

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 666 968**

51 Int. Cl.:

C22C 38/06	(2006.01)	C22C 38/08	(2006.01)
B32B 15/01	(2006.01)	C22C 38/12	(2006.01)
C23C 2/02	(2006.01)	C22C 38/14	(2006.01)
C23C 2/26	(2006.01)	C22C 38/16	(2006.01)
C23C 2/40	(2006.01)	C22C 38/18	(2006.01)
C25D 5/36	(2006.01)	C22C 38/22	(2006.01)
C21D 1/673	(2006.01)	C22C 38/28	(2006.01)
C22C 38/00	(2006.01)	C22C 38/32	(2006.01)
C22C 38/02	(2006.01)	C22C 38/38	(2006.01)
C22C 38/04	(2006.01)		

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **11.01.2013 PCT/JP2013/050385**
- 87 Fecha y número de publicación internacional: **18.07.2013 WO13105633**
- 96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **11.01.2013 E 13736403 (0)**
- 97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **14.03.2018 EP 2803748**

54 Título: **Artículo moldeado por estampado en caliente y método para producir un artículo moldeado por estampado en caliente**

30 Prioridad:

13.01.2012 JP 2012004550

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
08.05.2018

73 Titular/es:

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

72 Inventor/es:

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

74 Agente/Representante:

ELZABURU, S.L.P

ES 2 666 968 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 estampado en caliente y método para producir un artículo moldeado por estampado en caliente

Campo técnico de la invención

5 La presente invención se refiere a un acero estampado en caliente para el cual se usa una chapa de acero laminada en frío para el estampado en caliente que tiene una excelente conformabilidad después del estampado en caliente, y un método para producir el mismo.

Se reivindica prioridad de la solicitud de patente japonesa número 2012-004550, presentada el 13 de enero de 2412, cuyo contenido se incorpora en la presente memoria por referencia.

10 **Técnica relacionada**

En la actualidad, se requiere que una chapa de acero para un vehículo se mejore en términos de seguridad frente a una colisión y que tenga un peso reducido. En dicha situación, el estampado en caliente (también denominado prensado en caliente, estampado en caliente, templado con troquel, templado con prensa o similar) llama la atención como un método para obtener una alta resistencia. El estampado en caliente se refiere a un método de conformado en el que una chapa de acero se calienta a una alta temperatura de, por ejemplo, 700°C o más, luego se conforma en una base de ferrita tiene una baja relación de fluencia y una alta resistencia a la tracción, y, además, que tenga después de conformado, obteniendo de este modo calidades de material deseadas. Como se ha descrito antes, se requiere que una chapa de acero usada para una estructura de carrocería de un vehículo tenga una elevada trabajabilidad 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 una austenita retenida en una estructura o similar se conoce como una chapa de acero que tiene tanto trabajabilidad 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 relación de fluencia y una alta resistencia a la tracción, y, además, que tenga unas excelentes características de alargamiento. Sin embargo, la chapa de acero multifase tiene una baja capacidad de ensanchamiento de orificios puesto que se concentra tensión en la interfase entre la ferrita y martensita y, es probable que se inicie la formación de grietas desde la interfase.

Por ejemplo, los Documentos de Patente 1 a 3 describen la chapa de acero multifase. Además, los Documentos de Patente 4 a 6 describen relaciones entre la dureza y la conformabilidad de una chapa de acero.

30 El documento EP2256224 describe una chapa de acero laminada en frío de alta resistencia, una chapa de acero galvanizada de alta resistencia y una chapa de acero galvanizada por inmersión en caliente aleada de alta resistencia que tiene excelente conformabilidad y soldabilidad, así como métodos para fabricar estas chapas de acero. El documento JP2010065292 describe el método de fabricación de un componente prensado en caliente con excelente ductilidad que tiene TS de 1300-1450 MPa y 8% o más de alargamiento, la chapa de acero sometida a prensado en caliente.

35 Sin embargo, incluso con estas técnicas de la técnica anterior, resulta difícil obtener una chapa de acero que satisfaga los actuales requerimientos para un vehículo tales como una reducción adicional del peso y formas más complicadas de los componentes.

Documentos de la técnica anterior

Documentos de patente

- 40 [Documento de Patente 1] Solicitud de Patente Japonesa no Examinada, Primera Publicación número H6-128688
- [Documento de Patente 2] Solicitud de Patente Japonesa no Examinada, Primera Publicación número 2000-319756
- [Documento de Patente 3] Solicitud de Patente Japonesa no Examinada, Primera Publicación número 2005-120436
- [Documento de Patente 4] Solicitud de Patente Japonesa no Examinada, Primera Publicación número 2005-256141
- [Documento de Patente 5] Solicitud de Patente Japonesa no Examinada, Primera Publicación número 2001-355044
- 45 [Documento de Patente 6] Solicitud de Patente Japonesa no Examinada, Primera Publicación número H11-189842

Descripción de la invención

Problemas a resolver por la invención

50 Un objeto de la presente invención es proporcionar un acero estampado en caliente, para el cual se usa una chapa de acero estampado en frío capaz de garantizar una resistencia y tener una capacidad de ensanchamiento de orificios más favorable cuando se produce en un acero estampado en caliente, y un método para producir el citado

acero estampado en caliente.

Medios para resolver el problema

Los autores de la presente invención llevaron a cabo intensos estudios relacionados con una chapa de acero laminada en frío para estampado en caliente que garantizaron una resistencia después de estampado en caliente (después de templado en un proceso de estampado en caliente) y tenían una excelente conformabilidad (capacidad de ensanchamiento de orificios). Como resultado, se encontró que, independientemente de la composición del acero, cuando se establece una relación apropiada entre la cantidad de Si, la cantidad de Mn y la cantidad de C, se fijan en unas fracciones predeterminadas una fracción de una ferrita y una fracción de una martensita en la chapa de acero, y se fijan en intervalos específicos la relación de dureza (diferencia de una dureza) de la martensita entre una parte de la superficie de un espesor de la chapa y una parte central del espesor de la chapa de acero y la distribución de dureza de la martensita en la parte central del espesor de la chapa, es posible producir de forma industrial una chapa de acero laminada en frío para estampado en caliente capaz de garantizar, en la chapa de acero, una conformabilidad, es decir, una característica de $TS \times \lambda \geq 5000\text{MPa}\cdot\%$, que es un valor mayor que nunca en términos de $TS \times \lambda$, que es el producto de la resistencia a la tracción TS y la relación de ensanchamiento de orificios λ . Además, se encontró que, cuando esta chapa de acero laminada en frío se usa para estampado en caliente, se obtiene un acero estampado en caliente que tiene excelente conformabilidad incluso después del estampado en caliente. Además, también se aclaró que la supresión de una segregación de MnS en la parte central del espesor de la chapa de la chapa de acero laminada en frío para estampado en caliente también es efectiva para mejorar la conformabilidad (capacidad de ensanchamiento de orificios) del acero estampado en caliente. Además, se encontró también que, en el laminado en frío, un ajuste de una fracción de una reducción por laminado en frío hasta una reducción por laminado en frío total (reducción por laminado acumulada) desde la estación más alta hasta una tercera estación basada en la estación más alta en un intervalo específico es efectivo en el control de una dureza de la martensita. Adicionalmente, los autores de la invención han encontrado una diversidad de aspectos de la presente invención que se describen más adelante. Además, se encontró que los efectos no se ven afectados incluso cuando se forma una capa galvanizada por inmersión en caliente, una capa galvanizada-recocida, una capa electrogalvanizada y una capa aluminizada en la chapa de acero laminada en frío.

(1) Es decir, de acuerdo con un primer aspecto de la presente invención, un acero estampado en caliente incluye, en % en masa, C: 0,030% a 0,150%, Si: 0,010% a 1,00%, Mn: 1,50% a 2,70%, P: 0,001% a 0,060%, S: 0,001% a 0,010%, N: 0,0005% a 0,0100%, Al: 0,010% a 0,050%, y opcionalmente uno o más de B: 0,0005% a 0,0020%, Mo: 0,01% a 0,50%, Cr: 0,01% a 0,50%, V: 0,001% a 0,100%, Ti: 0,001% a 0,100%, Nb: 0,001% a 0,050%, Ni: 0,01% a 1,00%, Cu: 0,01% a 1,00%, Ca: 0,0005% a 0,0050%, REM: 0,00050% a 0,0050%, e incluyendo el resto Fe e impurezas inevitables, donde, cuando [C] representa una cantidad de C en % en masa, [Si] representa una cantidad de Si en % en masa, y [Mn] representa una cantidad de Mn en % en masa, se satisface la siguiente expresión (A), una estructura metalográfica después de un estampado en caliente incluye 40% a 90% de una ferrita y 10% a 60% de una martensita en una fracción de área, un total de una fracción de área de la ferrita y una fracción de área de la martensita es 60% o más, la estructura metalográfica puede incluir además opcionalmente uno o más de 10% o menos de una perlita en una fracción de área, 5% o menos de una austenita retenida en una relación en volumen, y menos de 40% de una bainita como resto en una fracción de área, una dureza de la martensita medida con nanoindentador satisface la siguiente expresión (B) y la siguiente expresión (C), $TS \times \lambda$ que es un producto de una resistencia a la tracción TS y una relación de ensanchamiento de orificios λ es $50000\text{MPa}\cdot\%$ o más,

$$(5 \times [\text{Si}] + [\text{Mn}]/[\text{C}] > 11 \quad (\text{A}))$$

$$H2/H1 < 1,1 \quad (\text{B})$$

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

la H1 es una dureza promedio de la martensita en una parte de la superficie de un espesor de la chapa después de estampado en caliente, la H2 es una dureza promedio de la martensita en una parte central del espesor de la chapa que es un área que tiene una anchura de 200 μm en una dirección de espesor en un centro del espesor de la chapa después del estampado en caliente, y la σ_{HM} es una varianza de la dureza promedio de la martensita en la parte central del espesor de la chapa después del estampado en caliente.

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

$$n2/n1 < 1,5 \quad (\text{D}), \text{ y}$$

la n1 es una densidad en número promedio por 10000 μm^2 del MnS que tiene el diámetro de círculo equivalente de 0,1 μm a 10 μm en 1/4 parte del espesor de la chapa después del estampado en caliente, y la n2 es una densidad en número promedio por 10000 μm^2 del MnS que tiene el diámetro de círculo equivalente de 0,1 μm a 10 μm en la parte central del espesor de la chapa después del estampado en caliente.

(3) En el acero estampado en caliente de acuerdo con los anteriores (1) o (2), puede formarse un galvanizado por

inmersión en caliente sobre una superficie del mismo.

(4) En el acero estampado en caliente de acuerdo con el anterior (3), puede formarse un galvanizado-recocido sobre una superficie del galvanizado por inmersión en caliente.

5 (5) En el acero estampado en caliente de acuerdo con los anteriores (1) o (2), puede formarse un electrogalvanizado sobre una superficie del mismo.

(6) En el acero estampado en caliente de acuerdo con los anteriores (1) o (2), puede formarse un aluminizado sobre una superficie del mismo.

10 (7) De acuerdo con otro aspecto de la presente invención, se proporciona un método para producir un acero estampado en caliente que incluye colar un acero fundido que tiene una composición química de acuerdo con el (1) anterior y obtener un acero, calentar el acero, laminar en caliente el acero con un laminador en caliente que incluye una pluralidad de estaciones, bobinar el acero después del laminado en caliente, decapar el acero después del bobinado, laminar en frío el acero con un laminador en frío que incluye una pluralidad de estaciones después del decapado bajo unas condiciones que satisfacen la siguiente expresión (E), recocido donde el acero se recuece bajo 15 700°C a 850°C y se enfría después del laminado en frío, y endurecer por laminado en frío el acero después de enfriar tras el recocido, y estampar en caliente donde el acero se calienta hasta una temperatura de 700°C a 1000°C después de endurecer por laminado en frío, estampado en caliente dentro del intervalo de temperatura y, a continuación, se enfría hasta una temperatura ambiente o más y 300°C o menos,

$$1,5 \times r1/r + 1,2 \times r2/r + r3/r > 1,0 \quad (E), y$$

20 la r_i ($i = 1, 2, 3$) representa una reducción por laminado en frío objetivo individual en la i ésima estación ($i = 1, 2, 3$) basado en una estación más alta en la pluralidad de estaciones en el laminado en frío en unidades porcentuales, y la r representa una reducción por laminado en frío total en el laminado en frío en unidades porcentuales.

25 (8) En el método para producir el acero estampado en caliente de acuerdo con el (7) anterior, cuando CT representa una temperatura de bobinado en el bobinado en unidades de °C, [C] representa la cantidad de C en % en masa, [Mn] representa la cantidad de Mn en % en masa, [Si] representa la cantidad de Si en % en masa, y [Mo] representa la cantidad de Mo en % en masa en la chapa de acero, puede satisfacerse una expresión (F) siguiente,

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

30 (9) En el método para producir el acero estampado en caliente de acuerdo con los (7) o (8) anteriores, cuando T representa una temperatura de calentamiento en el calentamiento en unidades de °C, t representa un tiempo en horno en el calentamiento en unidades de minutos, [Mn] representa la cantidad de Mn en % en masa, y [S] representa una cantidad de S en % en masa en la chapa de acero, puede satisfacerse una expresión (G) siguiente,

$$T \times \ln(t)/(1,7 \times [Mn] + [S]) > 1500 \quad (G)$$

(10) El método para producir el acero estampado en caliente de acuerdo con uno cualquiera de los (7) a (9) anteriores puede incluir además galvanizar el acero entre el recocido y el endurecimiento por laminado en frío e incluye además galvanizar el acero entre el recocido y el endurecimiento por laminado en frío.

35 (11) El método para producir el acero estampado en caliente de acuerdo con el (10) anterior puede incluir alear el acero entre el galvanizado y el endurecimiento por laminado en frío.

(12) El método para producir el acero estampado en caliente de acuerdo con uno cualquiera de los (7) a (9) anteriores puede incluir además electrogalvanizado del acero después de endurecer por laminado en frío.

40 (13) El método para producir el acero estampado en caliente de acuerdo con uno cualquiera de los (7) a (9) anteriores puede incluir además aluminizado entre el recocido y el endurecimiento por laminado en frío.

Efectos de la invención

45 De acuerdo con el aspecto antes descrito de la presente invención, puesto que se establece una relación apropiada entre la cantidad de C, la cantidad de Mn y la cantidad de Si, e, incluso en el acero estampado en caliente, la dureza de la martensita medida con un nanoindentador se ajusta a un valor apropiado, es posible obtener una capacidad de ensanchamiento de orificios más favorable en el acero estampado en caliente.

Breve descripción de los dibujos

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

50 FIG. 2A es un gráfico que ilustra el fundamento de una expresión (B) y es un gráfico que ilustra la relación entre $H20/H10$ y σ_{HM0} en la chapa de acero laminada en frío para estampado en caliente antes de estampado en caliente

y la relación entre H2/H1 y σ_{HM} en el acero estampado en caliente.

