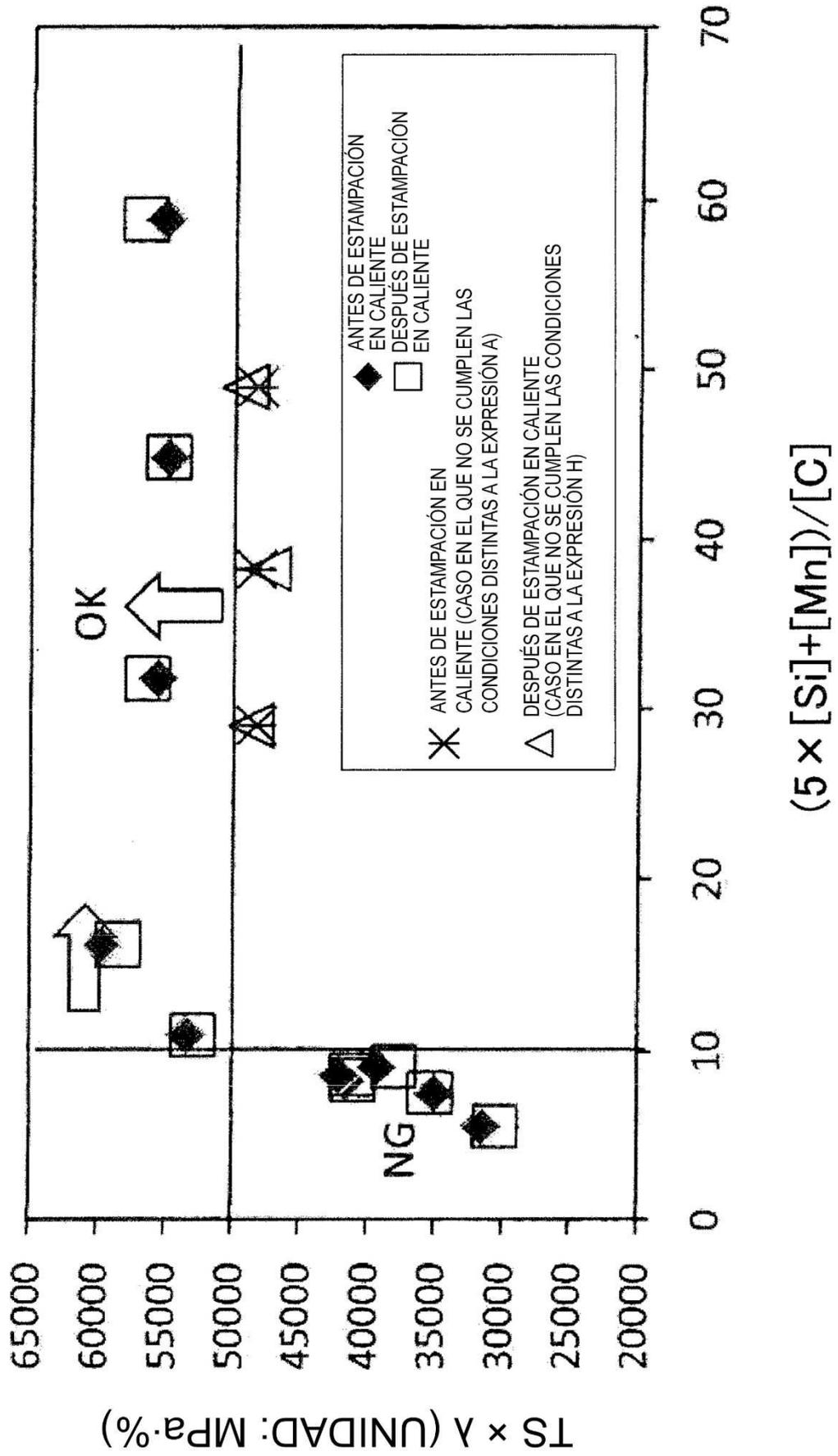


FIG. 2A

