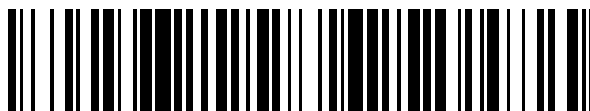


19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 727 684**

51 Int. Cl.:

|                   |           |                   |           |
|-------------------|-----------|-------------------|-----------|
| <b>B21D 22/20</b> | (2006.01) | <b>C22C 38/06</b> | (2006.01) |
| <b>C21D 1/18</b>  | (2006.01) | <b>C22C 38/04</b> | (2006.01) |
| <b>C21D 8/02</b>  | (2006.01) | <b>C22C 38/08</b> | (2006.01) |
| <b>C21D 9/00</b>  | (2006.01) | <b>C22C 38/12</b> | (2006.01) |
| <b>C21D 9/46</b>  | (2006.01) | <b>C22C 38/14</b> | (2006.01) |
| <b>C23C 2/06</b>  | (2006.01) | <b>C22C 38/16</b> | (2006.01) |
| <b>C23C 2/12</b>  | (2006.01) | <b>C22C 38/18</b> | (2006.01) |
| <b>C23C 2/28</b>  | (2006.01) | <b>C22C 38/22</b> | (2006.01) |
| <b>C23C 2/02</b>  | (2006.01) | <b>C22C 38/28</b> | (2006.01) |
| <b>C23C 2/26</b>  | (2006.01) | <b>C22C 38/58</b> | (2006.01) |

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **11.01.2013 PCT/JP2013/050405**
- 87 Fecha y número de publicación internacional: **18.07.2013 WO13105638**
- 96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **11.01.2013 E 13735806 (5)**
- 97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **27.03.2019 EP 2803747**

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

30 Prioridad:

**13.01.2012 JP 2012004549**  
**13.01.2012 JP 2012004864**

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

**17.10.2019**

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 2 727 684 T3

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

**DESCRIPCIÓN**

Chapa de acero laminada en frío y método para producir chapa de acero laminada en frío

Campo técnico de la invención

5 La presente invención se refiere a una chapa de acero laminada en frío que tiene una conformabilidad excelente antes de la estampación en caliente y/o después de la estampación en caliente, y a un método para producir la misma.

Técnica relacionada

10 Recientemente, se requiere que una chapa de acero para un vehículo sea mejorada en términos de seguridad anticolidión y que tenga un peso reducido. En una situación tal, la estampación en caliente (también denominada prensado en caliente, estampación en caliente, temple en troquel, temple en prensa o similar) está llamando la atención como un método para obtener una alta resistencia. La estampación en caliente se refiere a un método de conformación en el que una chapa de acero es calentada a una alta temperatura de, por ejemplo, 700 °C o más, luego, conformado en caliente con el fin de mejorar la conformabilidad de la chapa de acero, y templado mediante enfriamiento después de la conformación, obteniendo así las cualidades de material deseadas. Tal como se describe  
15 arriba, se requiere que una chapa de acero usada para una estructura del cuerpo de un vehículo tenga una conformabilidad a altas presiones y una alta resistencia. Una chapa de acero que tiene una estructura de ferrita y martensita, una chapa de acero que tiene una estructura de ferrita y bainita, una chapa de acero que contiene austenita retenida en una estructura o similar es conocida como una chapa de acero que tiene tanto una conformabilidad en prensa como una alta resistencia. Entre estas chapas de acero, una chapa de acero multifase  
20 que tiene martensita dispersa en una base de ferrita tiene una baja resistencia al alargamiento y una alta resistencia a la tracción y, además, tiene unas excelentes características de alargamiento. Sin embargo, la chapa de acero multifase tiene una expansibilidad de orificio pobre, ya que la tensión se concentra en la interfaz entre la ferrita y la martensita, y es probable que la fractura se inicie desde la interfaz.

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

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

30 La publicación internacional WO2011/132763 A1 y el documento EP2128295 A1 describen una chapa de acero galvanizada en caliente por inmersión.

El documento US2007/0023113 A1 describe una chapa de acero bifásica.

El documento EP2157203 A1 describe una chapa de acero que tiene una estructura de matriz ferrítica y una estructura de fase segunda martensítica y bainítica.

Documento de la técnica anterior

35 Documento de patente

[Documento de patente 1] Solicitud de patente no examinada de Japón, primer N.º de publicación H6-128688.

[Documento de patente 2] Solicitud de patente no examinada de Japón, primer N.º de publicación 2000-319756.

[Documento de patente 3] Solicitud de patente no examinada de Japón, primer N.º de publicación 2005-120436.

[Documento de patente 4] Solicitud de patente no examinada de Japón, primer N.º de publicación 2005-256141.

40 [Documento de patente 5] Solicitud de patente no examinada de Japón, primer N.º de publicación 2001-355044.

[Documento de patente 6] Solicitud de patente no examinada de Japón, primer N.º de publicación H11-189842.

Descripción de la invención

Problemas que se desean solucionar mediante la invención

45 Un objeto de la presente invención es proporcionar una chapa de acero laminada en frío, una chapa de acero laminada en frío galvanizada en caliente por inmersión, una chapa de acero laminada en frío recocida y galvanizada, una chapa de acero laminada en frío electrogalvanizada, y una chapa de acero laminada en frío aluminizada, que son capaces de garantizar una resistencia antes y después de la estampación en caliente y tener una expansibilidad de orificio más favorable, y un método para producir la misma.

Medios para resolver el problema

Los presentes inventores han llevado a cabo estudios intensivos en cuanto a una chapa de acero laminada en frío, una chapa de acero laminada en frío galvanizada en caliente por inmersión, una chapa de acero laminada en frío recocida y galvanizada, una chapa de acero laminada en frío electrogalvanizada, y una chapa de acero laminada en frío aluminizada que garantizaron una resistencia antes de la estampación en caliente (antes del calentamiento para llevar a cabo el temple en un proceso de estampación en caliente) y/o después de la estampación en caliente (después del temple en un proceso de estampación en caliente), y que tienen una conformabilidad excelente (expansibilidad de orificio). Como resultado, se halló que, en cuanto a la composición del acero, cuando se establece una relación apropiada entre la cantidad de Si, la cantidad de Mn y la cantidad de C, una fracción de una ferrita y una fracción de una martensita en la chapa de acero se establecen para fracciones predeterminadas, y la proporción de dureza (diferencia de una dureza) de la martensita entre una parte de superficie de un espesor de chapa y una parte central del espesor de chapa de la chapa de acero y la distribución de la dureza de la martensita en la parte central del espesor de chapa se establecen en intervalos específicos, es posible producir industrialmente una chapa de acero laminada en frío capaz de soportar, en la chapa de acero, una conformabilidad mayor que nunca, esto es, una característica de  $TS \times \lambda \geq 50000 \text{ MPa}\cdot\%$ , esto es, un producto de una resistencia a la tracción TS y una proporción de expansión de orificio  $\lambda$ . Además, se halló que, cuando esta chapa de acero laminada en frío es usada para la estampación en caliente, se obtiene una chapa de acero que tiene una conformabilidad excelente incluso después de la estampación en caliente. Además, también se clarificó que la supresión de una segregación de MnS en la parte central del espesor de chapa de la chapa de acero laminada en frío también es efectiva a la hora de mejorar la conformabilidad (expansibilidad de orificio) de la lámina de acero antes de la estampación en caliente y/o después de la estampación en caliente. Además, también se halló que, en el laminado en frío, un ajuste de una fracción de una reducción por laminado en frío a una reducción por laminado en frío total (reducción de laminado acumulativa) desde la posición más superior hasta una tercera posición basada en la posición más superior dentro de un intervalo específico es efectivo a la hora de controlar una dureza de la martensita. Además, los inventores han hallado una variedad de aspectos de la presente invención tal como se describen abajo. Además, se halló que los efectos no se ven dañados ni siquiera cuando una capa galvanizada en caliente por inmersión, una capa recocida y galvanizada, una capa electrogalvanizada y una capa aluminizada están formadas en la chapa de acero laminada en frío.

- (1) El primer aspecto de la presente invención es una chapa de acero laminada en frío según las reivindicaciones 1 a 3.
- (2) Según otro aspecto de la presente invención, hay provisto un método según las reivindicaciones 4 a 7 para producir una chapa de acero laminada en frío.
- (3) Según un segundo aspecto de la presente invención, hay provista una chapa de acero laminada en frío por estampación en caliente según las reivindicaciones 8 a 13.
- (4) Según otro aspecto de la presente invención, hay provisto un método según las reivindicaciones 14 a 17 para producir una chapa de acero laminada en frío por estampación en caliente.

La chapa estampada en caliente obtenida al usar la chapa de acero de la presente invención tiene un conformabilidad excelente.

Efectos de la invención

Según la presente invención, dado que una relación inapropiada es establecida entre la cantidad de C, la cantidad de Mn y la cantidad de Si, y la dureza de la martensita medida con un nanoindentador es establecida en un valor apropiado, es posible obtener una expansibilidad de orificio más favorable antes de la estampación en caliente y/o después de la estampación en caliente en la chapa estampada en caliente.

Breve descripción de los dibujos

La Fig. 1 es un gráfico que ilustra la relación entre  $(5 \times [\text{Si}] + [\text{Mn}]) / [\text{C}]$  y  $TS \times \lambda$  antes de la estampación en caliente y después de la estampación en caliente.

La Fig. 2A es un gráfico que ilustra una base de una expresión (B) y es un gráfico que ilustra la relación entre  $H2 / H1$  y una  $\sigma_{HM}$  antes de la estampación en caliente y la relación entre  $H21 / H11$  y  $\sigma_{HM1}$  después de la estampación en caliente.

La Fig. 2B es un gráfico que ilustra una base de una expresión (C) y es un gráfico que ilustra la relación entre la  $\sigma_{HM}$  y  $TS \times \lambda$  antes de la estampación en caliente y la relación entre  $\sigma_{HM1}$  y  $TS \times \lambda$  después de la estampación en caliente.

La Fig. 3 es un gráfico que ilustra la relación entre  $n2 / n1$  y  $TS \times \lambda$  antes de la estampación en caliente y la relación entre  $n21 / n11$  y  $TS \times \lambda$  después de la estampación en caliente, y que ilustra una base de una expresión (D).

La Fig. 4 es un gráfico que ilustra la relación entre  $1,5 \times r1 / r + 1,2 \times r2 / r + r3 / r$  y  $H2 / H1$  antes de la estampación

en caliente y la relación entre  $1,5 \times r1 / r + 1,2 \times r2 / 2 + r3 / r$  y  $H21 / H11$  después de la estampación en caliente, y que ilustra una base de una expresión (E).

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 la relación entre la expresión (F) y una fracción de una perlita.

- 5 La Fig. 6 es un gráfico que ilustra la relación entre  $T \times \ln(t) / (1,7 \times [Mn] + [S])$  y  $TS \times \lambda$ , y que ilustra una base de una expresión (G).

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

La Fig. 8A es un diagrama de flujo que ilustra un método para producir la chapa de acero laminada en frío según una realización de la presente invención.

- 10 La Fig. 8B es un diagrama de flujo que ilustra un método para producir la chapa de acero laminada en frío después de la estampación en caliente según otra realización de la presente invención.

#### Realizaciones de la invención

- 15 Tal como se describe arriba, es importante establecer una relación apropiada entre la cantidad de Si, la cantidad de Mn y la cantidad de C y proporcionar una dureza apropiada a una martensita en una posición predeterminada en una chapa de acero con el fin de mejorar la conformabilidad (expansibilidad de orificio). Hasta ahora, no ha habido estudios en cuanto a la relación entre la conformabilidad y la dureza de la martensita en una chapa de acero antes de la estampación en caliente o después de la estampación en caliente.

- 20 En la presente memoria, se describirán razones para limitar una composición química de una chapa de acero laminada en frío antes de la estampación en caliente según una realización de la presente invención (en algunos casos, también denominada como una chapa de acero laminada en frío antes de la estampación en caliente según la presente realización), una chapa de acero laminada en frío después de la estampación en caliente según una realización de la presente invención (en algunos casos, también denominada como una chapa de acero laminada en frío después de la estampación en caliente según la presente realización), y acero usado para su fabricación. En lo sucesivo, "%", esto es, una unidad de una cantidad de un componente individual, indica "%masa".

- 25 C: 0,030 % a 0,150 %.

C es un elemento importante para fortalecer la martensita y aumentar la resistencia del acero. Cuando la cantidad de C es menor de 0,030 %, no es posible aumentar suficientemente la resistencia del acero. En cambio, cuando la cantidad de C excede 0,150 %, la degradación de la ductilidad (elongación) del acero se vuelve significativa.

- 30 Por lo tanto, el intervalo de la cantidad de C se establece de 0,030 % a 0,150 %. En un caso en el que hay una demanda de una alta expansibilidad de orificio, la cantidad de C se establece deseablemente en 0,100 % o menos.

Si: 0,010 % a 1,000 %.

- 35 Si es un elemento importante para suprimir una formación de un carburo perjudicial y obtener una estructura multifase que incluye principalmente una estructura de ferrita y un equilibrio de la martensita. Sin embargo, en un caso en el que la cantidad de Si excede 1,000 %, la elongación o expansibilidad de orificio del acero se degrada, y una propiedad de tratamiento de conversión química también se degrada. Por lo tanto, la cantidad de Si se establece en 1,000 % o menos. Además, aunque el Si es añadido para la desoxidación, un efecto de desoxidación no es suficiente cuando la cantidad de Si es menor de 0,010 %. Por lo tanto, la cantidad de Si se establece en 0,010 % o más.

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

- 40 Al es un elemento importante como un agente desoxidante. Para obtener el efecto desoxidante, la cantidad de Al se establece en 0,010 % o más. En cambio, incluso cuando el Al es añadido de manera excesiva, el efecto arriba descrito se satura y, contrariamente, el acero se vuelve quebradizo. Por lo tanto, la cantidad de Al se establece en un intervalo de 0,010 % a 0,050 %.

Mn: 1,50 % a 2,70 %.

