

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 733 320**

51 Int. Cl.:

<b>C22C 38/00</b>	(2006.01)	<b>C22C 38/04</b>	(2006.01)	<b>C22C 38/28</b>	(2006.01)
<b>C21D 9/46</b>	(2006.01)	<b>C22C 38/12</b>	(2006.01)	<b>C21D 1/673</b>	(2006.01)
<b>C22C 38/58</b>	(2006.01)	<b>C22C 38/18</b>	(2006.01)		
<b>C23C 2/02</b>	(2006.01)	<b>C22C 38/14</b>	(2006.01)		
<b>C23C 2/06</b>	(2006.01)	<b>C22C 38/06</b>	(2006.01)		
<b>C23C 2/12</b>	(2006.01)	<b>C22C 38/08</b>	(2006.01)		
<b>C23C 2/26</b>	(2006.01)	<b>C22C 38/16</b>	(2006.01)		
<b>C23C 2/28</b>	(2006.01)	<b>C22C 38/22</b>	(2006.01)		
<b>C21D 8/02</b>	(2006.01)	<b>C22C 38/32</b>	(2006.01)		
<b>C22C 38/02</b>	(2006.01)	<b>C22C 38/38</b>	(2006.01)		

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **11.01.2013 PCT/JP2013/050377**
- 87 Fecha y número de publicación internacional: **18.07.2013 WO13105631**
- 96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **11.01.2013 E 13736290 (1)**
- 97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **01.05.2019 EP 2803746**

54 Título: **Acero estampado en caliente y método para producir el mismo**

30 Prioridad:

**13.01.2012 JP 2012004552**

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

**28.11.2019**

73 Titular/es:

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

72 Inventor/es:

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

74 Agente/Representante:

**ELZABURU, S.L.P**

ES 2 733 320 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**

Acero estampado en caliente y método para producir el mismo

**Campo técnico de la invención**

5 La presente invención se refiere a un acero estampado en caliente que tiene una excelente conformabilidad para la que se usa una chapa de acero laminada en frío para estampación en caliente, y un método para producir la misma. La chapa de acero laminada en frío de la presente invención incluye una chapa de acero laminada en frío, una chapa de acero laminada en frío galvanizada por inmersión en caliente, una chapa de acero laminada en frío galvanorecocida, una chapa de acero laminada en frío electrogalvanizada y una chapa de acero laminada en frío aluminizada.

Se reivindica prioridad de la solicitud de patente japonesa n. ° 2012-004552, presentada el 13 de enero de 2012.

**10 Técnica relacionada**

Actualmente, 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. Actualmente, existe una demanda de una chapa de acero de más alta resistencia además de una chapa que sea de clase 980 MPa (980 MPa o superior) y una chapa de acero de clase 1180 MPa (1180 MPa o superior) en términos de resistencia a la tracción. Por ejemplo, hay una demanda de una chapa de acero que tenga una resistencia a la tracción de más de 1,5 GPa. En la circunstancia anteriormente descrita, el estampado en caliente (también llamado prensado en caliente, enfriamiento rápido, prensa con enfriamiento rápido y similares) llama la atención como un método para obtener una alta resistencia. El estampado en caliente remite a un método de formación en el cual una chapa de acero se calienta a una temperatura de 750 °C o más, formada en caliente (elaborada) para que se mejore la conformabilidad de la chapa de acero de alta resistencia, para después enfriar esta chapa de acero por inmersión, con lo que se obtienen, así, las cualidades del material deseadas.

Una chapa de acero que tiene una estructura de ferrita y martensita, una chapa de acero que tiene una estructura de ferrita y bainita, una chapa de acero que contiene austenita retenida como estructura o similares se conoce como una chapa de acero que tiene tanto trabajabilidad en prensa como una alta resistencia. Entre las chapas de acero anteriormente descritas, una chapa de acero multifase que tiene martensita dispersada en una base de ferrita (una chapa de acero que incluye una estructura de ferrita y martensita, es decir, una chapa de acero DP) tiene una baja relación de fluencia y una alta resistencia a la tracción, y además, posee 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. Además, una chapa de acero que tiene las multifases anteriormente descritas no es capaz de presentar una resistencia a la tracción de clase 1,5 GPa.

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

35 Sin embargo, incluso con las técnicas descritas anteriormente de la técnica relacionada, resulta difícil obtener una chapa de acero que satisfaga los actuales requerimientos para un vehículo tales como una reducción adicional del peso, un aumento adicional en tensión y unas formas más complicadas de los componentes, así como un rendimiento útil, tal como el ensanchamiento de orificios después del estampado en caliente.

[El documento de patente 7] describe un elemento de prensa térmica específico, una chapa de acero específica para el elemento de prensa térmica y un método para producir el elemento de prensa térmica.

40 [El documento de patente 8] se relaciona con una chapa de acero de alta resistencia y un método específico para producir la misma.

[El documento de patente 9] describe una placa de acero de alta resistencia y un método específico para producir la misma.

45 [El documento de patente 10] se refiere a la producción específica de una banda de acero inoxidable con cromo de estructura de fase compleja.

**Documento de la técnica anterior**

Documento de Patente

[Documento de Patente 1] Solicitud de patente japonesa sin examinar, primera publicación n. ° H6-128688

[Documento de Patente 2] Solicitud de patente japonesa sin examinar, primera publicación n. ° 2000-319756

50 [Documento de Patente 3] Solicitud de patente japonesa sin examinar, primera publicación n. ° 2005-120436

[Documento de Patente 4] Solicitud de patente japonesa sin examinar, primera publicación n. ° 2005-256141

[Documento de Patente 5] Solicitud de patente japonesa sin examinar, primera publicación n. ° 2001-355044

[Documento de Patente 6] Solicitud de patente japonesa sin examinar, primera publicación n. ° H11-189842

[Documento de Patente 7] JP 2010/065292 A

5 [Documento de Patente 8] WO 2011/013845 A1

[Documento de Patente 9] WO 2011/087057 A1

[Documento de Patente 10] JP H01 172524 A

### Descripción de la invención

#### Problemas a resolver por la invención

10 La presente invención se ha realizado en consideración al problema anteriormente descrito. Esto es, un objeto de la presente invención es proporcionar un acero estampado en caliente, para el cual se usa una chapa de acero laminada en frío para estampar en caliente (lo que incluye una chapa de acero galvanizado o una chapa de acero aluminizado, tal como se describe más adelante) y que garantiza una resistencia de 1,5 GPa o más, preferiblemente 1,8 GPa o más, y más preferiblemente 2,0 GPa o más y que tiene una capacidad de ensanchamiento de orificios más favorable, y un método para producir el mismo. Aquí, el acero estampado en caliente se refiere a un artículo moldeado obtenido mediante el uso de la chapa de acero laminada en frío descrita anteriormente para estampar en caliente como un material y formar el material a través del estampado en caliente.

#### Medios para resolver el problema

20 Los autores de la presente invención primero llevaron a cabo intensos estudios relacionados con una chapa de acero laminada en frío para estampado en caliente que garantizaba una resistencia de 1,5 GPa o más, preferiblemente 1,8 GPa o más, y más preferiblemente 2,0 GPa o más y tenía una excelente conformabilidad (capacidad de ensanchamiento de orificios), así como condiciones de estampado en caliente.

25 Como resultado, se encontró que, en la chapa de acero laminada en frío para estampado en caliente (la chapa de acero laminada en frío antes del estampado en caliente), una conformabilidad era más favorable que nunca, esto es, un producto de una resistencia a la tracción  $TS$  y una relación de expansión de orificios  $\lambda$  ( $TS \times \lambda$ ) de 50 000 MPa·% o más puede garantizarse mediante (i), con respecto a la composición del acero que establece una relación apropiada entre una cantidad de Si, una cantidad de Mn y una cantidad de C, (ii) el ajuste de una fracción de ferrita (fracción de área) y de una martensita para fracciones predeterminadas, y (iii) el ajuste de una reducción de laminado de laminado en frío para establecer una relación de dureza (una diferencia de una dureza) de la martensita entre una porción superficial de un espesor de chapa (parte superficial) y una porción central del espesor de chapa (parte central) de la chapa de acero y una distribución de dureza de la martensita en la parte central en un intervalo específico. La chapa de acero laminada en frío antes del estampado en caliente se refiere a una chapa de acero laminada en frío en un estado en el que un calentamiento en un proceso de estampado en caliente en el que la chapa de acero se calienta de 750 °C a 1000 °C, la elaboración y el enfriamiento se van a llevar a cabo. Además, se encontró que, cuando el estampado en caliente se lleva a cabo en la chapa de acero laminada en frío para el estampado en caliente según las condiciones de estampado en caliente descritas a continuación, la relación de dureza de la martensita entre la porción superficial del espesor de la chapa y la parte central de la chapa de acero y la distribución de dureza de la martensita en la parte central casi se mantienen, incluso tras el estampado en caliente, y puede obtenerse un acero estampado en caliente que tiene una alta resistencia y una excelente conformabilidad en la cual  $TS \times \lambda$  alcanza 50 000 MPa·% o más. 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.

45 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) en cada estación desde la estación más alta hasta una tercera estación en un intervalo específico es efectivo en el control de la dureza de la martensita. En base al hallazgo anteriormente descrito, los autores de la presente invención han encontrado una variedad de aspectos de la presente invención que se describen a continuación. Además, se encontró que los efectos no se ven afectados incluso cuando se realiza galvanización por inmersión en caliente, galvanización recocida, electrogalvanización y aluminización en la chapa de acero laminada en frío para el estampado en caliente.

50 Según la invención proporcionada en esta memoria, consiste en lo siguiente:

1. Una chapa estampada en caliente que consiste en, en % en masa:

C: más de 0,150 % hasta 0,300 %.

## ES 2 733 320 T3

- Si: de 0,010 % hasta 1,000 %;
- Mn: de 1,50 % hasta 2,70 %;
- P: de 0,001 % hasta 0,060 %;
- S: de 0,001 % hasta 0,010 %;
- 5 N: de 0,0005 % hasta 0,0100 %; y
- Al: de 0,010 % hasta 0,050 %; y
- opcionalmente uno o más de
- B: de 0,0005 % hasta 0,0020 %;
- Mo: de 0,01 % hasta 0,50 %;
- 10 Cr: de 0,01 % hasta 0,50 %;
- V: de 0,001 % hasta 0,100 %;
- Ti: de 0,001 % hasta 0,100 %;
- Nb: de 0,001 % hasta 0,050 %;
- Ni: de 0,01 % hasta 1,00 %;
- 15 Cu: de 0,01 % hasta 1,00 %;
- Ca: de 0,0005 % hasta 0,0050 %; y
- REM: de 0,0005 % hasta 0,0050 %; y
- un equilibrio de Fe e impurezas inevitables,
- 20 en 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 que consiste en 80 % o más de una martensita en una fracción de área, y 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, 20 % o menos de una ferrita en una fracción de área, y menos de 20 % de una bainita en una fracción de área,
- 25  $TS \times \lambda$  que es un producto de TS que es una resistencia a la tracción y una relación de expansión de orificios  $\lambda$  es 50 000 MPa·% o más, y
- una dureza de la martensita medida con un nanoindentador satisface la siguiente expresión (b) y la siguiente expresión (c),
- (5 x [Si] + [Mu]) / [C] > 10 (a)
- 30  $H2 / H1 < 1,10$  (b)
- $\sigma_{HM} < 20$  (c)
- aquí, H1 representa una dureza promedio de la martensita en una porción superficial, H2 representa la dureza promedio de la martensita en una parte central del espesor de la chapa que es un área que tiene una anchura de  $\pm 100 \mu\text{m}$  en una dirección de espesor desde un centro del espesor de la chapa, y  $\sigma_{HM}$  representa una varianza de la dureza de la martensita que existe en la parte central del espesor de la chapa.
- 35
2. El acero estampado en caliente según el elemento 1,
- en donde una fracción de área de un MnS que existe en la estructura metalográfica y tiene un diámetro de círculo equivalente de  $0,1 \mu\text{m}$  a  $10 \mu\text{m}$  es 0,01 % o menos, y
- se satisface la siguiente expresión (d),
- 40  $n2 / n1 < 1,5$  (d)
- aquí, n1 representa una densidad en número promedio por  $10\,000 \mu\text{m}^2$  del MnS en 1/4 de parte del espesor de la

## ES 2 733 320 T3

chapa, y n2 representa una densidad en número promedio por 10 000  $\mu\text{m}^2$  del MnS en la parte central del espesor de la chapa.

3. El acero estampado en caliente según el elemento 1 o 2,  
en donde se forma una capa galvanizada por inmersión en caliente sobre una superficie del mismo.
- 5 4. El acero estampado en caliente según el elemento 3,  
en donde la capa galvanizada por inmersión en caliente incluye una capa con galvanizado recocido.
5. El acero estampado en caliente según el elemento 1 o 2,  
en donde se forma una capa electrolgalvanizada sobre una superficie del mismo.
6. El acero estampado en caliente según el elemento 1 o 2,  
10 en donde se forma una capa aluminizada sobre una superficie del mismo.
7. Un método para producir acero estampado en caliente según el elemento 1 o 2, el método que comprende:  
colar un acero fundido que tiene una composición química según el elemento 1 y obtener un acero; en donde la  
plancha se enfría a menos de 1100 °C,  
calentar el acero a 1100 °C hasta 1300 °C;  
15 laminar en caliente el acero con una instalación de laminado en caliente que incluye una pluralidad de estaciones,  
en donde la temperatura final del laminado en caliente se fija a una temperatura Ar3 de 970 °C;  
bobinar el metal después del laminado en caliente,  
en donde, cuando la CT en unidades de °C representa una temperatura de bobinado en el bobinado;  
[C] representa una cantidad de C en % en masa, [Mn] representa una cantidad de Mn en % en masa,  
20 [Cr] representa una cantidad de Cr en % en masa, y [Mo] representa una cantidad de Mo en % en masa en el  
acero;  
se satisface la siguiente expresión (f);  
$$560 - 474 \times [C] - 90 \times [Mu] - 20 \times [Cr] - 20 \times [Mo] < CT < 830 - 270 \times [C] - 90 \times [Mn] - 70 \times [Cr] - 80 \times [Mo] \text{ (f)}$$
  
decapar el acero después del bobinado;
- 25 laminar en frío el acero después del decapado con un tren de laminado en frío que tiene una pluralidad de  
estaciones bajo una condición que satisface la siguiente expresión (e);  
recocer donde el acero se calienta bajo 700 °C a 850 °C y se enfría después del laminado en frío;  
templar por laminado después del recocido; y  
30 estampar en caliente donde el acero se caliente hasta un intervalo de temperatura de 750 °C o más a una velocidad  
de aumento en temperatura de 5 °C/segundo o más, formado dentro del intervalo de temperatura,  
y enfriado a 20 °C hasta 300 °C a una velocidad de enfriamiento de 10 °C/segundo o más después de templar por  
laminado,  
$$1,5 \times r1 / r + 1,2 \times r2 / r + r3 / r > 1 \quad \text{(e)}$$
  
35 aquí, donde i es 1, 2 o 3, ri representa una reducción por laminado en frío en unidad % en la i-ésima estación  
basado en una estación más alta entre una pluralidad de las estaciones en el laminado en frío, y r representa una  
reducción por laminado en frío total en unidad % en el laminado en frío.
8. El método para producir acero estampado en caliente según el elemento 7,  
en donde, cuando la T en unidades de °C representa una temperatura de calentamiento en el calentamiento, t en  
unidad minutos representa un tiempo en horno; y  
40 [Mn] representa una cantidad de Mn en % en masa, y [S] representa una cantidad de S en % en masa en el acero,  
se satisface la siguiente expresión (g),

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

9. El método para producir acero estampado en caliente según el elemento 7, que comprende además:  
galvanizar el acero entre el recocido y el templado por laminado.
10. El método para producir acero estampado en caliente según el elemento 9, que comprende además:  
5 alea el acero entre el galvanizado por inmersión en caliente y el templado por laminado.
11. El método para producir acero estampado en caliente según el elemento 7, que comprende además:  
electro galvanizar el acero entre el templado por laminado y el estampado en caliente.
12. El método para producir acero estampado en caliente según el elemento 7, que comprende además:  
aluminizar el acero entre el recocido y el templado por laminado.