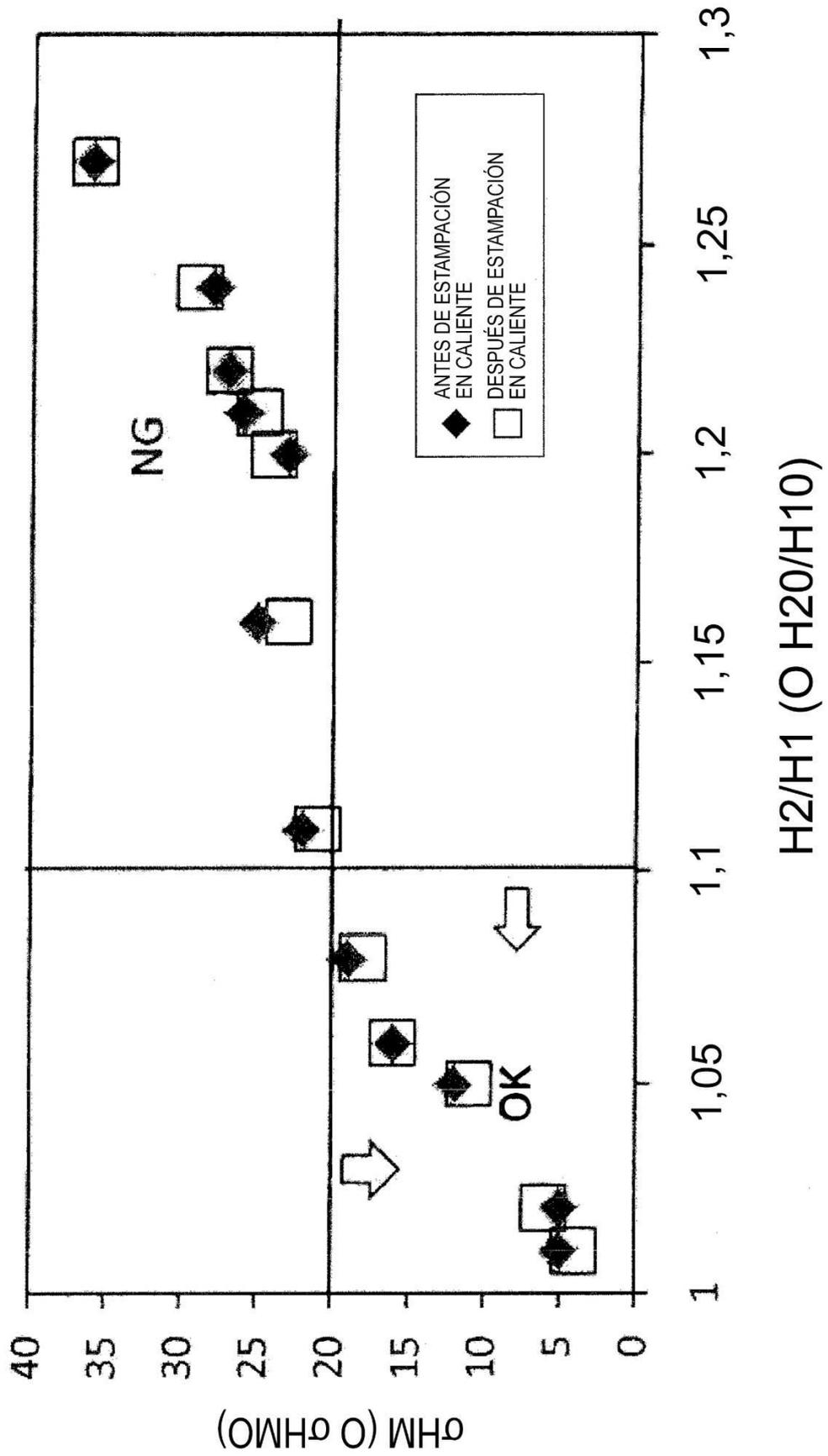


FIG. 2B