- 45 Mn es un elemento importante para aumentar una endurecibilidad del acero y fortalecer del acero. Sin embargo, cuando la cantidad de Mn es menos de 1,50 %, no es posible aumentar suficientemente la resistencia del acero. En cambio, cuando la cantidad de Mn excede 2,70 %, dado que la endurecibilidad aumenta más de lo necesario, se produce un aumento en la resistencia del acero y, por consiguiente, se degrada la elongación o expansibilidad de orificio del acero. Por lo tanto, la cantidad de Mn se establece en un intervalo de 1,50 % a 2,70 %. En un caso en el que hay una demanda de una alta elongación, la cantidad de Mn se establece deseablemente en 2,00 % o menos.
- 50

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

En un caso en el que la cantidad es grande, P se segrega en un borde de grano, y se deteriora la ductilidad local y la soldabilidad del acero. Por lo tanto, la cantidad de P se establece en 0,060 % o menos. En cambio, dado que una reducción innecesaria de P conduce a un aumento en el coste del refinado, la cantidad de P se establece deseablemente en 0,001 % o más.

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

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

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

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

La chapa de acero laminada en frío según la realización tiene una composición básica que incluye los componentes arriba descritos, Fe como un equilibrio e impurezas inevitables, pero puede contener además cualquiera o más elementos de Nb, Ti, V, Mo, Cr, Ca, REM (metales de tierras raras), Cu, Ni y B como elementos que, hasta ahora, han sido usados en cantidades que son iguales o menores que los límites superiores abajo descritos para mejorar la resistencia, para controlar una forma de un sulfuro o un óxido, y similar. Dado que estos elementos químicos no son necesariamente añadidos a la chapa de acero, los límites inferiores de estos son 0 %.

Nb, Ti y V son elementos que precipitan un carbonitruro fino y fortalecen el acero. Además, Mo y Cr son elementos que aumentan la endurecibilidad y fortalecen el acero. Para obtener estos efectos, es deseable contener 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 de 0,050 %, Ti: más de 0,100 %, V: más de 0,100 %, Mo: más de 0,50 %, y Cr: más de 0,50 %, se satura el efecto que aumenta la resistencia, y hay una preocupación de que se pueden provocar la degradación de la elongación o la expansibilidad de orificio.

El acero puede contener además Ca en un intervalo de 0,0005 % a 0,0050 %. Ca controla la forma del sulfuro o el óxido y mejora la ductilidad local o expansibilidad de orificio. Para obtener este efecto usando Ca, es preferible añadir 0,0005 % o más de Ca. Sin embargo, dado que hay una preocupación de que una adición excesiva puede deteriorar la conformabilidad, el límite superior de la cantidad de Ca se establece en 0,0050 %. Por la misma razón, también para el metal de tierra rara (REM), es preferible establecer el límite inferior de la cantidad en 0,0005 % y un límite superior de la cantidad en 0,0050 %.

El acero puede contener además Cu: 0,01 % a 1,00 %, Ni: 0,01 % a 1,00 % y B: 0,0005 % a 0,0020 %. Estos elementos también pueden mejorar la endurecibilidad y aumentar la resistencia del acero. Sin embargo, para obtener el efecto, es preferible contener Cu: 0,01 % o más, Ni: 0,01 % o más y B: 0,0005 % o más. En un caso en el que las cantidades son iguales a o menores que los valores arriba descritos, el efecto que fortalece el acero es pequeño. En cambio, incluso cuando son añadidos Cu: más de 1,00 %, Ni: más de 1,00 % y B: más de 0,0020 %, el efecto que aumenta la resistencia es saturado, y hay una preocupación de que la ductilidad puede degradarse.

En un caso en el que el acero contiene B, Mo, Cr, V, Ti, Nb, Ni, Cu, Ca y REM, se contienen uno o más elementos. El equilibrio del acero está compuesto de Fe e impurezas inevitables. Elementos distintos de los elementos arriba descritos (por ejemplo, Sn, As y similar) pueden estar además contenidos como impurezas inevitables siempre y cuando los elementos no perjudiquen las características. Además, cuando B, Mo, Cr, V, Ti, Nb, Ni, Cu, Ca y REM son contenidos en cantidades que son menores que los límites inferiores arriba descritos, los elementos son tratados como impurezas inevitables.

Además, en la chapa de acero laminada en frío según la realización, tal como está ilustrado en la Fig. 1, cuando la cantidad de C (% masa), la cantidad de Si (% masa) y la cantidad de Mn (% masa) están representadas por [C], [Si] y [Mn] respectivamente, es importante satisfacer una expresión siguiente (A) (también (H)).

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

Cuando la expresión de arriba (A) es satisfecha antes de la estampación en caliente y/o después de la estampación en caliente, es posible satisfacer una condición de  $\text{TS} \times \lambda \geq 50000 \text{ MPa}\cdot\%$ . Cuando el valor de  $(5 \times [\text{Si}] + [\text{Mn}]) / [\text{C}]$  es 11 o menos, no es posible obtener una expansibilidad de orificio suficiente. Esto se debe a que, cuando la cantidad de C es grande, la dureza de una fase dura se convierte en demasiado alta, la diferencia de dureza (proporción de la dureza) entre la fase dura y una fase blanda se hace grande y, por lo tanto, el valor  $\lambda$  se deteriora y, cuando la cantidad de Si o la cantidad de Mn es pequeña, TS se vuelve baja.

Generalmente, está la martensita, más bien que la ferrita, para dominar la conformabilidad (expansibilidad de orificio) en un acero de fase dual (acero DP). Como resultado de estudios intensivos realizados por los inventores en cuanto a la dureza de la martensita, se clarificó que, cuando la diferencia de dureza (la proporción de la dureza) de la martensita entre una parte de superficie de un espesor de chapa y una parte central del espesor de chapa, y la distribución de la dureza de la martensita en la parte central del espesor de chapa están en un estado predeterminado en una fase de antes de la estampación en caliente, el estado está casi mantenido incluso después del templado en un proceso de estampación en caliente tal como está ilustrado en las Figs. 2A y 2B, y la conformabilidad tal como la elongación o la expansibilidad de orificio se vuelve favorable. Se considera que esto se debe a que la distribución de la dureza de la martensita formada antes de la estampación en caliente sigue teniendo un efecto significativo incluso después de la estampación en caliente, y los elementos de aleación en la parte central del espesor de chapa sigue manteniendo un estado de estar concentrado en la parte central del espesor de chapa incluso después de la estampación en caliente. Esto es, en la chapa de acero antes de la estampación en caliente, en un caso en el que la proporción de dureza entre la martensita en la parte de superficie del espesor de chapa y la martensita en la parte central del espesor de chapa es grande, o una variación de la dureza de la martensita es grande, la misma tendencia es exhibida incluso después de la estampación en caliente. Tal como está ilustrado en las Figs. 2A y 2B, la proporción de dureza entre la parte de superficie del espesor de chapa y la parte central del espesor de chapa en la chapa de acero laminada en frío según la realización antes de la estampación en caliente, y la proporción de dureza entre la parte de superficie del espesor de chapa y la parte central del espesor de chapa en la chapa de acero obtenida estampando en caliente la chapa de acero laminada en frío según la realización, son casi las mismas. Además, similarmente, la variación de la dureza de la martensita en la parte central del espesor de chapa en la chapa de acero laminada en frío según la realización antes de la estampación en caliente, y la variación de la dureza de la martensita en la parte central del espesor de chapa en la chapa de acero obtenida estampando en caliente la chapa de acero laminada en frío según la realización, son casi las mismas. Por lo tanto, la conformabilidad de la chapa de acero obtenida estampando en caliente la chapa de acero laminada en frío según la realización es similarmente excelente para la conformabilidad de la chapa de acero laminada en frío según la realización antes de la estampación en caliente.

Además, en cuanto a la dureza de la martensita medida con un nanoindentador fabricado por Hysitron Corporation con un aumento de 1000 veces, se ha hallado en la presente invención que una expresión (B) siguiente y una expresión (C) (también (I) y (J)) siguientes que son satisfechas antes de la estampación en caliente y/o después de la estampación en caliente son ventajosas para la conformabilidad de la chapa de acero. Aquí, "H1" es la dureza promedio de la martensita en la parte de superficie del espesor de chapa que está dentro de un área que tiene una anchura de 200 μm en una dirección de espesor desde una capa más exterior de la chapa de acero en la dirección de espesor en la chapa de acero antes de la estampación en caliente, "H2" es la dureza promedio de la martensita en un área que tiene una anchura de ± 100 μm en la dirección de espesor desde la parte central del espesor de chapa en la parte central del espesor de chapa en la chapa de acero antes de la estampación en caliente, y "σHM" es la variación de la dureza de la martensita en un área que tiene una anchura de ± 100 μm en la dirección de espesor desde la parte central del espesor de chapa antes de la estampación en caliente. Además, "H11" es la dureza de la martensita en la parte de superficie del espesor de chapa en la chapa de acero laminada en frío para la estampación en caliente antes de la estampación en caliente, "H21" es la dureza de la martensita en la parte central del espesor de chapa, esto es, en un área que tiene una anchura de 200 μm en la dirección de espesor en un centro del espesor de chapa después de la estampación en caliente, y "σHM" es la variación de la dureza de la martensita en la parte central del espesor de chapa después de la estampación en caliente. El H1, H11, H2, H21, σHM y σHM1 son obtenidos respectivamente a partir de mediciones de 300 puntos para cada uno. Un área que tiene una anchura de ± 100 μm en la dirección de espesor desde la parte central del espesor de chapa se refiere a un área que tiene un centro en el centro del espesor de chapa y que tiene una dimensión de 200 μm en la dirección de espesor.

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

$$\sigma HM < 20 \quad (C)$$

$$H21 / H11 < 1,10 \quad (I)$$

$$\sigma HM1 < 20 \quad (J)$$

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

[Expresión 1]

$$\sigma HM = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_{ave} - x_i)^2 \dots (O)$$

55

$x_{ave}$  representa el valor promedio de la dureza, y  $x_i$  representa una dureza  $i$ ésima.

Un valor de H2/H1 de 1,10 o más representa que la dureza de la martensita en la parte central del espesor de chapa es 1,1 o más veces la dureza de la martensita en la parte de superficie del espesor de chapa, y, en este caso,  $\sigma_{HM}$  se vuelve 20 o más tal como está ilustrado en la figura 2A. Cuando el valor de la H2 / H1 es 1,10 o más, la dureza de la parte central del espesor de chapa se vuelve demasiado alta, TS x  $\lambda$  se vuelve menos que 50000 MPa·% tal como está ilustrado en la Fig. 2B, y no se puede obtener una conformabilidad suficiente ni antes del temple (esto es, antes del estampado en caliente) ni después del temple (esto es, después del estampado en caliente). Además, en teoría, hay un caso en el que el límite inferior de la H2 / H1 se vuelve el mismo en la parte central del espesor de chapa y en la parte de superficie del espesor de chapa a menos que se lleve a cabo un tratamiento térmico especial; sin embargo, en un proceso de producción real, a la hora de considerar la productividad, el límite inferior es, por ejemplo, hasta aproximadamente 1,005. Lo que se ha descrito arriba en cuanto al valor de H2 / H1 también tendrá aplicación de una manera similar para el valor de H21 / H11.

Además, la variación  $\sigma_{HM}$  que es 20 o más indica que una dispersión de la dureza de la martensita es grande, y que existen partes en las que la dureza es demasiado alta localmente. En este caso, TS x  $\lambda$  se vuelve menos que 50000 MPa·% tal como está ilustrado en la Fig. 2B, y no se puede obtener una conformabilidad suficiente. Lo que se ha descrito arriba en cuanto al valor de  $\sigma_{HM}$  también tendrá aplicación de una manera similar para el valor de la  $\sigma_{HM1}$ .

En la chapa de acero laminada en frío según la realización, la fracción de área de la ferrita en una estructura metalográfica antes de la estampación en caliente y/o después de la estampación en caliente es de 40 % a 90 %. Cuando la fracción de área de la ferrita es menos del 40 %, no se puede obtener una elongación suficiente o una expansibilidad de orificio suficiente. En cambio, cuando la fracción de área de la ferrita excede 90 %, la martensita se vuelve insuficiente, y no se puede obtener una resistencia suficiente. Por lo tanto, la fracción de área de la ferrita antes de la estampación en caliente y/o después de la estampación en caliente se establece en del 40 % a 90 %. Además, la estructura metalográfica de la chapa de acero antes de la estampación en caliente y/o después de la estampación en caliente también incluye la martensita, una fracción de área de la martensita es del 10 % a 60 %, y un total de la fracción de área de la ferrita y la fracción de área de la martensita es de 60 % o más. Todas o las partes principales de la estructura metalográfica de la chapa de acero antes de la estampación en caliente y/o después de la estampación en caliente están ocupadas por la ferrita y la martensita, y, además, una o más de una perlita, una bainita como resto y una austenita residual pueden estar incluidas en la estructura metalográfica. Sin embargo, cuando la austenita residual permanece en la estructura metalográfica, es probable que se degraden una fragilidad de trabajo secundaria y una característica de fractura retardada. Por lo tanto, es preferible que la austenita residual no esté incluida fundamentalmente; sin embargo, inevitablemente, 5 % o menos de la austenita residual en una relación de volumen puede estar incluido. Puesto que la perlita es una estructura dura y quebradiza, es preferible no incluir la perlita en la estructura metalográfica antes de la estampación en caliente y/o después de la estampación en caliente; sin embargo, hasta 10 % de la perlita en una fracción de área puede estar incluido. Además, la cantidad de la bainita como resto es preferiblemente de 40 % o menos en una fracción de área con respecto a una región que excluye la ferrita y la martensita. Aquí, las estructuras metalográficas de la ferrita, la bainita como resto y la perlita fueron observadas mediante ataque atacado con nital, y la estructura metalográfica de la martensita fue observada mediante ataque con reactivo Le Pera. En ambos casos, una ¼ parte del espesor de chapa fue observado con un aumento de 1 000 veces. La relación de volumen de la austenita residual fue medida con un aparato de difracción por rayos X tras pulir la chapa de acero hasta la ¼ parte del espesor de chapa. La ¼ parte del espesor de chapa se refiere a una parte de ¼ el espesor de la chapa de acero apartada de una superficie de la chapa de acero en una dirección de espesor de la chapa de acero en la chapa de acero.

En la realización, la dureza de la martensita medida con un aumento de 1 000 veces está especificada usando un nanoindentador. Dado que una indentación formada en un test de dureza de Vickers ordinario es mayor que la martensita, según el test de dureza de Vickers, aunque se pueden obtener una dureza macroscópica de la martensita y las estructuras periféricas de esta (ferrita y similar), no es posible obtener la dureza de la martensita en sí. Dado que la conformabilidad (expansibilidad de orificio) se ve significativamente afectada por la dureza de la martensita en sí, es difícil evaluar suficientemente la conformabilidad únicamente con una dureza de Vickers. Por el contrario, en la presente invención, dado que se proporciona una relación apropiada de la dureza de la martensita antes de la estampación en caliente y/o después de la estampación en caliente medida con el nanoindentador, es posible obtener una conformabilidad extremadamente favorable.