10 Efectos de la invención

Según la presente invención, puesto que se establece una relación apropiada entre la cantidad del C, la cantidad del Mn y la cantidad del Si, y la dureza de la martensita medida con un nanoindentador se ajusta a un valor apropiado en el artículo moldeado después del estampado en caliente, es posible obtener una capacidad de ensanchamiento de orificios más favorable en el acero estampado en caliente.

15 **Breve descripción de los dibujos**

La FIG. 1 es un gráfico que ilustra una relación entre  $(5 \times [\text{Si}] + [\text{Mn}] / [\text{C}])$  y  $\text{TS} \times \lambda$ .

La FIG. 2A es un gráfico que ilustra un fundamento de la expresión (b) y una expresión (c), y es un gráfico que ilustra una relación entre  $\text{H}_2 / \text{H}_1$  y  $\sigma_{\text{HM}}$  en el acero estampado en caliente.

20 La FIG. 2B es un gráfico que ilustra un fundamento de la expresión (c), y es un gráfico que ilustra una relación entre  $\sigma_{\text{HM}}$  y  $\text{TS} \times \lambda$ .

La FIG. 3 es un gráfico que ilustra una relación entre  $n_2 / n_1$  y  $\text{TS} \times \lambda$  antes y después del estampado en caliente, e ilustra un fundamento de la expresión (d).

La FIG. 4 es un gráfico que ilustra una relación entre  $1,5 \times r_1 / r + 1,2 \times r_2 / r + r_3 / r$ , y  $\text{H}_2 / \text{H}_1$ , e ilustra un fundamento de la expresión (e).

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

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

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

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

30 La FIG. 8 es un diagrama de flujos que ilustra un método para producir el acero estampado en caliente según una realización de la presente invención.

**Realizaciones de la invención**

35 Como se ha descrito anteriormente, es importante establecer una relación apropiada entre una cantidad de Si, una cantidad de Mn y una cantidad de C y, además, ajustar una dureza adecuada de una martensita en una posición predeterminada con el fin de mejorar una conformabilidad (capacidad de ensanchamiento de orificios) de un acero estampado en caliente. 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.

De aquí en adelante, se describirá detalladamente una realización de la presente invención.

40 Primero, se describirán razones para limitar la composición química de una chapa de acero laminada en frío para estampado en caliente (que incluye una chapa de acero laminada en frío galvanizada por inmersión en caliente o una chapa de acero laminada en frío aluminizada y, en algunos casos, denominada como una chapa de acero laminada en frío según la realización o simplemente como una chapa de acero laminada en frío para estampado en caliente) usada para un acero estampado en caliente según una realización de la presente invención (el acero estampado en caliente según la presente realización o, en algunos casos, denominado simplemente como el acero estampado en caliente). En lo sucesivo, «%» que es una unidad de una cantidad de un componente individual indica «% en masa».

45

Puesto que una cantidad de componente de una composición química de la chapa de acero no cambia en el estampado en caliente, la composición química es idéntica tanto en la chapa de acero laminada en frío como en el acero estampado en caliente para el que se usa la chapa de acero laminada en frío.

C: más de 0,150 % hasta 0,300 %

5 C es un elemento importante para reforzar una ferrita y la martensita y aumentar la resistencia del acero. Sin embargo, cuando la cantidad del C es 0,150 % o menos, no se puede obtener una cantidad suficiente de martensita, y no es posible aumentar suficientemente la resistencia. Por otra parte, cuando la cantidad del C excede el 0,300 %, un alargamiento y el ensanchamiento del orificio se degradan significativamente. Por tanto, un intervalo de la cantidad del C se fija a más del 0,150 % y 0,300 % o menos.

10 Si: de 0,010 % hasta 1,000 %

Si es un elemento importante para suprimir la formación de un carburo nocivo y obtener unas estructuras multifase que principalmente incluyan la ferrita y la martensita. Sin embargo, cuando la cantidad de Si supera 1,000 %, el alargamiento o la capacidad de ensanchamiento de orificios se degradan, y también se degrada una propiedad de conversión química. Por tanto, la cantidad del 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 del Si es menor que 0,010 %. Por tanto, la cantidad del Si se fija en 0,010 % o más.

Al: de 0,010 % hasta 0,050 %

20 Al es un elemento importante como agente desoxidante. Para obtener el efecto de desoxidación, una cantidad de Al se fija en 0,010 % o más. Por otra parte, incluso cuando el Al se añade en exceso, el efecto descrito anteriormente se satura, y por el contrario, el acero se vuelve frágil, y  $TS \times \lambda$  se disminuye. Por tanto, la cantidad de Al se ajusta en un intervalo de 0,010 % a 0,050 %.

Mn: de 1,50 % hasta 2,70 %

25 Mn es un elemento importante para mejorar la capacidad de endurecimiento y resistencia del acero. Sin embargo, cuando la cantidad de Mn es menor que 1,50 %, no es posible aumentar suficientemente la resistencia. Por otra parte, cuando la cantidad de Mn excede el 2,70 %, el endurecimiento se vuelve excesivo, y el alargamiento o ensanchamiento del orificio se degrada. Por tanto, la cantidad del Mn se fija de 1,50 % a 2,70 %. En un caso en que se necesite un alargamiento mayor, la cantidad de Mn se fija deseablemente en 2,00 % o menos.

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

30 En una cantidad mayor, P segrega en límites de grano, y deteriora un alargamiento local y una soldabilidad. Por tanto, una cantidad del P se fija en 0,060 % o menos. La cantidad de P es deseablemente más pequeña, pero una disminución extrema en la cantidad de P conduce a un aumento en el coste de refinado, y por tanto la cantidad de P se fija deseablemente en 0,001 % o más.

S: de 0,001 % hasta 0,010 %

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

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

40 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 nitrógeno y se degrada el alargamiento o el ensanchamiento de orificios. Por tanto, la cantidad del N se fija en 0,0100 % o menos. La cantidad de N es deseablemente más pequeña; sin embargo, con el fin de reducir costes de refinado, un límite inferior de la cantidad de N se fija deseablemente en 0,0005 %.

45 La chapa de acero laminado en frío según la realización tiene una composición básica que incluye los componentes anteriormente descritos y un equilibrio de hierro e impurezas inevitables, sin embargo, en algunos casos, incluye 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. Los elementos químicos anteriormente descritos no se añaden necesariamente a la chapa de acero, y por tanto los límites inferiores de los mismos son 0 %.

50 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 los efectos anteriormente descritos, es deseable que se 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 que 0,50 %, y Cr: más que 0,50 %, el efecto de aumento de la resistencia se satura, y se causa la degradación del alargamiento o la capacidad de ensanchamiento de orificios. Por tanto, los límites superiores de Nb, Ti, V, Mo y Cr se fijan en 0,050 %, 0,100 %, 0,100 %, 0,50 % y 0,50 %, respectivamente.

- 5 Ca controla la forma del sulfuro o el óxido y mejora el alargamiento local o la capacidad de ensanchamiento de los orificios. Para obtener el efecto anteriormente descrito, es deseable añadir 0,0005 % o más de Ca. Sin embargo, puesto que una adición excesiva deteriora la trabajabilidad, un límite superior de la cantidad de Ca se fija en 0,0050 %.

10 Similarmente que el Ca, el metal de las tierras raras (REM) controla la forma del sulfuro y el óxido y mejora el alargamiento local o la capacidad de ensanchamiento de los orificios. Para obtener los efectos anteriormente descritos, es deseable que contenga 0,0005 % o más del REM. Sin embargo, puesto que una adición excesiva puede deteriorar la trabajabilidad, se fija un límite superior de una cantidad del REM en 0,0050 %.

15 El acero puede incluir además Cu: de 0,01 % hasta 1,00 %, Ni: de 0,01 % hasta 1,00 %; y B: de 0,0005 % hasta 0,0020 %. Estos elementos anteriormente descritos pueden mejorar la capacidad de endurecimiento y aumentar la resistencia del acero. Sin embargo, para obtener el efecto anteriormente descrito, es deseable que se contenga Cu: 0,01 % o más, Ni: 0,01 % o más y B: 0,0005 % o más. En el caso en que las cantidades sean iguales a o menores que las cantidades anteriormente descritas, el efecto que refuerza el acero es pequeño. Por otra parte, 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 puede degradarse el alargamiento o el ensanchamiento de orificios. Por tanto, se fija un límite superior de una cantidad del Cu en 1,00 %, se fija un límite superior de una cantidad del Ni en 1,00 %, y se fija un límite superior de una cantidad del B en 0,0020 %.

20 En un caso en que se incluyan B, Mo, Cr, V, Ti, Nb, Ni, Cu, Ca y REM, se incluyen uno o más elementos. El equilibrio 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 sus características no se vean afectadas negativamente. Cuando están incluidos B, Mo, Cr, V, Ti, Nb, Ni, Cu, Ca y REM en cantidades que son menores que los límites inferiores anteriormente descritos, los elementos se tratan como impurezas inevitables.

25 Además, en el acero estampado en caliente según la realización, cuando [C] representa la cantidad de C (% en masa), [Si] representa la cantidad de Si (% en masa) y [Mn] representa la cantidad de Mn (% en masa) es importante satisfacer la siguiente expresión (a) para obtener el suficiente ensanchamiento de orificios tal como se ilustra en la FIG. 1.

30 
$$(5 \times [\text{Si}] + [\text{Mn}]) / [\text{C}] > 10 \quad (\text{a})$$

35 Cuando un valor de  $(5 \times [\text{Si}] + [\text{Mn}]) / [\text{C}]$  es 10 o menos,  $\text{TS} \times \lambda$  se vuelve menor que 50 000 MPa·%, y no es posible obtener el suficiente ensanchamiento de orificios. Esto se debe a que, cuando la cantidad de C es grande, la dureza de una fase dura se vuelve demasiado alta y una diferencia entre una dureza de una fase dura y una dureza de una fase blanda se vuelve elevada y, por tanto, se deteriora el valor  $\lambda$ , y, cuando la cantidad de Si o la cantidad de Mn es pequeña, TS se vuelve baja. Por tanto, es necesario fijar cada elemento en los intervalos descritos anteriormente, y también, controlar el equilibrio entre las cantidades de los mismos. Puesto que el valor de  $(5 \times [\text{Si}] + [\text{Mn}]) / [\text{C}]$  no cambia incluso después de estampado en caliente como se ha descrito anteriormente, el valor se satisface preferiblemente durante una producción de la chapa de acero laminada en frío. Sin embargo, incluso cuando se satisface  $(5 \times [\text{Si}] + [\text{Mn}]) / [\text{C}] > 10$ , en un caso en que  $H_2 / H_1$  o el  $\sigma_{HM}$  descrito a continuación no satisface las condiciones, no puede obtenerse el suficiente ensanchamiento de orificios. En la FIG. 1, un símbolo de referencia para después del estampado en caliente indica el acero estampado en caliente, y un símbolo de referencia para antes del estampado en caliente indica la chapa de acero laminada en frío para el estampado en caliente.

40 En general, es la martensita y no la ferrita la que domina la conformabilidad (capacidad de ensanchamiento de orificios) en la chapa de acero laminada en frío que tiene la estructura metalográfica que incluye la ferrita y la martensita. Los autores de la presente invención llevaron a cabo intensos estudios respecto a la relación entre la dureza y la conformabilidad tal como el alargamiento o el ensanchamiento de orificios de la martensita. Como resultado, se halló que, cuando una relación de dureza (una diferencia de la dureza) de la martensita entre una porción superficial de un espesor de la chapa y una parte central del espesor de la chapa, y una distribución de dureza de la martensita en la parte central del espesor de la chapa están en un estado predeterminado en relación con una conformabilidad de estampado en caliente según la realización tal como se ilustra en las FIG. 2A y 2B, y la conformabilidad tal como el alargamiento o la capacidad de ensanchamiento de orificios se vuelven favorables. Además, se aclaró que, cuando la relación de dureza y la distribución de dureza están en un intervalo predeterminado en la chapa de acero laminada en frío para estampar en caliente usado para la conformabilidad del estampado en caliente según la realización, la relación de dureza y la distribución de dureza casi se mantienen en el acero estampado en caliente también, y la conformabilidad tal como el alargamiento o la capacidad de ensanchamiento de orificios se vuelve favorable. Esto es así porque la distribución de dureza de la martensita formada en la chapa de acero laminada en frío para el estampado en caliente tiene también un efecto significativo en el acero estampado en caliente después de estampar en caliente. En concreto, esto se considera así porque los elementos de aleación condensados en la parte central del espesor de la chapa todavía retienen un estado de estar condensados en la parte central incluso después de llevar a cabo el



estampado en caliente. Es decir, en la chapa de acero laminado en frío para el estampado en caliente, en un caso en el que la diferencia de dureza de la martensita entre la porción superficial del espesor de la chapa y la parte central del espesor de la chapa es grande, o en un caso en el cual una varianza de la dureza de la martensita sea grande en la parte central del espesor de la plancha, se obtienen similar relación de dureza y similar varianza en el acero estampado en caliente también. En las FIG. 2A y 2B, un símbolo de referencia para después del estampado en caliente indica el acero estampado en caliente, y un símbolo de referencia para antes del estampado en caliente indica la chapa de acero laminada en frío para el estampado en caliente.

Los autores de la presente invención también encontraron que, respecto a la dureza de la martensita medida con un nanoindentador fabricado por Hysitron Corporation a un aumento de 1000 veces, cuando la expresión (b) siguiente y la expresión (c) siguiente se satisfacen, mejora la conformabilidad del acero estampado en caliente. Aquí, una «H1» es la dureza de la martensita en la porción superficial 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 estampado en caliente. Una «H2» es la dureza de la martensita en la parte central del espesor de la chapa del acero estampado en caliente, es decir, en un área que tiene una anchura de ±100 μm en la dirección del espesor desde la parte central del espesor de la chapa. Un «σHM» es la varianza de la dureza de la martensita que existe en un área que tiene una anchura de 200 μm en la dirección del espesor en la parte central del espesor de la chapa del acero estampado en caliente. La H1, la H2 y σHM se obtienen cada uno a partir de medidas de 300 puntos. Un área que tiene una anchura de 200 μm en la dirección del espesor en 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.