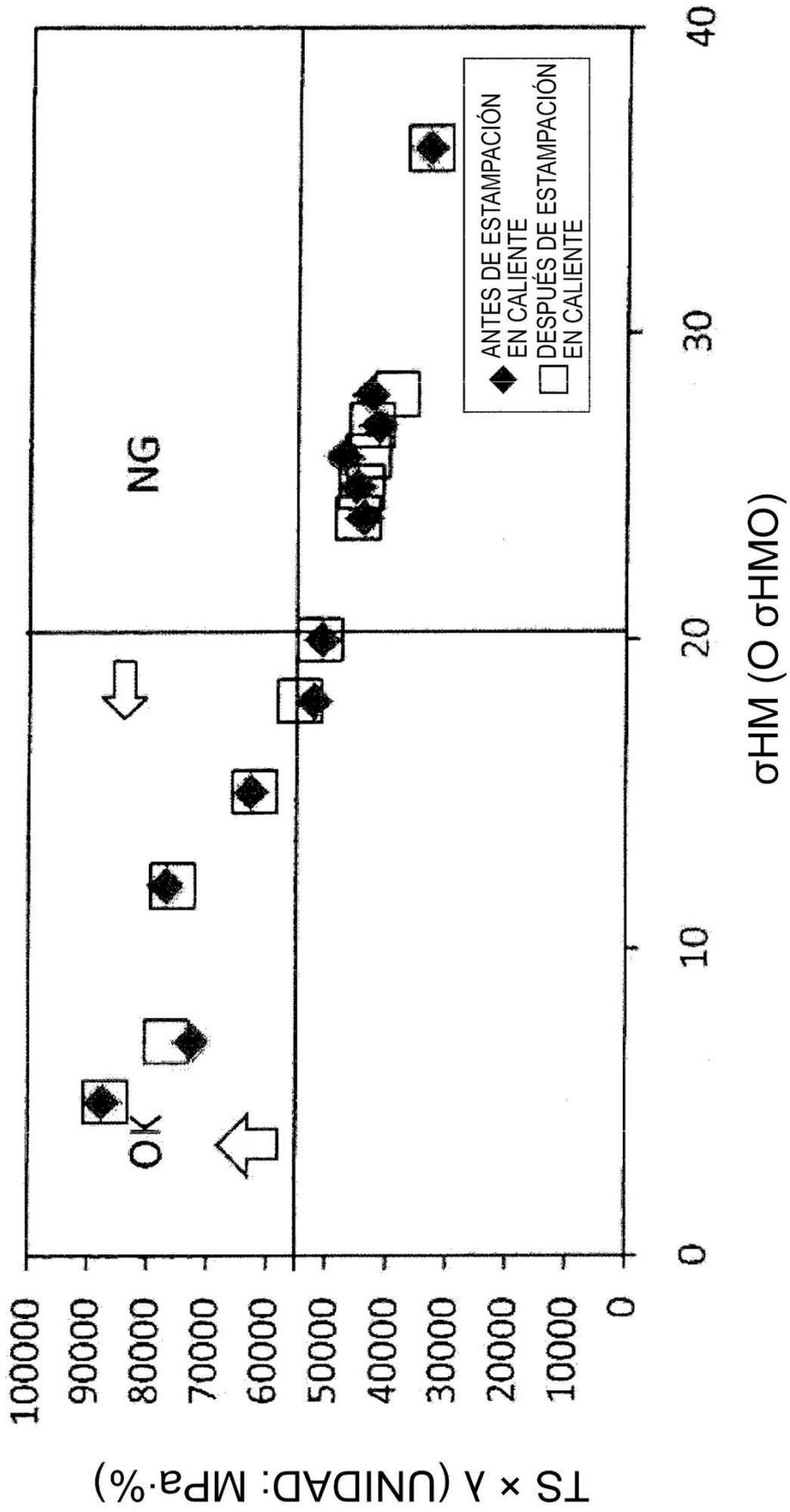


FIG. 3