FIG. 2B es un gráfico que ilustra el fundamento de una expresión (C) y es un gráfico que ilustra la relación entre σ_{HM0} y $TS \times \lambda$ en la chapa de acero laminada en frío para estampado en caliente antes de estampado en caliente y la relación entre σ_{HM0} y $TS \times \lambda$ en el acero estampado en caliente

5 FIG. 3 es un gráfico que ilustra la relación entre n_{20}/n_{10} y $TS \times \lambda$ en la chapa de acero laminada en frío para estampado en caliente antes del estampado en caliente y la relación entre n_{2}/n_{1} y $TS \times \lambda$ en el acero estampado en caliente e ilustra el fundamento de una expresión (D).

10 FIG. 4 es un gráfico que ilustra la relación entre $1,5 \times r_{1/r} + 1,2 \times r_{2/r} + r_{3/r}$ y H_{20} / H_{10} en la chapa de acero laminada en frío para estampado en caliente antes del estampado en caliente y la relación entre $1,5 \times r_{1/r} + 1,2 \times r_{2/2} + r_{3/r}$ y H_{2}/H_{1} en el acero estampado en caliente, e ilustra el fundamento de una expresión (E).

FIG. 5A es un gráfico que ilustra la relación entre una expresión (F) y una fracción de una martensita.

FIG. 5B es un gráfico que ilustra la relación entre la expresión (F) y una fracción de una perlita.

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

15 FIG. 7 es una vista en perspectiva de un acero estampado en caliente usado en un ejemplo.

FIG. 8 es un diagrama de flujos que ilustra un método para producir el acero estampado en caliente para el cual se usa una chapa de acero laminada en frío para estampado en caliente de acuerdo con una forma de realización de la presente invención.

Formas de realización de la invención

20 Como se ha descrito antes, es importante establecer una relación apropiada entre la cantidad de Si, la cantidad de Mn y la cantidad de C y proporcionar una dureza adecuada a una martensita en una posición determinada en una chapa de acero con el fin de mejorar la conformabilidad (capacidad de ensanchamiento de orificios). Así, hasta ahora, no ha habido estudios relativos a la relación entre la conformabilidad o la dureza de la martensita en un acero estampado en caliente.

25 Aquí, se describirán razones para limitar la composición química de un acero estampado en caliente para el cual se usa una chapa de acero laminada en frío de acuerdo con una forma de realización de la presente invención (en algunos casos, también denominado acero estampado en caliente para el cual se usa una chapa de acero laminada en frío para estampado en caliente de acuerdo con la presente forma de realización) y se usa acero para su fabricación. En lo sucesivo, “%” que es una unidad de una cantidad de un componente individual indica “% en masa”.

30

C: 0,030% a 0,150%

C es un elemento importante para reforzar la martensita y aumentar la resistencia del acero. Cuando la cantidad de C es menor que 0,030%, no es posible aumentar suficientemente la resistencia del acero. Por otro lado, cuando la cantidad de C supera 0,150%, la degradación de la ductilidad (alargamiento) del acero se vuelve significativa. Por tanto, el intervalo de la cantidad de C se fija en 0,030% a 0,150%. En el caso en que haya una demanda de alta capacidad de ensanchamiento de orificios, la cantidad de C se fija deseablemente en 0,100% o menos.

35

Si: 0,010% a 1,000%

Si es un elemento importante para suprimir la formación de un carburo perjudicial y obtener una estructura multifase que principalmente incluya una estructura de ferrita y un resto de la martensita. Sin embargo, en un caso en que la cantidad de Si supere 1,0%, el alargamiento o la capacidad de ensanchamiento de orificios del acero se degradan, y también se degrada la propiedad de tratamiento por conversión química del acero. Por tanto, la cantidad de Si se fija en 1,000% o menos. Adicionalmente, aunque se añade Si para la desoxidación, un efecto de desoxidación no es suficiente cuando la cantidad de Si es menor que 0,010%. Por tanto, la cantidad de Si se fija en 0,010% o más.

40

Al: 0,010% a 0,050%

45 Al es un elemento importante como agente desoxidante. Para obtener el efecto de desoxidación, la cantidad de Al se fija en 0,010% o más. Por otro lado, incluso cuando el Al se añade en exceso, el efecto antes descrito se satura y, por el contrario, el acero se vuelve frágil. Por tanto, la cantidad de Al se ajusta en un intervalo de 0,010% a 0,050%.

Mn: 1,50% a 2,70%

50 Mn es un elemento importante para aumentar la capacidad de endurecimiento del acero. Sin embargo, cuando la cantidad de Mn es menor que 1,50%, no es posible aumentar suficientemente la resistencia del acero. Por otro lado,

cuando la cantidad de Mn supera 2,70%, puesto que la capacidad de endurecimiento del acero aumenta más de lo necesario, se provoca un aumento de la resistencia del acero, y, por consiguiente, se degradan el alargamiento o la capacidad de ensanchamiento de orificios. Por tanto, la cantidad de Mn se fija en un intervalo de 1,50% a 2,70%. En un caso en que haya una demanda de mayor alargamiento, la cantidad de Mn se fija deseablemente en 2,00% o menos.

P: 0,001 % a 0,060%

En un caso en que la cantidad es mayor, P segrega en un límite de grano, y deteriora la ductilidad local y la soldabilidad del acero. Por tanto, la cantidad de P se fija en 0,060% o menos. Por otro lado, puesto que una disminución innecesaria de P conduce a un aumento en el coste de refinado, la cantidad de P se fija deseablemente en 0,001% o más.

S: 0,001% a 0,010%

S es un elemento que forma MnS y deteriora de forma significativa la ductilidad local o la soldabilidad. Por tanto, el límite superior de la cantidad de S se fija en 0,010%. Además, con el fin de reducir costes de refinado, un límite inferior de la cantidad de S se fija deseablemente en 0,001%.

N: 0,0005% a 0,0100%

N es un elemento importante para precipitar AlN y similares y miniaturizar granos del cristal. Sin embargo, cuando la cantidad de N supera 0,0100%, permanece una solución sólida de N (solución sólida de nitrógeno) y se degrada la ductilidad del acero. Por tanto, la cantidad de N se fija en 0,0100% o menos. Debido a un problema de costes de refinado, el límite inferior de la cantidad de N se fija deseablemente en 0,0005%.

El acero estampado en caliente para el cual se usa la chapa de acero laminada en frío para estampado en caliente de acuerdo con la forma de realización tiene una composición básica que incluye los componentes antes descritos. Fe como un resto e impurezas inevitables, pero puede contener además uno cualquiera o más elementos de Nb, Ti, V, Mo, Cr, Ca, REM (metal de las tierras raras), Cu, Ni y B como elementos que se han usado así en cantidades que son iguales o menores que los límites superiores descritos más adelante para mejorar la resistencia, controlar una forma de un sulfuro o un óxido y similares. Puesto que estos elementos químicos no se añaden necesariamente a la chapa de acero, los límites inferiores de los mismos son 0%.

Nb, Ti y V son elementos que precipitan un nitruro de carbono fino y refuerzan el acero. Además, Mo y Cr son elementos que aumentan la capacidad de endurecimiento y refuerzan el acero. Para obtener estos efectos, es deseable que contenga Nb: 0,001% o más, Ti: 0,001% o más, V: 0,001% o más, Mo: 0,01% o más, y Cr: 0,01% o más. Sin embargo, incluso cuando están contenidos Nb: más que 0,050%, Ti: más que 0,100%, V: más que 0,100%, Mo: más de 0,50%, y Cr: más de 0,50%, el efecto de aumento de la resistencia se satura, y hay preocupación de que pueda producirse la degradación del alargamiento o la capacidad de ensanchamiento de orificios.

El acero puede contener adicionalmente Ca en un intervalo de 0,0005% a 0,0050%. Ca y los metales de las tierras raras (REM) controlan la forma del sulfuro o el óxido y mejoran la ductilidad local o la capacidad de ensanchamiento de orificios. Para obtener este efecto usando el Ca, es preferible añadir 0,0005% o más de Ca. Sin embargo, puesto que hay preocupación de que una adición excesiva puede deteriorar la trabajabilidad, un límite superior de la cantidad de Ca se fija en 0,0050%. Por la misma razón, para los metales de las tierras raras (REM) también, es preferible fijar el límite inferior de la cantidad en 0,0005% y el límite superior de la cantidad en 0,0050%.

El acero puede contener Cu: 0,01% a 1,00%, Ni: 0,01% a 1,00% y B: 0,0005% a 0,0020%. Estos elementos también pueden mejorar la capacidad de endurecimiento y aumentar la resistencia del acero. Sin embargo, para obtener el efecto, es preferible que contenga Cu: 0,01% o más, Ni: 0,01% o más y B: 0,0005% o más. En un caso en que las cantidades son iguales a o menores que los valores descritos antes, el efecto de endurecimiento que refuerza el acero es pequeño. Por otro lado, incluso cuando se añaden Cu: más que 1,00%, Ni: más que 1,00% y B: más que 0,0020%, el efecto de aumento de la resistencia se satura, y existe preocupación de que pueda degradarse la ductilidad.

En un caso en 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 está compuesto de Fe e impurezas inevitables. Elementos distintos de los elementos descritos antes (por ejemplo, Sn, As y similares) pueden estar adicionalmente contenidos como impurezas inevitables siempre que los elementos no afecten negativamente a sus características. Además, cuando están contenidos B, Mo, Cr, V, Ti, Nb, Ni, Cu, Ca y REM en cantidades que son menores que los límites inferiores antes descritos, los elementos se tratan como impurezas inevitables.

Además, en el acero estampado en caliente para el cual se usa chapa de acero laminada en frío para estampado en caliente de acuerdo con la forma de realización, como se ilustra en la FIG. 1, cuando la cantidad de C (% en masa), la cantidad de Si (% en masa) y la cantidad de Mn (% en masa) están representadas por [C], [Si] y [Mn] respectivamente, es importante satisfacer una expresión (A) siguiente.

$$(5 \times [\text{Si}] + [\text{Mn}]) / [\text{C}] > 11 \quad (\text{A})$$

Para satisfacer una condición de $\text{TS} \times \lambda \geq 50000 \text{MPa} \cdot \%$, se satisface preferiblemente la expresión A anterior. Cuando el valor de $(5 \times [\text{Si}] + [\text{Mn}]) / [\text{C}]$ es 11 o menos, no es posible obtener una capacidad de ensanchamiento 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, una diferencia de dureza (relación de la dureza) entre la fase dura y una fase blanda se vuelve elevada y, por tanto, se deteriora el valor λ , y, cuando la cantidad de Si o la cantidad de Mn es pequeña, TS se vuelve baja. Respecto al valor de $(5 \times [\text{Si}] + [\text{Mn}]) / [\text{C}]$, puesto que el valor no cambia incluso después de estampado en caliente como se ha descrito antes, la expresión se satisface preferiblemente durante una producción de la chapa de metal.

En general, es la martensita y no la ferrita la que domina la conformabilidad (capacidad de ensanchamiento de orificios) en un acero de fase doble (acero FD). Como resultado de intensos estudios por los autores de la invención relacionados con la dureza de martensita, se aclaró que, cuando la diferencia de dureza (la relación de la dureza) de la martensita entre una parte de la superficie de un espesor de la chapa y una parte central del espesor de la chapa, y la distribución de dureza de la martensita en la parte central del espesor de la chapa están en un estado predeterminado en una fase de antes del estampado en caliente (antes de calentar para llevar a cabo el templado en un proceso de estampado en caliente), el estado casi se mantiene incluso después de estampado en caliente como se ilustra en las FIGS. 2A y 2B, y la conformabilidad tal como el alargamiento o la capacidad de ensanchamiento de orificios se vuelven favorables. Esto se considera que se debe a que la distribución de dureza de la martensita formada antes del estampado en caliente todavía tiene un efecto significativo incluso después del estampado en caliente, y los elementos aleantes concentrados en la parte central del espesor de la chapa todavía mantienen un estado de estar concentrados en la parte central del espesor de la chapa incluso después del estampado en caliente. Es decir, en la chapa de acero antes de estampado en caliente, en un caso en el que la relación de dureza entre la martensita en la parte de la superficie del espesor de la chapa y la martensita en la parte central del espesor de la chapa es grande, o una varianza de la dureza de la martensita es grande, se presenta la misma tendencia incluso después del estampado en caliente. Como se ilustra en las FIGS. 2A y 2B, la relación de dureza entre la parte de la superficie del espesor de la chapa y la parte central del espesor de la chapa en la chapa de acero laminada en frío para estampado en caliente para el acero estampado en caliente de acuerdo con la forma de realización antes del estampado en caliente y la relación de dureza entre la parte de la superficie del espesor de la chapa y la parte central del espesor de la chapa en el acero estampado en caliente, para el cual se usa la chapa de acero laminada en frío para estampado en caliente de acuerdo con la forma de realización, son casi iguales. Además, de forma similar, la varianza de la dureza de la martensita en la parte central del espesor de la chapa en la chapa de acero laminada en frío para estampado en caliente para el acero estampado en caliente de acuerdo con la forma de realización antes del estampado en caliente y la varianza de la dureza de la martensita en la parte central del espesor de la chapa en el acero estampado en caliente, para el cual se usa la chapa de acero laminada en frío para estampado en caliente de acuerdo con la forma de realización, son casi iguales. Por tanto, la conformabilidad de la chapa de acero laminada en frío para un estampado en caliente para el acero estampado en caliente de acuerdo con la forma de realización es igualmente excelente a la conformabilidad del acero estampado en caliente para el cual se usa la chapa de acero laminada en frío para estampado en caliente de acuerdo con la forma de realización.