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

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

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

$$\sigma_{HM} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_{mi} - \bar{x})^2 \quad \text{[Expresión 1]}$$

(h)

Una  $X_{\text{promedio}}$  representa un valor promedio de la dureza medida de la martensita, y  $X_i$  representa la dureza de una martensita i-ésima.

La FIG. 2A ilustra las relaciones entre la dureza de la martensita en la porción superficial y la dureza de la martensita en la parte central del espesor de la chapa del acero estampado en caliente y la chapa de acero laminada en frío para estampar en caliente. Además, la FIG. 2B ilustra colectivamente la varianza de la dureza de la martensita que existe en la anchura de ±100 μm en la dirección del espesor de la chapa desde el centro del espesor de la chapa del acero estampado en caliente y la chapa de acero laminado en frío para estampar en caliente. Como se ilustra en las FIG. 2A y 2B, la relación de dureza de la chapa de acero laminada en frío antes del estampado en caliente y la relación de dureza de la chapa de acero laminada en frío después del estampado en caliente son casi iguales. Además, las varianzas de la dureza de la martensita en la parte central del espesor de la chapa son casi iguales tanto en la chapa de acero laminada en frío antes del estampado en caliente como en la chapa de acero laminada en frío después del estampado en caliente.

En el acero estampado en caliente, un valor de H2 / H1 de 1,10 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 porción superficial del espesor de la chapa. Es decir, esto indica que la dureza en la parte central del espesor de la chapa se vuelve demasiado alta. Como se ilustra en la FIG. 2A, cuando H2 / H1 es 1,10 o más, σHM alcanza 20 o más. En este caso, TS × λ se vuelve menor que 50 000 MPa·%, y no puede obtenerse una conformabilidad suficiente después del enfriado rápido, es decir, en el acero 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 porción superficial 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.

La varianza σHM del acero estampado en caliente que es 20 o más indica que una variación de la dureza de la martensita es grande, y existen partes en las que la dureza es localmente demasiado alta. En este caso, TS × λ se vuelve menor que 50 000 MPa·%. Es decir, no puede obtenerse una conformabilidad suficiente del acero estampado en caliente.

Después, se describirá la estructura metalográfica del acero estampado en caliente según la realización. Una fracción de área de la martensita supone un 80 % o más en el acero estampado en caliente según la realización. Cuando la fracción de área de la martensita es menos que el 80 %, no puede obtenerse una resistencia suficiente que se haya

necesitado recientemente para el acero estampado en caliente (por ejemplo, 1,5 GPa). Por tanto, la fracción de área de la martensita se fija en 80 % o más. Todas las partes o las partes principales de la estructura metalográfica del acero estampado en caliente están ocupadas por la martensita, y pueden incluir además una o más de 0 % a 10 % de una perlita en una fracción de área, 0 % a 5 % de una austenita retenida en una relación en volumen, 0 % a 20 % de la ferrita en una fracción de área, y 0 % a menos que 20 % de una bainita en una fracción de área. Aunque hay un caso en que del 0 % al 20 % de la ferrita existe dependiendo de una condición de estampado en caliente, no hay problema con la resistencia después del estampado en caliente dentro del intervalo descrito anteriormente. 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 residual no esté sustancialmente incluida; sin embargo, inevitablemente, puede estar incluida un 5 % o menos de la austenita residual en una relación en volumen. Puesto que la perlita es una estructura dura y frágil, es preferible no incluir la perlita; sin embargo, inevitablemente, puede estar incluida hasta un 10 % de la perlita en una fracción de área. Puede incluirse la bainita que es una estructura que puede estar formada como una estructura residual, y como una estructura intermedia en términos de resistencia o conformabilidad. La bainita puede incluirse hasta menos del 20 % en términos de una fracción de área. En la realización, las estructuras metalográficas de la ferrita, la bainita y la perlita se observaron mediante grabado químico con Nital, y la estructura metalográfica de la martensita se observó mediante grabado químico con Le Pera. Todas las estructuras metalográficas se observaron en un 1/4 de parte del espesor de la chapa a un aumento de 1000 veces y gracias a un microscopio óptico. 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.

A continuación, se describirá la estructura metalográfica deseable de la chapa de acero laminado en frío para estampado en caliente para la cual se usa el acero estampado en caliente según la realización. La estructura metalográfica del acero estampado en caliente se ve afectada por la estructura metalográfica de la chapa de acero laminado en frío para estampar en caliente. Por tanto, cuando se controla la estructura metalográfica de la chapa de acero laminada en frío para estampar en caliente, se vuelve fácil de obtener la estructura metalográfica anteriormente descrita en el acero estampado en caliente. En la chapa de acero laminada en frío según la realización, la fracción de área de la ferrita es deseablemente de 40 % a 90 %. Cuando la fracción de área de la ferrita es menos que 40 %, la resistencia se vuelve demasiado alta incluso antes del estampado en caliente y hay un caso en el que la forma del acero estampado en caliente se deteriora o el corte se vuelve difícil. Por tanto, la fracción de área de la ferrita antes del estampado en caliente se fija deseablemente en 40 % o más. Además, en la chapa de acero laminada en frío según la realización, debido a que es grande una cantidad de elementos de aleación, es difícil fijar la fracción de área de la ferrita a más que el 90 %. En la estructura metalográfica, además de la ferrita, se incluye la martensita, y la fracción de área de lo mismo es deseablemente del 10 % al 60 %. Un total de la fracción de área de la ferrita y la fracción de área de la martensita es deseablemente el 60 % o más antes del estampado en caliente. La estructura metalográfica puede incluir además una o más de la perlita, la bainita y la austenita retenida. Sin embargo, cuando la austenita permanece retenida en la estructura metalográfica, es probable que se degraden la fragilidad en el trabajo secundaria y las características de fractura retardada, y por tanto es preferible que la austenita retenida no esté sustancialmente incluida. Sin embargo, inevitablemente, puede estar incluida un 5 % o menos de la austenita retenida en una relación de volumen. Puesto que la perlita es una estructura frágil y dura, la perlita no está preferiblemente incluida; sin embargo, inevitablemente, puede estar incluida hasta un 10 % de la perlita en una fracción de área. Hasta un 20 % o menos de la bainita como la estructura residual puede estar incluida en una fracción de área por la misma razón que se describe anteriormente. Similarmente a la chapa de acero laminada en frío antes del estampado en caliente, las estructuras metalográficas de la ferrita, la bainita y la perlita se observaron mediante grabado químico con Nital, y la estructura metalográfica de la martensita se observó mediante grabado químico con Le Pera. Todas las estructuras metalográficas se observaron en un 1/4 de parte del espesor de la chapa a un aumento de 1000 veces y gracias a un microscopio óptico. 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.

Además, en el acero estampado en caliente según la realización, se especifica la dureza de la martensita medida con un nanoindentador a un aumento de 1000 veces [dureza de la indentación (GPa o N/mm<sup>2</sup>) o un valor obtenido mediante la conversión de la dureza de la indentación en dureza Vickers (Hv)]. En una prueba convencional de dureza de Vickers, una indentación formada se vuelve mayor que la martensita. Por tanto, aunque puede obtenerse una dureza macroscópica de la martensita y estructuras periféricas de lo mismo (ferrita y similares), no es posible obtener la dureza de la propia martensita. Puesto que la conformabilidad tal como la 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 la dureza de Vickers. Por el contrario, en el acero estampado en caliente según la realización, puesto que la relación de dureza de la dureza de la martensita medida con el nanoindentador y un estado de dispersión son controlados en un intervalo adecuado, es posible obtener una conformabilidad extremadamente favorable.

El MnS se observó en una posición de 1/4 del espesor de la chapa (una posición que es 1/4 de profundo de espesor de la chapa desde la superficie) y en la parte central del espesor de la chapa del acero estampado en caliente. Como resultado, se encontró que una fracción de área del MnS que tiene un diámetro de círculo equivalente de 0,1  $\mu\text{m}$  a 10  $\mu\text{m}$  sea 0,01 % o menos, y, como se ilustra en la FIG. 3, que se satisfaga una expresión (d) siguiente es preferible para obtener de forma favorable y estable  $TS \times \lambda \geq 50\,000 \text{ MPa}\cdot\%$ .

$n_2 / n_1 < 1,5$  (d)

Aquí,  $n_1$  representa una densidad en número (densidad en número promedio) (granos/10 000  $\mu\text{m}^2$ ) del MnS que tiene el diámetro de círculo equivalente de 0,1  $\mu\text{m}$  a 10  $\mu\text{m}$  por área de unidad en 1/4 de parte del espesor de chapa del acero estampado en caliente, y  $n_2$  representa una densidad en número (densidad en número promedio) (granos/10 000  $\mu\text{m}^2$ ) del MnS que tiene el diámetro de círculo equivalente de 0,1  $\mu\text{m}$  a 10  $\mu\text{m}$  por área de unidad en la parte central del espesor de chapa del acero estampado en caliente.

Una razón para que la conformabilidad mejore en un caso en el que la fracción de área del MnS de 0,1  $\mu\text{m}$  a 10  $\mu\text{m}$  sea 0,01 % o menos consiste en considerar que, cuando se lleva a cabo una prueba de expansión de orificios, si hay MnS que tiene el diámetro de círculo equivalente de 0,1  $\mu\text{m}$  o más, dado que la tensión se concentra en las inmediaciones de los mismos, es probable que se produzcan grietas. Una razón para no contar con MnS que tenga un diámetro de círculo equivalente menor de 0,1  $\mu\text{m}$  es que el efecto de la concentración de tensiones es pequeño, y una razón para no contar con MnS que tenga el diámetro de círculo equivalente de más de 10  $\mu\text{m}$  es que, el MnS que tiene el diámetro de círculo equivalente de más de 10  $\mu\text{m}$  no es originalmente adecuado para el trabajo. Además, cuando la fracción del área del MnS que tiene el diámetro de círculo equivalente de 0,1  $\mu\text{m}$  a 10  $\mu\text{m}$  supera el 0,01 %, es fácil que se propaguen grietas finas generadas a causa de la concentración de tensiones. Por tanto, hay un caso en el que la capacidad de ensanchamiento de orificios se deteriora. Además, un límite inferior de la fracción del área del MnS no está especificado particularmente, sin embargo, es razonable fijar el límite inferior en 0,0001 % o más, puesto que fijar el límite inferior en menos de 0,0001 % teniendo en cuenta el método de medida descrito a continuación, una limitación de un aumento y un campo visual, y una cantidad original de Mn o de S, así como una capacidad de tratamiento de desulfuración tienen un efecto en la productividad y los costes.

Cuando la fracción del área del MnS que tiene un diámetro de círculo equivalente de 0,1  $\mu\text{m}$  a 10  $\mu\text{m}$  en el acero estampado en caliente es más de 0,01 %, como se describió anteriormente, es probable que la conformabilidad se degrade debido a la concentración de tensiones. Un valor de  $n_2 / n_1$  que es 1,5 o más en el acero estampado en caliente representa que una densidad en número del MnS en la parte central del espesor de la chapa de acero estampado en caliente es 1,5 o más veces la densidad en número del MnS en 1/4 de la parte del espesor de la chapa del acero 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. En la realización, el diámetro de círculo equivalente y la densidad en número del MnS se midieron con un microscopio electrónico de barrido por emisión de campo (Fe-SEM) fabricado por JEOL Ltd. El aumento fue 1000 veces, y el área de medición del campo visual se fijó en 0,12  $\times$  0,09  $\text{mm}^2$  (= 10 800  $\mu\text{m}^2 \approx 10\,000 \mu\text{m}^2$ ). Se observaron 10 campos visuales en la posición de 1/4 parte del espesor de la chapa desde la superficie (la 1/4 parte del espesor de la chapa), y se observaron 10 campos visuales en la parte central del espesor de la chapa. La fracción del área del MnS fue calculada con programas (software) de análisis de partículas. En la realización, se observó el MnS en la chapa de acero laminada en frío para estampar en caliente además del acero estampado en caliente. Como resultado, se encontró que una forma del MnS formado antes del estampado en caliente (en la chapa de acero laminada en frío para estampado en caliente) no cambió incluso en el acero estampado en caliente (después del estampado en caliente). La FIG. 3 es una vista que ilustra una relación entre un  $n_2 / n_1$  y  $TS \times \lambda$  del acero estampado en caliente y también ilustra una evaluación de los resultados de medidas de la densidad en número del MnS en 1/4 parte del espesor de chapa y en la parte central del espesor de chapa de la chapa de acero laminada en frío para estampado en caliente usando el mismo índice que para el acero estampado en caliente. En la FIG. 3, un símbolo de referencia para después del estampado en caliente indica el acero estampado en caliente, y un símbolo de referencia para antes del estampado en caliente indica la chapa de acero laminada en frío para el estampado en caliente. Como se ilustra en la FIG. 3, la  $n_2 / n_1$  (una relación del MnS entre 1/4 parte del espesor de chapa y la parte central del espesor de chapa) de la chapa de acero laminada en frío para estampado en caliente y del acero estampado en caliente son casi iguales. Esto se debe a que la forma del MnS no cambia a una temperatura de calentamiento del estampado en caliente.

El acero estampado en caliente según la realización se obtiene, por ejemplo, calentando la chapa de acero laminada en caliente según realización a 750 °C hasta 1000 °C a la velocidad de aumento de temperatura de 5 °C/segundo a 500 °C/segundo, formando (elaborando) la chapa de metal durante 1 segundo a 120 segundos, y enfriando la chapa de metal a un intervalo de temperatura de 20 °C a 300°C a una velocidad de enfriamiento de 10 °C/segundo a 1000 °C/segundo. Una chapa estampada en caliente obtenida tiene una resistencia a la tracción de 1500 MPa a 2200 MPa, y se puede obtener un efecto de mejora significativa en la conformabilidad, en particular, en una chapa de acero que tenga una alta resistencia de aproximadamente 1800 MPa a 2000 MPa.

Es preferible formar una capa galvanizada, por ejemplo, una capa galvanizada por inmersión en caliente, una capa con galvanizado recocido, una capa electrogalvanizada, o una capa aluminizada sobre el acero estampado en caliente de acuerdo a la realización y en términos de prevención a la oxidación. En el caso que se forme un recubrimiento sobre el acero estampado en caliente, una capa recubierta no cambia según la condición de estampado en caliente descrita anteriormente, y por tanto se puede formar un recubrimiento sobre la chapa de acero laminada en frío para el estampado en caliente. Incluso cuando se forme el recubrimiento anteriormente descrito sobre el acero estampado en caliente, los efectos de la realización no se ven afectados. Los recubrimientos anteriormente descritos pueden formarse con un método bien conocido.

En adelante, se describirán un método para producir la chapa de acero laminada en frío según la realización y el acero

estampado en caliente según la realización obtenido mediante el estampado en caliente de la chapa de acero laminada en frío.