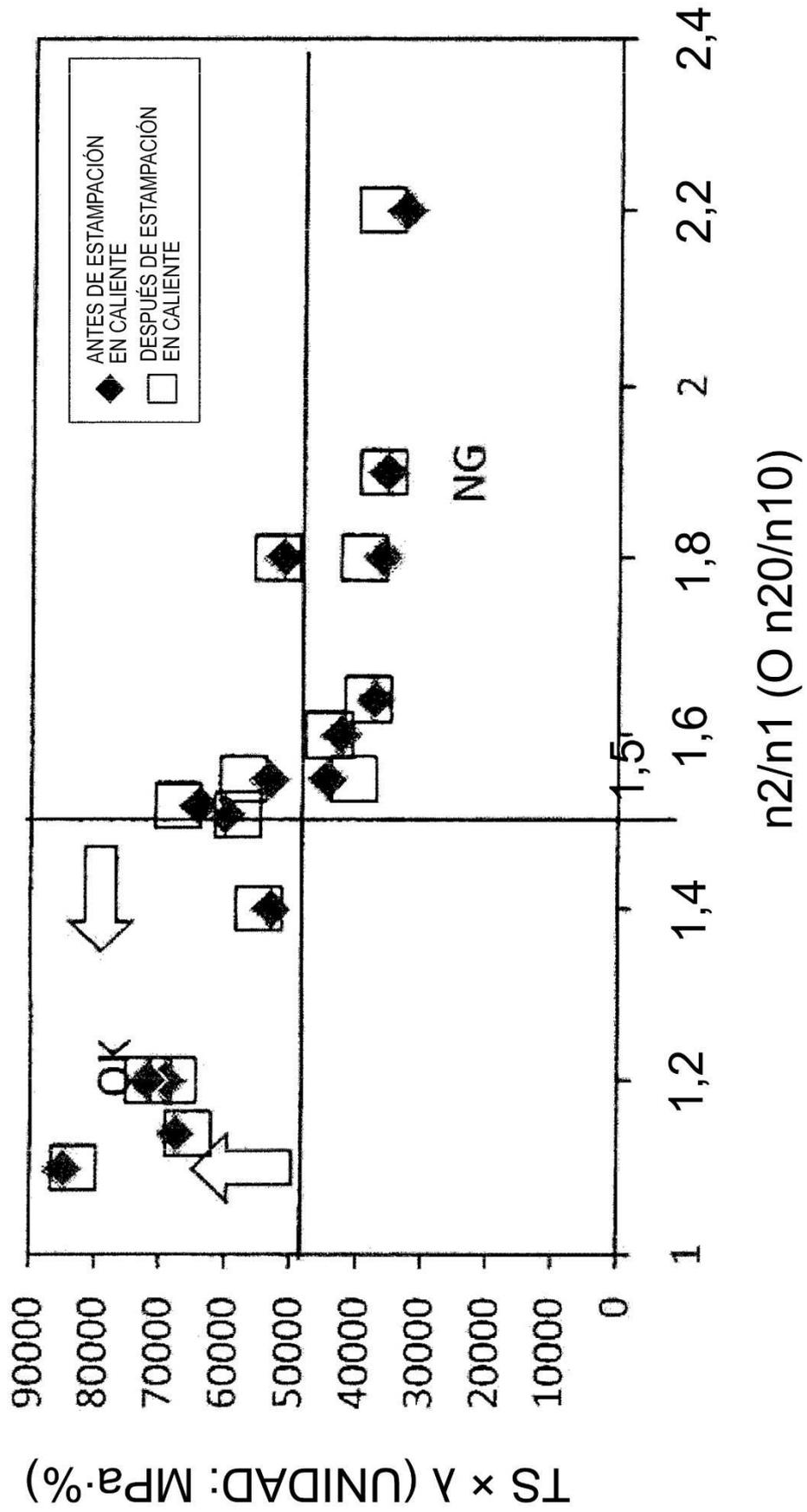


FIG. 4

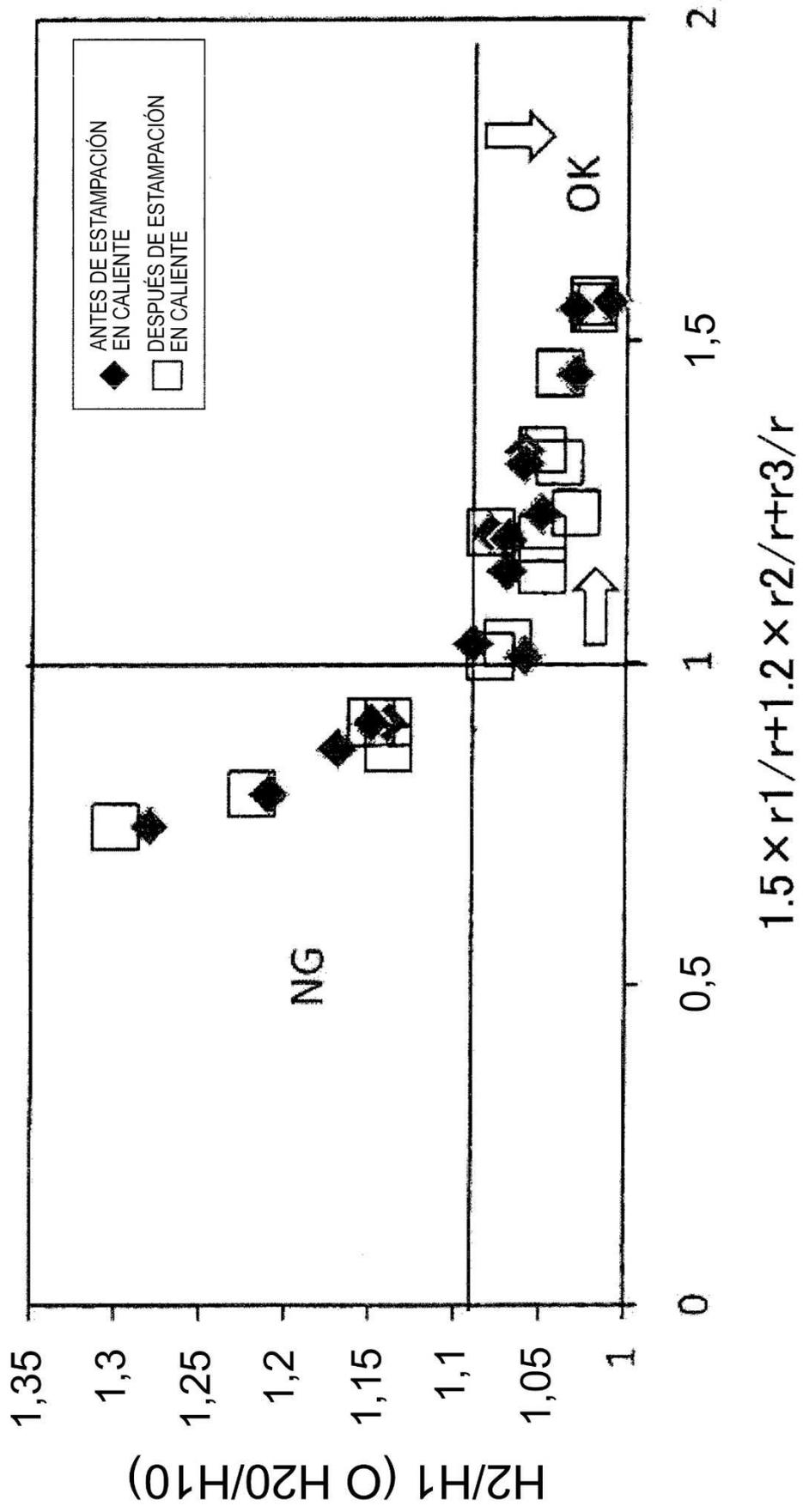