Además, respecto a la dureza de la martensita medida con un nanoindentador fabricado por Hysitron Corporation a un aumento de 1000 veces, los autores de la invención encontraron que una expresión (B) siguiente y una expresión (C) siguiente ((H) y (I) también) que se satisfacen son ventajosas para la conformabilidad del acero estampado en caliente. Aquí "H1" es la dureza promedio de la martensita en la parte de la superficie del espesor de la chapa que está en un área que tiene una anchura de 200 μm en una dirección del espesor desde una capa más externa de la chapa de acero en la dirección del espesor en el acero estampado en caliente, "H2" es la dureza promedio de la martensita en un área que tiene una anchura de $\pm 100 \mu\text{m}$ en la dirección del espesor desde la parte central del espesor de la chapa en la parte central del espesor de la chapa en el acero estampado en caliente, y " σ_{HM} " es la varianza del espesor de la martensita en un área que tiene una anchura de $\pm 100 \mu\text{m}$ en la dirección del espesor desde la parte central del espesor de la chapa en el acero estampado en caliente. Además, "H10" es la dureza de la martensita en la parte de la superficie del espesor de la chapa en la chapa de acero laminada en frío para estampado en caliente antes del estampado en caliente, "H20" es la dureza de la martensita en la parte central del espesor de la chapa, es decir, en un área que tiene una anchura de 200 μm en la dirección del espesor en un centro del espesor de la chapa en la chapa de acero laminada en frío para estampado en caliente antes del estampado en caliente, y " σ_{HM0} " es la varianza de la dureza de la martensita en la parte central del espesor de la chapa en chapa de acero laminada en frío para estampado en caliente antes del estampado en caliente. Los valores de H1, H10, H2, H20, σ_{HM} y σ_{HM0} se obtienen, respectivamente, a partir de medidas en 300 puntos para cada una. Un área que tiene una anchura de $\pm 100 \mu\text{m}$ en la dirección del espesor desde la parte central del espesor de la chapa se refiere a un área que tiene un centro en el centro del espesor de la chapa y que tiene una dimensión de 200 μm en la dirección del espesor.

$$H2/H1 < 1,10 \quad (\text{B})$$

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

H20/H10 < 1,10 (H)

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

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

5 [Expresión I]

$$\sigma_{HM} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_{\text{promedio}} - x_i)^2 \dots (K)$$

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

Un valor de H2/H1 de 1,0 o más representa que la dureza de la martensita en la parte central del espesor de la chapa es 1,10 o más veces la dureza de la martensita en la parte de la superficie del espesor de la chapa, y, en este caso, σ_{HM} se vuelve 20 o más incluso después de estampado en caliente como se ilustra en la FIG. 2A. Cuando el valor de H2/H1 es 1,10 o más, la dureza de la parte central del espesor de la chapa se vuelve demasiado alta, $TS \times \lambda$ se vuelve menor que 5000MPa·% como se ilustra en la FIG. 2B, y no puede obtenerse una conformabilidad suficiente tanto antes del templado (es decir, antes del estampado en caliente) como después del templado (es decir, después del estampado en caliente). Además, en teoría, hay un caso en el que el límite inferior de H2/H1 se vuelve del mismo valor en la parte central del espesor de la chapa y en la parte de la superficie del espesor de la chapa a no ser 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, hasta aproximadamente 1,005. Lo que se ha descrito antes relativo al valor de H2/H1 también se aplicará de forma similar al valor de H20/H10.

Además, la varianza σ_{HM} que es 20 o más incluso después de estampado en caliente indica que una dispersión de la dureza de la martensita es grande, y existen partes en las que la dureza es localmente demasiado alta. En este caso, $TS \times \lambda$ se vuelve menor que 50000MPa·% como se ilustra en la FIG. 2B, y no puede obtenerse una conformabilidad suficiente del acero estampado en caliente. Lo que se ha descrito antes respecto al valor de la σ_{HM} también se aplicará de forma similar al valor de la σ_{HM0} .

En el acero estampado en caliente de acuerdo con la forma de realización, la fracción de área de la ferrita en una estructura metalográfica después de estampado en caliente es 40% a 90%. Cuando la fracción de área de la ferrita es menor que 40%, no puede obtenerse un alargamiento suficiente o una capacidad de ensanchamiento de orificios suficiente. Por otro lado, cuando la fracción de área de la ferrita supera 90%, la martensita se vuelve insuficiente, y no puede obtenerse una resistencia suficiente. Por tanto, la fracción de área de la ferrita en el acero estampado en caliente se fija en 40% a 90%. Además, la estructura metalográfica del acero estampado en caliente también incluye la martensita, una fracción de área de la martensita es 10% a 60%, y un total de la fracción de área de la ferrita y la fracción de área de la martensita es 60% o más. Todas las partes o las partes principales de la estructura metalográfica del acero estampado en caliente están ocupadas por la ferrita y la martensita, y además, una o más de una perlita, una bainita como resto y una austenita retenida pueden estar incluidas en la estructura metalográfica. Sin embargo, cuando la austenita retenida permanece en la estructura metalográfica, una fragilidad en el trabajo secundaria y una característica de fractura retardada es probable que se degraden. Por tanto, es preferible que la austenita retenida no está sustancialmente incluida; sin embargo, inevitablemente, puede estar incluida 5% o menos de la austenita retenida en una relación en volumen. Puesto que la perlita es una estructura dura y frágil, es preferible no incluir la perlita en la estructura metalográfica; sin embargo, inevitablemente, puede estar incluida hasta 10% de la perlita en una fracción de área. Además, la cantidad de la bainita como resto es preferiblemente 40% o menos en una fracción de área con respecto a una región que excluye la ferrita y la martensita. Aquí, las estructuras metalográficas de la ferrita, la bainita como resto y la perlita se observaron mediante ataque químico con Nital, y la estructura metalográfica de la martensita se observó mediante ataque químico con Le Pera. En ambos casos, 1/4 parte del espesor de la chapa se observó a un aumento de 1000 veces. La relación de volumen de la austenita retenida se midió con un aparato de difracción de rayos X después de pulir la chapa de acero hasta 1/4 parte del espesor de la chapa. 1/4 parte del espesor de la chapa se refiere a 1/4 parte del espesor de la chapa de acero alejada de la superficie de la chapa de acero en una dirección del espesor de la chapa de acero en la chapa de acero.

En la forma de realización, la dureza de la martensita medida a un aumento de 1000 veces está especificada usando un nanoindentador. Puesto que una indentación formada en una prueba convencional de dureza Vickers es mayor que la martensita, de acuerdo con la prueba de Vickers, aunque puede obtenerse una dureza macroscópica de la martensita y estructuras periféricas de la misma (ferrita y similares), no es posible obtener la dureza de la propia martensita. Puesto que la conformabilidad (capacidad de ensanchamiento de orificios) puede obtenerse, no es posible obtener la dureza de la propia martensita. Puesto que la conformabilidad (capacidad de ensanchamiento de orificios) está afectada de forma significativa por la dureza de la propia martensita, es difícil evaluar suficientemente la conformabilidad únicamente con una dureza Vickers. Por el contrario, en la forma de realización, puesto que se proporciona una relación apropiada de la dureza de la martensita en el acero estampado en caliente, es posible obtener una conformabilidad extremadamente favorable.

Además, en la chapa de acero laminada en frío para estampado en caliente antes del estampado en caliente y el acero estampado en caliente, como un resultado de observar MnS en una posición de 1/4 del espesor de la chapa y en la parte central del espesor de la chapa, se encontró que es preferible que una fracción del área del MnS que tiene un diámetro de círculo equivalente de 0,1 μm a 10 μm sea 0,01% o menos, y, como se ilustra en la FIG. 3, se satisfaga una expresión (D) siguiente (también la (J)) con el fin de satisfacer de forma favorable y estable la condición de $TS \times \lambda \geq 50000\text{MPa}\cdot\%$. Cuando el MnS que tiene un diámetro de círculo equivalente de 0,1 μm o más existe durante una prueba de capacidad de ensanchamiento de orificios, puesto que la tensión se concentra en la vecindad de los mismos, es probable que se produzcan grietas. Una razón para no contar con MnS que tiene un diámetro de círculo equivalente menor de 0,1 μm es que el efecto de la concentración de tensiones es pequeño. Además, una razón para contar con MnS que tiene el diámetro de círculo equivalente de más de 10 μm es que, el MnS que tiene el tamaño de grano descrito antes está incluido en la chapa de acero, el tamaño de grano es demasiado grande, y la chapa de acero se vuelve no adecuada para el trabajo. Además, cuando la fracción del área del MnS que tiene el diámetro de círculo equivalente de 0,1 μm a 10 μm supera 0,01%, puesto que es fácil que se propaguen grietas finas generadas debido a la concentración de tensiones, la capacidad de ensanchamiento de orificios se deteriora aún más, y hay un caso en el que la condición de $TS \times \lambda \geq 50000\text{MPa}\cdot\%$ no se satisface. Aquí, "n1" y "n10" son densidades en número del MnS que tiene un diámetro de círculo equivalente de 0,1 μm a 10 μm en la 1/4 parte del espesor de la chapa en el acero estampado en caliente y la chapa de acero laminada en frío antes del estampado en caliente, respectivamente, y "n2" y "n20" son densidades en número del MnS que tiene el diámetro de círculo equivalente de 0,1 μm a 10 μm en la parte central del espesor de la chapa en el acero estampado en caliente y en la chapa de acero laminada en frío antes del estampado en caliente, respectivamente.

$$n2/n1 < 1,5 \quad (D)$$

$$n20/n10 < 1,5 \quad (J)$$

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

Cuando la fracción del área del MnS que tiene el diámetro de círculo equivalente de 0,1 μm a 10 μm es más de 0,01% después del estampado en caliente, la conformabilidad es probable que se degrade. El límite inferior de la fracción del área del MnS no está especificado particularmente, sin embargo, 0,0001% o más del MnS está presente debido a un método de medida descrito más adelante, una limitación de un aumento y un campo visual, y una cantidad original de Mn o de S. Además, un valor de $n2/n1$ (o $n20/n10$) que es 1,5 o más representa que una densidad en número del MnS que tiene el diámetro de círculo equivalente de 0,1 μm a 10 μm en la parte central del espesor de la chapa del acero estampado en caliente (o de la chapa de acero laminada en frío para estampado en caliente antes del estampado en caliente) es 1,5 o más veces la densidad en número del MnS que tiene el diámetro de círculo equivalente de 0,1 μm a 10 μm en la 1/4 parte del espesor de la chapa del acero estampado en caliente (o de la chapa de acero laminada en frío para estampado en caliente antes del estampado en caliente). En este caso, es probable que la conformabilidad se degrade debido a una segregación del MnS en la parte central del espesor de la chapa del acero estampado en caliente (o de la chapa de acero laminada en frío para estampado en caliente antes del estampado en caliente). En la forma de realización, el diámetro de círculo equivalente y la densidad en número del MnS que tiene el diámetro de círculo equivalente de 0,1 μm a 10 μm se midieron con un microscopio electrónico de barrido por emisión de campo (Fe-SEM) fabricado por JEOL Ltd. En una medición, el aumento fue 1000 veces, y el 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 1/4 parte del espesor de la chapa, y se observaron diez campos visuales en la parte central del espesor de la chapa. La fracción del área del MnS que tiene el diámetro de círculo equivalente de 0,1 μm a 10 μm se calculó con un programa de análisis de partículas. En el acero estampado en caliente para el cual se usa la chapa de acero laminada en frío para estampado en caliente de acuerdo con la forma de realización, la forma (configuración y número) del MnS formado antes del estampado en caliente es la misma antes y después del estampado en caliente. La FIG. 3 es una vista que ilustra una relación entre un $n2/n1$ y $TS \times \lambda$ después de estampado en caliente y una relación entre un $n20/n10$ y $TS \times \lambda$ antes del estampado en caliente, y de acuerdo con la FIG. 3, la $n20/n10$ de la chapa de acero laminada en frío antes del estampado en caliente y la $n2/n1$ del acero estampado en caliente son casi iguales. Esto se debe a que la forma del MnS generalmente no cambia a una temperatura de calentamiento de un estampado en caliente.

Cuando el estampado en caliente se lleva a cabo en la chapa de acero que tiene la configuración antes descrita, es posible conseguir una resistencia a la tracción de 500 MPa a 1500 MPa, y se obtiene un efecto significativo de mejora de la conformabilidad en el acero estampado en caliente que tiene la resistencia a la tracción de aproximadamente 550 MPa a 1200 MPa.

Además, se prefiere formar un galvanizado, un galvanizado y recocido, un electrogalvanizado o un aluminizado sobre una superficie del acero estampado en caliente para el cual se usa una chapa de acero laminada en frío para estampado en caliente de acuerdo con la forma de realización en términos de prevención de la oxidación. La formación de los recubrimientos electrolíticos antes descritos no afecta a los efectos de la forma de realización. Los recubrimientos electrolíticos antes descritos pueden llevarse a cabo con un método bien conocido.

En lo sucesivo, se describirá un método para producir el acero estampado en caliente para el cual se usa la chapa

de acero laminada en frío (o una chapa de acero laminada en frío, una chapa de acero laminada en frío galvanizada, una chapa de acero laminada en frío galvanizada y recocida, una chapa de acero laminada en frío electrogalvanizada y una chapa de acero laminada en frío aluminizada) para estampado en caliente de acuerdo con la forma de realización.

- 5 Cuando se produce el acero estampado en caliente para el cual se usa la chapa de acero laminada en frío para estampado en caliente de acuerdo con la forma de realización, como una condición habitual, un acero fundido procedente de un proceso de fusión en un convertidor, se cuele de forma constante, produciendo de este modo un desbaste. En la colada continua, cuando la velocidad de colada es rápida, un precipitado de Ti y similares se vuelve demasiado fino, y cuando la velocidad de colada es baja, se deteriora la productividad y, por consiguiente, una estructura metalográfica del precipitado antes descrito se engrosa y el número de partículas en la estructura metalográfica disminuye, y así, se da el caso de que no pueden controlarse otras características tales como una fractura retardada. Por tanto, la velocidad de colada es deseablemente 1,0 m/minuto a 2,5 m/minuto.

- 10 El desbaste después de la colada puede someterse a un laminado en caliente tal cual está. De forma alternativa, en un caso en el que el desbaste después de enfriarse se haya enfriado hasta menos de 1100°C, es posible volver a calentar el desbaste después de enfriar hasta 1100°C a 1300°C en un horno de túnel o similar y someter el desbaste a laminado en caliente. Cuando una temperatura de desbaste es menor que 1100°C, es difícil garantizar una temperatura de acabado en el laminado en caliente, lo que causa una degradación en el alargamiento. Además, en el acero estampado en caliente para el cual se usa una chapa de acero para estampado en caliente a la cual se añaden Ti y Nb, puesto que una disolución del precipitado se vuelve insuficiente durante el calentamiento, lo que causa una disminución en la resistencia. Por otro lado, cuando la temperatura de calentamiento es mayor que 1300°C, una generación de oxidación se vuelve elevada, y hay un caso en el que no es posible hacer favorable una propiedad de la superficie del acero estampado en caliente para el cual se usa la chapa de acero laminada en frío para estampado en caliente.