Al producir la chapa de acero laminada en frío según la realización, como condición normal, un acero fundido, que se ha fundido con objeto de tener la composición química anteriormente descrita, es colado continuamente con un convertidor, produciendo, de este modo, una plancha. En el colado continuo, cuando la velocidad de colado es rápida, un precipitado de Ti y similares se vuelven demasiado finos. Por otra parte, cuando la velocidad de colado es lenta, la productividad se deteriora y, en consecuencia, el precipitado anteriormente descrito se engrosa para que el número de partículas disminuya, y se da el caso de que otras características, como una fractura retardada, no pueden controlarse. Por tanto, la velocidad de colado es deseablemente de 1,0 m/minuto a 2,5 m/minuto.

La plancha después del fundido y el colado puede depender de un laminado en caliente como colado. De forma alternativa, en un caso en el que la plancha se haya enfriado a menos de 1100 °C, es posible volver a calentar la plancha a 1100 °C hasta 1300 °C en un horno de túnel o similar y someter la plancha a laminado en caliente. Cuando la temperatura de la plancha, durante el laminado en caliente, 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 la chapa de acero a la cual se añaden Ti y Nb, 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 la plancha es mayor que 1300 °C, la generación de escamas se vuelve elevada, y hay preocupación de que pueda ser imposible hacer que la calidad de la superficie de la chapa de acero sea favorable.

Además, para reducir la fracción del área del MnS, cuando [Mn] representa la cantidad de Mn (% en masa) y [S] representa la cantidad de S (% en masa) en el acero, se prefiere para una temperatura T (°C) de un horno de calentamiento antes de llevar a cabo el laminado en caliente, un tiempo en horno t (minutos), y que [Mn] y [S] satisfagan la siguiente expresión (g) como se ilustra en la FIG. 6.

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

Cuando un valor de  $T \times \ln(t) / (1,7 \times [\text{Mn}] + [\text{S}])$  es igual o menor que 1500, la fracción del área del MnS se hace grande, y hay un caso en el que una diferencia entre el número del MnS en la 1/4 parte del espesor de la chapa y el número del MnS 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 transcurrido desde una inserción de la plancha en el horno de calentamiento caliente hasta una extracción de la plancha del horno de calentamiento. Puesto que el MnS no cambia incluso después del laminado en caliente o el estampado en caliente como se ha descrito anteriormente, se prefiere que satisfaga la expresión (g) durante el calentamiento de la plancha. El anteriormente descrito ln representa un logaritmo natural.

A continuación, el laminado en caliente se lleva a cabo según un método convencional. En este punto, la temperatura de acabado (la temperatura final del laminado en caliente) se fija en una temperatura Ar3 hasta 970 °C y se lleva a cabo el laminado en caliente en la plancha. Cuando la temperatura de acabado es menor que la temperatura Ar3, hay preocupación de que el laminado pueda convertirse en un laminado en la región bifásica de la ferrita ( $\alpha$ ) y la austenita ( $\gamma$ ) y 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, una fracción de la ferrita se hace más pequeña, y hay preocupación de que pueda degradarse el alargamiento.

La temperatura Ar3 puede estimarse desde un punto de inflexión después de llevar a cabo una prueba Formastor y de medir un cambio en la longitud de un espécimen de ensayo en respuesta a un cambio en la temperatura.

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°C. 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 del alargamiento, algo no preferible.

Por otra parte, un límite superior de la velocidad de enfriamiento no se especifica particularmente y se fija deseablemente en aproximadamente 500 °C/segundo desde un punto de vista de una especificación de la instalación, pero no está limitado a esta.

Después del bobinado, se lleva a cabo un decapado, y se lleva a cabo laminado en frío. En este punto, tal como ilustra la FIG. 4, el laminado en frío se lleva a cabo bajo una condición en la que se satisface la expresión (e) siguiente para obtener un intervalo que satisfaga la expresión (b) anteriormente descrita. Cuando se lleva a cabo el laminado descrito anteriormente, y después el recocido, el enfriamiento y similares se realizan en las condiciones descritas a continuación,  $TS \times \lambda \geq 50\,000 \text{ MPa} \cdot \%$  puede obtenerse en la chapa de acero laminada en frío antes del estampado en caliente, y además, es posible garantizar  $TS \times \lambda \geq 50\,000 \text{ MPa} \cdot \%$  en el acero laminado en caliente para el que se usa la chapa de acero laminada en frío. Paralelamente, el laminado en frío se lleva a cabo deseablemente con un conjunto de trenes de laminado en el que están dispuestos en línea una pluralidad de trenes de laminado, y la chapa de acero se lamina de forma continua en una única dirección, obteniendo de este modo un espesor predeterminado.

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

Aquí, «ri (i=1, 2 o 3)» representa una reducción por laminado en frío objetivo (%) individual en la i-ésima estación (i = 1, 2, 3) en base a una estación más alta en el laminado en frío, y r representa una reducción por laminado en frío objetivo total (%) en el laminado en frío.

5 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, y es un porcentaje de la reducción acumulada (una diferencia entre el espesor de la chapa en la entrada de una primera pasada y el espesor de la chapa en la salida después de una pasada final) con respecto a la base anteriormente descrita.

10 Cuando se lleva a cabo el laminado en frío bajo una condición en la que se satisface la expresión (e) anteriormente descrita, es posible dividir suficientemente la perlita en el laminado en frío incluso 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. Por tanto, resulta fácil obtener una estructura en la que se satisfagan la expresión (b) y la 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, y la perlita grande es probable que permanezca. Como resultado, no es posible formar la martensita, con una forma deseada en el proceso de recocido.

15 Además, los autores de la invención encontraron que, en la chapa de acero laminada en frío que había sido sometida a un laminado que satisfacía la expresión (e), fue posible mantener la 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 el alargamiento o el ensanchamiento de orificios se volvió ventajoso. En un caso en el que la chapa de acero laminada en frío para estampado en caliente según la realización se calentó hasta una región de austenita a través del estampado en caliente, la fase dura que incluye la martensita se transforma en austenita con una alta concentración de C, y la fase de ferrita se transforma en austenita con una baja concentración de C. Cuando la austenita se enfría después, la austenita forma una fase dura que incluye martensita. Es decir, cuando se lleva a cabo el estampado en caliente en la chapa de acero para estampado en caliente que tiene la dureza de la martensita a fin de satisfacer la expresión (e) (a fin de realizar la anteriormente descrita H2 / H1 en un intervalo predeterminado), la anteriormente descrita H2 / H1 alcanza un intervalo predeterminado incluso después del estampado en caliente, y la conformabilidad se vuelve excelente después del estampado en caliente.

20 En la realización, r, r1, r2 y r3 son las reducciones por laminado en frío objetivo. En general, se controlan la reducción por laminado en frío objetivo y una reducción por laminado en frío real a fin de llevar sustancialmente al mismo valor, mientras se lleva a cabo el laminado en frío. No se prefiere llevar a cabo el laminado en frío objetivo después de hacer innecesariamente diferente la reducción por laminado en frío real de la reducción por laminado en frío objetivo y una reducción por laminado en frío real, es posible considerar que la realización se lleva a cabo cuando la reducción por laminado en frío real satisface la expresión (e). La reducción por laminado en frío real converge preferiblemente dentro de ±10 % de la reducción por laminado en frío.

25 Después del laminado en frío, se lleva a cabo el recocido. Cuando el recocido se lleva a cabo, se provoca una recristalización en la chapa de acero, y se forma la martensita deseada. Con respecto a la temperatura de recocido, se prefiere llevar a cabo el recocido calentando la chapa de acero hasta un intervalo de 700 °C a 850 °C, de acuerdo al método convencional, y enfriar la chapa de acero hasta 20 °C o a una temperatura a la cual se lleva a cabo un tratamiento de la superficie tal como el galvanizado por inmersión en caliente. Cuando el recocido se lleva a cabo en el intervalo anteriormente descrito, es posible garantizar una fracción deseable de la ferrita y una fracción de área deseable de la martensita para obtener 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 × λ.

30 Otras condiciones de temperatura de recocido no se especifican de forma particular, pero un límite inferior de un tiempo de mantenimiento de 700 °C a 850 °C es preferiblemente 1 segundo o más para obtener de forma fiable una estructura predeterminada, por ejemplo, aproximadamente 10 minutos con tal de que la productividad no se vea perjudicada. Es preferible determinar apropiadamente la velocidad de aumento de temperatura a 1 °C/segundo hasta un límite superior de una capacidad de la instalación, por ejemplo, 1000 °C/segundo, y determinar apropiadamente la velocidad de enfriamiento a 1 °C/segundo hasta el límite superior de la capacidad de la instalación, por ejemplo, 500 °C/segundo. El templado por laminado en frío se lleva a cabo con un método convencional. Una relación de alargamiento del templado por laminado en frío es, generalmente, de aproximadamente el 0,2 % al 5 %, y se prefiere cuando se evita un alargamiento en un punto de fluencia y la forma de la chapa de acero puede corregirse.

35 En una condición de la presente invención, cuando [C] representa la cantidad de C (% en masa), [Mn] representa la cantidad de Mn (% en masa), [Si] representa la cantidad de Si (% en masa) y [Mo] representa la cantidad de Mo (% en masa) en el acero, la temperatura de bobinado CT en un proceso de bobinado preferiblemente satisface la expresión (f) siguiente.

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

5 Cuando la temperatura de bobinado CT es menor que  $560 - 474 \times [C] - 90 \times [Mn] - 20 \times [Cr] - 20 \times [Mo]$ , es decir,  $CT - (560 - 474 \times [C] - 90 \times [Mn] - 20 \times [Cr] - 20 \times [Mo])$  es menor que cero tal como se ilustra en la FIG. 5A, la martensita se forma en exceso, y la chapa de acero se hace demasiado dura tal que hay un caso en el que se hace difícil el laminado en frío posterior. Por otro lado, cuando la temperatura de bobinado CT es mayor que  $830 - 270 \times [C] - 90 \times [Mn] - 70 \times [Cr] - 80 \times [Mo]$ , es decir,  $CT - (830 - 270 \times [C] - 90 \times [Mn] - 70 \times [Cr] - 80 \times [Mo])$  es mayor que cero tal como se ilustra en la FIG. 5B, es probable que se forme una estructura en bandas que incluye la ferrita y la perlita. 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 proceso de recocido posterior se degrada, y se hace difícil satisfacer la expresión (b) anteriormente descrita. Además, se da un caso en el que resulta difícil la formación de martensita en una cantidad suficiente.

10 Cuando se satisface la expresión (f), la ferrita y la fase dura tienen una forma de distribución ideal antes del estampado en caliente tal como se ha descrito anteriormente. Además, en este caso, el C y similares probablemente se difundan de manera uniforme después de llevar a cabo el calentamiento en el estampado en caliente. Por tanto, la forma de distribución de la dureza de la martensita en el acero estampado en caliente se vuelve aproximadamente ideal. Cuando es posible garantizar de forma más fiable la estructura metalográfica anteriormente descrita satisfaciendo la expresión (f), el acero estampado en caliente se vuelve excelente en términos de conformabilidad.

15 Además, para mejorar la capacidad en prevención de oxidación, también es preferible incluir un proceso de galvanizado por inmersión en caliente en el que se forma una capa galvanizada por inmersión en caliente entre un proceso de recocido y el proceso de templado por laminado en frío, y formar la capa galvanizada por inmersión en caliente sobre una superficie de la chapa de acero laminada en frío. Además, también se prefiere incluir un proceso aleante en el que se forme una aleación entre el proceso de galvanizado por inmersión en caliente y el proceso de templado por laminado para obtener una capa con galvanizado recocido mediante la aleación de la capa galvanizada por inmersión en caliente. En un caso en el que se lleve a cabo la aleación, 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 puede llevarse a cabo sobre la superficie.

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

25 Después de la serie de tratamientos anteriormente descritos, el estampado en caliente se lleva a cabo sobre la chapa de acero laminada en frío obtenida para estampado en caliente, produciendo, de este modo, un acero estampado en caliente. En un 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  $750\text{ }^{\circ}\text{C}$  a  $1000\text{ }^{\circ}\text{C}$  a la velocidad de aumento de temperatura de  $5\text{ }^{\circ}\text{C/segundo}$  a  $500\text{ }^{\circ}\text{C/segundo}$ . Después del calentamiento, la elaboración (formación) se lleva a cabo durante 1 segundo a 120 segundos. Para obtener una alta resistencia, la temperatura de calentamiento es preferiblemente mayor que una temperatura  $Ac_3$ . La temperatura  $Ac_3$  se estimó a partir del punto de inflexión de la longitud del espécimen de ensayo después de llevar a cabo la prueba Formastor. Posteriormente, se prefiere enfriar la chapa de acero a  $20\text{ }^{\circ}\text{C}$  hasta  $300\text{ }^{\circ}\text{C}$  a la velocidad de enfriamiento de, por ejemplo,  $10\text{ }^{\circ}\text{C/segundo}$  a  $1000\text{ }^{\circ}\text{C/segundo}$ . Cuando la temperatura de calentamiento es menor que  $750\text{ }^{\circ}\text{C}$  en el acero estampado en caliente, la fracción de la martensita no es suficiente, y no puede garantizarse la resistencia. Cuando la temperatura de calentamiento es mayor que  $1000\text{ }^{\circ}\text{C}$ , 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, un recubrimiento, en particular, un recubrimiento de cinc existe una preocupación de que el cinc pueda evaporarse y quemarse, lo cual no es preferible. Por tanto, la temperatura de calentamiento en el proceso de estampado en caliente es  $750\text{ }^{\circ}\text{C}$  a  $1000\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Cuando la velocidad de aumento de temperatura es menor que  $5\text{ }^{\circ}\text{C/segundo}$ , puesto que es difícil controlar el calentamiento en el mismo, y la productividad se degrada de forma significativa, se prefiere calentar la chapa de acero a la velocidad de aumento de temperatura de  $5\text{ }^{\circ}\text{C/segundo}$  o más. Por otro lado, un límite superior de la velocidad de aumento de temperatura de  $500\text{ }^{\circ}\text{C/segundo}$  depende de la capacidad de calentamiento actual, pero no es necesario limitarlo a la misma. A la velocidad de enfriamiento menor de  $10\text{ }^{\circ}\text{C/segundo}$ , dado que el control de la misma es difícil, y la productividad también se degrada significativamente, se prefiere enfriar la chapa de acero a la velocidad de enfriamiento de  $10\text{ }^{\circ}\text{C/segundo}$  o más. No se especifica particularmente un límite superior de la velocidad de enfriamiento, pero llega a  $1000\text{ }^{\circ}\text{C/segundo}$  o menos teniendo en cuenta la capacidad de enfriamiento actual. Una razón para llevar a cabo el aumento de la temperatura y la formación de la elaboración dentro de 1 segundo a 120 segundos es evitar la evaporación del cinc y similares en un caso en que la capa galvanizada por inmersión en caliente y similares se formen sobre la superficie de la chapa de acero. Una razón para fijar la temperatura de enfriamiento hasta  $20\text{ }^{\circ}\text{C}$  (la temperatura ambiente) a  $300\text{ }^{\circ}\text{C}$  es garantizar suficientemente la martensita a fin de garantizar la resistencia después del estampado en caliente.