FIG. 5A

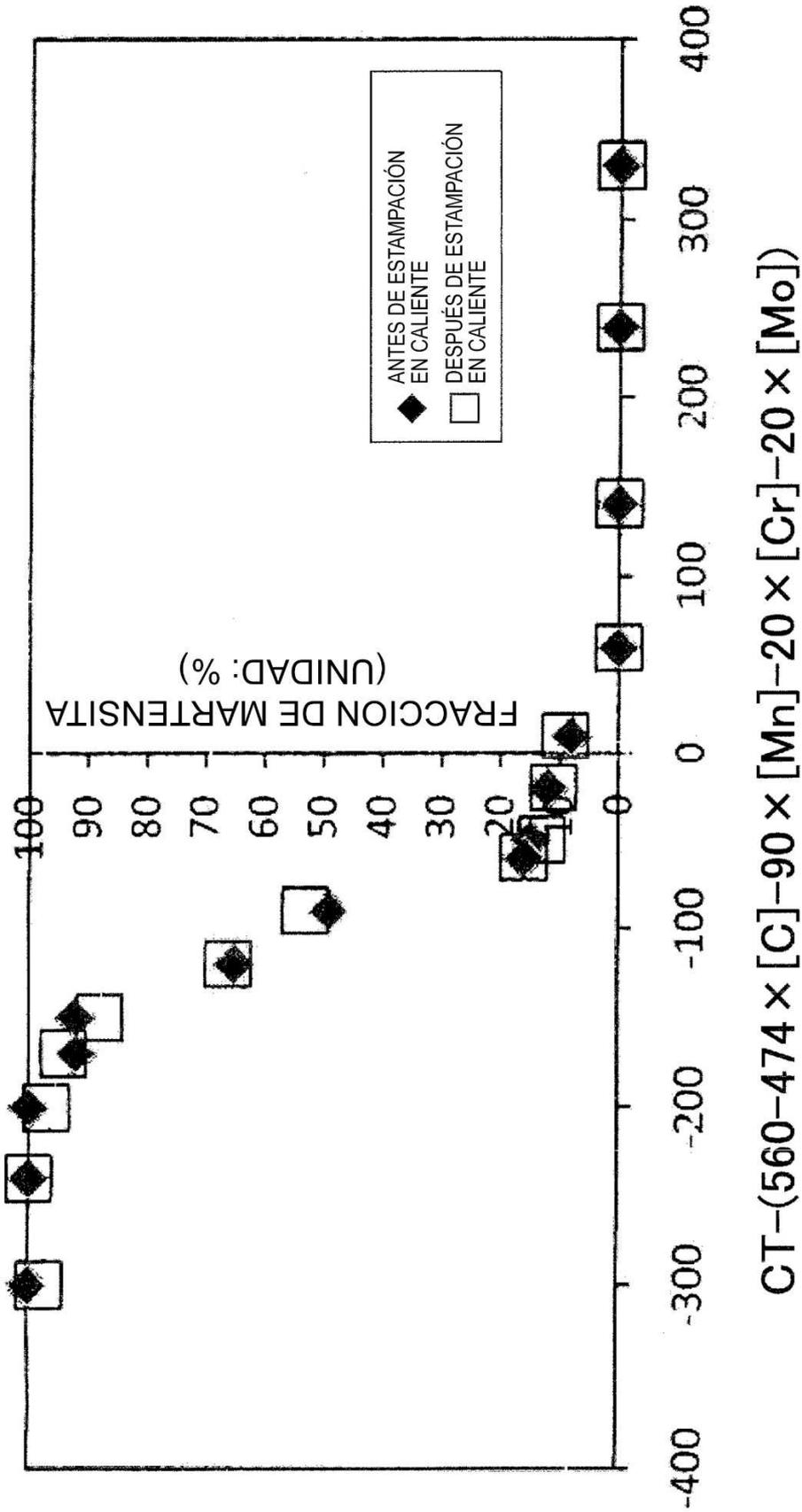