Además, en la chapa de acero laminada en frío antes de la estampación en caliente y/o después de la estampación en caliente, como resultado de observar MnS en una ¼ parte del espesor de chapa y en la parte central del espesor de chapa, se halló que es preferible que una fracción de área de la MnS que tiene un diámetro circular equivalente de 0,1  $\mu\text{m}$  a 10  $\mu\text{m}$  es 0,01 % o menos, y, tal como está ilustrado en la Fig. 3, una expresión (D) (también (K)) es satisfecha con el fin de satisfacer favorablemente y de manera estable la condición de TS x  $\lambda \geq 50000$  MPa·% antes de la estampación en caliente y/o después de la estampación en caliente. Cuando la MnS que tiene un diámetro circular equivalente de 0,1  $\mu\text{m}$  o más existe durante un test de expansibilidad de orificio, dado que la presión se concentra en las proximidades de esta, es probable que se produzcan grietas. Una razón por la que no contar con la MnS que tiene el diámetro circular equivalente de menos que 0,1  $\mu\text{m}$  es que la MnS que tiene el diámetro circular equivalente de menos que 0,1  $\mu\text{m}$  afecta poco a la concentración de la presión. Además, una razón por la que no contar con la MnS que tiene el diámetro circular equivalente de más de 10  $\mu\text{m}$  es que la MnS que tiene el tamaño de grano arriba descrito está incluida en una chapa de acero, el tamaño de grano es demasiado grande, y la chapa de acero se vuelve inadecuada para trabajar. Además, cuando la fracción de área de la MnS que tiene un diámetro

circular equivalente de 0,1  $\mu\text{m}$  o más excede de 0,01 %, dado que se vuelve fácil que se propaguen las finas grietas debidas a la concentración de la presión, la expansibilidad de orificio se deteriora más, y hay un caso en el que la condición de  $TS \times \lambda \geq 50000 \text{ MPa} \cdot \%$  no es satisfecha. Aquí, "n1" y "n11" son densidades numéricas de la MnS que tiene el diámetro circular equivalente de 0,1  $\mu\text{m}$  a 10  $\mu\text{m}$  en la  $\frac{1}{4}$  parte del espesor de chapa antes de la estampación en caliente y/o después de la estampación en caliente respectivamente, y "n2" y "n21" son densidades numéricas de la MnS que tiene el diámetro circular equivalente de 0,1  $\mu\text{m}$  a 10  $\mu\text{m}$  en la parte central del espesor de chapa antes de la estampación en caliente y/o después de la estampación en caliente respectivamente.

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

$$n21 / n11 < 1,5 \quad (\text{K})$$

10 Estas relaciones son todas idénticas a la chapa de acero antes de la estampación en caliente y la chapa de acero después de la estampación en caliente.

15 Cuando una fracción de área de la MnS que tiene un diámetro circular equivalente de 0,1  $\mu\text{m}$  a 10  $\mu\text{m}$  es más de 0,01 %, es probable que la conformabilidad se degrade. El límite inferior de la fracción de área de la MnS no está particularmente especificada; sin embargo, 0,0001 % o más de la MnS está presente debido al método de medición abajo descrito, una limitación de un aumento y un campo visual, y una cantidad original de Mn o la S. Además, un valor de una  $n2/n1$  (o una  $n21/n11$ ) que es 1,5 o más representa que una densidad numérica de la MnS que tiene un diámetro circular equivalente de 0,1  $\mu\text{m}$  a 10  $\mu\text{m}$  en la parte central del espesor de chapa es 1,5 o más veces la densidad numérica de la MnS que tiene el diámetro circular equivalente de 0,1  $\mu\text{m}$  a 10  $\mu\text{m}$  en la  $\frac{1}{4}$  parte del espesor de chapa. En este caso, es probable que la conformabilidad se degrade debido a una segregación de la MnS en la parte central del espesor de chapa. En la realización, el diámetro circular equivalente y la densidad numérica de la MnS que tiene el diámetro circular equivalente de 0,1  $\mu\text{m}$  a 10  $\mu\text{m}$  fueron medidos con un microscopio electrónico de escaneo por emisión de campo (Fe-SEM) fabricado por JEOL Ltd. En una medición, un aumento era de 1000 veces, y un área de medición del campo visual fue establecida en  $0,12 \times 0,09 \text{ mm}^2 (= 10800 \mu\text{m}^2 \approx 10000 \mu\text{m}^2)$ . Diez campos visuales fueron observados en la  $\frac{1}{4}$  parte del espesor de chapa, y diez campos visuales fueron observados en la parte central del espesor de chapa. La fracción de área de la MnS que tiene el diámetro circular equivalente de 0,1  $\mu\text{m}$  a 10  $\mu\text{m}$  fue computarizada con un software de análisis de partículas. En la chapa de acero laminada en frío según la realización, una forma (una forma y un número) de la MnS formada antes de la estampación en caliente es la misma antes y después de la estampación en caliente. La Fig. 3 es una vista que ilustra una relación entre la  $n2 / n1$  y  $TS \times \lambda$  antes de la estampación en caliente y una relación entre una  $n21 / n11$  y  $TS \times \lambda$  después de la estampación en caliente, y, según la Fig. 3, la  $n2 / n1$  antes de la estampación en caliente y la  $n21 / n11$  después de la estampación en caliente son casi las mismas. Esto se debe a que la forma de la MnS no cambia a una temperatura de calentamiento de una estampación en caliente, por lo general.

35 Según la chapa de acero que tiene la configuración arriba descrita, es posible realizar una resistencia a la tracción de 500 MPa a 1200 MPa, y se obtiene un efecto significativo que mejora la conformabilidad en la chapa de acero que tiene la resistencia a la tracción de aproximadamente 550 MPa a 850 MPa.

40 Además, una chapa de acero laminada en fría galvanizante en la que la galvanización está formada en la chapa de acero de las presentes invenciones indica la chapa de acero en la que está formada una galvanización, un recocido y galvanizado en caliente por inmersión, una electrogalvanización, una aluminización, o una mezcla de estos en una superficie de la chapa de acero laminada en frío, lo cual es preferible en términos de prevención de la corrosión. Una formación de los revestimientos arriba descritos no perjudica los efectos de la realización. Los revestimientos arriba descritos se pueden llevar a cabo con un método bien conocido.

45 En lo sucesivo, un método para producir la chapa de acero (una chapa de acero laminada en frío, una chapa de acero laminada en frío galvanizada en caliente por inmersión, una chapa de acero laminada en frío recocida y galvanizada, una chapa de acero laminada en frío electrogalvanizada y una chapa de acero laminada en frío aluminizada) será descrito.

50 Al producir la chapa de acero según la realización, como una condición ordinaria, un acero fundido en un convertidor es continuamente fundido, produciendo así un desbaste plano. En la fundición continua, cuando una tasa de fundición es rápida, un precipitado de Ti y similar se vuelve demasiado fino, y, cuando la tasa de fundición es demasiado lenta, una productividad se deteriora, y, en consecuencia, el precipitado arriba descrito se vuelve grande y el número de partículas disminuye, y, así, hay un caso en el que otras características tales como una fractura retardada no pueden controlarse. Por lo tanto, la tasa de fundición es deseablemente de 1,0 m/minuto a 2,5 m/minuto.

55 El desbaste plano después de la fundición puede estar sujeto al laminado en caliente tal y como está. Alternativamente, en un caso en el que el desbaste plano después del refrigerado ha sido enfriado a menos de 1100  $^{\circ}\text{C}$ , es posible recalentar el desbaste plano después de enfriarlo hasta 1100  $^{\circ}\text{C}$  a 1300  $^{\circ}\text{C}$  en un horno de túnel o similar y someter el desbaste plano al laminado en caliente. Cuando una temperatura de desbaste plano es menor de 1100  $^{\circ}\text{C}$ , es difícil garantizar una temperatura de acabado en la laminación en caliente, lo que causa una degradación de la elongación. Además, en la chapa de acero a la que Ti y Nb son añadidos, dado que una



disolución del precipitado se vuelve insuficiente durante el calentamiento, lo cual causa una disminución en una resistencia. En cambio, cuando la temperatura de calentamiento es mayor de 1300 °C, una generación de una escala se vuelve mayor, y hay un caso en el que no es posible hacer favorable una propiedad de superficie de la chapa de acero.

- 5 Además, para reducir la fracción de área de la MnS que tiene el diámetro circular equivalente de 0,1 μm a 10 μm, cuando la cantidad de Mn y la cantidad de S en el acero están respectivamente representadas por [Mn] y [S] por % masa, es preferible que una temperatura T (°C) de un horno de calentamiento antes de llevar a cabo la laminación en caliente, un tiempo en horno t (minutos), [Mn] y [S] que satisfagan una expresión (G) (también (N)) siguiente tal como está ilustrado en la Fig. 6.

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

15 Cuando  $T \times \ln(t) / (1,7 \times [\text{Mn}] + [\text{S}])$  es igual a o menor que 1500, la fracción de área de la MnS que tiene el diámetro circular equivalente de 0,1 μm a 10 μm se vuelve grande, y hay un caso en el que se vuelve grande una diferencia entre la densidad numérica de la MnS que tiene un diámetro circular equivalente de 0,1 μm a 10 μm en la ¼ parte del espesor de chapa y la densidad numérica de la MnS que tiene el diámetro circular equivalente de 0,1 μm a 10 μm en la parte central del espesor de chapa. La temperatura del horno de calentamiento antes de llevar a cabo la laminación en caliente se refiere a una temperatura de extracción en un lado de salida del horno de calentamiento, y el tiempo en horno se refiere a un tiempo transcurrido desde una inserción del desbaste plano dentro del horno de calentamiento caliente hasta una extracción del desbaste plano del horno de calentamiento. Dado que la MnS no cambia ni siquiera después de la estampación en caliente tal como está descrito arriba, es preferible satisfacer la expresión (G) o la expresión (N) en un proceso de calentamiento antes de la laminación en caliente.

20 A continuación, la laminación en caliente es realizada según un método convencional. En este momento, es deseable realizar la laminación en caliente en el desbaste plano a la temperatura de acabado (la temperatura final de la laminación en caliente), la cual se establece en un intervalo de una temperatura Ar<sub>3</sub> en 970 °C. Cuando la temperatura de acabado es menor que la temperatura Ar<sub>3</sub>, la laminación en caliente se vuelve un enrollado de región bifásica (α + γ) (enrollado de región bifásica de la ferrita + la martensita), y hay una preocupación de que la elongación puede degradarse. En cambio, cuando la temperatura de acabado excede 970 °C, un tamaño de grano austenítico se vuelve grande, y la fracción de la ferrita se vuelve pequeña, y, así, hay una preocupación de que la elongación puede degradarse. Una instalación de laminación en caliente puede tener una pluralidad de posiciones.

25 Aquí, la temperatura Ar<sub>3</sub> se estimó a partir de un punto de inflexión de una longitud de una probeta para ensayos después de llevar a cabo un test Formastor.

30 Después de la laminación en caliente, el acero es enfriado a una tasa de enfriamiento promedio de 20 °C/segundo a 500 °C/segundo, y es enrollado a una temperatura de enrollado CT predeterminada. En un caso en el que la tasa de enfriamiento promedio es menos de 20 °C/segundo, es probable que se forme la perlita que causa la degradación de la ductilidad. En cambio, un límite superior de la tasa de enfriamiento no está particularmente especificada y se establece en aproximadamente 500 °C/segundo considerando una especificación de instalación, pero no está limitado a ello.

35 Tras el enrollado, se lleva a cabo el decapado, y se lleva a cabo la laminación en frío. En este momento, para obtener un intervalo que satisfaga la expresión (C) arriba descrita tal como está ilustrado en la Fig. 4, la laminación en frío se lleva a cabo bajo una condición en la que se satisface una expresión (E) (también (L)) siguiente. Cuando las condiciones para el recocido, el enfriado y similar descritos abajo se satisfacen aún más después del enrollado arriba descrito,  $TS \times \lambda \geq 50000 \text{ MPa}\cdot\%$  está garantizado antes de la estampación en caliente y/o después de la estampación en caliente. La laminación en frío se lleva a cabo deseablemente con un laminador de enrollado tándem en el que una pluralidad de laminadores de enrollado están dispuestas linealmente, y la chapa de acero es continuamente enrollada en una única dirección, obteniendo por lo tanto un espesor predeterminado.

40  $1,5 \times r_1 / r + 1,2 \times r_2 / r + r_3 / r > 1,0$  (E)

45 Aquí, la "r<sub>i</sub>" representa una reducción de la laminación en caliente objetivo (%) en una posición i-ésima (i = 1, 2, 3) desde una posición más superior en la laminación en frío, y la "r" representa una reducción de la laminación en caliente objetivo total (%) en la laminación en frío. La reducción de la laminación en frío total es una así denominada reducción acumulativa, y sobre la base del espesor de chapa en una entrada de una primera posición, es un porcentaje de la reducción acumulativa (una diferencia entre el espesor de chapa en la entrada antes de un primer paso y el espesor de chapa en una salida después del paso final) con respecto a la base arriba descrita.

50 Cuando la laminación en frío se lleva a cabo bajo las condiciones en las que la expresión (E) se satisfacen, es posible dividir suficientemente la perlita en la laminación en frío aun cuando existe una perlita grande antes de la laminación en frío. Como resultado, es posible quemar la perlita o suprimir la fracción de área de la perlita a un mínimo por medio del recocido llevado a cabo después de la laminación en frío, y, por lo tanto, se vuelve fácil obtener una estructura en la que se satisfagan una expresión (B) y una expresión (C). En cambio, en un caso en el que la expresión (E) no se satisface, las reducciones de la laminación en frío en las posiciones situadas más arriba no son suficientes, es probable que la perlita grande permanezca, y no es posible formar una martensita deseada en

el recocido siguiente. Además, los inventores hallaron que, cuando la expresión (E) está satisfecha, se mantiene una forma obtenida de la estructura martensítica después del recocido en casi el mismo estado incluso después de haberse realizado el estampado en caliente, y, por lo tanto, la chapa de acero laminada en frío según la realización se vuelve ventajosa en términos de la elongación o la expansibilidad de orificio incluso después de la estampación en caliente. En un caso en el que el acero estampado en caliente para el cual es usada la chapa de acero laminada en caliente para la estampación en caliente según la realización es calentado hasta la región bifásica en la estampación en caliente, una dura fase que incluye la martensita antes de la estampación en caliente se convierte en una estructura austenítica, y la ferrita antes de la estampación en caliente permanece tal como está. El carbono (C) en la austenita no se mueve hacia la ferrita periférica. Tras esto, cuando la expresión (E) se satisface y la H2 / H1 arriba descrita está en un intervalo predeterminado, la H2 / H1 se mantiene incluso después de la estampación en caliente y la conformabilidad se vuelve excelente después de la estampación en caliente.