60 De acuerdo con lo que se ha descrito anteriormente, cuando se satisfacen las condiciones antes descritas, es posible producir el acero estampado en caliente en el cual la distribución de dureza o la estructura casi se mantiene incluso

después del estampado en caliente, y, en consecuencia, se garantiza la resistencia y puede obtenerse un ensanchamiento de orificios más favorable.

La FIG. 8 ilustra un diagrama de flujo (procesos S1 a S14) de un ejemplo del método de producción descrito anteriormente.

## 5 Ejemplo

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, después se calentó una plancha en un horno de calentamiento bajo unas condiciones de acuerdo con la Tabla 2 con un método convencional tal como el colado 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 2. Después de esto, se eliminaron las escamas de la superficie de la chapa de acero mediante la realización de decapado, y se fijó el 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 2. Después del laminado en frío, se llevó a cabo el recocido en un horno de recocido continuo a una temperatura de recocido descrita en las Tablas 3 y 4. En una parte de las chapas de acero, se formó además una capa galvanizada por inmersión en caliente en el medio del enfriamiento después de empapado en el horno de recocido continuo, y luego se llevó a cabo una aleación adicional en la parte de las mismas, formando de este modo una capa galvanizada y recocida. Además, se formó una capa electrolgalvanizada o una capa aluminizada sobre la parte de las chapas de acero. Se llevó a cabo un templado por laminado en frío a una relación de alargamiento del 1 % según un método convencional. En este estado, se tomó una muestra para evaluar las cualidades del material y similares de la chapa de acero laminada en frío para estampar en caliente, y se llevó a cabo una prueba de calidad del material o similares. 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 un aumento de temperatura de 10 °C/segundo, la chapa de acero se mantuvo a una temperatura de calentamiento de 850 °C durante 10 segundos, y se enfrió hasta 200 °C o menos a una velocidad de enfriamiento de 100 °C/segundo. Se cortó una muestra de una posición de la FIG. 7 en un artículo moldeado obtenido, se llevaron a cabo la prueba de calidad del material y una observación de la estructura, y se obtuvieron fracciones de las estructuras individuales, una densidad en número del MnS, una dureza, una resistencia a la tracción (TS), un alargamiento (E1), la relación de expansión de orificios ( $\lambda$ ) y similares. Los resultados se describen en las Tablas 3 a 8. Las relaciones de expansión de orificios  $\lambda$  en las Tablas 3 a 6 se obtuvieron con la siguiente expresión (i).

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

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

d: un diámetro de orificio inicial

Respecto a los tipos de recubrimiento en las Tablas 5 y 6, CR representa una chapa de acero laminada en frío sin recubrimiento, GI representa una formación de capa galvanizada por inmersión en caliente, GA representa una formación de capa galvanizada y recocida, EG representa una formación de la capa electrolgalvanizada, y Al representa una formación de capa aluminizada.

Una cantidad de «0» en la Tabla 1 indica que una cantidad es igual a o menor que un límite inferior de medida.

Las determinaciones de G y B en las Tablas 2, 7 y 8 tienen los siguientes significados.

G: se satisface una expresión de condición objetivo.

B: no se satisface la expresión de condición objetivo.

Tabla 1

Tabla 1-1

Símbolo de referencia del tipo de acero	(% en masa)																Nota		
	C	Si	Mn	P	S	N	Al	Cr	Mo	V	Ti	Nb	Ni	Cu	Ca	B		REM	Expresión (g)
A	0,151	0,145	2,01	0,003	0,008	0,0035	0,035	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	18	Componentes de la invención
B	0,158	0,231	1,61	0,023	0,006	0,0064	0,021	0	0	0	0	0	0,3	0	0	0	0	18	Componentes de la invención
C	0,167	0,950	2,12	0,008	0,009	0,0034	0,042	0,12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	41	Componentes de la invención
D	0,178	0,342	1,62	0,007	0,007	0,0035	0,042	0,42	0,15	0	0	0	0	0	0	0	0	19	Componentes de la invención
E	0,186	0,251	1,89	0,008	0,008	0,0045	0,034	0,21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	17	Componentes de la invención
F	0,191	0,256	1,71	0,006	0,009	0,0087	0,041	0	0	0	0	0	0	0,4	0,004	0	0	16	Componentes de la invención
G	0,197	0,321	1,51	0,012	0,008	0,0041	0,038	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	16	Componentes de la invención
H	0,206	0,465	1,52	0,051	0,001	0,0035	0,032	0,32	0,05	0	0	0	0	0	0,003	0	0	19	Componentes de la invención
I	0,214	0,512	2,05	0,008	0,002	0,0035	0,041	0	0	0,03	0	0	0	0	0	0	0	22	Componentes de la invención
J	0,216	0,785	1,62	0,007	0,009	0,0014	0,045	0	0,00	0	0	0	0	0	0	0,0008	0	26	Componentes de la invención
K	0,222	0,412	1,74	0,006	0,008	0,0026	0,034	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	18	Componentes de la invención
L	0,227	0,624	2,11	0,012	0,006	0,0015	0,012	0	0,21	0	0,05	0	0	0	0	0	0	24	Componentes de la invención
M	0,231	0,325	1,58	0,011	0,005	0,0032	0,025	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	14	Componentes de la invención
N	0,236	0,265	2,61	0,009	0,008	0,0035	0,041	0	0,31	0	0	0	0	0	0	0,0012	0	17	Componentes de la invención
O	0,241	0,955	1,74	0,007	0,007	0,0041	0,037	0	0,25	0	0	0	0	0	0	0	0	28	Componentes de la invención
P	0,245	0,210	2,45	0,005	0,008	0,0022	0,012	0,42	0	0	0	0	0	0	0	0	0	15	Componentes de la invención
Q	0,251	0,325	1,84	0,011	0,003	0,0041	0,035	0	0,11	0	0	0,01	0	0	0	0,0010	0	14	Componentes de la invención





Tabla 1-2

Símbolo de referencia del tipo de acero	(% en masa)																	Nota	
	C	Si	Mn	P	S	N	Al	Cr	Mo	V	Ti	Nb	Ni	Cu	Ca	B	REM		Expresión (a)
AA	0,175	0,210	1,85	0,010	0,005	0,0025	0,025	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	17	Componentes de la invención
AB	0,185	0,210	1,84	0,011	0,005	0,0032	0,032	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0008	0	18	Componentes de la invención
AC	0,192	0,150	1,95	0,008	0,003	0,0035	0,035	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0011	0	14	Componentes de la invención
AD	0,175	0,325	1,95	0,008	0,004	0,0034	0,031	0	0,15	0	0	0	0	0	0	0	0	20	Componentes de la invención
AE	0,187	0,256	1,99	0,008	0,002	0,0030	0,031	0	0	0	0	0,01	0	0	0	0,0015	0	17	Componentes de la invención
AF	0,192	0,63	1,85	0,008	0,002	0,0030	0,031	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	16	Componentes de la invención
AG	0,154	0,526	1,85	0,007	0,003	0,0034	0,030	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	29	Componentes de la invención
AH	0,120	0,320	1,65	0,007	0,003	0,0035	0,035	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0006	27	Componentes comparativos
AI	0,321	0,489	2,04	0,003	0,006	0,0009	0,041	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	14	Componentes comparativos
AJ	0,174	0,005	2,22	0,007	0,009	0,0035	0,035	0	0,15	0	0	0	0	0	0	0,0012	0	13	Componentes comparativos
AK	0,189	0,151	1,50	0,008	0,005	0,0034	0,026	0,280	0,32	0	0	0	0	0	0	0,0015	0	38	Componentes comparativos
AL	0,210	0,660	1,21	0,009	0,003	0,0032	0,029	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0000	0	21	Componentes comparativos
AM	0,254	0,050	2,91	0,007	0,004	0,0034	0,036	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	12	Componentes comparativos
AN	0,263	0,321	2,05	0,091	0,003	0,0021	0,034	0,256	0,15	0	0	0,03	0	0	0	0	0	14	Componentes comparativos
AO	0,275	0,154	2,50	0,002	0,025	0,0059	0,034	0	0,25	0	0	0	0,2	0	0	0	0	12	Componentes comparativos
AP	0,245	0,256	1,52	0,011	0,009	0,0145	0,026	0	0	0	0,02	0	0	0	0,003	0	0	11	Componentes comparativos
AQ	0,174	0,012	2,25	0,006	0,004	0,0058	0,003	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	13	Componentes comparativos
AR	0,281	0,150	2,35	0,005	0,003	0,0035	0,074	0	0,20	0	0	0	0	0	0	0	0	11	Componentes comparativos

AS	0,291	0,020	1,54	0,007	0,003	0,0032	0,031	0	0,22	0	0	0	0	0	0	0	0	0,001	0	6	Componentes comparativos
AT	0,294	0,315	1,95	0,005	0,003	0,0020	0,025	0	0	0	0,01	0	0	0	0	0	0	0	0	12	Componentes de la inversión
AU	0,274	0,220	1,84	0,005	0,003	0,0020	0,025	0	0	0	0,01	0	0	0	0	0	0	0	0	11	Componentes de la inversión
AV	0,277	0,201	1,61	0,018	0,003	0,0031	0,031	0	0	0	0,01	0	0	0	0	0	0	0	0	9	Componentes comparativos

ES 2 733 320 T3

Tabla 2

Símbolo de referencia de la prueba	Temperatura del horno de calentamiento (°C)	Tiempo en horno de calentamiento (minutos)	Lado derecho de la expresión (g)	Determinación	Lado izquierdo de la expresión (e)	Determinación	Lado izquierdo de la expresión (f)	CT (°C)	Lado derecho de la expresión (f)	Determinación
1	1200	121	1616	G	1,4	G	308	550	608	G
2	1111	39	1371	B	1,2	G	340	615	642	G
3	1285	205	1502	G	1,1	G	288	555	586	G
4	1156	124	1800	G	1,4	G	318	495	595	G
5	1222	136	1733	G	1,4	G	298	574	595	G
6	1232	127	1887	G	1,2	G	316	631	625	B
7	1256	11	2048	G	1,3	G	331	623	641	G
8	1256	106	1921	G	1,2	G	318	601	611	G
9	1250	205	1665	G	1,6	G	278	554	590	G
10	1206	87	1522	G	1,4	G	313	440	626	G
11	1214	152	1810	G	1,1	G	301	627	615	B
12	1233	182	1524	G	1,2	G	261	550	563	G
13	1198	132	1943	G	1,3	G	310	457	627	G
14	1287	252	1513	G	1,2	G	209	389	508	G
15	1105	201	1498	B	1,5	G	287	541	590	G
16	1285	222	1587	G	1,7	G	217	487	515	G
17	1156	135	1642	G	1,9	G	276	501	589	G
18	1200	185	1730	G	1,6	G	256	244	577	B
19	1232	122	1589	G	1,3	G	269	520	584	G
20	1256	152	1769	G	1,1	G	250	512	561	G
21	1256	155	1506	G	1,2	G	209	489	515	G
22	1250	145	1550	G	1,3	G	246	501	572	G
23	1150	138	1600	G	1,2	G	283	253	596	B
24	1260	182	1528	G	1,4	G	197	485	510	G
25	1148	114	1447	B	1,5	G	236	504	558	G
26	1200	132	1746	G	0,7	B	311	602	616	G
27	1194	71	1525	G	0,8	B	307	514	614	G
28	1163	96	1532	G	0,6	B	293	506	603	G
29	1200	145	1641	G	0,8	B	299	451	595	G
30	1155	152	1595	G	0,9	B	292	554	600	G
31	1187	75	1504	G	0,7	B	302	521	612	G
32	1215	152	1663	G	0,6	B	321	555	622	G
33	1241	132	1939	G	1,2	G	355	511	649	G
34	1250	178	1637	G	1,1	G	224	545	560	G
35	1205	111	1502	G	1,2	G	275	520	571	G
36	1156	127	1513	G	1,2	G	323	510	589	G
37	1109	45	1554	G	1,2	G	352	602	664	G
38	1295	336	1508	G	1,3	G	178	485	500	G
39	1212	124	1535	G	1,2	G	243	540	544	G
40	1297	164	1504	G	1,3	G	202	501	521	G
41	1312	432	2256	G	1,1	G	307	582	627	G
42	1241	162	1645	G	1,1	G	271	389	565	G
43	1254	222	1634	G	1,5	G	211	471	525	G
45	1278	205	2579	G	1,4	G	283	600	613	G
46	1199	210	1766	G	1,3	G	245	502	575	G
47	1185	202	1879	G	1,6	G	265	552	590	G
48	1194	202	2157	G	1,6	G	284	502	610	G

Tabla 3

Símbolo de referencia del tipo de acero	Símbolo de referencia de la prueba	Condición de recocido		Después de recocido y templado por laminado y antes del estampado en caliente (plancha de acero laminada en frío para estampado en caliente)										Fracción de perlitita antes de laminado en frío (%)
		Temperatura de recocido (°C)	TS (MPa)	EL (%)	$\lambda$ (%)	TS x EL (MPa-%)	TS x $\lambda$ (MPa-%)	Fracción de área de ferrita (%)	Fracción de área de martensita (%)	Fracción de área de ferrita + martensita (%)	Fracción de área de austenita retenida (%)	Fracción de área de bainita (%)	Fracción de área de perlitita (%)	
A	1	774	584	32,5	111	18 980	64 824	88	11	99	1	0	0	31
B	2	778	578	28,5	100	16 473	57 800	74	15	89	3	4	4	25
C	3	784	524	30,5	99	15 982	51 876	75	12	87	4	5	4	32
D	4	825	562	33,2	95	18 658	53 390	77	12	89	3	8	0	24
E	5	815	591	29,8	90	17 612	53 190	70	15	85	4	11	0	51
F	6	780	622	27,4	81	17 043	50 382	58	10	68	3	20	9	62
G	7	841	603	31,2	83	18 814	50 049	74	12	86	2	6	6	48
H	8	784	612	30,5	85	18 666	52 020	70	15	85	3	8	4	35
I	9	778	614	28,1	82	17 253	50 348	75	12	87	4	5	4	71
J	10	825	665	30,5	76	20 283	50 540	76	12	88	3	7	2	25
K	11	841	709	23,1	71	16 378	50 339	61	10	71	4	17	8	35
L	12	815	705	25,6	72	18 048	50 760	79	12	91	2	5	2	15
M	13	805	712	24,2	80	17 230	56 960	66	26	92	3	5	0	10
N	14	789	755	28,6	81	21 593	61 155	50	34	84	2	5	9	42
O	15	785	762	29,8	74	22 708	56 388	72	19	91	3	6	0	9
P	18	785	748	25,5	68	19 074	50 864	59	16	87	3	1	9	25
Q	17	841	780	20,1	71	15 678	55 380	78	18	96	0	4	0	31
R	18	845	783	20,1	65	15 738	50 895	41	44	85	4	5	6	51
S	19	789	805	20,4	74	16 422	59 570	42	38	80	4	10	6	46
T	20	785	789	22,2	71	17 516	56 013	44	40	84	3	12	1	18
U	21	805	845	20,2	62	17 069	52 390	41	38	79	5	12	4	22
W	22	778	922	17,4	61	16 043	56 242	41	39	80	4	12	4	15
X	23	804	988	15,5	51	15 314	50 388	42	46	88	2	4	6	45
Y	24	820	1012	17,4	51	17 609	51 612	45	37	82	2	16	0	42
Z	25	836	1252	13,5	45	16 902	56 340	41	48	89	2	9	0	10