- 15 Además, para reducir la fracción del área del MnS que tiene el diámetro de círculo equivalente de 0,1 μm a 10 μm, cuando la cantidad de Mn y la cantidad de S en el acero están representadas respectivamente por [Mn] y [S] en % en masa, se prefiere una la temperatura T (°C) de calentamiento en horno antes de llevar a cabo el laminado en caliente, un tiempo en horno t (minutos), [Mn] y [S] satisfagan la siguiente expresión (G) como se ilustra en la FIG. 6.

$$T \times \ln(t)/(1,7 \times [Mn] + [S]) > 1500 \quad (G)$$

- 20 Cuando $T \times \ln(t)/(1,7 \times [Mn] + [S])$ es igual o menor que 1500, la fracción del área del MnS que tiene el diámetro de círculo equivalente de 0,1 μm a 10 μm se hace grande, y hay un caso en el que una diferencia entre la densidad en número del MnS que tiene el diámetro de círculo equivalente de 0,1 μm a 10 μm en la 1/4 parte del espesor de la chapa y la densidad en número del MnS que tiene el diámetro de círculo equivalente de 0,1 μm a 10 μm en la parte central del espesor de la chapa se hace grande. La temperatura del horno de calentamiento antes de llevar a cabo el laminado en caliente se refiere a una temperatura de extracción en el lado de salida del horno de calentamiento, y el tiempo en horno se refiere a un tiempo que pasa desde una inserción del desbaste en el horno de calentamiento caliente hasta una extracción del desbaste del horno de calentamiento. Puesto que MnS no cambia incluso después de estampado en caliente como se ha descrito antes, se prefiere que satisfaga la expresión (G) en un proceso de calentamiento antes del laminado en caliente.

- 25 A continuación, el laminado en caliente se lleva a cabo de acuerdo con un método convencional. En este punto, es deseable llevar a cabo el laminado en caliente sobre el desbaste a la temperatura de acabado (la temperatura final del laminado en caliente) que se fija en un intervalo de una temperatura Ar₃ hasta 970°C. Cuando la temperatura de acabado es menor que la temperatura Ar₃, el laminado en caliente se convierte en un laminado en la región bifásica α(α + γ) (laminado en región bifásica de la ferrita + la martensita), y hay preocupación de que pueda degradarse el alargamiento. Por otro lado, cuando la temperatura de acabado supera 970°C, un tamaño de grano de austenita se engrosa, y la fracción de la ferrita se hace más pequeña, y así, hay preocupación de que pueda degradarse el alargamiento. Una instalación de laminado en caliente puede tener una pluralidad de estaciones.

Aquí, la temperatura Ar₃ se estimó desde un punto de inflexión de una longitud de una probeta de prueba llevando a cabo una prueba Formastor.

- 30 Después del laminado en caliente, el acero se enfría a una velocidad de enfriamiento promedio de 20°C/segundo hasta 500°C/segundo, y se bobina a una temperatura de bobinado predeterminada CT. En el caso en el que la velocidad de enfriamiento promedio sea menor que 20°C/segundo, es probable que se forme la perlita que causa la degradación de la ductilidad. Por otro lado, un límite superior de la velocidad de enfriamiento no se especifica particularmente y se fija en aproximadamente 500°C/segundo en consideración de una especificación de la instalación, pero no está limitado a esta.

- 35 Después del bobinado, se lleva a cabo un decapado y se lleva a cabo laminado en frío. En este punto, para obtener un intervalo que satisfaga la expresión (C) antes descrita como se ilustra en la FIG. 4, el laminado en frío se lleva a cabo bajo una condición en la que se satisface la expresión (E) siguiente. Cuando además se satisfacen las condiciones para el recocido, enfriamiento y similares descritas a continuación después del laminado antes descrito,

se garantiza $TS \times \lambda \geq 50000$ MPa·% en la chapa de acero laminada en frío para estampado en caliente antes del estampado en caliente y/o el acero estampado en caliente. Desde el punto de vista de la productividad, el laminado en frío se lleva a cabo deseablemente con un conjunto de laminadores en el que están dispuestos en línea una pluralidad de laminadores, y la chapa de acero se lamina de forma continua en una única dirección, obteniendo de este modo un espesor predeterminado.

$$1,5 \times r1/r + 1,2 \times r2/r + r3/r > 1,0 \quad (E)$$

Aquí, "ri" representa una reducción por laminado en frío objetivo (%) individual en la iésima estación ($i = 1, 2, 3$) desde una estación más alta en el laminado en frío, y "r" representa una reducción por laminado en frío total (%) en el laminado en frío. La reducción por laminado en frío total es una reducción denominada acumulativa, y en base al espesor de la chapa en la entrada de una primera estación, es un porcentaje de la reducción acumulada (una diferencia entre el espesor de la chapa en la entrada antes de una primera pasada y el espesor de la chapa en la salida después de una pasada final) con respecto a la base antes descrita.

Cuando se lleva a cabo el laminado en frío se lleva a cabo bajo las condiciones en las que se satisface la expresión (E), es posible dividir suficientemente la perlita en el horno de laminado en frío cuando existe perlita grande antes del laminado en frío. Como resultado, es posible quemar la perlita o suprimir la fracción del área de la perlita hasta un mínimo mediante el recocido llevado a cabo después del laminado en frío, y por tanto, resulta fácil obtener una estructura en la que se satisfaga una expresión (B) y una expresión (C). Por otro lado, en el caso de que no se satisfaga la expresión (E), las reducciones por laminado en frío en las estaciones corriente arriba no son suficientes, la perlita grande es probable que permanezca, y no es posible formar una martensita deseada en el recocido posterior. Además, los autores de la invención encontraron que, cuando se satisface la expresión (E), se mantiene una forma obtenida de la estructura de martensita después del recocido en casi el mismo estado incluso después de llevar a cabo el estampado en caliente, y por tanto, el acero estampado en caliente para el cual se usa la chapa de acero laminada en frío para estampado en caliente de acuerdo con la forma de realización se vuelve ventajoso en términos de alargamiento o de capacidad de ensanchamiento de orificios incluso después de estampado en caliente. En un caso en el que el acero estampado en caliente para el cual se usa la chapa de acero laminada en frío para estampado en caliente de acuerdo con la forma de realización se calienta hasta la región bifásica en el estampado en caliente, una fase dura que incluye la martensita antes del estampado en caliente se convierte en una estructura de austenita, y la ferrita antes del estampado en caliente permanece como tal. El carbono (C) en la austenita no se mueve a la ferrita periférica. Después de esto, cuando se enfría, la austenita se convierte en una fase dura que incluye la martensita. Es decir, cuando se satisface la expresión (E) y la H2/H1 (o H20/H10) está en un intervalo predeterminado, la H2/H1 se mantiene incluso después de estampado en caliente y el acero estampado en caliente se hace excelente en términos de conformabilidad.

En la forma de realización, r, r1, r2 y r3 son las reducciones por laminado en frío objetivo. En general, el laminado en frío se lleva a cabo mientras se controla la reducción por laminado en frío objetivo y una reducción por laminado en frío real lleva sustancialmente al mismo valor. No se prefiere llevar a cabo el laminado en frío en un estado en el que la reducción por laminado en frío real se hace innecesariamente diferente de la reducción por laminado en frío objetivo. Sin embargo, en un caso en el que hay una gran diferencia entre una reducción por laminado en frío objetivo y una reducción por laminado en frío real, es posible considerar que la forma de realización se lleva a cabo cuando la reducción por laminado en frío real satisface la expresión (E). Además, la reducción por laminado en frío real está preferiblemente dentro de $\pm 10\%$ de la reducción por laminado en frío.

Después del laminado en frío, se provoca una recristalización en la chapa de acero llevando a cabo el recocido. El recocido forma una martensita deseada. Además, con respecto a la temperatura de recocido, se prefiere llevar a cabo el recocido calentando la chapa de acero hasta 700°C a 850°C, y enfriar la chapa de acero hasta una temperatura ambiente o una temperatura a la cual se lleva a cabo un tratamiento de la superficie tal como el galvanizado. Cuando el recocido se lleva a cabo en el intervalo antes descrito, es posible garantizar de forma estable una fracción de área predeterminada de la ferrita y una fracción de área predeterminada de la martensita, para fijar de forma estable un total de la fracción de área de la ferrita y la fracción de área de la martensita hasta 60% o más, y contribuir a una mejora de $TS \times \lambda$. Otras condiciones de temperatura de recocido no se especifican de forma particular, pero un tiempo de mantenimiento de 700°C a 850°C es preferiblemente 1 segundo o más siempre que la productividad no se vea afectada para obtener de forma fiable una estructura predeterminada, y también es preferible determinar de forma apropiada una velocidad de aumento de temperatura en un intervalo de 1°C/segundo hasta un límite superior de la capacidad de la instalación, o para determinar de forma apropiada la velocidad de enfriamiento en un intervalo de 1°C/segundo hasta un límite superior de la capacidad de la instalación. En un proceso de endurecimiento por laminado en frío, el endurecimiento por laminado en frío se lleva a cabo con un método convencional. Una relación de alargamiento del endurecimiento por laminado en frío es, generalmente, aproximadamente 0,2% a 5%, y se prefiere en un intervalo en el que se evita un alargamiento en el punto de fluencia y la forma de la chapa de acero puede corregirse.

En una condición todavía más preferible de la forma de realización, 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, respecto a la temperatura de bobinado CT, es preferible satisfacer una expresión (F) siguiente.

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

Como se ilustra en la FIG. 5A, cuando la temperatura de bobinado CT es menor que "560 - 474 × [C] - 90 × [Mn] - 20 × [Cr] - 20 × [Mo]", la martensita se forma en exceso, la chapa de acero se hace demasiado dura y hay un caso en el que el laminado en frío posterior se hace difícil. Por otro lado, como se ilustra en la FIG. 5B, cuando la temperatura de bobinado CT supera "830 - 270 × [C] - 90 × [Mn] - 70 × [Cr] - 80 × [Mo]", es probable que se forme una estructura en bandas de la ferrita y la perlita, y además, es probable que aumente una fracción de la perlita en la parte central del espesor de la chapa. Por tanto, la uniformidad de la distribución de la martensita formada en el recocido posterior se degrada, y se hace difícil satisfacer la expresión (C) antes descrita. Además, se da un caso en el que resulta difícil formar la martensita en una cantidad suficiente.

Cuando se satisface la expresión (F), la ferrita y la fase dura tienen una forma de distribución ideal antes del estampado en caliente como se ha descrito antes. En este caso, cuando se lleva a cabo un calentamiento en la región bifásica en el estampado en caliente, la forma de distribución se mantiene como se ha descrito antes. Si es posible garantizar de forma más fiable la estructura metalográfica antes descrita satisfaciendo la expresión (F), la estructura metalográfica se mantiene incluso después de estampado en caliente, y el acero estampado en caliente se vuelve excelente en términos de conformabilidad.

Además, para mejorar la capacidad para prevenir la oxidación, también es preferible incluir un proceso de galvanizado en el que se forma un galvanizado entre un proceso de recocido y el proceso de endurecimiento por laminado en frío, y formar el galvanizado sobre una superficie de la chapa de acero laminada en frío. Además, también se prefiere incluir un proceso aleante en el que se lleve a cabo un tratamiento aleante después del galvanizado. En un caso en el que se lleve a cabo un tratamiento aleante, puede llevarse a cabo adicionalmente sobre la superficie un tratamiento en el que una superficie galvanizada y recocida se pone en contacto con una sustancia que oxida una superficie de la chapa tal como vapor de agua, engrosando de este modo una película oxidada.

También se prefiere incluir, por ejemplo, un proceso de electrogalvanizado en el que se forma un electrogalvanizado después del proceso de endurecimiento por laminado en frío además del galvanizado y el galvanizado y posterior recocido y formar un electrogalvanizado sobre la superficie de la chapa de acero laminada en frío. Además, también se prefiere incluir, en lugar del galvanizado, un proceso de aluminizado en el que se forma un aluminizado entre el proceso de recocido y el proceso de endurecimiento por laminado en frío, y formar el aluminizado sobre la superficie de la chapa de acero laminada en frío. El aluminizado es por lo general un aluminizado por inmersión en caliente, que se prefiere.

Después de una serie de los tratamientos antes descritos, el estampado en caliente se lleva a cabo calentando la chapa de acero hasta 700°C a 1000°C. En el proceso de estampado en caliente, el estampado en caliente se lleva a cabo deseablemente, por ejemplo, bajo las siguientes condiciones. Primero, se calienta la chapa de acero hasta 700°C a 1000°C a la velocidad de aumento de temperatura de 5°C/segundo a 500°C/segundo, y el estampado en caliente (un proceso de estampado en caliente) se lleva a cabo después del tiempo de mantenimiento de 1 segundo a 120 segundos. Para mejorar la conformabilidad, la temperatura de calentamiento es preferiblemente una temperatura A_{c3} o menor. La temperatura A_{c3} se estimó a partir del punto de inflexión de la longitud de la probeta de prueba después de llevar a cabo la prueba en Formastor. A continuación, la chapa de acero se enfría, por ejemplo, hasta la temperatura ambiente a 300°C a la velocidad de enfriamiento de 10°C/segundo a 1000°C/segundo (templado en el estampado en caliente).

Cuando la temperatura de calentamiento en el proceso de estampado en caliente es menor que 700°C, el templado no es suficiente y, por consiguiente, no puede garantizarse la resistencia, lo cual no es preferible. Cuando la temperatura de calentamiento es mayor que 1000°C, la chapa de acero se vuelve demasiado blanda y, en un caso en el que se forma sobre la superficie de la chapa de acero, y la chapa, un recubrimiento electrolítico, en particular un recubrimiento electrolítico de cinc, existe una preocupación de que pueda evaporarse el cinc y quemarse, lo cual no es preferible. Por tanto, la temperatura de calentamiento en el estampado en caliente es 700°C a 1000°C. Cuando la velocidad de aumento de temperatura es menor que 5°C/segundo, puesto que es difícil controlar el calentamiento en el estampado en caliente, y la productividad se degrada de forma significativa, se prefiere llevar a cabo el calentamiento a la velocidad de aumento de temperatura de 5°C/segundo o más. Por otro lado, un límite superior de la velocidad de aumento de temperatura de 500°C/segundo depende de la capacidad de calentamiento actual, pero no es necesario limitarlo a la misma. A la velocidad de enfriamiento menor de 10°C/segundo, dado que el control de la velocidad del enfriamiento después del proceso de estampado en caliente es difícil, y la productividad también se degrada de forma significativa, se prefiere llevar a cabo el enfriamiento a la velocidad de enfriamiento de 10°C/segundo o más. Un límite superior de la velocidad de enfriamiento de 1000°C/segundo depende de la capacidad de enfriamiento actual, pero no es necesario limitarlo a la misma. Una razón para fijar un tiempo hasta el estampado en caliente después de un aumento en la temperatura hasta 1 segundo o más es una capacidad de control de proceso actual (un límite inferior de la capacidad de la instalación), y una razón para fijar el tiempo hasta el estampado en caliente después del aumento de temperatura hasta 120 segundos o menos es evitar la evaporación del cinc o similar en un caso en el que el galvanizado o similar se forme sobre la superficie de la chapa de acero. Una razón para fijar la temperatura de enfriamiento hasta la temperatura ambiente a 300°C es garantizar suficientemente la martensita y garantizar la resistencia del acero estampado en caliente.

La FIG. 8 es un diagrama de flujos que ilustra el método para producir el acero estampado en caliente para el cual se usa una chapa de acero laminada en frío para estampado en caliente de acuerdo con la forma de realización de la presente invención. Los signos de referencia S1 a S13 en el dibujo corresponden respectivamente a procesos individuales descritos antes.