En la realización, r, r1, r2 y r3 son las reducciones de la laminación en frío objetivo. Generalmente, la laminación en frío se realiza mientras se controla que la reducción de la laminación en frío objetivo y una reducción de la laminación en frío real se conviertan fundamentalmente en el mismo valor. No es preferible llevar a cabo la laminación en frío en un estado en el que se haga que la reducción de la laminación en frío real sea innecesariamente diferente de la reducción de la laminación en frío objetivo. Sin embargo, en un caso en el que hay una gran diferencia entre una reducción de la laminación objetivo y una reducción de la laminación real, es posible considerar que la realización se realiza cuando la reducción de la laminación en frío real satisface la expresión (E). Además, la reducción de la laminación en frío real está situada preferiblemente dentro de  $\pm 10\%$  de la reducción de la laminación en frío objetivo.

Tras la laminación en frío, una recristalización se causa en la chapa de acero llevando a cabo un recocido. Además, en un caso de que se forma una galvanización en caliente por inmersión o un recocido y galvanizado para mejorar la capacidad anticorrosión, una galvanización en caliente por inmersión, o una galvanización en caliente por inmersión y un tratamiento de aleación se realiza en la chapa de acero y, luego, la chapa de acero es enfriada con un método convencional. El recocido y el enfriado forma una martensita deseada. Además, en cuanto a una temperatura de recocido, es preferible llevar a cabo el recocido calentando la chapa de acero a de 700 °C a 850 °C, y enfriar la chapa de acero a una temperatura ambiente o una temperatura a la que se realice un tratamiento de superficie tal como la galvanización. Cuando el recocido se lleva a cabo en el intervalo arriba descrito, es posible garantizar firmemente una fracción de área predeterminada de la ferrita y una fracción de área predeterminada de la martensita, establecer firmemente un total de la fracción de área de la ferrita y la fracción de área de la martensita en 60 % o más, y contribuir a una mejora de TS x  $\lambda$ . Otras condiciones de recocido no están particularmente especificadas, pero un tiempo de espera a de 700 °C a 850 °C es preferiblemente 1 segundo o más siempre y cuando la productividad no se vea perjudicada para obtener de forma fiable una estructura predeterminada, y también es preferible determinar de forma apropiada una tasa de aumento de temperatura en un intervalo de 1 °C/segundo para un límite superior de una capacidad de instalación, y determinar de forma apropiada la tasa de enfriamiento en el intervalo de 1 °C/segundo para el límite superior de la capacidad de instalación. En un proceso de enrollado de endurecimiento, el enrollado de endurecimiento se lleva a cabo con un método convencional. Una relación de elongación dentro de un intervalo en el que se evita una elongación del punto de elasticidad y se puede corregir la forma de la chapa de acero.

Como una condición aún más preferible de la presente invención, cuando la cantidad de C (% masa), la cantidad de Mn (% masa), la cantidad de Cr (% masa) y la cantidad de Mo (% masa) del acero están representadas por [C], [Mn], [Cr] y [Mo] respectivamente, en cuanto a la temperatura de enrollado CT, es preferible satisfacer una expresión (F) (también (M)) siguiente.

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

Tal como está ilustrado en la Fig. 5A, cuando la temperatura de enrollado CT es menos que "560 - 474 x [C] - 90 x [Mn] - 20 x [Cr] - 20 x [Mo]", la martensita se forma excesivamente, la chapa de acero se vuelve demasiado dura, y hay un caso en el que la laminación en frío siguiente se vuelve difícil. En cambio, tal como está ilustrado en la Fig. 5B, cuando la temperatura de enrollado CT excede "830 - 270 x [C] - 90 x [Mn] - 70 x [Cr] - 80 x [Mo]", es probable que se forme una estructura bandeada de la ferrita y la perlita y, además, es probable que aumente una fracción de la perlita en la parte central del espesor de chapa. Por lo tanto, una uniformidad de una distribución de la martensita formada en el recocido siguiente se degrada, y se vuelve difícil satisfacer la expresión (C) arriba descrita. Además, hay un caso en el que se hace difícil que se la martensita se forme en una cantidad suficiente.

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

Además, para mejorar la capacidad anticorrosión, también es preferible incluir un proceso de galvanización en caliente por inmersión en el que se forma una galvanización en caliente por inmersión entre un proceso de cocido y

el proceso de enrollado de endurecimiento, y formar la galvanización en caliente por inmersión en una superficie de la chapa de acero laminada en frío. Además, también es preferible incluir un proceso de aleación en el que se realice un tratamiento de aleación después de la galvanización en caliente por inmersión. En un caso en el que se realiza el tratamiento de aleación, un tratamiento en el que una superficie recocida y galvanizada se hace entrar en contacto con una sustancia que oxida una superficie de chapa tal como vapor de agua, espesando por lo tanto una película oxidada, se puede llevar a cabo, además, en la superficie.

También es preferible incluir, por ejemplo, un proceso de electrogalvanización en el que se forma una electrogalvanización después del proceso de enrollado de endurecimiento, así como la galvanización en caliente por inmersión y el recocido y galvanizado, y formar una electrogalvanización en la superficie de la chapa de acero laminada en frío. Además, también es preferible incluir, en vez de la galvanización en caliente por inmersión, un proceso de aluminización en el que se forma una aluminización entre el proceso de recocido y el proceso de enrollado de endurecimiento, y formar la aluminización en la superficie de la chapa de acero laminada en frío. La aluminización es generalmente una aluminización en caliente por inmersión, lo que es preferible.

Después de una serie de los tratamientos arriba descritos, la estampación en caliente se realiza según sea necesario. En el proceso de estampación en caliente, la estampación en caliente se realiza deseablemente bajo la siguiente condición. Primero, la chapa de acero es calentada hasta de 700 °C a 1000 °C a la tasa de aumento de temperatura de 5 °C/segundo a 500 °C/segundo, y la estampación en caliente (un proceso de estampación en caliente) se realiza después del tiempo de espera de 1 segundo a 120 segundos. Para mejorar la conformabilidad, la temperatura de calentamiento es preferiblemente una temperatura  $A_{c3}$  o menos. La temperatura  $A_{c3}$  se estimó a partir del punto de inflexión de la longitud de la probeta para ensayos después de llevarse a cabo el test Formastor. Subsiguientemente, la chapa de acero es enfriada a la temperatura ambiente a 300 °C a la tasa de enfriamiento de 10 °C/segundo a 1000 °C/segundo (temple en la estampación en caliente).

Cuando la temperatura de calentamiento en el proceso de estampación en caliente es menor de 700 °C, el temple no es suficiente y, en consecuencia, la resistencia no se puede garantizar, lo que no es preferible. Cuando la temperatura de calentamiento es mayor de 1000 °C, la chapa de acero se vuelve demasiado suave, y, en un caso en el que un revestimiento, en particular, revestimiento de zinc, se forma en la superficie de la chapa de acero, y el acero, hay una preocupación de que el acero se puede evaporar y quemar, lo que no es preferible. Por lo tanto, la temperatura de calentamiento en la estampación en caliente es de 700 °C a 1000 °C. Cuando la tasa de incremento de temperatura es menor de 5 °C/segundo, dado que es difícil controlar el calentamiento en la estampación en caliente, y la productividad se degrada significativamente, es necesario llevar a cabo el calentamiento a la tasa de aumento de temperatura de 5 °C/segundo o más. En cambio, un límite superior de la tasa de aumento de temperatura de 500 °C/segundo depende de una capacidad de calentamiento actual. Cuando la tasa de calentamiento es menor de 10 °C/segundo, dado que el control de la tasa del enfriamiento después de la estampación en caliente es difícil, y la productividad también se degrada significativamente, es necesario llevar a cabo el enfriamiento a la tasa de enfriamiento de 10 °C/segundo o más. Un límite superior de la tasa de enfriamiento de 1000 °C/segundo depende de una capacidad de enfriamiento actual. Una razón para establecer un tiempo hasta la estampación en caliente después de un incremento en la temperatura de 1 segundo o más es una capacidad de control del proceso actual (un límite inferior de una capacidad de instalación), y una razón para establecer el tiempo hasta la estampación en caliente después del aumento en la temperatura de 120 segundos o menos es para evitar una evaporización del zinc o similar en un caso en el que la galvanización o similar se forma en la superficie de la chapa de acero. Una razón para establecer la temperatura de enfriamiento en la temperatura ambiente en 300 °C es para garantizar de forma suficiente la martensita y garantizar la resistencia después de la estampación en caliente.

La Fig. 8A y la Fig. 8B son diagramas de flujo que ilustran el método para producir la chapa de acero laminada en frío según la realización de la presente invención. Los símbolos de referencia S1 a S13 en el dibujo corresponden respectivamente al proceso individual descrito arriba.

En la chapa de acero laminada en frío de la realización, la expresión (B) y la expresión (C) se satisfacen incluso después de que la estampación en caliente se realice bajo la condición arriba descrita. Además, en consecuencia, es posible satisfacer la condición de  $TS \times \lambda \geq 50000 \text{ Mpa}\cdot\%$  incluso después de que la estampación en caliente se realice.

Tal como está descrito arriba, cuando se satisfacen las condiciones arriba descritas, es posible fabricar la chapa de acero en la que la distribución de la dureza o la estructura se mantiene incluso después de la estampación en caliente, y, en consecuencia, se garantiza la resistencia y se puede obtener una expansibilidad de orificio más favorable antes de la estampación en caliente y/o después de la estampación en caliente.

### Ejemplos

El acero que tiene una composición descrita en la Tabla 1 fue fundido continuamente a una tasa de fundición de 1,0 m/minuto a 2,5 m/minuto, un desbaste plano fue calentado en un horno de calentamiento bajo una condición mostrada en la Tabla 2 con un método convencional tal y como está o después de enfriar el acero una vez, y la laminación en caliente se llevó a cabo a una temperatura de acabado de 910 °C a 930 °C, produciendo por lo tanto una chapa de acero laminada en caliente. Tras esto, la chapa de acero laminada en caliente fue enrollada a una

temperatura de enrollado CT descrita en la Tabla 1. Tras esto, se llevó a cabo el decapado para eliminar una escala en una superficie de la chapa de acero, y un espesor de chapa se midió como que era de 1,2 mm a 1,4 mm por medio de la laminación en frío. En este momento, la laminación en frío se llevó a cabo para que el valor de la expresión (E) o la expresión (L) se volviera un valor descrito en la Tabla 5. Después de la laminación en frío, se llevó a cabo el recocido en un horno de recocido continuo a una temperatura de recocido descrita en la Tabla 2. En una parte de las chapas de acero, una galvanización se formó además en el centro del enfriamiento después de una inmersión en el horno de recocido continuo, y luego un tratamiento de aleación se realizó además en la parte de las chapas de acero, formando por lo tanto un recocido y galvanizado. Además, una electrogalvanización o una aluminización se formó en la parte de las chapas de acero. Además, se llevó a cabo un enrollado de endurecimiento a una relación de elongación de 1 % según un método convencional. En este estado, se tomó una muestra para evaluar las cualidades del material y similar antes de la estampación en caliente, y se realizó un test de calidad del material o similar. Tras esto, para obtener un acero estampado en caliente que tenga una forma tal como está ilustrada en la Fig. 7, se llevó a cabo una estampación en caliente en la que una temperatura fue aumentada a una tasa de aumento de temperatura de 10 °C/segundo a 100 °C/segundo, la chapa de acero fue mantenida a 780 °C durante 10 segundos, y la chapa de acero fue enfriada a una tasa de enfriamiento de 100 °C/segundo a 200 °C/segundo o menos. Una muestra fue cortada de una ubicación de la Fig. 7 en un acero estampado en caliente obtenido, el test de calidad del material y similar se llevaron a cabo, y se obtuvieron la resistencia a la tracción (TS), la elongación (EI), la proporción de expansión de orificio ( $\lambda$ ) y similar. Los resultados están descritos en la Tabla 2, Tabla 3 (continuación de Tabla 2), Tabla 4 y Tabla 5 (continuación de Tabla 4). Las proporciones de expansión de orificio  $\lambda$  en las tablas se obtuvieron a partir de una expresión (P) siguiente.

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

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

d: un diámetro de orificio inicial

Además, en cuanto a los tipos de revestimiento en la Tabla 2, CR representa una chapa de acero no revestida, esto es, una chapa de acero laminada en frío, GI representa que la galvanización en caliente por inmersión se forma en la chapa de acero laminada en frío, GA representa que el recocido y galvanizado se forma en la chapa de acero laminada en frío, EG representa que la electrogalvanización se forma en la chapa de acero laminada en frío.

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

G: se satisface una expresión de condición objetivo.

30 B: no se satisface una expresión de condición objetivo.

Además, dado que la expresión (H), la expresión (I), la expresión (J), la expresión (K), la expresión (L), la expresión (M), y la expresión (N) son fundamentalmente las mismas que la expresión (A), la expresión (B), la expresión (C), la expresión (D), la expresión (E), la expresión (F), la expresión (G), respectivamente, en los encabezados de las tablas respectivas, la expresión (A), la expresión (B), la expresión (C), la expresión (D), la expresión (E), la expresión (F), y la expresión (G) se describen como representativas.