Tabla 4

Símbolo de referencia del tipo de acero	Símbolo de referencia de la prueba	Condición de recocido		Después de recocido y templado por laminado y antes del estampado en caliente (plancha de acero laminada en frío para estampado en caliente)										Fracción de área de perlita antes de laminado en frío (%)
		Temperatura de recocido (°C)	TS (MPa)	EL (%)	$\lambda$ (%)	TS x EL (MPa-%)	TS x $\lambda$ (MPa-%)	Fracción de área de ferrita (%)	Fracción de área de martensita (%)	Fracción de área de ferrita + martensita (%)	Fracción de área de austenita retenida (%)	Fracción de área de bainita (%)	Fracción de área de perlita (%)	
AA	26	804	577	27,2	77	15 694	44 429	59	10	69	2	12	17	35
AB	27	775	601	26,8	69	16 107	41 469	64	15	79	0	6	15	32
AC	28	754	513	28,9	74	14 826	37 962	82	12	74	2	5	19	25
AD	29	778	588	23,1	72	13 583	42 336	36	15	51	1	45	3	5
AE	30	780	595	27,9	69	16 601	41 055	73	10	83	2	3	12	66
AF	31	805	616	28,5	64	17 556	39 424	70	9	79	2	10	9	22
AG	32	812	632	28,6	52	18 075	32 864	58	20	78	2	9	11	25
AH	33	768	326	41,9	112	13 659	36 512	95	0	95	3	2	0	2
AI	34	781	1512	8,9	25	13 457	37 800	5	90	95	4	1	0	3
AJ	35	805	635	22,5	72	14 288	45 720	74	22	96	2	2	0	42
AK	36	780	625	31,2	55	19 500	34 375	75	22	97	2	1	0	15
AL	37	784	705	26,0	48	18 330	33 840	42	25	67	1	25	7	2
AM	38	841	795	15,6	36	12 402	28 620	30	52	82	3	10	5	14
AN	39	845	784	19,1	42	14 974	32 928	51	37	88	3	9	0	16
AO	40	826	602	30,5	35	18 361	21 070	68	21	89	4	7	0	22
AP	41	807	586	27,4	66	16 056	38 676	69	21	90	4	6	0	32
AQ	42	845	1254	7,5	25	9405	31 350	11	68	79	4	11	6	22
AR	43	775	1480	9,6	26	14 208	38 480	12	69	81	3	16	0	5
AS	45	845	1152	12,0	42	13 824	48 384	41	35	76	0	23	1	5
AT	48	684	852	16,0	52	13 632	44 304	80	0	80	1	2	17	5
AU	47	912	1355	6,0	33	8130	44 715	5	50	55	1	40	4	5
AV	48	805	1355	6,0	33	8130	44 715	41	48	89	1	10	0	5

Tabla 5

Símbolo de referencia de la prueba	Condición de estampado en caliente	Después de estampado en caliente (acero estampado en caliente)											Tipo de recubrimiento <sup>*)</sup>	Nota
		Temperatura de tratamiento termal (°C)	TS (MPa)	EL (%)	λ (%)	TS x EL (MPa-%)	TS x λ (MPa-%)	Fracción de área de ferrita (%)	Fracción de área de martensita (%)	Fracción de área de ferrita + martensita (%)	Fracción de área de austenita retenida (%)	Fracción de área de bainita (%)		
1	871	1512	8,5	41	12 852	61 992	10	82	92	1	7	0	CR	Ejemplo de invención
2	861	1514	7,6	38	11 506	57 532	12	84	96	0	4	0	GA	Ejemplo de invención
3	825	1612	8,1	37	13 057	59 644	8	81	89	1	5	5	GI	Ejemplo de invención
4	816	1658	7,4	40	12 269	66 320	11	86	97	3	0	0	EG	Ejemplo de invención
5	901	1689	8,4	36	14 188	60 804	9	84	93	1	0	6	AI	Ejemplo de invención
6	778	1745	8,2	37	14 309	64 565	10	82	92	3	5	0	CR	Ejemplo de invención
7	885	1784	7,6	38	13 558	67 792	5	81	86	0	6	8	CR	Ejemplo de invención
8	925	1795	9,2	40	16 514	71 800	0	89	89	3	8	0	GA	Ejemplo de invención
9	955	1812	8,6	35	15 583	63 420	0	94	94	0	6	0	GA	Ejemplo de invención
10	875	1815	9,1	34	16 517	61 710	0	100	100	0	0	0	GA	Ejemplo de invención
11	851	1823	8,4	31	15 313	56 513	0	100	100	0	0	0	GA	Ejemplo de invención
12	864	1855	8,2	36	15 211	66 780	0	97	97	2	0	1	GI	Ejemplo de invención
13	865	1894	7,6	37	14 394	70 078	0	100	100	0	0	0	GA	Ejemplo de invención
14	897	1912	9,2	35	17 590	66 920	5	90	95	0	5	0	GA	Ejemplo de invención
15	880	1894	8,6	36	16 288	68 184	0	100	100	0	0	0	GI	Ejemplo de invención
16	888	1912	8,4	37	16 061	70 744	0	94	94	0	6	0	GA	Ejemplo de invención
17	955	1925	8,2	38	15 785	73 150	3	92	95	3	2	0	GA	Ejemplo de invención
18	856	1945	7,6	40	14 782	77 800	0	100	100	0	0	0	CR	Ejemplo de invención
19	841	1962	9,2	35	18 050	68 670	0	94	94	0	0	6	GA	Ejemplo de invención
20	874	2012	8,6	34	17 303	68 408	0	100	100	0	0	0	GI	Ejemplo de invención
21	884	2015	9,1	31	18 337	62 465	4	95	99	0	0	1	EG	Ejemplo de invención
22	908	2025	7,8	36	15 795	72 900	0	100	100	0	0	0	GA	Ejemplo de invención
23	925	2035	8,6	37	17 501	75 295	10	90	100	0	0	0	AI	Ejemplo de invención
24	901	2145	8,7	35	18 662	75 075	0	87	87	1	10	2	GA	Ejemplo de invención
25	865	2215	8,2	40	18 163	88 600	0	100	100	0	0	0	CR	Ejemplo de invención

Tabla 6

Símbolo de referencia de la prueba	Condición de estampado en caliente	Después de estampado en caliente (acero estampado en caliente)										Tipo de recubrimiento *)	Nota	
		Temperatura de tratamiento termal (°C)	TS (MPa)	EL (%)	λ (%)	TS x EL (MPa-%)	TS x λ (MPa-%)	Fración de área de ferrita (%)	Fración de área de martensita (%)	Fración de área de ferrita + martensita (%)	Fración de área de austenita retenida (%)			Fración de área de bainita (%)
26	849	1754	20,1	26	35 255	45 604	8	77	85	0	5	10	GA	Ejemplo comparativo
27	878	1792	16,1	26	28 851	46 592	5	14	79	0	12	9	CR	Ejemplo comparativo
28	865	1817	15,4	26	27 982	47 242	3	81	84	0	3	13	GA	Ejemplo comparativo
29	825	1823	16,5	27	30 080	49 221	8	76	84	3	11	2	EG	Ejemplo comparativo
30	869	1988	14,9	25	29 621	49 700	6	28	84	0	7	9	GI	Ejemplo comparativo
31	848	1965	13,6	25	26 724	49 125	8	11	85	0	11	4	AI	Ejemplo comparativo
32	876	1512	18,5	25	27 972	37 800	7	74	81	4	7	8	CR	Ejemplo comparativo
33	835	1524	42,5	24	64 770	36 576	22	52	84	10	2	4	GA	Ejemplo comparativo
34	895	2012	8,5	21	17 102	42 252	30	62	92	4	1	3	GA	Ejemplo comparativo
35	888	1812	18,5	26	33 522	47 112	5	85	90	2	5	3	GA	Ejemplo comparativo
36	846	1842	17,2	20	31 682	36 840	0	95	95	2	3	0	GA	Ejemplo comparativo
37	805	1785	16,5	25	29 453	44 625	7	78	85	3	10	2	GI	Ejemplo comparativo
38	863	1812	15,0	26	27 180	47 112	3	92	95	3	2	0	GI	Ejemplo comparativo
39	878	1845	18,2	24	33 579	44 280	0	100	100	0	0	0	GI	Ejemplo comparativo
40	899	2012	17,0	21	34 204	42 252	3	95	95	0	0	5	GI	Ejemplo comparativo
41	905	1744	31,0	22	54 064	36 368	0	100	100	0	0	0	EG	Ejemplo comparativo
42	923	2012	11,1	21	22 333	42 252	11	68	79	4	11	6	AI	Ejemplo comparativo
43	907	2022	10,2	21	20 624	42 462	12	69	81	3	16	0	GA	Ejemplo comparativo
45	845	2014	10,0	20	20 140	40 280	4	78	82	3	13	2	GA	Ejemplo comparativo
46	879	2033	13,0	21	26 429	42 693	4	72	76	0	22	2	GA	Ejemplo comparativo
47	886	2122	9,0	20	19 098	42 440	19	55	74	3	14	9	GA	Ejemplo comparativo
48	914	2066	11,0	24	22 726	49 584	7	86	93	0	5	2	GA	Ejemplo comparativo



Tabla 7

Símbolo de referencia del tipo de acero	Chapa de acero laminada en frío para estampado en caliente		Acero estampado en caliente		Chapa de acero laminada en frío para estampado en caliente		Acero estampado en caliente		Chapa de acero laminada en frío para estampado en caliente				Acero estampado en caliente			
	Lado izquierdo de la expresión (b)	Determinación	Lado izquierdo de la expresión (b)	Determinación	Lado izquierdo de la expresión (c)	Determinación	Fracción de área del MnS de 0,1 µm o más (%)	Fracción de área del MnS de 0,1 µm o más (%)	n1	n2	Lado izquierdo de la expresión (d)	Determinación	n1	n2	Lado izquierdo de la expresión (d)	Determinación
A	1,02	G	1,02	G	16	G	0,005	0,005	10	12	1,2	G	9	12	1,3	G
B	1,03	G	1,03	G	17	G	0,011	0,011	7	12	1,7	B	8	12	1,5	B
C	1,04	G	1,04	G	10	G	0,005	0,007	5	7	1,4	G	5	6	1,2	G
D	1,01	G	1,01	G	18	G	0,006	0,006	9	11	1,2	G	9	10	1,1	G
E	1,06	G	1,06	G	14	G	0,007	0,008	17	18	1,1	G	18	19	1,1	G
F	1,06	G	1,06	G	10	G	0,008	0,003	14	16	1,1	G	12	15	1,3	G
G	1,06	G	1,06	G	11	G	0,004	0,008	7	10	1,4	G	7	10	1,4	G
H	1,03	G	1,03	G	17	G	0,008	0,005	9	10	1,1	G	9	10	1,1	G
I	1,07	G	1,07	G	16	G	0,006	0,006	19	20	1,1	G	20	21	1,1	G
J	1,08	G	1,08	G	10	G	0,007	0,007	26	29	1,1	G	25	26	1,0	G
K	1,09	G	1,09	G	6	G	0,006	0,006	7	8	1,1	G	7	8	1,1	G
L	1,08	G	1,08	G	6	G	0,008	0,008	5	6	1,2	G	5	6	1,2	G
M	1,06	G	1,06	G	8	G	0,009	0,008	12	15	1,3	G	11	15	1,4	G
N	1,07	G	1,07	G	13	G	0,003	0,003	6	8	1,3	G	6	8	1,3	G
O	1,06	G	1,06	G	3	G	0,011	0,011	2	3	1,5	B	2	3	1,5	B
P	1,08	G	1,08	G	18	G	0,007	0,005	4	5	1,3	G	4	5	1,3	G
Q	1,06	G	1,06	G	14	G	0,006	0,006	7	9	1,3	G	7	9	1,3	G
R	1,04	G	1,04	G	13	G	0,008	0,007	16	18	1,1	G	15	18	1,2	G
S	1,02	G	1,02	G	9	G	0,005	0,008	10	12	1,2	G	10	12	1,2	G
T	1,03	G	1,03	G	8	G	0,006	0,004	6	7	1,2	G	6	7	1,2	G
U	1,03	G	1,03	G	8	G	0,007	0,008	8	10	1,3	G	7	9	1,3	G
W	1,05	G	1,05	G	11	G	0,006	0,006	16	20	1,3	G	15	20	1,3	G
X	1,07	G	1,07	G	16	G	0,007	0,007	23	26	1,1	G	22	25	1,1	G
Y	1,06	G	1,06	G	16	G	0,005	0,005	22	28	1,3	G	20	28	1,4	G
Z	1,04	G	1,04	G	15	G	0,012	0,012	20	31	1,6	B	22	32	1,5	B

Tabla 8

Símbolo de referencia del tipo de acero	Chapa de acero laminada en frío para estampado en caliente		Acero estampado en caliente		Chapa de acero laminada en frío para estampado en caliente		Acero estampado en caliente		Chapa de acero laminada en frío para estampado en caliente				Acero estampado en caliente			
	Lado izquierdo de la expresión (b)	Determinación	Lado izquierdo de la expresión (b)	Determinación	Lado izquierdo de la expresión (c)	Determinación	Fracción de área del MnS de 0,1 µm o más (%)	Fracción de área del MnS de 0,1 µm o más (%)	n1	n2	Lado izquierdo de la expresión (d)	Determinación	n1	n2	Lado izquierdo de la expresión (d)	Determinación
AA	1,18	B	1,18	B	22	B	0,009	0,009	13	15	1,2	G	12	15	1,2	G
AB	1,15	B	1,15	B	21	B	0,008	0,008	7	10	1,4	G	8	11	1,4	G
AC	1,2	B	1,19	B	24	B	0,006	0,006	14	19	1,4	G	13	18	1,4	G
AD	1,14	B	1,13	B	22	B	0,007	0,007	6	7	1,2	G	6	7	1,2	G
AE	1,11	B	1,13	B	20	B	0,009	0,009	12	15	1,3	G	12	15	1,3	G
AF	1,12	B	1,14	B	22	B	0,002	0,002	18	23	1,3	G	17	22	1,3	G
AG	1,13	B	1,13	B	23	B	0,003	0,003	6	7	1,2	G	6	7	1,2	G
AH	1,16	B	1,16	B	21	B	0,004	0,004	4	5	1,3	G	4	5	1,3	G
AI	1,23	B	1,18	B	25	B	0,006	0,006	12	14	1,2	G	12	13	1,1	G
AJ	1,21	B	1,21	B	24	B	0,007	0,007	15	17	1,1	G	15	17	1,1	G
AK	1,16	B	1,15	B	21	B	0,006	0,006	11	12	1,1	G	11	12	1,1	G
AL	1,35	B	1,37	B	31	B	0,006	0,006	12	17	1,4	G	12	17	1,4	G
AM	1,32	B	1,32	B	30	B	0,006	0,006	15	21	1,4	G	16	21	1,3	G
AN	1,23	B	1,25	B	25	B	0,008	0,008	10	12	1,2	G	10	11	1,1	G
AO	1,34	B	1,33	B	30	B	0,004	0,004	8	11	1,4	G	8	11	1,4	G
AP	1,05	G	1,04	G	12	G	0,002	0,002	6	8	1,3	G	6	8	1,3	G
AQ	1,04	G	1,05	G	18	G	0,003	0,003	12	15	1,3	G	12	15	1,3	G
AR	1,13	B	1,14	B	26	B	0,002	0,002	23	16	1,1	G	23	25	1,1	G
AS	1,11	B	1,15	B	28	B	0,007	0,007	16	18	1,1	G	15	18	1,2	G
AT	1,25	B	1,27	B	26	B	0,004	0,004	17	19	1,1	G	16	17	1,1	G
AU	1,05	G	1,08	G	17	G	0,003	0,003	18	20	1,1	G	16	18	1,1	G
AV	1,12	B	1,13	B	21	B	0,005	0,005	18	19	1,1	G	17	18	1,1	G

Se encontró desde la Tabla 1 a la 8 que, cuando se satisfacen las condiciones de la presente invención, es posible obtener el acero estampado en caliente para el que se usa la chapa de acero laminada en frío de alta resistencia que satisface  $TS \times \lambda \geq 50\,000 \text{ MPa}\cdot\%$ .