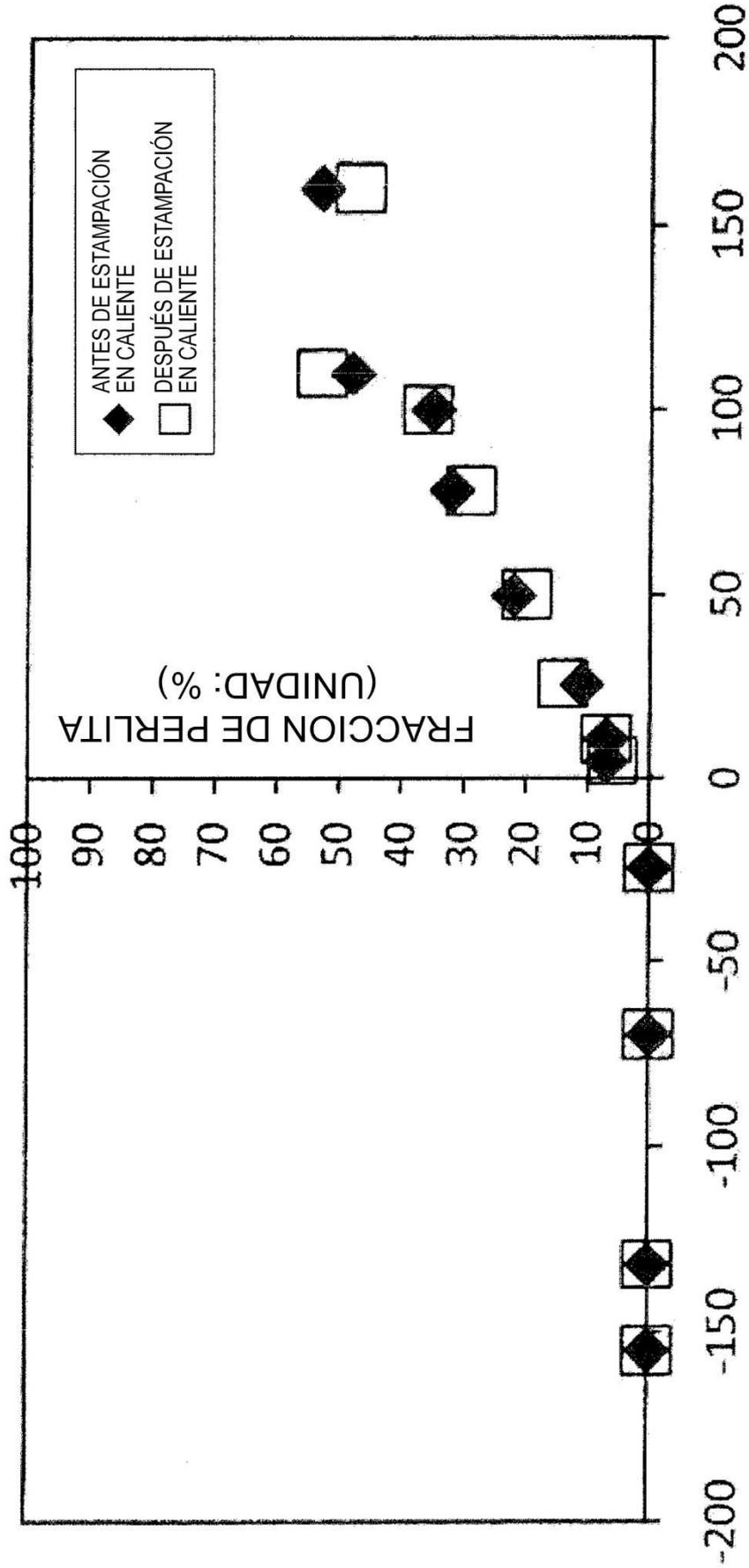