Tabla 1

| Símb. refer. tipo de acero | C       | Si    | Mn    | P    | S     | N     | Al     | Cr    | Mo   | V    | Ti | Nb   | Ni   | Cu  | Ca    | B      | REM    | Expres. (A) |
|----------------------------|---------|-------|-------|------|-------|-------|--------|-------|------|------|----|------|------|-----|-------|--------|--------|-------------|
| A                          | Ejemplo | 0,042 | 0,145 | 1,55 | 0,003 | 0,008 | 0,0035 | 0,035 | 0    | 0    | 0  | 0    | 0    | 0   | 0     | 0      | 0      | 54,2        |
| B                          | Ejemplo | 0,062 | 0,231 | 1,61 | 0,023 | 0,006 | 0,0064 | 0,021 | 0    | 0    | 0  | 0    | 0,3  | 0   | 0     | 0      | 0      | 44,6        |
| C                          | Ejemplo | 0,144 | 0,950 | 2,03 | 0,008 | 0,009 | 0,0034 | 0,042 | 0,12 | 0    | 0  | 0    | 0    | 0   | 0     | 0      | 0      | 47,1        |
| D                          | Ejemplo | 0,072 | 0,342 | 1,62 | 0,007 | 0,007 | 0,0035 | 0,042 | 0    | 0,15 | 0  | 0    | 0    | 0   | 0     | 0      | 0      | 46,3        |
| E                          | Ejemplo | 0,074 | 0,058 | 1,54 | 0,008 | 0,008 | 0,0045 | 0,034 | 0,21 | 0    | 0  | 0    | 0    | 0   | 0     | 0      | 0      | 24,7        |
| F                          | Ejemplo | 0,081 | 0,256 | 1,71 | 0,006 | 0,009 | 0,0087 | 0,041 | 0    | 0    | 0  | 0    | 0    | 0,4 | 0,004 | 0      | 0      | 36,9        |
| G                          | Ejemplo | 0,095 | 0,321 | 1,51 | 0,012 | 0,008 | 0,0041 | 0,038 | 0    | 0    | 0  | 0    | 0    | 0   | 0     | 0      | 0      | 32,8        |
| H                          | Ejemplo | 0,090 | 0,465 | 1,51 | 0,051 | 0,001 | 0,0035 | 0,032 | 0,32 | 0,05 | 0  | 0    | 0    | 0   | 0,003 | 0      | 0      | 42,6        |
| I                          | Ejemplo | 0,084 | 0,512 | 1,54 | 0,008 | 0,002 | 0,0065 | 0,041 | 0    | 0,03 | 0  | 0    | 0    | 0   | 0     | 0      | 0      | 48,8        |
| J                          | Ejemplo | 0,075 | 0,785 | 1,62 | 0,007 | 0,009 | 0,0014 | 0,025 | 0    | 0,31 | 0  | 0    | 0    | 0   | 0     | 0      | 0      | 73,9        |
| K                          | Ejemplo | 0,089 | 0,145 | 1,52 | 0,006 | 0,008 | 0,0026 | 0,034 | 0    | 0    | 0  | 0    | 0    | 0   | 0     | 0      | 0      | 25,2        |
| L                          | Ejemplo | 0,098 | 0,624 | 2,11 | 0,012 | 0,006 | 0,0035 | 0,012 | 0    | 0,21 | 0  | 0,05 | 0    | 0   | 0     | 0      | 0      | 53,4        |
| M                          | Ejemplo | 0,103 | 0,325 | 1,58 | 0,011 | 0,005 | 0,0032 | 0,025 | 0    | 0    | 0  | 0    | 0    | 0   | 0     | 0      | 0      | 31,1        |
| N                          | Ejemplo | 0,101 | 0,265 | 2,61 | 0,009 | 0,008 | 0,0035 | 0,041 | 0    | 0,31 | 0  | 0    | 0    | 0   | 0     | 0,0015 | 0      | 38,9        |
| O                          | Ejemplo | 0,142 | 0,955 | 1,74 | 0,007 | 0,007 | 0,0041 | 0,037 | 0    | 0,25 | 0  | 0    | 0    | 0   | 0     | 0      | 0      | 45,9        |
| P                          | Ejemplo | 0,097 | 0,210 | 2,45 | 0,005 | 0,008 | 0,0022 | 0,045 | 0,42 | 0    | 0  | 0    | 0    | 0   | 0     | 0      | 0      | 36,1        |
| Q                          | Ejemplo | 0,123 | 0,325 | 1,84 | 0,011 | 0,003 | 0,0037 | 0,035 | 0    | 0,11 | 0  | 0    | 0,01 | 0   | 0     | 0,0010 | 0      | 28,2        |
| R                          | Ejemplo | 0,113 | 0,120 | 2,06 | 0,008 | 0,004 | 0,0047 | 0,035 | 0    | 0    | 0  | 0,03 | 0    | 0   | 0     | 0      | 0      | 23,5        |
| S                          | Ejemplo | 0,134 | 0,562 | 1,86 | 0,013 | 0,007 | 0,0034 | 0,034 | 0    | 0,12 | 0  | 0    | 0    | 0   | 0     | 0      | 0      | 34,9        |
| T                          | Ejemplo | 0,141 | 0,150 | 2,35 | 0,018 | 0,003 | 0,0029 | 0,031 | 0    | 0,21 | 0  | 0,03 | 0    | 0   | 0     | 0      | 0      | 22,0        |
| U                          | Ejemplo | 0,128 | 0,115 | 2,41 | 0,011 | 0,003 | 0,0064 | 0,021 | 0    | 0,31 | 0  | 0    | 0    | 0   | 0     | 0,0008 | 0      | 23,3        |
| W                          | Ejemplo | 0,142 | 0,562 | 2,03 | 0,012 | 0,007 | 0,0012 | 0,036 | 0    | 0    | 0  | 0    | 0    | 0   | 0,002 | 0      | 0      | 34,1        |
| X                          | Ejemplo | 0,118 | 0,921 | 1,54 | 0,013 | 0,003 | 0,0087 | 0,026 | 0,15 | 0,11 | 0  | 0,5  | 0    | 0   | 0     | 0,0014 | 0,0005 | 52,1        |

ES 2 727 684 T3

| Simb. refer. tipo de acero | C                        | Si    | Mn   | P     | S     | N      | Al    | Cr   | Mo   | V    | Ti | Nb   | Ni  | Cu | Ca    | B      | REM    | Expres. (A) |
|----------------------------|--------------------------|-------|------|-------|-------|--------|-------|------|------|------|----|------|-----|----|-------|--------|--------|-------------|
| Y                          | Ejemplo<br>0,125         | 0,150 | 2,44 | 0,009 | 0,007 | 0,0087 | 0,034 | 0,32 | 0    | 0    | 0  | 0    | 0   | 0  | 0     | 0,0015 | 0      | 25,5        |
| Z                          | Ejemplo<br>0,145         | 0,110 | 2,31 | 0,008 | 0,004 | 0,0069 | 0,035 | 0    | 0,15 | 0,05 | 0  | 0    | 0   | 0  | 0     | 0      | 0      | 19,7        |
| AA                         | Ejemplo<br>0,075         | 0,210 | 1,85 | 0,010 | 0,005 | 0,0025 | 0,025 | 0    | 0    | 0    | 0  | 0    | 0   | 0  | 0     | 0      | 0      | 38,7        |
| AB                         | Ejemplo<br>0,085         | 0,210 | 1,84 | 0,011 | 0,005 | 0,0032 | 0,032 | 0    | 0    | 0    | 0  | 0    | 0   | 0  | 0     | 0      | 0      | 34,0        |
| AC                         | Ejemplo<br>0,092         | 0,150 | 1,95 | 0,008 | 0,003 | 0,0035 | 0,035 | 0    | 0    | 0    | 0  | 0    | 0   | 0  | 0     | 0      | 0      | 29,3        |
| AD                         | Ejemplo<br>0,075         | 0,325 | 1,95 | 0,008 | 0,004 | 0,0034 | 0,031 | 0    | 0    | 0    | 0  | 0    | 0   | 0  | 0     | 0      | 0      | 47,7        |
| AE                         | Ejemplo<br>0,087         | 0,256 | 1,99 | 0,008 | 0,002 | 0,0030 | 0,031 | 0    | 0    | 0    | 0  | 0    | 0   | 0  | 0     | 0      | 0      | 37,6        |
| AF                         | Ejemplo<br>0,092         | 0,263 | 1,85 | 0,008 | 0,002 | 0,0030 | 0,031 | 0    | 0    | 0    | 0  | 0    | 0   | 0  | 0     | 0      | 0      | 34,4        |
| AG                         | Ejemplo<br>0,111         | 0,526 | 1,85 | 0,007 | 0,003 | 0,0034 | 0,030 | 0    | 0    | 0    | 0  | 0    | 0   | 0  | 0     | 0      | 0      | 40,4        |
| AH                         | Ejemplo compar.<br>0,028 | 0,321 | 1,55 | 0,007 | 0,003 | 0,0035 | 0,035 | 0    | 0    | 0    | 0  | 0    | 0   | 0  | 0     | 0      | 0,0006 | 112,7       |
| AI                         | Ejemplo compar.<br>0,252 | 0,512 | 2,15 | 0,003 | 0,006 | 0,0009 | 0,041 | 0    | 0    | 0    | 0  | 0    | 0   | 0  | 0     | 0      | 0      | 18,7        |
| AJ                         | Ejemplo compar.<br>0,075 | 0,005 | 2,12 | 0,007 | 0,009 | 0,0035 | 0,035 | 0    | 0,15 | 0    | 0  | 0    | 0   | 0  | 0     | 0,0012 | 0      | 28,6        |
| AK                         | Ejemplo compar.<br>0,081 | 1,521 | 1,50 | 0,008 | 0,005 | 0,0034 | 0,026 | 0,28 | 0,32 | 0    | 0  | 0    | 0   | 0  | 0     | 0,0015 | 0      | 112,4       |
| AL                         | Ejemplo compar.<br>0,099 | 0,660 | 0,08 | 0,009 | 0,003 | 0,0032 | 0,029 | 0    | 0    | 0    | 0  | 0    | 0   | 0  | 0     | 0      | 0      | 34,1        |
| AM                         | Ejemplo compar.<br>0,125 | 0,050 | 2,81 | 0,007 | 0,004 | 0,0034 | 0,036 | 0    | 0    | 0    | 0  | 0    | 0   | 0  | 0     | 0      | 0      | 24,5        |
| AN                         | Ejemplo compar.<br>0,131 | 0,321 | 2,05 | 0,091 | 0,003 | 0,0021 | 0,034 | 0,26 | 0,15 | 0    | 0  | 0,03 | 0   | 0  | 0     | 0      | 0      | 27,9        |
| AO                         | Ejemplo compar.<br>0,064 | 0,125 | 2,50 | 0,002 | 0,022 | 0,0059 | 0,034 | 0    | 0    | 0    | 0  | 0    | 0,2 | 0  | 0     | 0      | 0      | 48,8        |
| AP                         | Ejemplo compar.<br>0,039 | 0,265 | 1,52 | 0,011 | 0,009 | 0,0152 | 0,026 | 0    | 0    | 0    | 0  | 0,02 | 0   | 0  | 0,003 | 0      | 0      | 72,9        |

| Simb. refer. tipo de acero | C     | Si    | Mn   | P     | S     | N      | Al    | Cr | Mo   | V | Ti   | Nb   | Ni | Cu | Ca | B     | REM | Expres. (A) |
|----------------------------|-------|-------|------|-------|-------|--------|-------|----|------|---|------|------|----|----|----|-------|-----|-------------|
| AQ                         | 0,144 | 0,012 | 2,39 | 0,007 | 0,004 | 0,0065 | 0,003 | 0  | 0,20 | 0 | 0    | 0    | 0  | 0  | 0  | 0     | 0   | 17,0        |
| AR                         | 0,142 | 0,150 | 2,35 | 0,005 | 0,003 | 0,0035 | 0,060 | 0  | 0,22 | 0 | 0    | 0    | 0  | 0  | 0  | 0     | 0   | 21,8        |
| AS                         | 0,149 | 0,020 | 1,50 | 0,005 | 0,003 | 0,0020 | 0,025 | 0  | 0    | 0 | 0    | 0    | 0  | 0  | 0  | 0,001 | 0   | 10,7        |
| AT                         | 0,132 | 0,090 | 2,05 | 0,005 | 0,003 | 0,0020 | 0,025 | 0  | 0    | 0 | 0    | 0,01 | 0  | 0  | 0  | 0     | 0   | 18,9        |
| AU                         | 0,135 | 0,220 | 2,06 | 0,005 | 0,003 | 0,0020 | 0,025 | 0  | 0    | 0 | 0,01 | 0    | 0  | 0  | 0  | 0     | 0   | 23,4        |

Tabla 2

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



| Símbolo de referencia del tipo de acero | Símbolo de referencia del test | Temp. de recocido (°C) | Después del recocido y enrollado de endurecimiento y antes de la estampación en caliente |        |               |             |                |                                 |                                    |  |  |                                 | Fracción de perlita antes de laminación en frío (%) |                                 |
|---|--------------------------------|------------------------|--|--------|---------------|-------------|----------------|---------------------------------|------------------------------------|--|--|---------------------------------|---|---------------------------------|
|   |                                |                        | TS (Mpa)   | EL (%) | $\lambda$ (%) | TS x EL (%) | TS x $\lambda$ | Fracción de área de ferrita (%) | Fracción de área de martensita (%) | Fracción de área de ferrita + martensita (%) | Fracción de área de austenita residual (%) | Fracción de área de bainita (%) |   | Fracción de área de perlita (%) |
| Y                                       | 24                             | 820                    | 1012   | 17,4   | 54            | 17609       | 54648          | 41                              | 41                                 | 82   | 2  | 16                              | 0   | 42                              |
| Z                                       | 25                             | 836                    | 1252   | 13,5   | 45            | 16902       | 56340          | 41                              | 48                                 | 89   | 2  | 9                               | 0   | 10                              |

Tabla 3

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

Tabla 4

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

| Símbolo de referencia del tipo de acero | Símbolo de referencia del test | Después de la estampación en caliente |        |               |         |                |                                 |                            |  |  |                                 | Tipo de revestimiento*) |                                 |
|---|--------------------------------|---------------------------------------|--------|---------------|---------|----------------|---------------------------------|----------------------------|--|--|---------------------------------|-------------------------|---------------------------------|
|   |                                | TS (Mpa)                              | EL (%) | $\lambda$ (%) | TS x EL | TS x $\lambda$ | Fracción de área de ferrita (%) | Fracción de martensita (%) | Fracción de área de ferrita + martensita (%) | Fracción de área de austenita residual (%) | Fracción de área de bainita (%) |                         | Fracción de área de perfitá (%) |
| Y                                       | 24                             | 1342                                  | 13,5   | 40            | 18117   | 53680          | 41                              | 41                         | 82   | 1  | 16                              | 1                       | GA                              |
| Z                                       | 25                             | 1482                                  | 12,5   | 40            | 18525   | 59280          | 41                              | 48                         | 89   | 1  | 9                               | 1                       | CR                              |