**Aplicabilidad industrial**

- 5 Según la presente invención, puesto que se establece una relación apropiada entre la cantidad del C, la cantidad del Mn y la cantidad del Si, y se proporciona una apropiada dureza medida con un nanoindentador para la martensita, es posible proporcionar el acero estampado en caliente que garantice la resistencia de 1,5 GPa o más, y tenga una capacidad de ensanchamiento de orificios más favorable.

**Breve descripción de los símbolos de referencia**

- |    |      |  |
|----|------|--|
| 10 | S1:  | PROCESO DE FUSIÓN                        |
|    | S2:  | PROCESO DE COLADO                        |
|    | S3:  | PROCESO DE CALENTAMIENTO                 |
|    | S4:  | PROCESO DE LAMINADO EN CALIENTE          |
|    | S5:  | PROCESO DE BOBINADO                      |
| 15 | S6:  | PROCESO DE DECAPADO                      |
|    | S7:  | PROCESO DE LAMINADO EN FRÍO              |
|    | S8:  | PROCESO DE RECOCIDO                      |
|    | S9:  | PROCESO DE TEMPLADO POR LAMINADO EN FRÍO |
|    | S10: | PROCESO DE ESTAMPADO EN CALIENTE         |
| 20 | S11: | PROCESO DE GALVANIZADO                   |
|    | S12: | PROCESO DE ALEADO                        |
|    | S13: | PROCESO DE ALUMINIZADO                   |
|    | S14: | PROCESO DE ELECTROGALVANIZADO            |

**REIVINDICACIONES**

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

C: más de 0,150 % hasta 0,300 %;

Si: de 0,010 % hasta 1,000 %;

5 Mn: de 1,50 % hasta 2,70 %;

P: de 0,001 % hasta 0,060 %;

S: de 0,001 % hasta 0,010 %;

N: de 0,0005 % hasta 0,0100 %; y

Al: de 0,010 % hasta 0,050 %; y

10 opcionalmente uno o más de

B: de 0,0005 % hasta 0,0020 %;

Mo: de 0,01 % hasta 0,50 %;

Cr: de 0,01 % hasta 0,50 %;

V: de 0,001 % hasta 0,100 %;

15 Ti: de 0,001 % hasta 0,100 %,

Nb: de 0,001 % hasta 0,050 %,

Ni: de 0,01 % hasta 1,00 %,

Cu: de 0,01 % hasta 1,00 %,

Ca: de 0,0005 % hasta 0,0050 %; y

20 REM: de 0,0005 % hasta 0,0050 %; y

un equilibrio de Fe e impurezas inevitables,

en 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),

25 una estructura metalográfica consiste en 80 % o más de una martensita en una fracción de área, y 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, 20 % o menos de una ferrita en una fracción de área y menos de 20 % de una bainita en una fracción de área,

TS × λ que es un producto de TS que es una resistencia a la tracción y λ que es una relación de expansión de orificios de 50 000 MPa·% o más, y

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

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

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

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

35 aquí, H1 representa una dureza promedio de la martensita en una porción superficial, H2 representa la dureza promedio de la martensita en una parte central de un espesor de la chapa que es un área que tiene una anchura de ±100 μm en una dirección de espesor desde un centro del espesor de la chapa, y σ<sub>HM</sub> representa una varianza de la dureza de la martensita que existe en la parte central del espesor de la chapa.

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

40 en donde una fracción de área de un MnS que existe en la estructura metalográfica y tiene un diámetro de círculo equivalente de 0,1 μm a 10 μm es 0,01 % o menos, y

se satisface una siguiente expresión (d),

$$n_2 / n_1 < 1,5 \quad (d)$$

aquí,  $n_1$  representa una densidad en número promedio por  $10\,000\ \mu\text{m}^2$  del MnS en 1/4 de parte del espesor de la chapa, y  $n_2$  representa una densidad en número promedio por  $10\,000\ \mu\text{m}^2$  del MnS en la parte central del espesor de la chapa.

- 5
3. El acero estampado en caliente según la reivindicación 1 o 2,  
en donde se forma una capa galvanizada por inmersión en caliente sobre una superficie del mismo.
4. El acero estampado en caliente según la reivindicación 3,  
en donde la capa galvanizada por inmersión en caliente incluye una capa con galvano-recocido.
- 10 5. El acero estampado en caliente según la reivindicación 1 o 2,  
en donde se forma una capa electrolgalvanizada sobre una superficie del mismo.
6. El acero estampado en caliente según la reivindicación 1 o 2,  
en donde se forma una capa aluminizada sobre una superficie del mismo.
7. Un método para producir acero estampado en caliente según la reivindicación 1 o 2, comprendiendo el método:
- 15 colar un acero fundido que tiene una composición química según la reivindicación 1 y obtener un acero; en donde la plancha se enfría a menos de  $1100\ \text{°C}$ ,  
calentar el acero a  $1100\ \text{°C}$  hasta  $1300\ \text{°C}$ ;  
laminar en caliente el acero con una instalación de laminado en caliente que incluye una pluralidad de estaciones, en donde la temperatura final del laminado en caliente se fija a una temperatura de una temperatura Ar3 de  $970\ \text{°C}$ ;
- 20 bobinar el metal después del laminado en caliente,  
en donde, cuando la CT en unidades de  $\text{°C}$  representa una temperatura de bobinado en el bobinado;  
[C] representa una cantidad de C en % en masa, [Mn] representa una cantidad de Mn en % en masa,  
[Cr] representa una cantidad de Cr en % en masa, y [Mo] representa una cantidad de Mo en % en masa en el acero;
- 25 la siguiente expresión (f) se satisface;  
 $560 - 474 \times [C] - 90 \times [Mn] - 20 \times [Cr] - 20 \times [Mo] < CT < 830 - 270 \times [C] - 90 \times [Mn] - 70 \times [Cr] - 80 \times [Mo] \quad (f)$ ;  
decapar el acero después del bobinado;  
laminar en frío el acero después del decapado con un tren de laminado en frío que tiene una pluralidad de estaciones según una condición que satisface la siguiente expresión (e);
- 30 recocer donde el acero se calienta por debajo de  $700\ \text{°C}$  a  $850\ \text{°C}$  y se enfría después del laminado en frío;  
templar por laminado después del recocido; y  
estampar en caliente donde el acero se calienta hasta un intervalo de temperatura de  $750\ \text{°C}$  o más a una velocidad de aumento en temperatura de  $5\ \text{°C/segundo}$  o más, formado dentro del intervalo de temperatura, y enfriado a  $20\ \text{°C}$  hasta  $300\ \text{°C}$  a una velocidad de enfriamiento de  $10\ \text{°C/segundo}$  o más después de templar por laminado,
- 35  $1,5 \times r_1 / r + 1,2 \times r_2 / r + r_3 / r > 1 \quad (e)$   
aquí, cuando  $i$  es 1, 2 o 3,  $r_i$  representa una reducción por laminado en frío en unidad % en una i-ésima estación basado en una estación más alta entre una pluralidad de las estaciones en el laminado en frío, y  $r$  representa una reducción por laminado en frío total en unidad % en el laminado en frío.
8. El método para producir un acero estampado en caliente según la reivindicación 7,  
en donde, cuando T en unidades de  $\text{°C}$  representa una temperatura de calentamiento en el calentamiento, t en unidad minutos representa un tiempo en horno; y
- 40

[Mn] representa una cantidad de Mn en % en masa, y [S] representa una cantidad de S en % en masa en el acero, la siguiente expresión (g) se satisface,

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

9. El método para producir un acero estampado en caliente según la reivindicación 7, que comprende además:
  - 5 galvanizar el acero entre el recocido y el templado por laminado.
10. El método para producir un acero estampado en caliente según la reivindicación 9, que comprende además:
  - alear el acero entre el galvanizado por inmersión en caliente y el templado por laminado.
11. El método para producir un acero estampado en caliente según la reivindicación 7, que comprende además:
  - electrogalvanizar el acero entre el templado por laminado y el estampado en caliente.
- 10 12. El método para producir acero estampado en caliente según la reivindicación 7, que comprende además:
  - aluminizar el acero entre el recocido y el templado por laminado.