FIG. 5B



CT-(830-270 x [C]-90 x [Mn]-70 x [Cr]-80 x [Mo])

FIG. 6

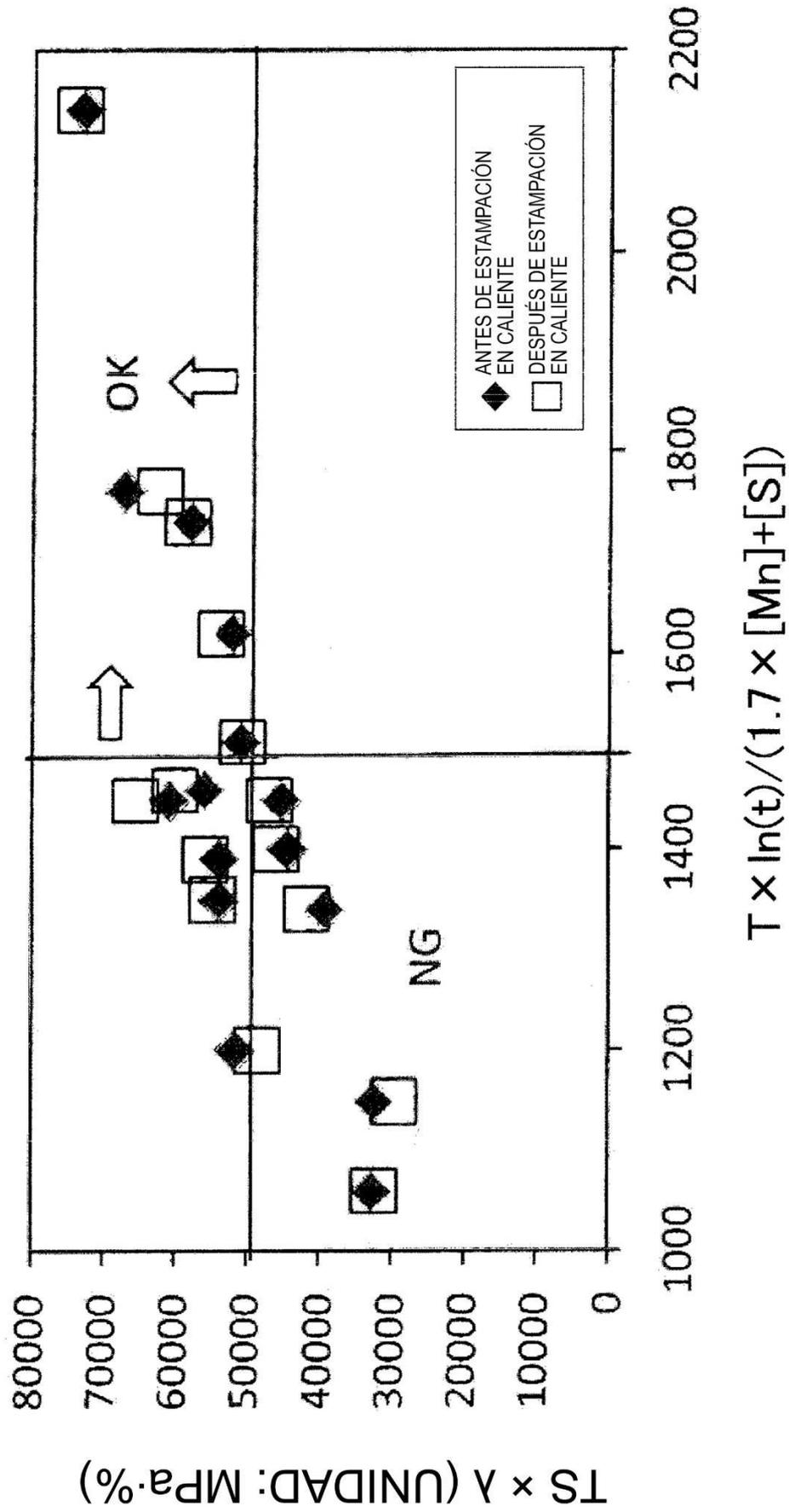


FIG. 7

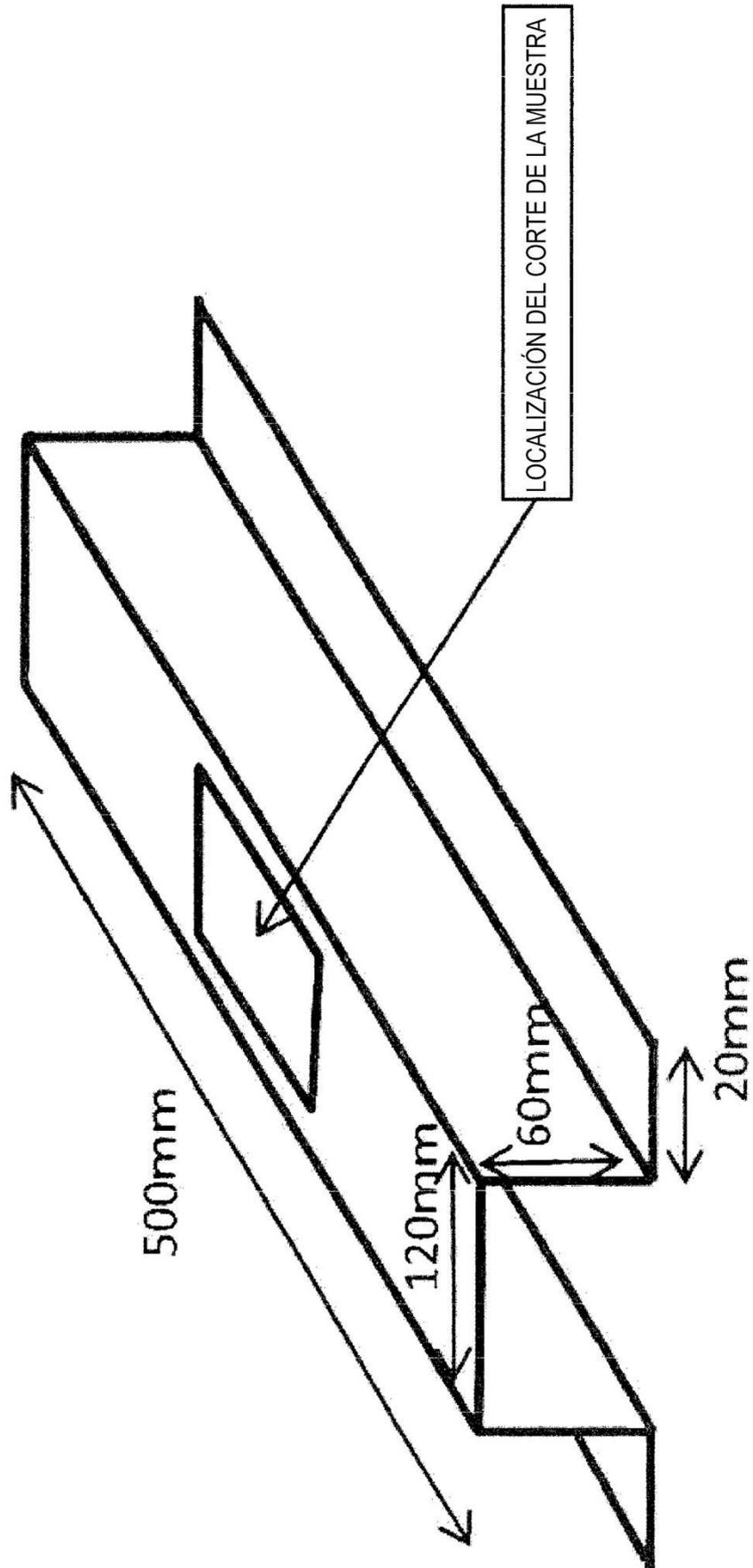


FIG. 8