Tabla 5

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

Tabla 6

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

Tabla 7

| Símbolo de referencia del tipo de acero | Lado izquierdo de expresión (B) | Determ. | Lado izquierdo de expresión (B) después de estamp. en caliente | Determ. | Lado izq. de expresión (C) | Determ. | Lado izquierdo de expresión (C) después de estamp. en caliente | Determ. | Fracción de área de MnS de 0,1 µm o más antes de estamp. en caliente (%) | Fracción de área de MnS de 0,1 µm o más después de estamp. en caliente (%) |
|---|---------------------------------|---------|--|---------|----------------------------|---------|--|---------|--|--|
| AA                                      | 1,12                            | B       | 1,12   | B       | 21                         | B       | 21   | B       | 0,010  | 0,010  |
| AB                                      | 1,14                            | B       | 1,13   | B       | 23                         | B       | 22   | B       | 0,008  | 0,008  |
| AC                                      | 1,11                            | B       | 1,11   | B       | 20                         | B       | 20   | B       | 0,006  | 0,006  |
| AD                                      | 1,17                            | B       | 1,16   | B       | 25                         | B       | 25   | B       | 0,007  | 0,007  |
| AE                                      | 1,13                            | B       | 1,13   | B       | 22                         | B       | 21   | B       | 0,009  | 0,009  |
| AF                                      | 1,10                            | B       | 1,09   | G       | 20                         | B       | 19   | G       | 0,002  | 0,002  |
| AG                                      | 1,12                            | B       | 1,13   | B       | 22                         | B       | 23   | B       | 0,003  | 0,003  |
| AH                                      | 1,15                            | B       | 1,15   | B       | 21                         | B       | 21   | B       | 0,004  | 0,004  |
| AI                                      | 1,23                            | B       | 1,18   | B       | 25                         | B       | 25   | B       | 0,006  | 0,006  |
| AJ                                      | 1,21                            | B       | 1,21   | B       | 22                         | B       | 22   | B       | 0,007  | 0,007  |
| AK                                      | 1,14                            | B       | 1,14   | B       | 21                         | B       | 21   | B       | 0,008  | 0,007  |
| AL                                      | 0,36                            | B       | 0,37   | B       | 31                         | B       | 30   | B       | 0,006  | 0,006  |
| AM                                      | 1,36                            | B       | 1,37   | B       | 32                         | B       | 31   | B       | 0,006  | 0,006  |
| AN                                      | 1,23                            | B       | 1,25   | B       | 25                         | B       | 28   | B       | 0,009  | 0,008  |
| AO                                      | 1,35                            | B       | 1,33   | B       | 30                         | B       | 35   | B       | 0,004  | 0,004  |
| AP                                      | 1,05                            | G       | 1,04   | G       | 12                         | G       | 11   | G       | 0,006  | 0,006  |
| AQ                                      | 1,15                            | B       | 1,16   | B       | 21                         | B       | 25   | B       | 0,003  | 0,003  |
| AR                                      | 1,08                            | G       | 1,08   | G       | 18                         | G       | 18   | G       | 0,002  | 0,002  |
| AS                                      | 1,19                            | B       | 1,17   | B       | 24                         | B       | 23   | B       | 0,005  | 0,005  |
| AT                                      | 1,29                            | B       | 1,28   | B       | 28                         | B       | 27   | B       | 0,004  | 0,005  |
| AU                                      | 1,09                            | G       | 1,09   | G       | 19                         | G       | 19   | G       | 0,005  | 0,005  |

Tabla 8

| Símbolo de ref. del tipo de acero | Antes de estamp. en caliente |    |                            |         | Después de estamp. en caliente |     |                            | Lado izq. de expresión (E) | Determ. | Lado izq. de expresión (F) | CT  | Lado der. de expresión (F) | Determ. | Temp. de calentamiento (°C) | Temp. homo de calentamiento (minutos) | Tiempo en el de expresión (G) | Lado izq. de expresión (G) | Determ. |
|-----------------------------------|------------------------------|----|----------------------------|---------|--------------------------------|-----|----------------------------|----------------------------|---------|----------------------------|-----|----------------------------|---------|-----------------------------|---------------------------------------|-------------------------------|----------------------------|---------|
|                                   | n1                           | n2 | Lado izq. de expresión (D) | Determ. | n11                            | n21 | Lado izq. de expresión (D) |                            |         |                            |     |                            |         |                             |                                       |                               |                            |         |
| A                                 | 9                            | 13 | 1,4                        | G       | 9                              | 12  | 1,3                        | G                          | G       | 401                        | 550 | 679                        | G       | 1200                        | 85                                    | 1918                          | G                          |         |
| B                                 | 3                            | 4  | 1,3                        | G       | 3                              | 4   | 1,3                        | G                          | G       | 386                        | 620 | 668                        | G       | 1250                        | 102                                   | 1948                          | G                          |         |
| C                                 | 2                            | 3  | 1,5                        | B       | 2                              | 3   | 1,5                        | B                          | G       | 307                        | 542 | 600                        | G       | 1154                        | 152                                   | 1317                          | B                          |         |
| D                                 | 6                            | 7  | 1,2                        | G       | 5                              | 6   | 1,2                        | G                          | G       | 377                        | 553 | 653                        | G       | 1123                        | 124                                   | 1748                          | G                          |         |
| E                                 | 2                            | 2  | 1,0                        | G       | 2                              | 2   | 1,0                        | G                          | G       | 382                        | 632 | 657                        | G       | 1215                        | 136                                   | 2231                          | G                          |         |
| F                                 | 2                            | 2  | 1,0                        | G       | 2                              | 2   | 1,0                        | G                          | G       | 368                        | 664 | 654                        | B       | 1223                        | 127                                   | 1873                          | G                          |         |
| G                                 | 1                            | 1  | 1,0                        | G       | 1                              | 1   | 1,0                        | G                          | G       | 379                        | 701 | 668                        | B       | 1123                        | 111                                   | 1831                          | G                          |         |
| H                                 | 5                            | 5  | 1,0                        | G       | 5                              | 6   | 1,2                        | G                          | G       | 374                        | 631 | 643                        | G       | 1156                        | 106                                   | 1778                          | G                          |         |
| I                                 | 4                            | 5  | 1,3                        | G       | 4                              | 5   | 1,3                        | G                          | G       | 382                        | 558 | 669                        | G       | 1148                        | 95                                    | 1670                          | G                          |         |
| J                                 | 3                            | 4  | 1,3                        | G       | 3                              | 4   | 1,3                        | G                          | G       | 372                        | 559 | 639                        | G       | 1206                        | 87                                    | 1522                          | G                          |         |
| K                                 | 7                            | 7  | 1,0                        | G       | 7                              | 8   | 1,1                        | G                          | G       | 381                        | 674 | 669                        | B       | 1214                        | 152                                   | 2235                          | G                          |         |
| L                                 | 5                            | 6  | 1,2                        | G       | 5                              | 6   | 1,2                        | G                          | G       | 319                        | 452 | 597                        | G       | 1233                        | 182                                   | 1524                          | G                          |         |
| M                                 | 11                           | 19 | 1,7                        | B       | 11                             | 18  | 1,6                        | B                          | G       | 369                        | 442 | 660                        | G       | 1112                        | 47                                    | 1422                          | B                          |         |
| N                                 | 6                            | 7  | 1,2                        | G       | 6                              | 8   | 1,3                        | G                          | G       | 271                        | 512 | 543                        | G       | 1287                        | 252                                   | 1513                          | G                          |         |
| O                                 | 2                            | 2  | 1,0                        | G       | 2                              | 2   | 1,0                        | G                          | G       | 331                        | 612 | 615                        | G       | 1250                        | 122                                   | 1535                          | G                          |         |
| P                                 | 4                            | 5  | 1,3                        | G       | 4                              | 5   | 1,3                        | G                          | G       | 285                        | 487 | 554                        | G       | 1285                        | 222                                   | 1587                          | G                          |         |
| Q                                 | 7                            | 8  | 1,1                        | G       | 7                              | 9   | 1,3                        | G                          | G       | 334                        | 566 | 622                        | G       | 1156                        | 135                                   | 1642                          | G                          |         |
| R                                 | 16                           | 19 | 1,2                        | G       | 15                             | 18  | 1,2                        | G                          | G       | 321                        | 567 | 614                        | G       | 1222                        | 185                                   | 1761                          | G                          |         |
| S                                 | 11                           | 12 | 1,1                        | G       | 10                             | 12  | 1,2                        | G                          | G       | 327                        | 554 | 617                        | G       | 1232                        | 122                                   | 1589                          | G                          |         |
| T                                 | 6                            | 7  | 1,2                        | G       | 6                              | 7   | 1,2                        | G                          | G       | 277                        | 512 | 564                        | G       | 1256                        | 152                                   | 1522                          | G                          |         |
| U                                 | 7                            | 14 | 2,0                        | B       | 7                              | 13  | 1,9                        | B                          | G       | 277                        | 521 | 554                        | G       | 1256                        | 138                                   | 1472                          | B                          |         |
| W                                 | 17                           | 21 | 1,2                        | G       | 15                             | 20  | 1,3                        | G                          | G       | 310                        | 571 | 609                        | G       | 1250                        | 145                                   | 1550                          | G                          |         |



| Símbolo de ref. del tipo de acero | Antes de estamp. en caliente |    |                            | Después de estamp. en caliente |     |                            | Lado izq. de expresión (E) | Determ. | Lado izq. de expresión (F) | CT  | Lado der. de expresión (F) | Determ. | Temp. de calentamiento (°C) | Tiempo de calentamiento (minutos) | Lado izq. de expresión (G) | Determ. |
|-----------------------------------|------------------------------|----|----------------------------|--------------------------------|-----|----------------------------|----------------------------|---------|----------------------------|-----|----------------------------|---------|-----------------------------|-----------------------------------|----------------------------|---------|
|                                   | n1                           | n2 | Lado izq. de expresión (D) | n11                            | n21 | Lado izq. de expresión (D) |                            |         |                            |     |                            |         |                             |                                   |                            |         |
| X                                 | 23                           | 27 | 1,2                        | G                              | 22  | 25                         | 1,1                        | G       | 360                        | 656 | 640                        | B       | 1150                        | 138                               | 1600                       | G       |
| Y                                 | 21                           | 28 | 1,3                        | G                              | 20  | 28                         | 1,4                        | G       | 275                        | 522 | 554                        | G       | 1260                        | 182                               | 1526                       | G       |
| Z                                 | 26                           | 33 | 1,3                        | G                              | 25  | 32                         | 1,3                        | G       | 280                        | 504 | 571                        | G       | 1250                        | 151                               | 1554                       | G       |

Tabla 9

| Símbolo de referencia del tipo de acero | Antes de estamp. en caliente |    | Después de estamp. en caliente |         | Lado izq. de expresión (E) | Determ. | Lado izq. de expresión (F) | CT | Lado der. de expresión (F) | Determ. | Temp. horno de calentamiento (°C) | Tiempo en el horno de calentamiento (minutos) | Lado izq. de expresión (G) | Determ. |   |
|---|------------------------------|----|--------------------------------|---------|----------------------------|---------|----------------------------|----|----------------------------|---------|-----------------------------------|---|----------------------------|---------|---|
|   | n1                           | n2 | Lado izq. de expresión (D)     | Determ. |                            |         |                            |    |                            |         |                                   |   |                            |         |   |
| AA                                      | 12                           | 14 | 1,2                            | G       | 12                         | 15      | 1,3                        | G  | 358                        | 602     | 643                               | 1200  | 132                        | 1746    | G |
| AB                                      | 9                            | 13 | 1,4                            | G       | 9                          | 13      | 1,4                        | G  | 354                        | 505     | 641                               | 1200  | 126                        | 1739    | G |
| AC                                      | 14                           | 18 | 1,3                            | G       | 14                         | 19      | 1,4                        | G  | 341                        | 506     | 630                               | 1188  | 133                        | 1677    | G |
| AD                                      | 5                            | 7  | 1,4                            | G       | 5                          | 7       | 1,4                        | G  | 349                        | 443     | 634                               | 1165  | 145                        | 1593    | G |
| AE                                      | 12                           | 16 | 1,3                            | G       | 12                         | 15      | 1,3                        | G  | 340                        | 611     | 627                               | 1152  | 152                        | 1590    | G |
| AF                                      | 17                           | 23 | 1,4                            | G       | 16                         | 22      | 1,4                        | G  | 350                        | 352     | 639                               | 1187  | 89                         | 1563    | G |
| AG                                      | 5                            | 6  | 1,2                            | G       | 5                          | 7       | 1,4                        | G  | 341                        | 555     | 634                               | 1201  | 152                        | 1644    | G |
| AH                                      | 3                            | 4  | 1,3                            | G       | 3                          | 4       | 1,3                        | G  | 407                        | 436     | 683                               | 1203  | 125                        | 1965    | G |
| AI                                      | 12                           | 16 | 1,3                            | G       | 12                         | 15      | 1,3                        | G  | 247                        | 541     | 568                               | 1250  | 175                        | 1549    | G |
| AJ                                      | 16                           | 21 | 1,3                            | G       | 15                         | 20      | 1,3                        | G  | 331                        | 577     | 607                               | 1200  | 96                         | 1518    | G |
| AK                                      | 11                           | 13 | 1,2                            | G       | 11                         | 12      | 1,1                        | G  | 375                        | 578     | 628                               | 1201  | 166                        | 1508    | G |
| AL                                      | 12                           | 18 | 1,5                            | G       | 12                         | 17      | 1,4                        | G  | 506                        | 578     | 796                               | 1285  | 205                        | 8593    | G |
| AM                                      | 15                           | 20 | 1,3                            | G       | 14                         | 20      | 1,4                        | G  | 248                        | 533     | 543                               | 1285  | 312                        | 1529    | G |
| AN                                      | 10                           | 11 | 1,1                            | G       | 10                         | 12      | 1,2                        | G  | 305                        | 580     | 580                               | 1212  | 125                        | 1538    | G |
| AO                                      | 9                            | 11 | 1,2                            | G       | 8                          | 11      | 1,4                        | G  | 302                        | 564     | 578                               | 1285  | 185                        | 1535    | G |
| AP                                      | 6                            | 8  | 1,3                            | G       | 6                          | 8       | 1,3                        | G  | 405                        | 582     | 683                               | 1200  | 135                        | 2066    | G |
| AQ                                      | 12                           | 14 | 1,2                            | G       | 12                         | 15      | 1,3                        | G  | 273                        | 477     | 560                               | 1250  | 166                        | 1568    | G |
| AR                                      | 21                           | 24 | 1,1                            | G       | 22                         | 25      | 1,1                        | G  | 277                        | 504     | 563                               | 1254  | 222                        | 1634    | G |
| AS                                      | 17                           | 19 | 1,1                            | G       | 15                         | 18      | 1,2                        | G  | 354                        | 620     | 655                               | 1224  | 201                        | 2526    | G |
| AT                                      | 16                           | 16 | 1,0                            | G       | 15                         | 17      | 1,1                        | G  | 313                        | 550     | 610                               | 1199  | 201                        | 1779    | G |
| AU                                      | 16                           | 19 | 1,2                            | G       | 15                         | 18      | 1,2                        | G  | 311                        | 552     | 608                               | 1184  | 201                        | 1687    | G |

En base a los ejemplos arriba descritos, siempre y cuando se satisfagan las condiciones de la presente invención, es posible obtener una chapa de acero laminada en frío excelente, una chapa de acero laminada en frío galvanizada en caliente por inmersión excelente, una chapa de acero laminada en frío recocida y galvanizada, las cuales satisfacen todas  $TS \times \lambda \geq 50000 \text{ MPa}\cdot\%$ , antes de la estampación en caliente y/o después de la estampación en caliente.