FIG. 1

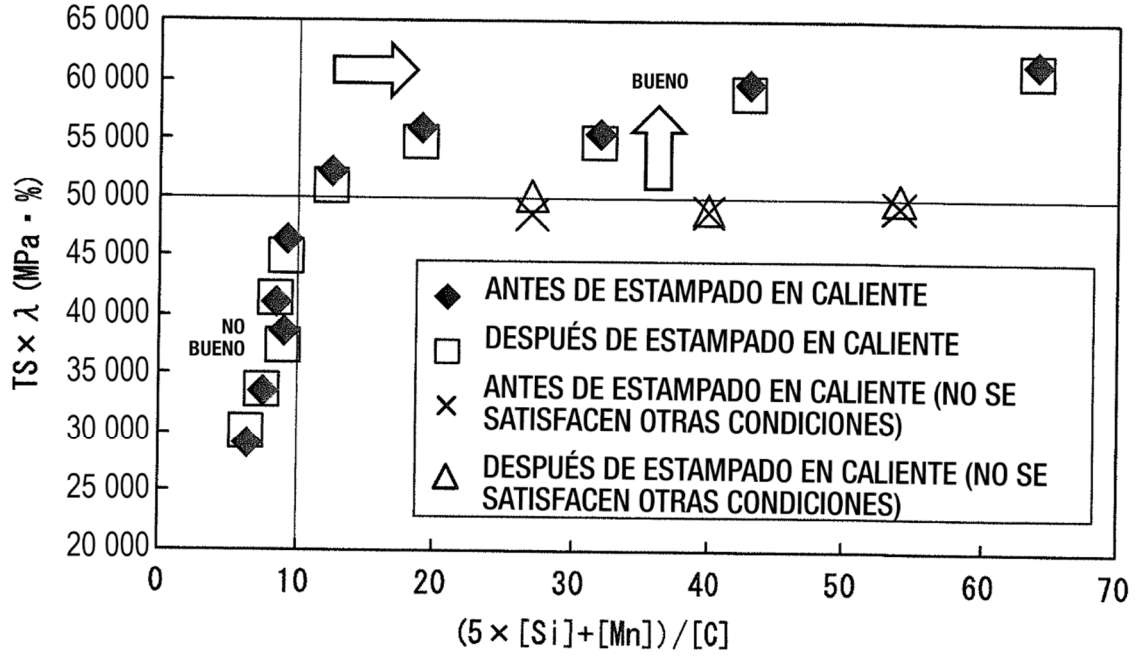


FIG. 2A

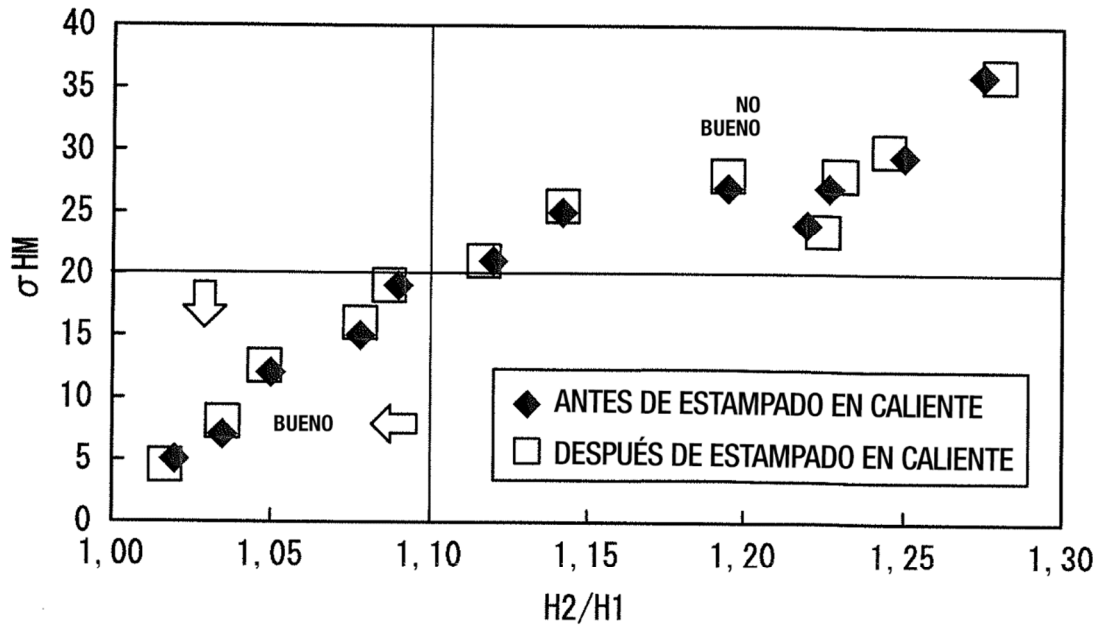


FIG. 2B

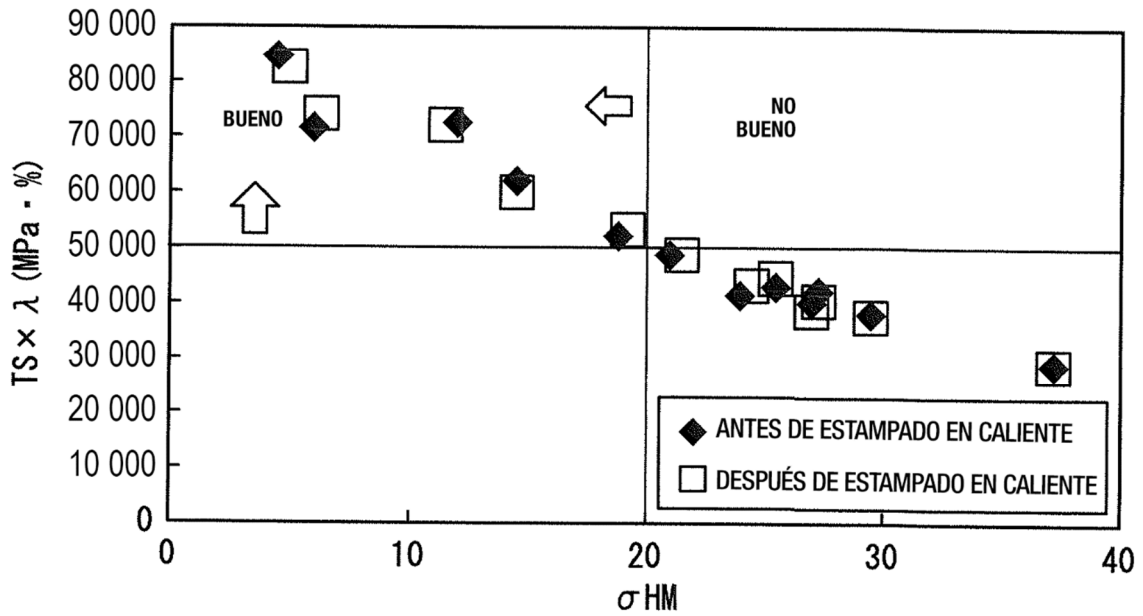




FIG. 3

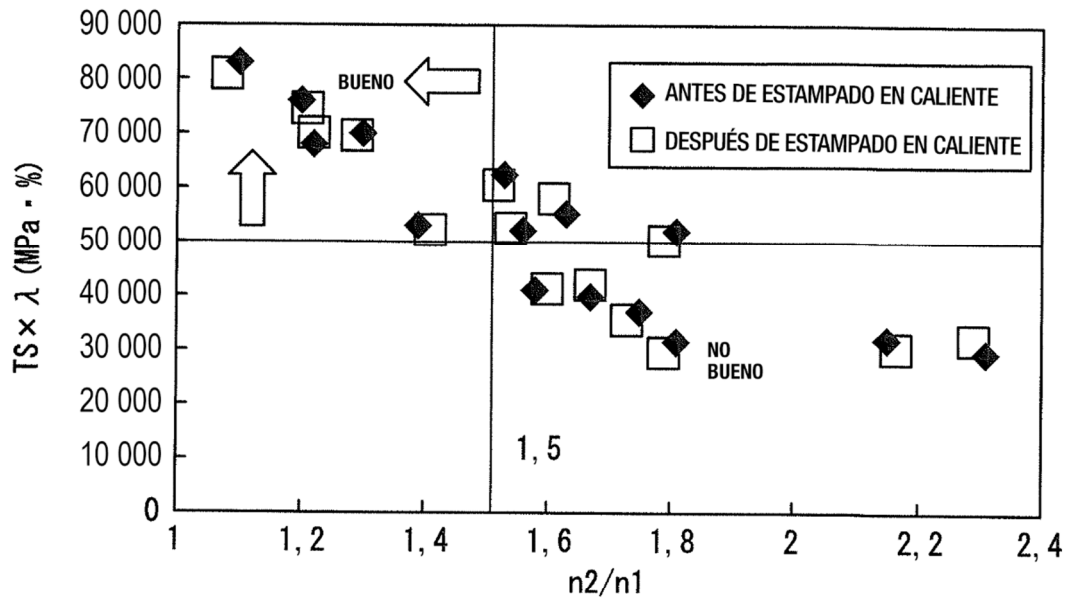


FIG. 4

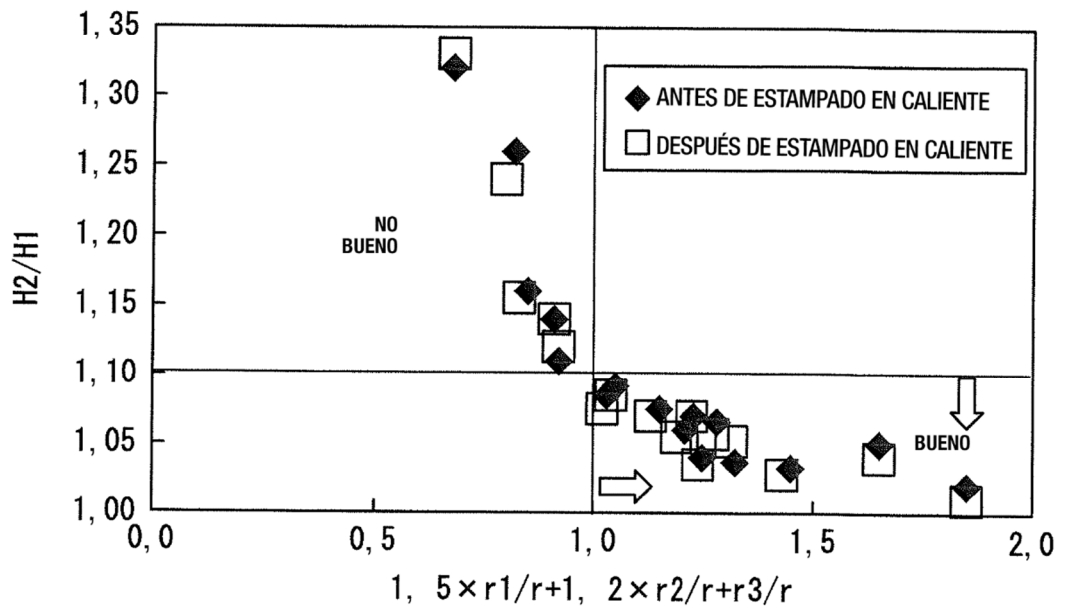


FIG. 5A

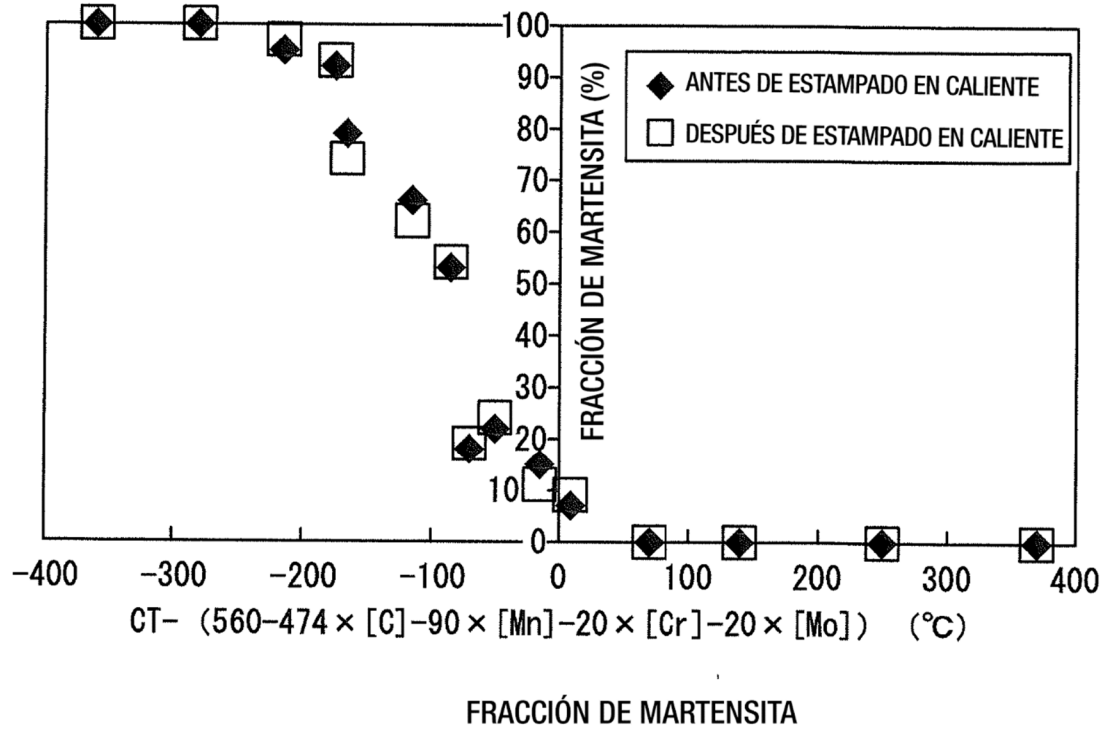


FIG. 5B

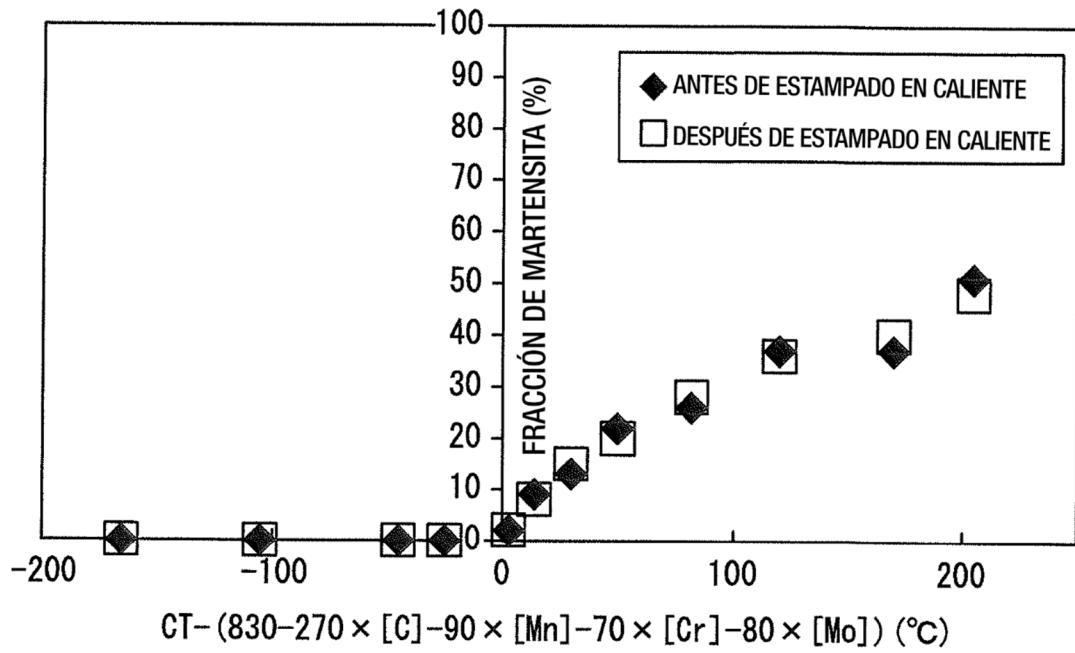


FIG. 6

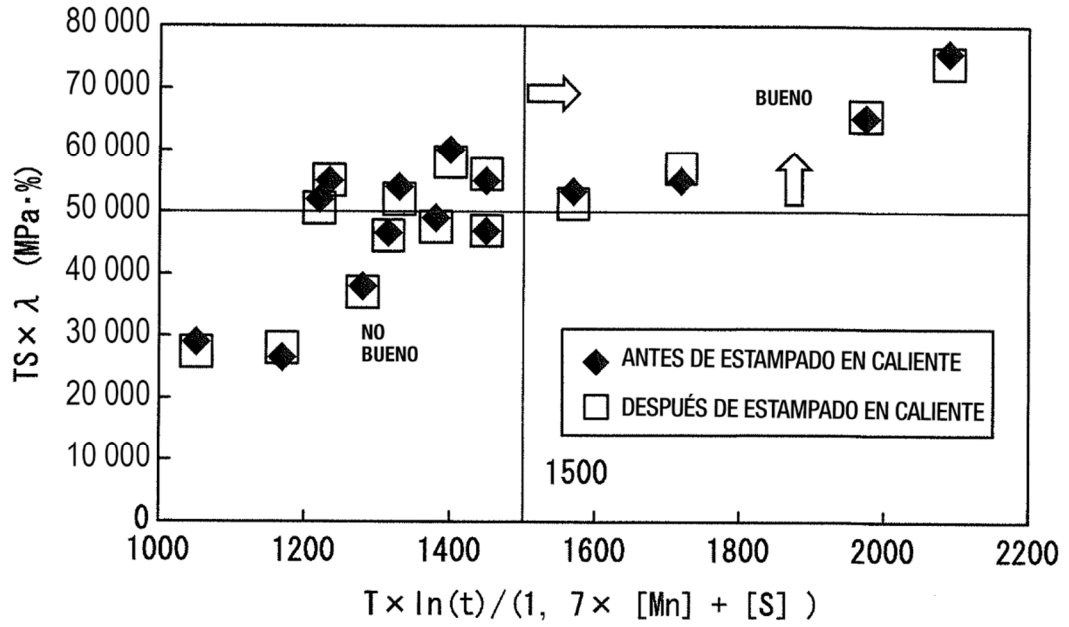


FIG. 7

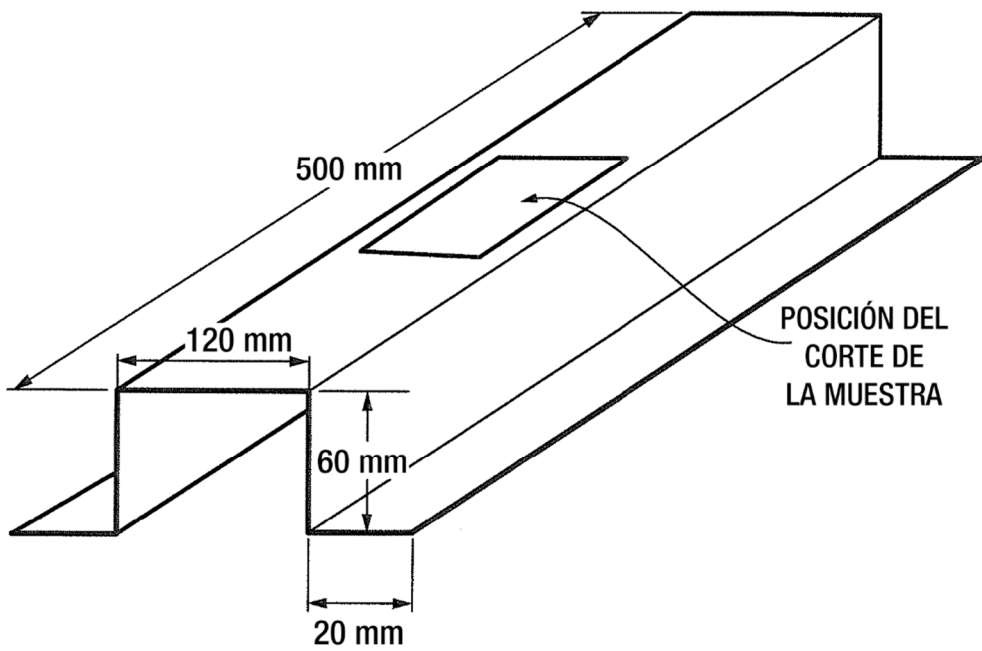


FIG. 8