5 En el acero estampado en caliente de la forma de realización, se satisfacen la expresión (B) y la expresión (C) incluso después de llevar a cabo el estampado en caliente bajo las condiciones antes descritas. Además, por consiguiente, es posible satisfacer la condición de $TS \times \lambda \geq 50000 \text{MPa} \cdot \%$ incluso después de llevar a cabo el estampado en caliente.

10 Como se ha descrito antes, cuando se satisfacen las condiciones antes descritas, es posible fabricar el acero estampado en caliente en el que la distribución de dureza o la estructura se mantienen incluso después del estampado en caliente, y por consiguiente, se garantiza la resistencia y puede obtenerse una capacidad de ensanchamiento de orificios más favorable.

Ejemplos

15 El acero que tiene una composición descrita en la Tabla 1 se coló continuamente a una velocidad de colado de 1,0 m/minuto a 2,5 m/minuto, se calentó un desbaste en un horno de calentamiento bajo unas condiciones mostradas en la Tabla 2 con un método convencional tal cual o después de enfriar el acero una vez, y se llevó a cabo un laminado 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 esto, la chapa de acero laminada en caliente se bobinó a una temperatura de bobinado CT descrita en la Tabla 1. Después de esto, se llevó a cabo el decapado de modo que se elimina el óxido
20 sobre una superficie de la chapa de acero, y se preparó un espesor de la chapa de 1,2 mm a 1,4 mm mediante laminado en frío. En este punto, se llevó a cabo el laminado en frío de modo que el valor de la expresión (E) se convierte en un valor descrito en la Tabla 5. Después del laminado en frío, se llevó a cabo el recocido en un horno de recocido continuo a una temperatura de recocido descrita en la Tabla 2. En una parte de las chapas de acero, se formó además un galvanizado en el medio del enfriamiento después de termodifusión en el horno de recocido continuo, y luego se llevó a cabo un tratamiento aleante adicional en la parte de las chapas de acero, formando de este modo un galvanizado con posterior recocido. Además, se formó un electrogalvanizado o un aluminizado sobre la parte de las chapas de acero. Adicionalmente, se llevó a cabo un endurecimiento por laminado en frío a una relación de alargamiento de 1% de acuerdo con un método convencional. En este estado, se tomó una muestra para evaluar las cualidades del material y similares antes del estampado en caliente, y se llevó a cabo una prueba de calidad del material o similar. Después de esto, para obtener un acero estampado en caliente que tiene una forma que se ilustra en la FIG. 7, se llevó a cabo estampado en caliente en el que la temperatura se aumentó a una velocidad de aumento de temperatura de 10°C/segundo a 100°C/segundo, la chapa de acero se mantuvo a una temperatura de calentamiento de 780°C durante 10 segundos, y se enfrió a una velocidad de enfriamiento de 100°C/segundo hasta 200°C o menos. Se cortó una muestra de una posición de la FIG. 7 en un acero estampado en caliente obtenido, se llevaron a cabo la prueba de calidad del material y similar, y se obtuvieron la resistencia a la tracción (TS), el alargamiento (E1), la relación de ensanchamiento de orificios (λ) y similares. Los resultados se describen en la Tabla 2, Tabla 3 (continuación de la Tabla 2), Tabla 4 y Tabla 5 (continuación de la Tabla 4). Las relaciones de ensanchamiento de orificios λ en las tablas se obtuvieron a partir de la siguiente expresión (L).

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

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

d : un diámetro de orificio inicial

45 Además, respecto a los tipos de recubrimiento electrolítico en la Tabla 2, CR representa una chapa de acero laminada en frío sin revestimiento electrolítico, GI representa que se forma el galvanizado, GA representa que se forma el galvanizado y posterior recocido, EG representa que se forma el electrogalvanizado, y AI representa que se forma el aluminizado.

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

G: se satisface una expresión de condición objetivo.

B: no se satisface la expresión de condición objetivo.

50 Además, puesto que la expresión (H), la expresión (I) y la expresión (J) son sustancialmente la misma que la expresión (B), la expresión (C) y la expresión (D) respectivamente, en los encabezados de las tablas respectivas, la expresión (B), la expresión (C) y la expresión (D) se describen como representativas.

ES 2 666 968 T3

[Tabla 1]

Simbolo 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	0,042	0,145	1,55	0,003	0,008	0,0035	0,035	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	54,2
B	"	0,062	0,231	1,61	0,023	0,006	0,0064	0,021	0	0	0	0	0	0,3	0	0	0	0	44,6
C	"	0,144	0,950	2,03	0,008	0,009	0,0034	0,042	0,12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	47,1
D	"	0,072	0,342	1,62	0,007	0,007	0,0035	0,042	0	0,15	0	0	0	0	0	0	0	0	46,3
E	"	0,074	0,058	1,54	0,008	0,008	0,0045	0,034	0,21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	24,7
F	"	0,081	0,256	1,71	0,006	0,009	0,0087	0,041	0	0	0	0	0	0	0,4	0,004	0	0	36,9
G	"	0,095	0,321	1,51	0,012	0,008	0,0041	0,038	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	32,8
H	"	0,090	0,465	1,51	0,051	0,001	0,0035	0,032	0,32	0,05	0	0	0	0	0	0,003	0	0	42,6
I	"	0,084	0,512	1,54	0,008	0,002	0,0065	0,041	0	0	0,03	0	0	0	0	0	0	0	48,8
J	"	0,075	0,785	1,62	0,007	0,009	0,0014	0,025	0	0,31	0	0	0	0	0	0	0	0	73,9
K	"	0,089	0,145	1,52	0,006	0,008	0,0026	0,034	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	25,2
L	"	0,098	0,624	2,11	0,012	0,006	0,0035	0,012	0	0,21	0	0,05	0	0	0	0	0	0	53,4
M	"	0,103	0,325	1,58	0,011	0,005	0,0032	0,025	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	31,1
N	"	0,101	0,265	2,61	0,009	0,008	0,0035	0,041	0	0,31	0	0	0	0	0	0	0,0015	0	38,9
O	"	0,142	0,955	1,74	0,007	0,007	0,0041	0,037	0	0,25	0	0	0	0	0	0	0	0	45,9
P	"	0,097	0,210	2,45	0,005	0,008	0,0022	0,045	0,42	0	0	0	0	0	0	0	0	0	36,1
Q	"	0,123	0,325	1,84	0,011	0,003	0,0037	0,035	0	0,11	0	0	0,01	0	0	0	0,0010	0	28,2
R	"	0,113	0,120	2,06	0,008	0,004	0,0047	0,035	0	0	0	0	0,03	0	0	0	0	0	23,5
S	"	0,134	0,562	1,86	0,013	0,007	0,0034	0,034	0	0,12	0	0	0	0	0	0	0	0	34,9
T	"	0,141	0,150	2,35	0,018	0,003	0,0029	0,031	0	0,21	0	0,03	0	0	0	0	0	0	22,0
U	"	0,128	0,115	2,41	0,011	0,003	0,0064	0,021	0	0,31	0	0	0	0	0	0	0,0008	0	23,3
W	"	0,142	0,562	2,03	0,012	0,007	0,0012	0,036	0	0	0	0	0	0	0	0,002	0	0	34,1
X	"	0,118	0,921	1,54	0,013	0,003	0,0087	0,026	0,15	0,11	0	0,05	0	0	0	0	0,0014	0,0005	52,1
Y	"	0,125	0,150	2,44	0,009	0,007	0,0087	0,034	0,32	0	0	0	0	0	0	0	0,0015	0	25,5
Z	"	0,145	0,110	2,31	0,008	0,004	0,0069	0,035	0	0,15	0,05	0	0	0	0	0	0	0	19,7
AA	"	0,075	0,210	1,85	0,010	0,005	0,0025	0,025	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	38,7
AB	"	0,085	0,210	1,84	0,011	0,005	0,0032	0,032	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	34,0
AC	"	0,092	0,150	1,95	0,008	0,003	0,0035	0,035	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	29,3
AD	"	0,075	0,325	1,95	0,008	0,004	0,0034	0,031	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	47,7
AE	"	0,087	0,256	1,99	0,008	0,002	0,0030	0,031	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	37,6
AF	"	0,092	0,263	1,85	0,008	0,002	0,0030	0,031	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	34,4
AG	Ej. Comp.	0,111	0,526	1,85	0,007	0,003	0,0034	0,030	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	40,4
AH	"	<u>0,028</u>	0,321	1,55	0,007	0,003	0,0035	0,035	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0006	112,7
AI	"	<u>0,252</u>	0,512	2,15	0,003	0,006	0,0009	0,041	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	18,7
AJ	"	0,075	<u>0,005</u>	2,12	0,007	0,009	0,0035	0,035	0	0,15	0	0	0	0	0	0	0,0012	0	28,6
AK	"	0,081	<u>1,521</u>	1,50	0,008	0,005	0,0034	0,026	0,28	0,32	0	0	0	0	0	0	0,0015	0	112,4
AL	"	0,099	0,660	<u>0,08</u>	0,009	0,003	0,0032	0,029	0	0		0	0	0	0	0	0	0	34,1
AM	"	0,125	0,050	<u>2,81</u>	0,007	0,004	0,0034	0,036	0	0		0	0	0	0	0	0	0	24,5
AN	"	0,131	0,321	2,05	<u>0,091</u>	0,003	0,0021	0,034	0,26	0,15		0	0,03	0	0	0	0	0	27,9
AO	"	0,064	0,125	2,50	0,002	<u>0,022</u>	0,0059	0,034	0	0		0	0	0,2	0	0	0	0	48,8
AP	"	0,039	0,265	1,52	0,011	0,009	<u>0,0152</u>	0,026	0	0		0	0,02	0	0	0,003	0	0	72,9
AQ	"	0,144	0,012	2,39	0,007	0,004	0,0065	<u>0,003</u>	0	0,20		0	0	0	0	0	0	0	17,0
AR	"	0,142	0,150	2,35	0,005	0,003	0,0035	<u>0,060</u>	0	0,22		0	0	0	0	0	0	0	21,8
AS	"	0,149	0,020	1,50	0,005	0,003	0,0020	0,025	0	0		0	0	0	0	0	0,001	0	<u>10,7</u>
AT	"	0,132	0,090	2,05	0,005	0,003	0,0020	0,025	0	0		0	0,01	0	0	0	0	0	18,9
AU	"	0,135	0,220	2,06	0,005	0,003	0,0020	0,025	0	0		0,01	0	0	0	0	0	0	23,4

ES 2 666 968 T3

[Tabla 2]

Símbolo de referencia del tipo de acero	Símbolo de referencia de la prueba	Temperatura de recocido (°C)	Después de recocido y endurecimiento por laminado en frío y antes de estampado en caliente											
			TS (MPa)	EL (%)	λ (%)	TS x EL	TS x λ	Fracción de área de ferrita (%)	Fracción de área de martensita (%)	Fracción de área de ferrita+martensita (%)	Fracción de área de austenita residual (%)	Fracción de área de bainita (%)	Fracción de área de perlita (%)	Fracción de área de perlita antes de laminado en frío (%)
A	1	750	485	32,5	111	15763	53835	88	11	99	1	0	0	35
B	2	750	492	33,2	107	16334	52644	78	15	93	3	4	0	25
C	3	720	524	30,5	99	15982	51876	75	10	85	4	5	6	34
D	4	745	562	34,2	95	19220	53390	74	15	89	3	8	0	25
E	5	775	591	29,8	90	17612	53190	70	15	85	4	11	0	56
F	6	780	601	25,5	84	15326	50484	74	10	84	3	5	8	62
G	7	741	603	26,1	83	15738	50049	70	10	80	5	6	9	75
H	8	756	612	32,1	88	19645	53856	71	15	86	3	8	3	35
I	9	778	614	28,1	90	17253	55260	75	12	87	4	5	4	42
J	10	762	615	30,5	91	18758	55965	78	12	90	3	7	0	25
K	11	761	621	24,2	81	15028	50301	71	10	81	4	7	8	35
L	12	745	633	31,6	84	20003	53172	81	12	93	2	5	0	15
M	13	738	634	32,4	85	20542	53890	51	35	86	3	5	6	8
N	14	789	642	28,6	84	18361	53928	50	34	84	4	5	7	42
O	15	756	653	29,8	81	19459	52893	72	19	91	3	6	0	33
P	18	785	666	27,5	79	18315	52614	68	28	96	3	1	0	25
Q	17	777	671	26,5	80	17782	53680	52	41	93	3	4	0	34
R	16	746	684	21,5	80	14706	54720	51	35	86	4	10	0	52
S	19	789	712	24,1	74	17159	52688	48	38	86	4	10	0	46
T	20	785	745	28,5	71	21233	52895	44	41	85	3	12	0	18
U	21	746	781	20,2	69	15776	53889	41	42	83	5	12	0	22
W	22	845	812	17,4	65	14129	52780	45	39	84	4	12	0	15
X	23	800	988	17,5	55	17290	54340	42	46	88	2	5	5	45
Y	24	820	1012	17,4	54	17609	54648	41	41	82	2	16	0	42
Z	25	836	1252	13,5	45	16902	56340	41	48	89	2	9	0	10

ES 2 666 968 T3

[Tabla 3]

Símbolo de referencia del tipo de acero	Símbolo de referencia de la prueba	Temperatura de recocido (°C)	Después de recocido y endurecimiento por laminado en frío y antes de estampado en caliente											
			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 de área de austenita residual (%)	Fracción de área de bainita (%)	Fracción de área de perlita (%)	Fracción de área de perlita antes de laminado en frío (%)
AA	26	794	625	24,4	72	15250	45000	59	10	69	2	16	13	27
AB	27	777	626	27,1	64	16965	40064	56	15	71	1	11	17	30
AC	28	754	594	28,0	78	16632	46332	58	12	70	2	14	14	24
AD	29	749	627	21,6	62	13543	38874	37	19	56	1	24	19	36
AE	30	783	627	24,9	71	15612	44517	66	10	76	2	10	12	21
AF	31	748	683	24,3	72	16597	49176	59	21	80	2	8	10	46
AG	32	766	632	28,6	58	18075	36656	69	20	89	2	9	0	25
AH	33	768	326	41,9	112	13659	36512	95	0	95	3	2	0	2
AI	34	781	1512	8,9	25	13457	37800	5	90	95	4	1	0	3
AJ	35	739	635	22,5	72	14288	45720	74	22	96	2	2	0	42
AK	36	789	625	31,2	55	19500	34375	75	22	97	2	1	0	15
AL	37	784	705	26,0	48	18330	33840	42	25	67	1	25	7	2
AM	38	746	795	15,6	36	12402	28620	30	52	82	3	10	5	14
AN	39	812	784	19,1	42	14974	32928	51	37	88	3	9	0	16
AO	40	826	602	30,5	35	18361	21070	68	21	89	4	7	0	22
AP	41	785	586	27,4	66	16056	38676	69	21	90	4	6	0	32
AQ	42	845	1254	7,5	25	9405	31350	11	68	79	4	11	6	22
AR	43	775	1480	9,6	26	14208	38480	12	69	81	3	16	0	5
AS	45	778	1152	12,0	42	13824	48384	41	35	76	0	23	1	5
AT	46	688	855	15,9	53	13595	45315	30	20	50	1	19	30	40
AU	47	893	1349	6,3	35	8499	47215	5	51	56	1	41	2	5