5

**Aplicabilidad industrial**

Dado que la chapa de acero laminada en frío, la chapa de acero laminada en frío galvanizada en caliente por inmersión, y la chapa de acero laminada en frío recocida y galvanizada que se obtienen en la presente invención y satisfacen  $TS \times \lambda \geq 50000 \text{ MPa}\cdot\%$  antes de la estampación en caliente y después de la estampación en caliente, el acero estampado en caliente tiene una conformabilidad a alta presión y una alta resistencia, y satisface los requisitos reales para un vehículo tal como una reducción adicional del peso y una forma más complicada de un componente.

10

Descripción breve de los símbolos de referencia

15

S1: proceso de fundición

S2: proceso de fundido

20

S3: proceso de calentamiento

S4: proceso de laminado en caliente

25

S5: proceso de enfriamiento

S6: proceso de decapado

S7: proceso de laminado en frío

30

S8: proceso de recocido y galvanizado

S9: proceso de enrollado de endurecimiento

35

S10: proceso de galvanización

S11: proceso de aleación

S12: proceso de aluminización

40

S13: proceso de electrogalvanización

## REIVINDICACIONES

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

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

Si: 0,010 % a 1,000 %;

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

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

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

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

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

10 opcionalmente, uno o más de

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

un equilibrio de Fe e impurezas inevitables, en donde

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

25 una estructura metalográfica antes de una estampación en caliente consiste en 40 % a 90 % de una ferrita, 10 % a 60 % de una martensita en una fracción de área y, opcionalmente, además uno o más del 10 % o menos de una perlita en una fracción de área, 5 % o menos de una austenita residual en una relación de volumen, y menos del 40 % de una bainita como un resto en una fracción de área,

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

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

TS x  $\lambda$ , que es un producto de una resistencia a la tracción TS y una relación de expansión de orificio  $\lambda$  es 50000 MPa·% o más,

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

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

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

40 donde la H1 es una dureza promedio de la martensita en una parte de superficie de un espesor de chapa que está dentro de un área que tiene una anchura de 200  $\mu\text{m}$  en una dirección de espesor desde una capa más exterior de la chapa de acero antes de la estampación en caliente, la H2 es una dureza promedio de la martensita en una parte central del espesor de chapa antes de la estampación en caliente, y la  $\sigma_{\text{HM}}$  es una variación de la dureza de la martensita en la parte central del espesor de chapa antes de la estampación en caliente.

2. La chapa de acero laminada en frío según la reivindicación 1, en donde

una fracción de área de MnS que existe en la chapa de acero laminada en frío y que tiene un diámetro circular equivalente de 0,1 μm a 10 μm es 0,01 % o menos,

una expresión (D) siguiente se satisface,

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

en donde la n1 es una densidad numérica promedio por 10000 μm<sup>2</sup> de la MnS que tiene el diámetro circular equivalente de 0,1 μm a 10 μm en una ¼ parte del espesor de chapa antes de la estampación en caliente, y la n2 es una densidad numérica promedio de 10000 μm<sup>2</sup> de la MnS que tiene el diámetro circular equivalente de 0,1 μm a 10 μm en la parte central del espesor de chapa antes de la estampación en caliente.

10

3. La chapa de acero laminada en frío según la reivindicación 1 o 2, en donde una galvanización se forma en una superficie de esta.

4. Un método para producir una chapa de acero laminada en frío, comprendiendo el método:

15

fundir de un acero fundido que tiene una composición química según la reivindicación 1 y obteniendo un acero;

calentar el acero;

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

enrollar el acero después de la laminación en caliente;

20

decapar el acero después del enrollado;

laminar en frío el acero con un laminador de laminación en frío que incluye una pluralidad de posiciones después del decapado bajo una condición que satisfaga una expresión (E) siguiente;

recocido en el que el acero es recocido por debajo de 700 °C a 850 °C y enfriado después del laminado en frío;

25

enrollado de endurecimiento del acero después del recocido;

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

la ri (i = 1, 2, 3) representa una reducción de laminado en frío objetivo individual en una posición i-ésima (i = 1, 2, 3) contada desde una posición más superior de entre la pluralidad de posiciones en el laminado en frío en unidad de %, y la r representa una reducción de laminado en frío total en el laminado en frío en unidad de %.

30

5. El método para producir la chapa de acero laminada en frío según la reivindicación 4, que comprende además:

galvanizar el acero entre el recocido y el laminado de endurecimiento.

6. El método para producir la chapa de acero laminada en frío según la reivindicación 4, en donde

35

cuando CT representa una temperatura de enrollado en el enrollado en unidad de °C, [C] representa la cantidad de C por % masa, [Mn] representa la cantidad de Mn por % masa, [Cr] representa la cantidad de Cr por % masa, y [Mo] representa la cantidad de Mo por % masa, una expresión (F) siguiente se satisface,

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

7. El método para producir la chapa de acero laminada en frío según la reivindicación 6, en donde

40

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

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

8. Una chapa de acero estampada en caliente que consiste en, por % masa:

45

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

Si: 0,010 % a 1,000 %;

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

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

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

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

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

opcionalmente, uno o más de

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

un equilibrio de Fe e impurezas inevitables, en donde

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

una estructura metalográfica después de la estampación en caliente consiste en 40 % a 90 % de una ferrita, 10 % a 60 % de una martensita en una fracción de área y, opcionalmente, además uno o más del 10 % o menos de una perlita en una fracción de área, 5 % o menos de una austenita residual en una relación de volumen, y menos del 40 % de una bainita como un resto en una fracción de área,

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

una dureza de la martensita medida con un nanoindentador satisface una expresión (I) siguiente y una expresión (J) siguiente después de la estampación en caliente,

TS x λ, que es un producto de una resistencia a la tracción TS y una relación de expansión de orificio λ es 50000 MPa·% o más,

30  $(5 \times [\text{Si}] + [\text{Mn}]) / [\text{C}] > 11$  (H),

$H_{21} / H_{11} < 1,10$  (I), y

$\sigma_{HM1} < 20$  (J), y

35 la H11 es una dureza promedio de la martensita en una parte de superficie de un espesor de chapa que está dentro de un área que tiene una anchura de 200 μm en una dirección de espesor desde una capa más exterior de la chapa de acero después de la estampación en caliente, la H21 es una dureza promedio de la martensita en una parte central del espesor de chapa después de la estampación en caliente, y la σHM1 es una variación de la dureza de la martensita en la parte central del espesor de chapa después de la estampación en caliente.

40 9. La chapa de acero laminada en frío y estampada en caliente según la reivindicación 8, en donde una fracción de área de MnS que existe en la chapa de acero laminada en frío y que tiene un diámetro circular equivalente de 0,1 μm a 10 μm es 0,01 % o menos,

una expresión (K) siguiente se satisface,

$n_{21} / n_{11} < 1,5$  (K), y

la  $n_{11}$  es una densidad numérica promedio por  $10000 \mu\text{m}^2$  de la MnS que tiene el diámetro circular equivalente de  $0,1 \mu\text{m}$  a  $10 \mu\text{m}$  en una  $\frac{1}{4}$  parte del espesor de chapa después de la estampación en caliente, y la  $n_{21}$  es una densidad numérica promedio por  $10000 \mu\text{m}^2$  de la MnS que tiene un diámetro circular equivalente de  $0,1 \mu\text{m}$  a  $10 \mu\text{m}$  en la parte central del espesor de chapa después de la estampación en caliente.

- 5
10. La chapa de acero laminada en frío y estampada en caliente según la reivindicación 8 o 9, en donde una galvanización en caliente por inmersión se forma en una superficie de esta.
- 10
11. La chapa de acero laminada en frío y estampada en caliente según la reivindicación 10, en donde un recocido y galvanizado se forma en una superficie de la chapa de acero laminada en frío en la que la galvanización en caliente por inmersión se forma en la superficie de esta.
12. La chapa de acero laminada en frío y estampada en caliente según la reivindicación 8 o 9, en donde una electrogalvanización se forma en una superficie de esta.
- 15
13. La chapa de acero laminada en frío y estampada en caliente según la reivindicación 8 o 9, en donde una aluminización se forma en una superficie de esta.
14. Un método para producir una chapa de acero laminada en frío y estampada en caliente según una cualquiera de las reivindicaciones 8 a 13, comprendiendo el método:
- 20
- estampar en caliente una chapa laminada en frío producida mediante el método según una cualquiera de las reivindicaciones 4 a 7, en donde el estampado en caliente se lleva a cabo bajo la siguiente condición: (i) la chapa de acero se calienta hasta de  $700 \text{ }^\circ\text{C}$  a  $1000 \text{ }^\circ\text{C}$  a la tasa de aumento de temperatura de  $5 \text{ }^\circ\text{C/segundo}$  a  $500 \text{ }^\circ\text{C/segundo}$ , (ii) el estampado en caliente se lleva a cabo después del tiempo de espera de 1 segundo a 120 segundos, y (iii) la chapa de acero se enfría a la temperatura ambiente a  $300 \text{ }^\circ\text{C}$  a la tasa de enfriamiento de  $10 \text{ }^\circ\text{C/segundo}$  a  $1000 \text{ }^\circ\text{C/segundo}$ .
- 25
15. El método para producir la chapa de acero laminada en frío y estampada en caliente según la reivindicación 14, que comprende además:
- alear el acero entre la galvanización y el enrollado de endurecimiento.
16. El método para producir la chapa de acero laminada en frío y estampada en caliente según la reivindicación 14, que comprende además:
- electrogalvanizar el acero después del enrollado de endurecimiento.
- 30
17. El método para producir la chapa de acero laminada en frío y estampada en caliente según la reivindicación 14, que comprende además:
- aluminizar el acero entre el recocido y el enrollado de endurecimiento.