ES 2 666 968 T3

[Tabla 4]

Símbolo de referencia del tipo de acero	Símbolo de referencia de la prueba	Después de estampado en caliente											
		TS (MPa)	EL (%)	λ (%)	TS x EL	TS x λ	Fracción de área de ferrita (%)	Fracción de área de martensita (%)	Fracción de área de ferrita+martensita (%)	Fracción de área de austenita residual (%)	Fracción de área de bainita (%)	Fracción de área de perlita (%)	Tipo de revestimiento. electrolítico*)
A	1	445	41,2	125	18334	55625	87	11	98	1	0	1	CR
B	2	457	40,5	118	18509	53926	76	15	91	3	4	2	GA
C	3	532	35,2	101	18726	53732	75	10	85	1	5	9	GI
D	4	574	33,3	96	19114	55104	74	15	89	3	8	0	EG
E	5	591	30,9	86	18262	50826	69	15	84	1	11	4	AI
F	6	605	30,1	88	18211	53240	82	10	92	3	5	0	CR
G	7	611	30,8	87	18819	53157	75	15	90	1	6	3	CR
H	8	612	32,0	85	19584	52020	80	15	95	3	0	2	GA
I	9	785	25,3	65	19861	51025	56	15	71	4	23	2	GA
J	10	795	23,5	65	18683	51675	55	25	80	1	19	0	GA
K	11	815	23,5	71	19153	57865	50	32	82	1	17	0	GA
L	12	912	22,5	63	20520	57456	45	33	78	2	20	0	GI
M	13	975	20,6	60	20085	58500	50	41	91	3	5	1	GA
N	14	992	19,2	52	19046	51584	52	34	86	4	5	5	GA
O	15	1005	18,6	51	18693	51255	48	40	88	3	6	3	GI
P	16	1012	17,8	52	18014	52624	42	28	70	1	29	0	GA
Q	17	1023	18,2	50	18619	51150	46	41	87	3	4	6	GA
R	18	1031	18,0	55	18558	56705	51	35	86	4	10	0	CR
S	19	1042	20,5	48	21361	50016	52	38	90	4	0	6	GA
T	20	1125	18,5	48	20813	54000	41	41	82	3	12	3	GI
U	21	1185	16,0	45	18960	53325	42	42	84	1	12	3	EG
W	22	1201	15,6	46	18736	55246	43	39	82	4	12	2	GA
X	23	1224	14,9	41	18238	50184	41	46	87	2	10	1	AI
Y	24	1342	13,5	40	18117	53680	41	41	82	1	16	1	GA
Z	25	1482	12,5	40	18525	59280	41	48	89	1	9	1	CR

[Tabla 5]

Símbolo de referencia del tipo de acero	Símbolo de referencia de la prueba	Después de estampado en caliente											
		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 de área de austenita residual (%)	Fracción de área de bainita (%)	Fracción de área de perlita (%)	Tipo de revestimiento. electrolítico*)
AA	26	814	18,9	61	15385	<u>49654</u>	<u>39</u>	44	83	2	4	<u>11</u>	GA
AB	27	991	17,1	47	16946	<u>46577</u>	<u>37</u>	47	84	1	3	<u>12</u>	CR
AC	28	1004	16,5	47	16566	<u>47188</u>	<u>36</u>	44	80	2	7	<u>11</u>	GA
AD	29	1018	15,9	43	16186	<u>43774</u>	<u>31</u>	42	73	1	8	<u>18</u>	EG
AE	30	1018	16,3	48	16593	<u>48864</u>	43	40	83	2	3	<u>12</u>	GI
AF	31	1184	14,2	42	16813	<u>49728</u>	<u>33</u>	46	79	2	9	<u>10</u>	AI
AG	32	715	18,5	55	13228	<u>39325</u>	69	18	87	2	9	2	CR
AH	33	440	42,5	105	18700	<u>46200</u>	<u>95</u>	<u>0</u>	95	3	2	0	GA
AI	34	1812	8,5	26	15402	<u>47112</u>	<u>5</u>	<u>90</u>	95	4	1	0	GA
AJ	35	812	18,5	50	15022	<u>40600</u>	60	22	82	2	15	1	GA
AK	36	1012	17,2	41	17406	<u>41492</u>	55	42	97	2	1	0	GA
AL	37	1005	16,5	35	16583	<u>35175</u>	45	41	86	3	10	1	GI
AM	38	1002	15,0	41	15030	<u>41082</u>	45	41	86	3	10	1	GI
AN	39	1015	18,2	41	18473	<u>41615</u>	51	37	88	3	9	0	GI
AO	40	1111	17,0	36	18887	<u>39996</u>	50	30	80	4	7	9	GI
AP	41	566	31,0	71	17546	<u>40186</u>	48	40	88	4	6	2	EG
AQ	42	1312	11,1	31	14563	<u>40672</u>	<u>11</u>	<u>68</u>	79	4	11	6	AI
AR	43	1512	10,2	31	15422	<u>46872</u>	<u>12</u>	<u>69</u>	81	3	16	0	GA
AS	45	1242	10,0	39	12420	<u>48438</u>	41	32	73	3	21	3	GA
AT	46	991	13,1	40	12982	<u>39640</u>	<u>24</u>	34	<u>58</u>	1	14	<u>27</u>	GA
AU	47	1326	8,9	31	11801	<u>41106</u>	<u>6</u>	<u>69</u>	75	3	21	1	GA

[Tabla 6]

Símbolo de referencia del tipo de acero	Símbolo de referencia de la prueba	Lado izquierdo de la expresión (B)	Determinación	Lado izquierdo de la expresión (B) después de estampado en caliente	Determinación	Lado izquierdo de la expresión (C)	Determinación	Lado izquierdo de la expresión (C) después de estampado en caliente	Determinación	Fracción de área de MnS de 0,1 µm o más antes de estampado en caliente (%)	Fracción de área de MnS de 0,1 µm o más después de estampado en caliente (%)
A	1	1,02	G	1,03	G	15	G	16	G	0,005	0,005
B	2	1,03	G	1,03	G	18	G	17	G	0,006	0,006
C	3	1,09	G	1,08	G	2	G	3	G	0,014	0,013
D	4	1,04	G	1,04	G	19	G	18	G	0,006	0,006
E	5	1,06	G	1,05	G	14	G	14	G	0,008	0,008
F	6	1,09	G	1,09	G	13	G	13	G	0,013	0,013
G	7	1,09	G	1,08	G	10	G	9	G	0,009	0,008
H	8	1,06	G	1,06	G	8	G	8	G	0,005	0,005
I	9	1,04	G	1,04	G	7	G	8	G	0,006	0,006
J	10	1,03	G	1,02	G	12	G	11	G	0,007	0,007
K	11	1,02	G	1,03	G	16	G	16	G	0,006	0,006
L	12	1,02	G	1,03	G	15	G	16	G	0,008	0,008
M	13	1,09	G	1,08	G	12	G	12	G	0,011	0,011
N	14	1,07	G	1,07	G	13	G	14	G	0,003	0,003
O	15	1,08	G	1,08	G	11	G	11	G	0,002	0,002
P	16	1,06	G	1,06	G	10	G	10	G	0,005	0,005
Q	17	1,05	G	1,06	G	11	G	11	G	0,006	0,006
R	18	1,03	G	1,03	G	17	G	16	G	0,007	0,007
S	19	1,07	G	1,07	G	18	G	18	G	0,008	0,008
T	20	1,09	G	1,08	G	10	G	10	G	0,004	0,004
U	21	1,09	G	1,09	G	5	G	6	G	0,012	0,012
W	22	1,08	G	1,08	G	6	G	6	G	0,006	0,006
X	23	1,07	G	1,06	G	12	G	8	G	0,007	0,007
Y	24	1,06	G	1,06	G	10	G	10	G	0,005	0,005
Z	25	1,04	G	1,03	G	15	G	17	G	0,006	0,006

[Tabla 7]

Símbolo de referencia del tipo de acero	Símbolo de referencia de la prueba	Lado izquierdo de la expresión (B)	Determinación	Lado izquierdo de la expresión (B) después de estampado en caliente	Determinación	Lado izquierdo de la expresión (C)	Determinación	Lado izquierdo de la expresión (C) después de estampado en caliente	Determinación	Fración de área de MnS de 0,1 µm o más antes de estampado en caliente (%)	Fración de área de MnS de 0,1 µm o más después de estampado en caliente (%)
AA	26	1,12	B	<u>1,12</u>	B	21	B	<u>21</u>	B	0,010	<u>0,010</u>
AB	27	1,14	B	<u>1,13</u>	B	23	B	<u>22</u>	B	0,008	0,008
AC	28	1,11	B	<u>1,11</u>	B	20	B	<u>20</u>	B	0,006	0,006
AD	29	1,17	B	<u>1,16</u>	B	25	B	<u>25</u>	B	0,007	0,007
AE	30	1,13	B	<u>1,13</u>	B	22	B	<u>21</u>	B	0,009	0,009
AF	31	1,10	B	1,09	G	20	B	19	G	0,002	0,002
AG	32	1,12	B	<u>1,13</u>	B	22	B	<u>23</u>	B	0,003	0,003
AH	33	1,15	B	<u>1,15</u>	B	21	B	<u>21</u>	B	0,004	0,004
AI	34	1,23	B	<u>1,18</u>	B	25	B	<u>25</u>	B	0,006	0,006
AJ	35	1,21	B	<u>1,21</u>	B	22	B	<u>22</u>	B	0,007	0,007
AK	36	1,14	B	<u>1,14</u>	B	21	B	<u>21</u>	B	0,008	0,007
AL	37	0,36	B	<u>0,37</u>	B	31	B	<u>30</u>	B	0,006	0,006
AM	38	1,36	B	<u>1,37</u>	B	32	B	<u>31</u>	B	0,006	0,006
AN	39	1,23	B	<u>1,25</u>	B	25	B	<u>28</u>	B	0,009	0,008
AO	40	1,35	B	<u>1,33</u>	B	30	B	<u>35</u>	B	0,004	0,004
AP	41	1,05	G	1,04	G	12	G	11	G	0,006	0,006
AQ	42	1,15	B	<u>1,16</u>	B	21	B	<u>25</u>	B	0,003	0,003
AR	43	1,08	G	1,08	G	18	G	18	G	0,002	0,002
AS	45	1,19	B	<u>1,17</u>	B	24	B	<u>23</u>	B	0,005	0,005
AT	46	1,29	B	<u>1,28</u>	B	28	B	<u>27</u>	B	0,004	0,005
AU	47	1,09	G	1,09	G	19	G	19	G	0,005	0,005

ES 2 666 968 T3

[Tabla 8]

Símbolo de referencia del tipo de acero	Símbolo de referencia de la prueba	Antes de estampado en caliente				Después de estampado 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 (°C)	Tiempo en horno de calentamiento (minutos)	Lado izquierdo de la expresión (G)	Determinación
		n10	n20	Lado izquierdo de la expresión (D)	Determinación	n1	n2	Lado izquierdo de la expresión (D)	Determinación										
A	1	9	13	1,4	G									679	G	1200	85	1918	G
B	2	3	4	1,3	G									668	G	1250	102	1948	G
C	3	2	3	1,5	B									600	G	1154	152	1317	B
D	4	6	7	1,2	G	5	6	1,2	G	1,4	G	377	553	653	G	1123	124	1748	G
E	5	2	2	1,0	G	2	2	1,0	G	1,6	G	382	632	657	G	1215	136	2231	G
F	6	2	2	1,0	G	2	2	1,0	G	1,2	G	368	664	654	B	1223	127	1873	G
G	7	1	1	1,0	G	1	1	1,0	G	1,3	G	379	701	668	B	1123	111	1831	G
H	8	5	5	1,0	G	5	6	1,2	G	1,2	G	374	631	643	G	1156	106	1778	G
I	9	4	5	1,3	G	4	5	1,3	G	1,7	G	382	558	669	G	1148	95	1670	G
J	10	3	4	1,3	G	3	4	1,3	G	1,4	G	372	559	639	G	1206	87	1522	G
K	11	7	7	1,0	G	7	8	1,1	G	1,1	G	381	674	669	B	1214	152	2235	G
L	12	5	6	1,2	G	5	6	1,2	G	1,3	G	319	452	597	G	1233	182	1524	G
M	13	11	19	1,7	B	11	18	1,6	B	1,3	G	369	442	660	G	1112	47	1422	B
N	14	6	7	1,2	G	6	8	1,3	G	1,2	G	271	512	543	G	1287	252	1513	G
O	15	2	2	1,0	G	2	2	1,0	G	1,6	G	331	612	615	G	1250	122	1535	G
P	16	4	5	1,3	G	4	5	1,3	G	1,7	G	285	487	554	G	1285	222	1587	G
Q	17	7	8	1,1	G	7	9	1,3	G	1,9	G	334	566	622	G	1156	135	1642	G
R	18	16	19	1,2	G	15	18	1,2	G	1,4	G	321	567	614	G	1222	185	1761	G
S	19	11	12	1,1	G	10	12	1,2	G	1,3	G	327	554	617	G	1232	122	1589	G
T	20	6	7	1,2	G	6	7	1,2	G	1,1	G	277	512	564	G	1256	152	1522	G
U	21	7	14	2,0	B	7	13	1,9	B	1,2	G	277	521	554	G	1256	138	1472	B
W	22	17	21	1,2	G	15	20	1,3	G	1,1	G	310	571	609	G	1250	145	1550	G
X	23	23	27	1,2	G	22	25	1,1	G	1,2	G	360	656	640	B	1150	138	1600	G
Y	24	21	28	1,3	G	20	28	1,4	G	1,4	G	275	522	554	G	1260	182	1526	G
Z	25	26	33	1,3	G	25	32	1,3	G	1,5	G	280	504	571	G	1250	151	1554	G

[Tabla 9]

Símbolo de referencia del tipo de acero	Símbolo de referencia de la prueba	Antes de estampado en caliente				Después de estampado 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 (°C)	Tiempo en horno de calentamiento (minutos)	Lado izquierdo de la expresión (G)	Determinación
		n10	n20	Lado izquierdo de la expresión (D)	Determinación	n1	n2	Lado izquierdo de la expresión (D)	Determinación										
AA	26	12	14	1,2	G	12	15	1,3	G	<u>0,9</u>	B	358	602	643	G	1200	132	1746	G
AB	27	9	13	1,4	G	9	13	1,4	G	<u>0,8</u>	B	354	505	641	G	1200	126	1739	G
AC	28	14	18	1,3	G	14	19	1,4	G	<u>0,8</u>	B	341	506	630	G	1188	133	1677	G
AD	29	5	7	1,4	G	5	7	1,4	G	<u>0,6</u>	B	349	443	634	G	1165	145	1593	G
AE	30	12	16	1,3	G	12	15	1,3	G	<u>0,7</u>	B	340	611	627	G	1152	152	1590	G
AF	31	17	23	1,4	G	16	22	1,4	G	<u>1,0</u>	B	350	352	639	G	1187	89	1563	G
AG	32	5	6	1,2	G	5	7	1,4	G	<u>0,9</u>	B	341	555	634	G	1201	152	1644	G
AH	33	3	4	1,3	G	3	4	1,3	G	1,1	G	407	436	683	G	1203	125	1965	G
AI	34	12	16	1,3	G	12	15	1,3	G	1,1	G	247	541	568	G	1250	175	1549	G
AJ	35	16	21	1,3	G	15	20	1,3	G	1,3	G	331	577	607	G	1200	96	1518	G
AK	36	11	13	1,2	G	11	12	1,1	G	1,2	G	375	578	628	G	1201	166	1508	G
AL	37	12	18	1,5	G	12	17	1,4	G	1,1	G	506	578	796	G	1285	205	8593	G
AM	38	15	20	1,3	G	14	20	1,4	G	1,2	G	248	533	543	G	1285	312	1529	G
AN	39	10	11	1,1	G	10	12	1,2	G	1,1	G	305	580	580	G	1212	125	1538	G
AO	40	9	11	1,2	G	8	11	1,4	G	1,2	G	302	564	578	G	1285	185	1535	G
AP	41	6	8	1,3	G	6	8	1,3	G	1,1	G	405	582	683	G	1200	135	2066	G
AQ	42	12	14	1,2	G	12	15	1,3	G	1,1	G	273	477	560	G	1250	166	1568	G
AR	43	21	24	1,1	G	22	25	1,1	G	1,5	G	277	504	563	G	1254	222	1634	G
AS	45	17	19	1,1	G	15	18	1,2	G	1,3	G	354	620	655	G	1224	201	2526	G
AT	46	16	16	1,0	G	15	17	1,1	G	1,3	G	313	550	610	G	1199	201	1779	G
AU	47	16	19	1,2	G	15	18	1,2	G	1,6	G	311	552	608	G	1184	201	1687	G

Basándose en los ejemplos antes descritos, siempre que se satisfagan las condiciones de la presente invención, es posible obtener un acero estampado en caliente para el cual se usa una chapa de acero laminada en frío excelente para estampado en caliente, una chapa de acero laminada en frío galvanizada excelente para estampado en caliente, una chapa de acero laminada en frío galvanizada y posteriormente recocida excelente para estampado en caliente, una chapa de acero laminada en frío electrogalvanizada excelente para estampado en caliente o una chapa de acero laminada en frío aluminizada excelente para estampado en caliente todas las cuales satisfacen $TS \times \lambda \geq 50000 \text{ MPa}\cdot\%$, incluso después de estampado en caliente.

10 **Aplicabilidad industrial**

Puesto que el acero estampado en caliente, que se obtiene en la presente invención y para el cual se usa la chapa de acero laminada en frío para estampado en caliente, puede satisfacer $TS \times \lambda \geq 50000 \text{ MPa}\cdot\%$ después de estampado en caliente, el acero estampado en caliente tiene una alta trabajabilidad en prensa y una alta resistencia, y satisface los actuales requerimientos para un vehículo tal como una reducción adicional del peso y una forma más complicada de un componente.

Breve descripción de los símbolos de referencia

S1: PROCESO DE FUSIÓN

S2: PROCESO DE COLADO

S3: PROCESO DE CALENTAMIENTO

5 S4: PROCESO DE LAMINADO EN CALIENTE

S5: PROCESO DE BOBINADO

S6: PROCESO DE DECAPADO

S7: PROCESO DE LAMINADO EN FRÍO

S8: PROCESO DE RECOCIDO

10 S9: PROCESO DE ENDURECIMIENTO POR LAMINADO EN FRÍO

S10: PROCESO DE GALVANIZADO

S11: PROCESO DE ALEADO

S12: PROCESO DE ALUMINIZADO

S13: PROCESO DE ELECTROGALVANIZADO

15

REIVINDICACIONES

1. Un acero estampado en caliente que consiste en, en % en masa:

C: 0,030% a 0,150%;

Si: 0,010% a 1,00%;

5 Mn: 1,50% a 2,70%;

P: 0,001% a 0,060%;

S: 0,001% a 0,010%;

N: 0,0005% a 0,0100%;

Al: 0,010% a 0,050%, y

10 opcionalmente uno o más de

B: 0,0005% a 0,0020%;

Mo: 0,01% a 0,50%;

Cr: 0,01% a 0,50%;

V: 0,001% a 0,100%;

15 Ti: 0,001% a 0,100%;

Nb: 0,001% a 0,050%;

Ni: 0,01% a 1,00%;

Cu: 0,01% a 1,00%;

Ca: 0,0005% a 0,0050%;

20 REM: 0,0005% a 0,0050%, y

un resto de Fe e impurezas inevitables, donde

cuando [C] representa una cantidad de C en % en masa, [Si] representa una cantidad de Si en % en masa, y [Mn] representa una cantidad de Mn en % en masa, se satisface una expresión (A) siguiente,

25 una estructura metalográfica después de un estampado en caliente incluye 40% a 90% de una ferrita y 10% a 60% de una martensita en una fracción de área,

un total de una fracción de área de la ferrita y una fracción de área de la martensita es 60% o más,

la estructura metalográfica opcionalmente incluye además uno o más de 10% o menos de una perlita en una fracción de área, 5% o menos de una austenita retenida en una relación en volumen, y menos de 40% de una bainita como resto en una fracción de área,

30 una dureza de la martensita medida con un nanoindentador satisface una expresión (B) siguiente y una expresión (C) siguiente,

$TS \times \lambda$ que es un producto de una resistencia a la tracción TS y una relación de ensanchamiento de orificios λ es 50000MPa· % o más,

$$(5 \times [Si] + [Mn])/[C] > 11 \quad (A)$$

35 $H2/H1 < 1,10 \quad (B)$

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

40 la H1 es una dureza promedio de la martensita en una parte de la superficie de un espesor de la chapa después de estampado en caliente, la H2 es una dureza promedio de la martensita en una parte central del espesor de la chapa que es un área que tiene una anchura de 200 μm en una dirección de espesor en un centro del espesor de la chapa después del estampado en caliente, y σ_{HM} es una varianza de la dureza promedio de la martensita en la parte central del espesor de la chapa después del estampado en caliente.

2. El acero estampado en caliente según la reivindicación 1, donde

una fracción de área de MnS que existe en el acero estampado en caliente y que tiene un diámetro de círculo equivalente de 0,1 μm a 10 μm es 0,01% o menos,

se satisface una expresión (D) siguiente,

5 $n_2/n_1 < 1,5$ (D), y

la n_1 es una densidad en número promedio por 10000 μm^2 del MnS que tiene el diámetro de círculo equivalente de 0,1 μm a 10 μm en 1/4 parte del espesor de la chapa después del estampado en caliente, y la n_2 es una densidad en número promedio por 10000 μm^2 del MnS que tiene el diámetro de círculo equivalente de 0,1 μm a 10 μm en la parte central del espesor de la chapa después del estampado en caliente.

10 3. El acero estampado en caliente según la reivindicación 1 o 2, donde se forma un galvanizado por inmersión en caliente sobre una superficie del mismo.

4. El acero estampado en caliente según la reivindicación 3, donde se forma un galvanizado y posterior recocido sobre una superficie del galvanizado por inmersión en caliente.

15 5. El acero estampado en caliente según la reivindicación 1 o 2, donde se forma un electrogalvanizado sobre una superficie del mismo.

6. El acero estampado en caliente según la reivindicación 1 o 2, donde se forma un aluminizado sobre una superficie del mismo.

7. Un método para producir un acero estampado en caliente, comprendiendo el método:

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

20 calentar el acero;

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

bobinar el acero después del laminado en caliente;

decapar el acero después del bobinado;

25 laminar en frío el acero con un laminador en frío que incluye una pluralidad de estaciones después del decapado bajo unas condiciones que satisfacen la expresión (E) siguiente;

recocido en el que el acero se recuece bajo 700°C a 850°C y se enfría después del laminado en frío;

endurecer por laminado en frío el acero después de enfriar tras el recocido;

30 estampar en caliente en el que el acero se calienta hasta una temperatura de 700°C a 1000°C a la velocidad de aumento de temperatura de 5°C/segundo a 500°C/segundo después de endurecer por laminado en frío, estampado en caliente dentro del intervalo de temperatura después de un tiempo de mantenimiento de 1 segundo a 120 segundos, y a continuación, se enfría hasta una temperatura ambiente o más y 300°C o menos a la velocidad de enfriamiento de 10°C/segundo a 1000°C/segundo,

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

35 la r_i ($i = 1,2,3$) representa una reducción por laminado en frío objetivo individual en la i ésima estación ($i = 1, 2, 3$) contado desde una estación más alta entre la pluralidad de estaciones en el laminado en frío en unidades porcentuales, y la r representa una reducción por laminado en frío total en el laminado en frío en unidades porcentuales, donde el laminado en frío se lleva a cabo mientras se controla la reducción por laminado en frío objetivo y una reducción por laminado en frío real para que se vuelvan sustancialmente del mismo valor.

8. El método para producir el acero laminado en caliente según la reivindicación 7, donde

40 cuando CT representa una temperatura de bobinado en el bobinado en unidades de °C, [C] representa la cantidad de C en % en masa, [Mn] representa la cantidad de Mn en % en masa, [Si] representa la cantidad de Si en % en masa, y [Mo] representa la cantidad de Mo en % en masa en la chapa de acero, se satisface una expresión (F) siguiente,

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

45 9. El método para producir el acero laminado en caliente según la reivindicación 8, donde

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

$$T \times \ln(t)/(1,7 \times [\text{Mn}] + [\text{S}]) > 1500 \quad (\text{G})$$

- 5 10. El método para producir el acero laminado en caliente según una cualquiera de las reivindicaciones 7 a 9, que comprende además:
galvanizar el acero entre el recocido y el endurecimiento por laminado en frío.
11. El método para producir el acero laminado en caliente según la reivindicación 10, que comprende además:
alear el acero entre el galvanizado y el endurecimiento por laminado en frío.
- 10 12. El método para producir el acero laminado en caliente según una cualquiera de las reivindicaciones 7 a 9, que comprende además:
electro galvanizar el acero después del endurecimiento por laminado en frío.
13. El método para producir el acero laminado en caliente según una cualquiera de las reivindicaciones 7 a 9, que comprende además:
- 15 aluminizar el acero entre el recocido y el endurecimiento por laminado en frío.