FIG. 1

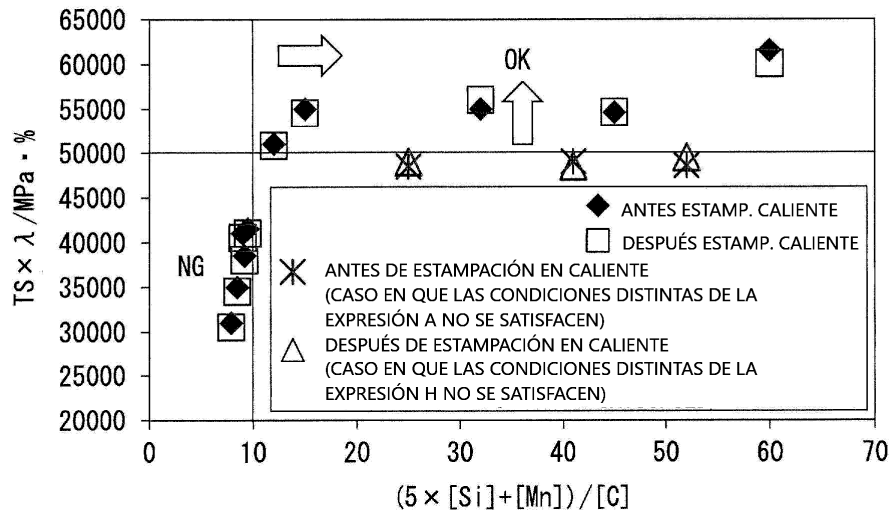




FIG. 2A

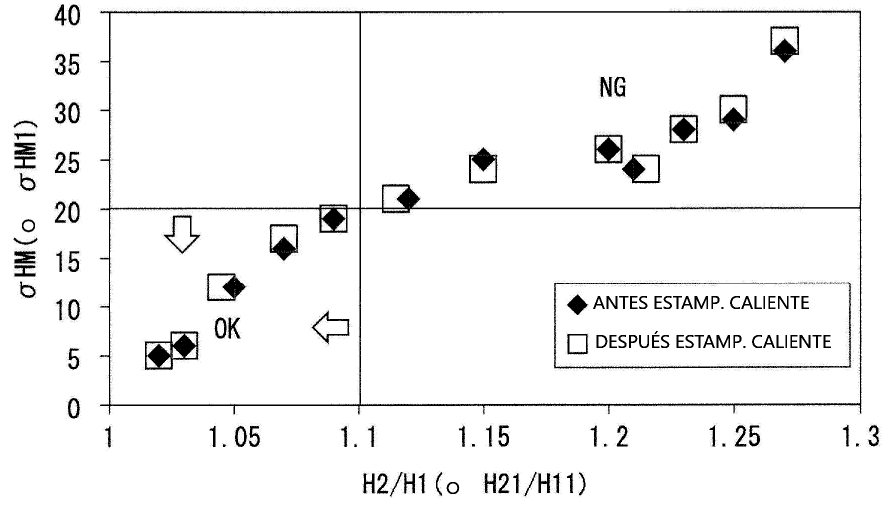


FIG. 2B

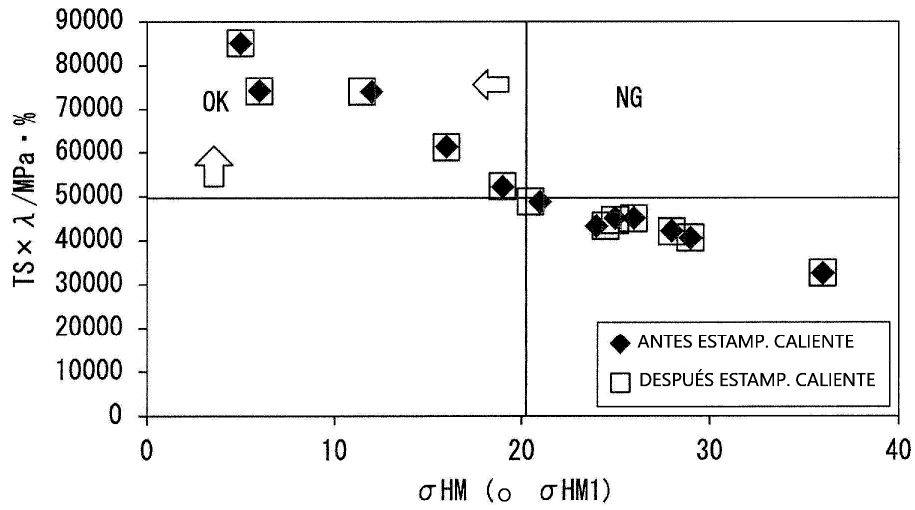


FIG. 3

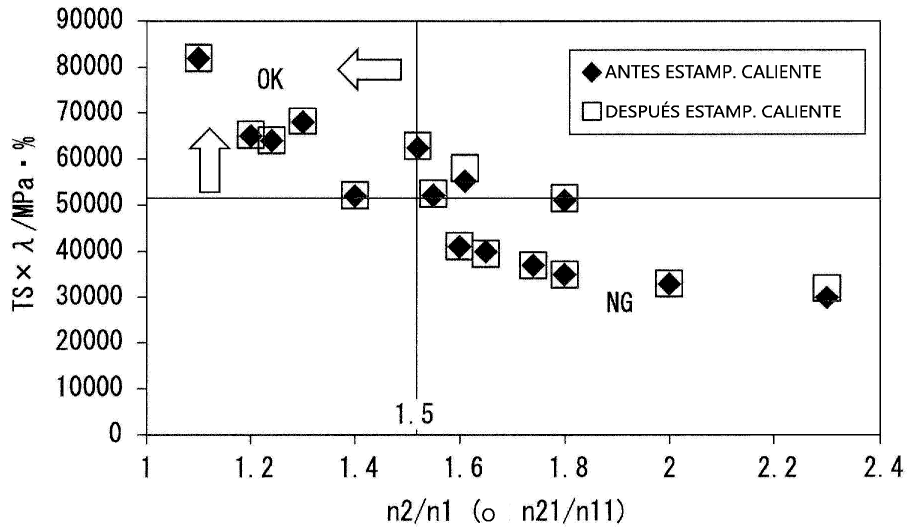


FIG. 4

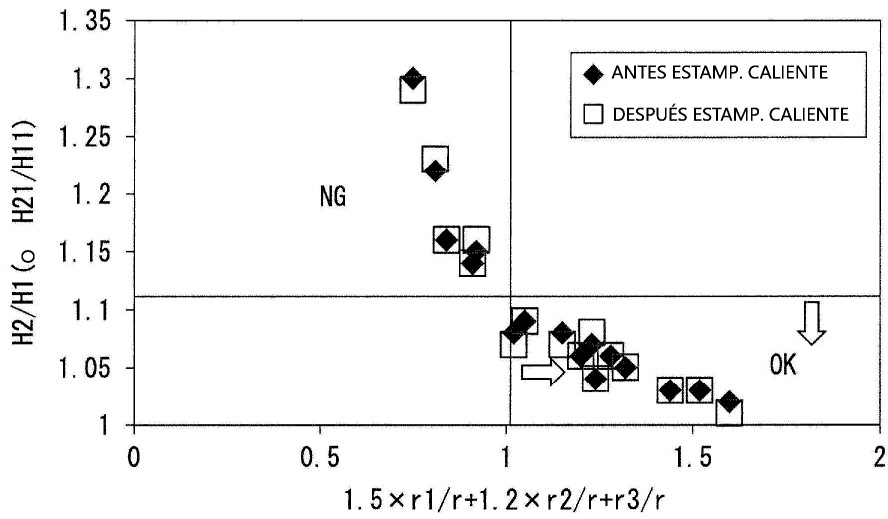


FIG. 5A

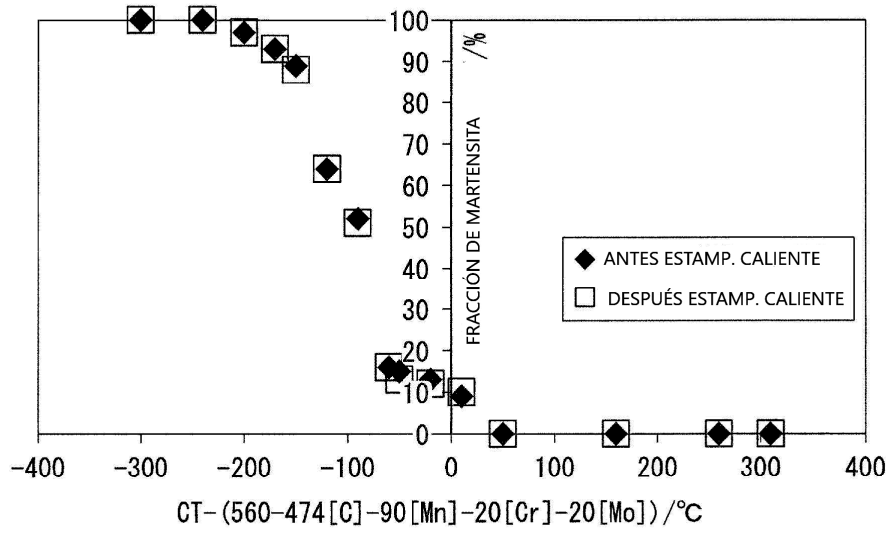


FIG. 5B

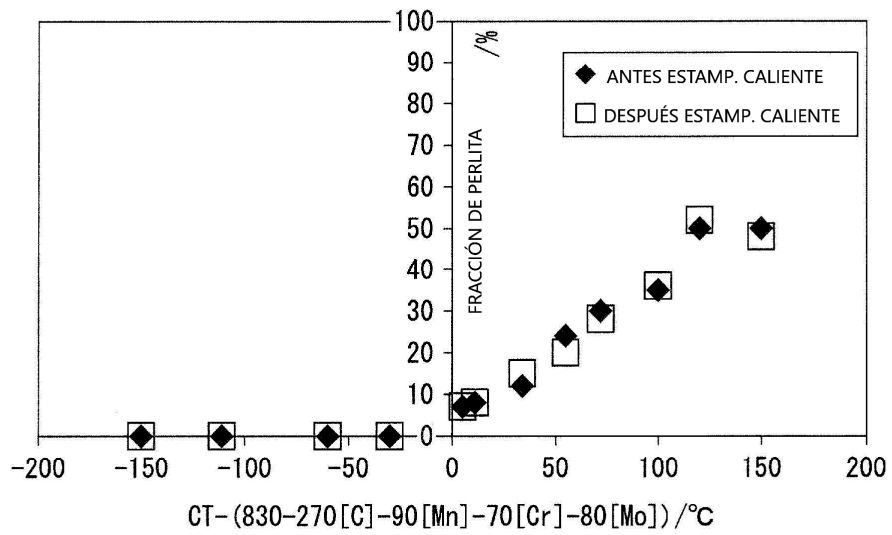


FIG. 6

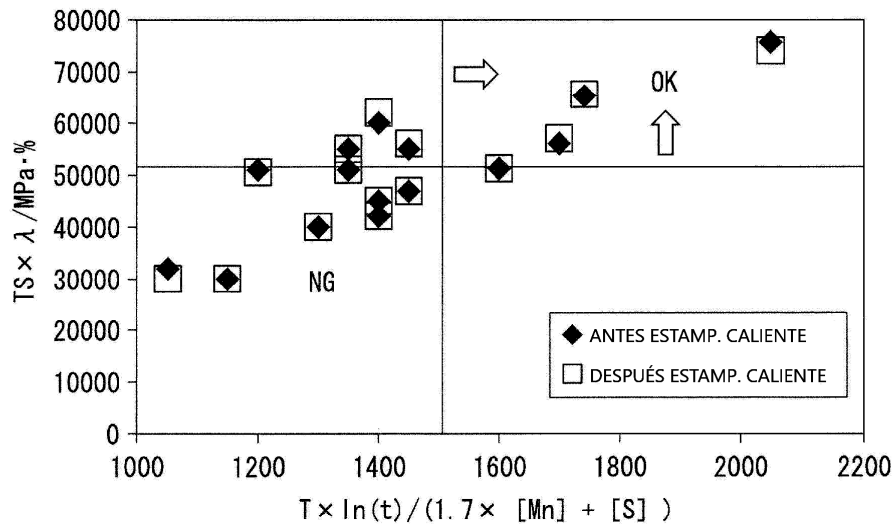


FIG. 7

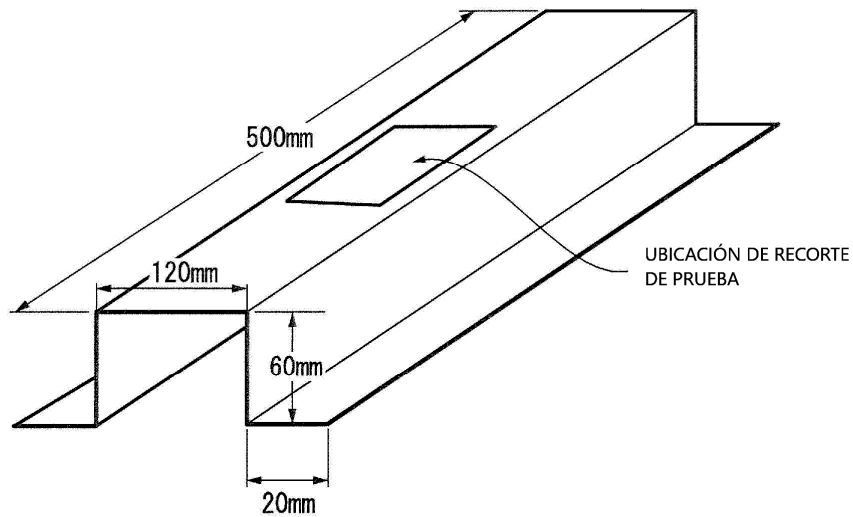


FIG. 8A

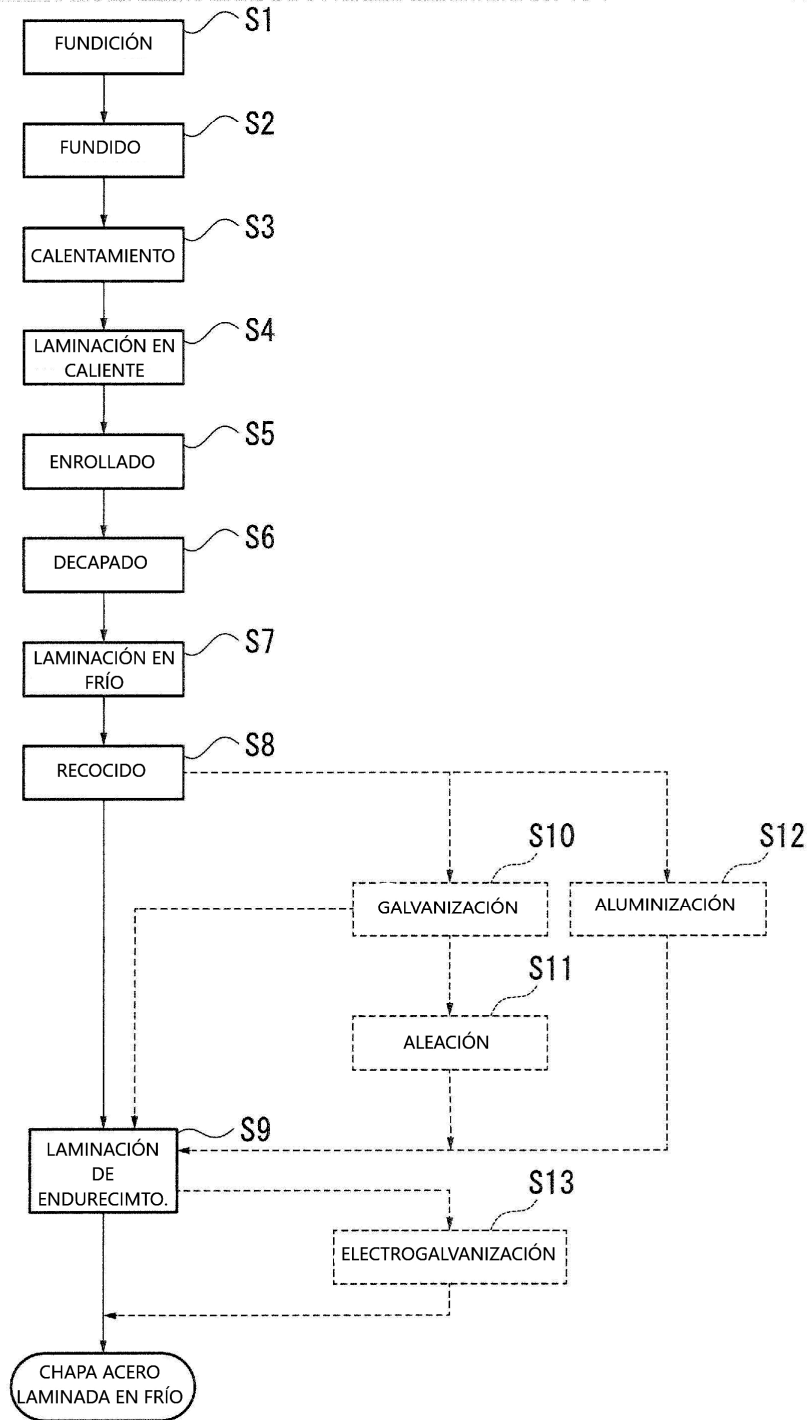


FIG. 8B