FIG. 1

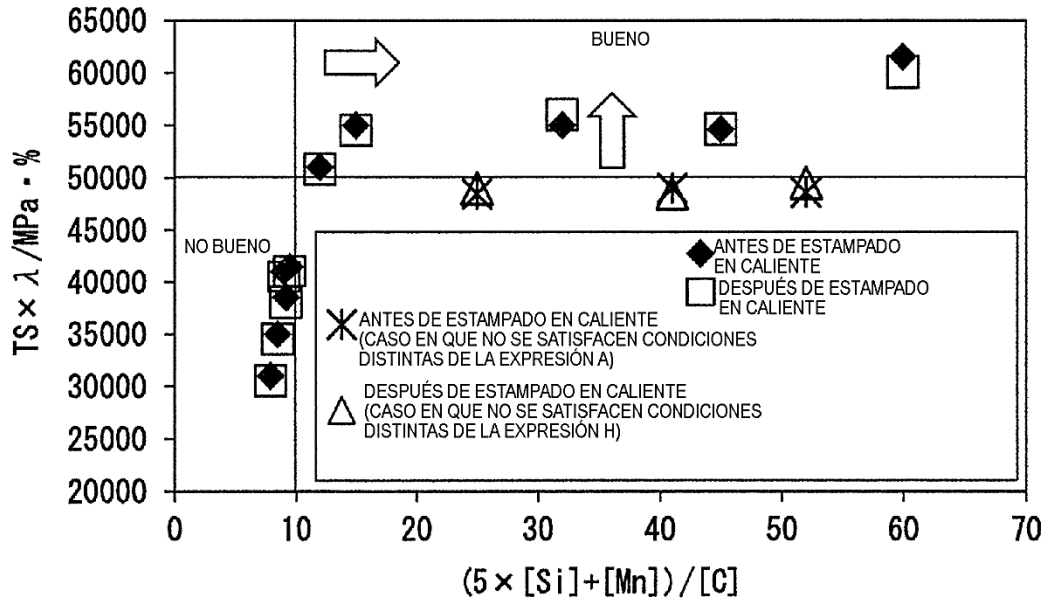


FIG. 2A

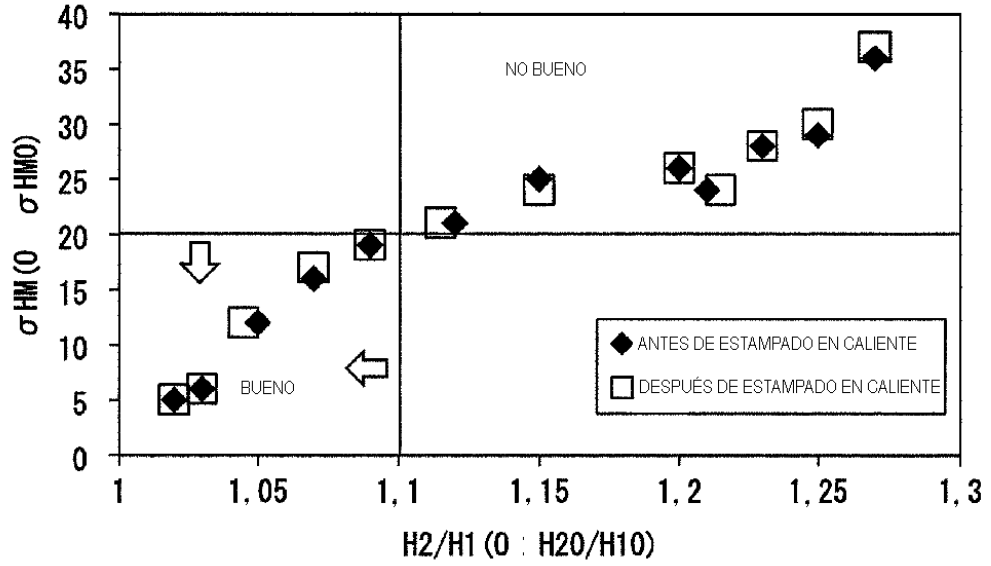


FIG. 2B

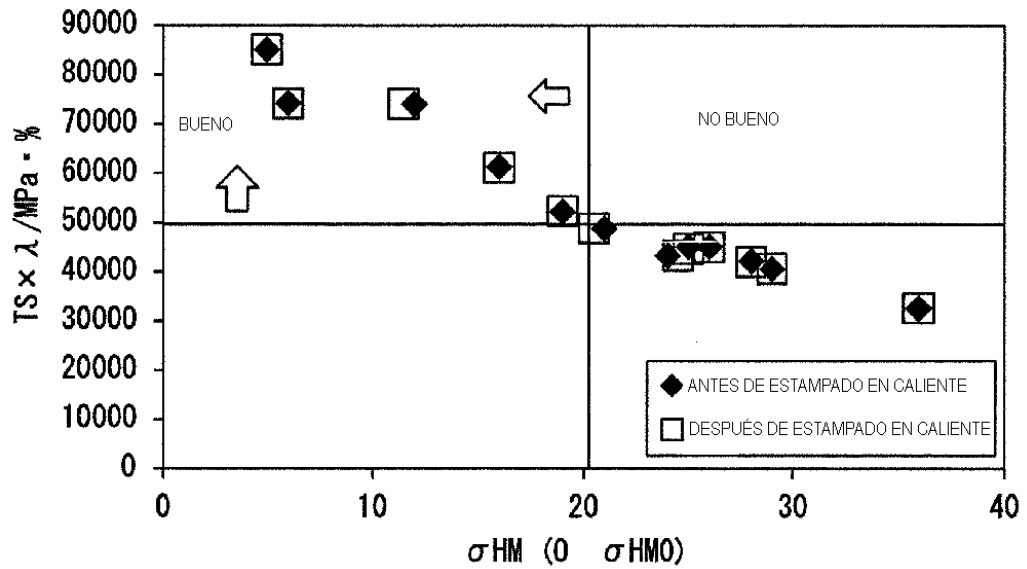


FIG. 3

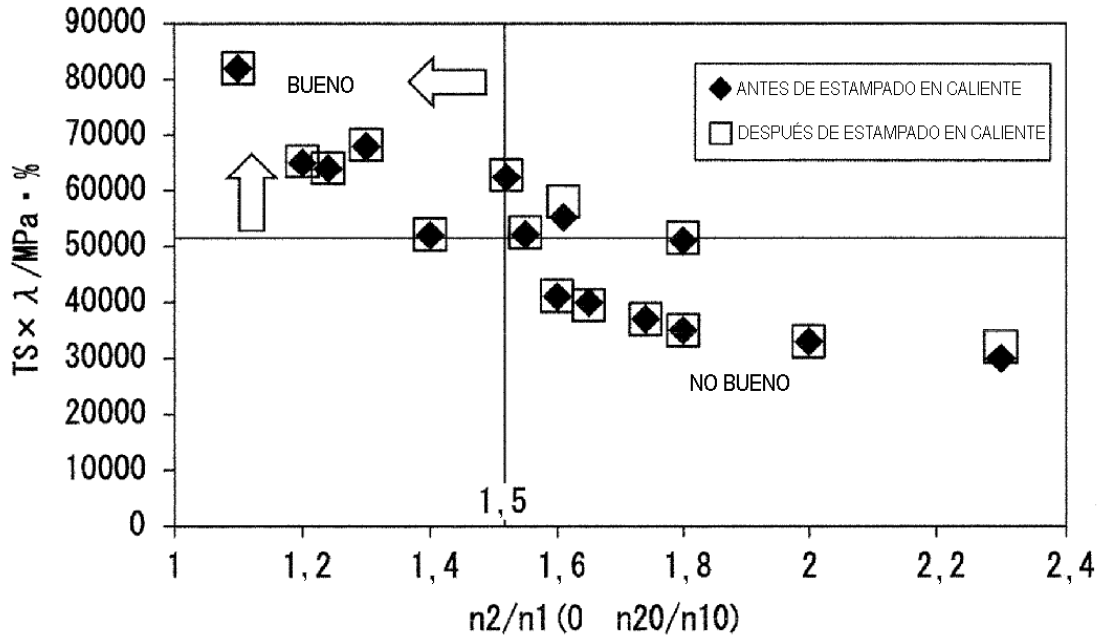


FIG. 4

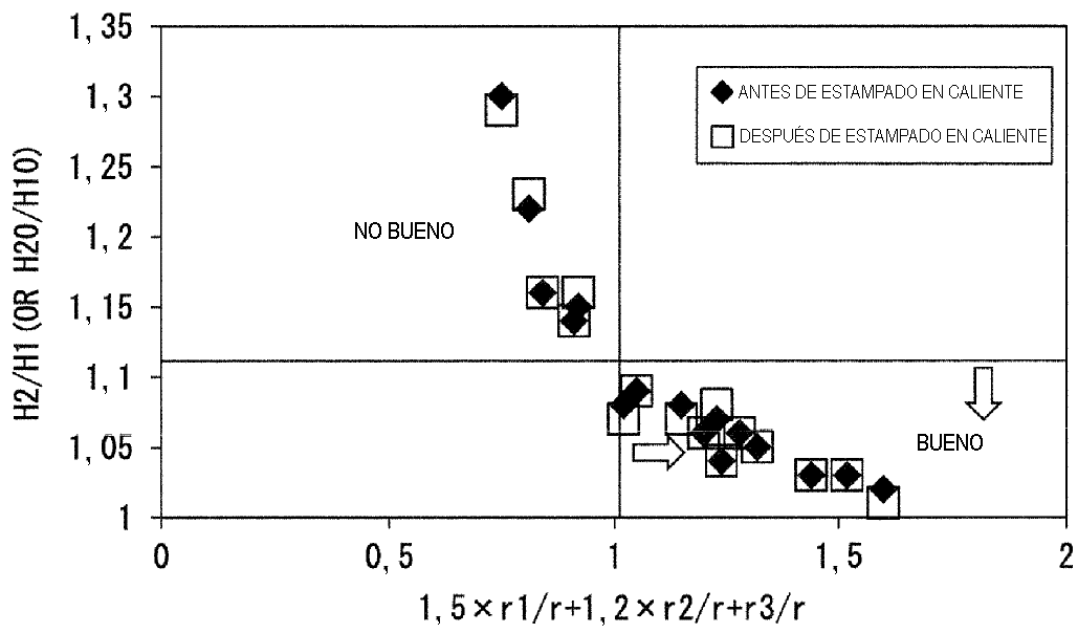


FIG. 5A

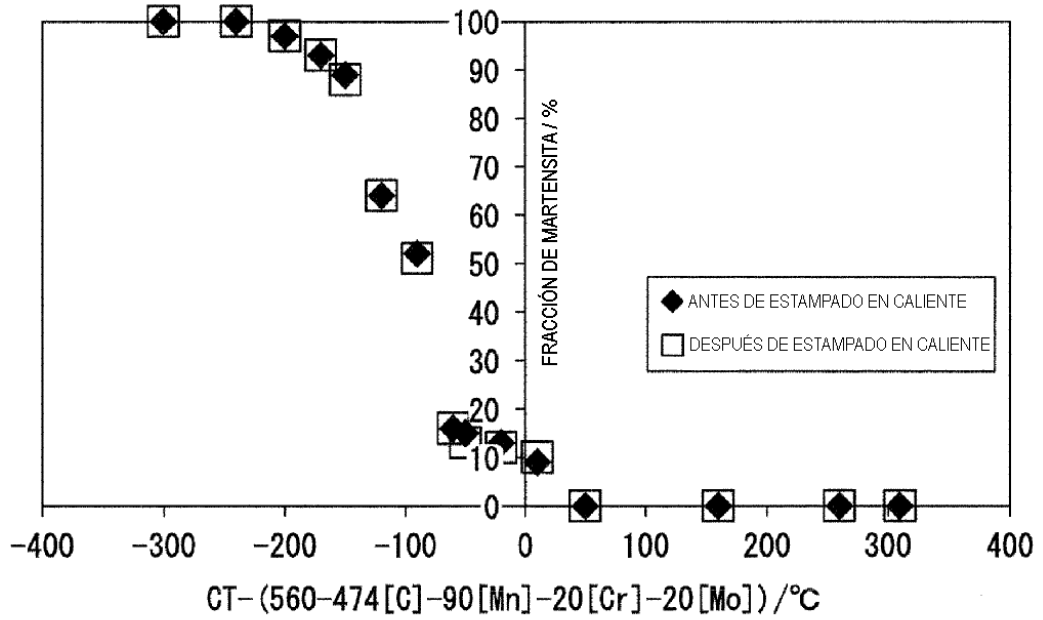


FIG. 5B

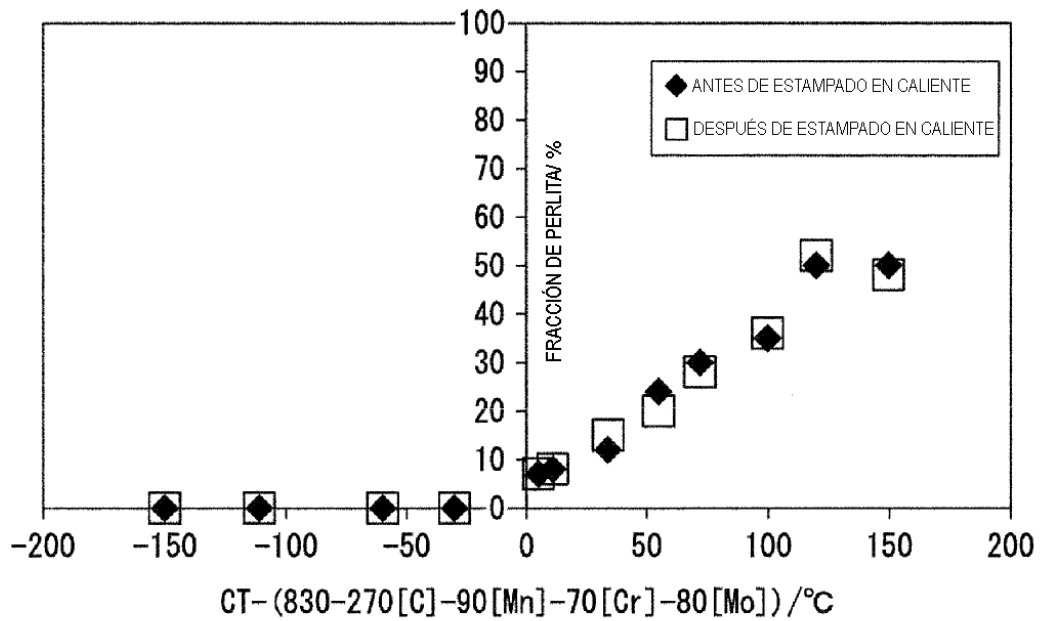


FIG. 6

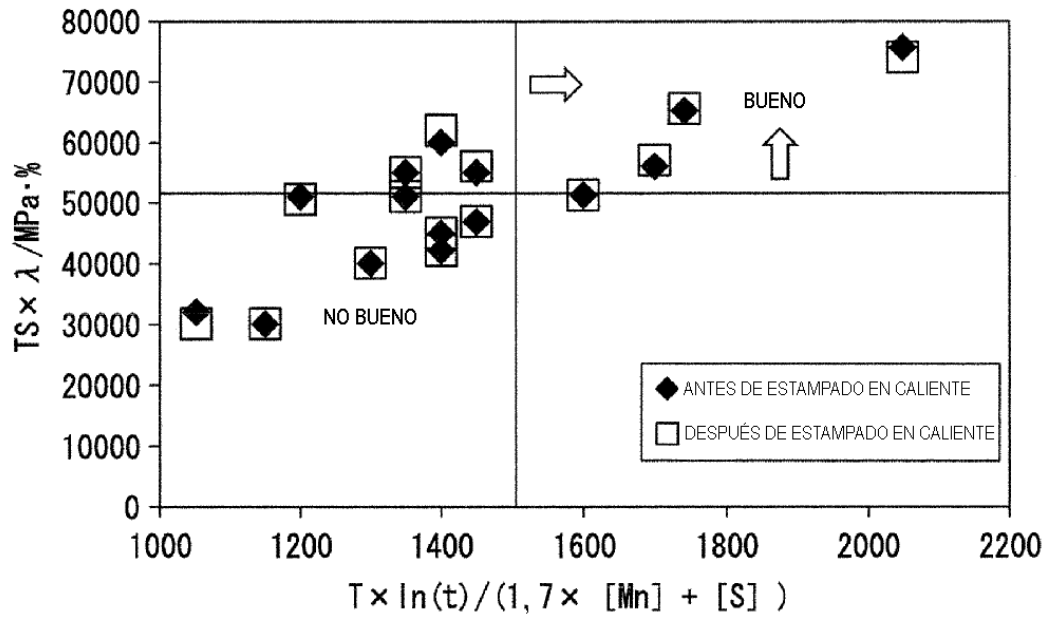


FIG. 7

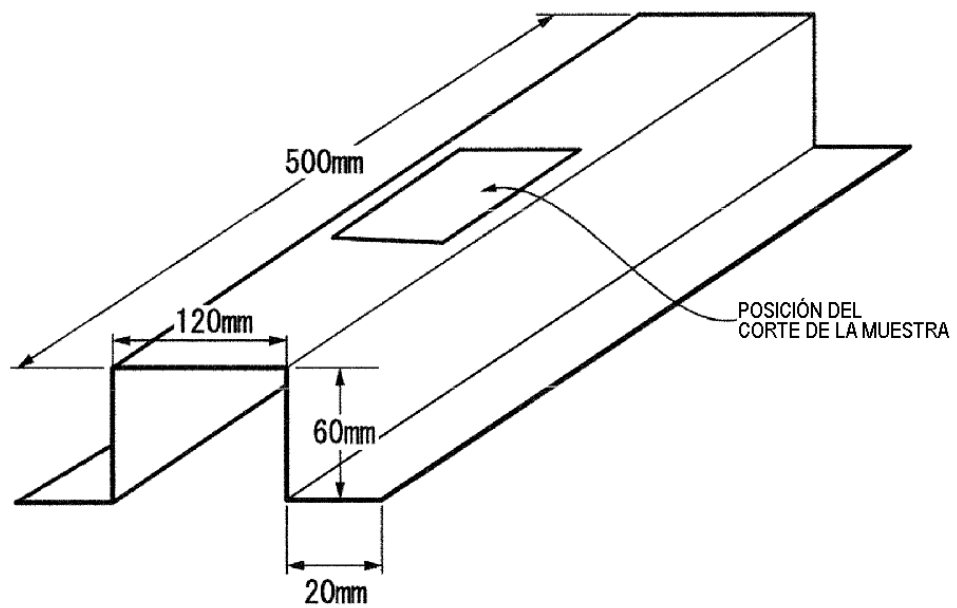


FIG. 8

