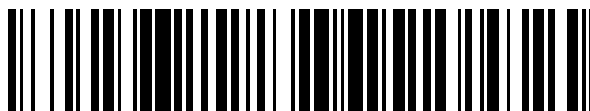


19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 761 600**

51 Int. Cl.:

<b>C22C 38/00</b>	(2006.01)	<b>C22C 38/08</b>	(2006.01)
<b>C21D 9/46</b>	(2006.01)	<b>C22C 38/12</b>	(2006.01)
<b>C22C 18/00</b>	(2006.01)	<b>C22C 38/14</b>	(2006.01)
<b>C22C 38/06</b>	(2006.01)	<b>C22C 38/16</b>	(2006.01)
<b>C22C 38/58</b>	(2006.01)	<b>C22C 38/18</b>	(2006.01)
<b>C23C 2/06</b>	(2006.01)	<b>B32B 15/01</b>	(2006.01)
<b>C23C 2/28</b>	(2006.01)	<b>C21D 8/02</b>	(2006.01)
<b>C23C 2/40</b>	(2006.01)		
<b>C22C 38/02</b>	(2006.01)		
<b>C22C 38/04</b>	(2006.01)		

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **05.11.2015 PCT/JP2015/081235**
- 87 Fecha y número de publicación internacional: **12.05.2016 WO16072477**
- 96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **05.11.2015 E 15857601 (7)**
- 97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **09.10.2019 EP 3216887**

54 Título: **Lámina de acero galvanizada en caliente**

30 Prioridad:

**05.11.2014 JP 2014225612**

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

**20.05.2020**

73 Titular/es:

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

72 Inventor/es:

**KAWATA HIROYUKI;**  
**YASUI TAKESHI;**  
**UEDA KOHEI;**  
**MARUYAMA NAOKI;**  
**YAMAGUCHI YUJI;**  
**UCHIDA SATOSHI;**  
**KOMAMI RYOSUKE;**  
**ARAI HAYATO;**  
**NAKASHIMA YASUHIRO y**  
**NAKAMURA TOYOMITSU**

74 Agente/Representante:

**ELZABURU, S.L.P**

ES 2 761 600 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**

Lámina de acero galvanizada en caliente

**[Campo técnico de la invención]**

5 La presente invención hace referencia a una lámina de acero galvanizada en caliente. La presente invención se relaciona con una lámina de acero galvanizada en caliente de alta resistencia particularmente excelente en ductilidad, plegabilidad, expansibilidad de orificios y adhesión de metalización al momento de la deformación por flexión y excelente en resistencia a la fatiga de flexión cíclica.

**[Técnica relacionada]**

10 En los últimos años, ha habido una demanda creciente por aumenta la resistencia de láminas de acero usadas principalmente en elementos de chasis automotriz. Para estas láminas de acero de alta resistencia, es necesario tener formabilidades tales como ductilidad, plegabilidad y formabilidad de expansión de modo de obtener formas de elementos complejas. Además, dado que estas láminas de acero de alta resistencia están siempre afectadas por la vibración cuando se usan para elementos automotrices, se requiere que tengan alta resistencia a la fatiga. Además, dado que generalmente una lámina de acero automotriz generalmente se usa en el exterior, habitualmente se requiere que la lámina de acero tenga excelente resistencia a la corrosión.

15 En usos para láminas externas automotrices o similares, la parte periférica de una lámina se somete habitualmente a intensa flexión (dobladillado) mediante trabajo de prensado. No solo en usos para las láminas externas automotrices sino también en otros usos, una lámina se somete a intensa flexión mediante trabajo de prensado, trabajo de expansión de orificios o similar para ser usada en muchos casos. En el caso de someter una lámina de acero galvanizada en caliente convencional a intensa flexión, trabajo de expansión de orificios o similar, la capa metalizada a veces se desprende de la lámina de acero base en la parte sometida a trabajo. Cuando la capa metalizada se desprende de la lámina de acero base como se describe anteriormente, existe el problema de que la resistencia a la corrección de la parte desprendida se pierda y la lámina de acero base se corroya y oxide en una etapa temprana. Además, incluso cuando la capa metalizada no se desprende, la adhesión entre la capa chapada y la lámina de acero base se pierde, incluso se forman pequeños huecos en el área en la que se pierde la adhesión que hacen que entre aire o humedad externos en los huecos. Por lo tanto, la función de resistencia a la corrosión de la capa metalizada se pierde y, como resultado, como se describe anteriormente, se produce corrosión y oxidación en la lámina de acero base en una etapa temprana.

20 En vista de estos problemas, para una lámina de acero de alta resistencia para usos en los que se ejerce dicha flexión intensa o similar, ha habido un fuerte interés en desarrollar una lámina de acero metalizada que incluya una capa galvanizada en caliente que tenga una excelente adhesión de la capa metalizada con la lámina de acero base.

25 De manera de mejorar la adhesión de una capa metalizada, por ejemplo, como se representa en los documentos de patente 1 a 3, se proponen métodos para formar óxidos dentro de una lámina de acero y reducir la cantidad de óxidos en una interfaz entre el acero base y una capa metalizada que produce que se desprenda la metalización. Sin embargo, en caso de formar un óxido en la superficie de la lámina de acero, el carbono en la superficie de la lámina de acero se une al oxígeno para gasificarse y, como resultado, se libera carbono de la lámina de acero. Por lo tanto, en las tecnologías descritas en los documentos de patente 1 a 3, la resistencia de la región de la lámina de acero de la cual se libera el carbono se reduce significativamente en algunos casos. En el caso en que la resistencia de la superficie de la lámina de acero disminuye, existe una preocupación de que la resistencia a la fatiga, que depende fuertemente de las propiedades de la parte superficial, se deteriore y, por lo tanto, se reduzca significativamente la resistencia límite de fatiga.

30 De manera alternativa, de manera de mejorar la adhesión de una capa metalizada, en el documento de patente 4 se propone un método para mejorar la adhesión de metalización mediante la reforma de la superficie de una lámina de acero base de manera que se realicen etapas mediante la adición de una nueva etapa de recocido y etapa de decapado antes de una etapa de recocido normal. Sin embargo, en el método descrito en el documento de patente 4, la cantidad de etapas aumenta en comparación con un método normal de producción de una lámina de acero metalizada de alta resistencia, y por lo tanto hay un problema de costos.

35 Adicionalmente, en el documento de patente 5, se propone un método para mejorar la adhesión de metalización mediante la eliminación de carbono de la parte superficial de una lámina de acero base. Sin embargo, en el método descrito en el documento de patente 5, la resistencia de la región de la que se elimina carbono se reduce significativamente. En este caso, existe una preocupación de que la resistencia a la fatiga, que depende fuertemente de las propiedades de la parte superficial, se deteriore y por lo tanto la resistencia límite de fatiga se reduzca significativamente en el método descrito en el documento de patente 5.

40 En los documentos de patente 6 y 7, se describen láminas de acero en las que se controlan las cantidades de Mn, Al y Si en una capa metalizada para que estén dentro de un rango adecuado y mejorar la adhesión de metalización. Para las láminas de acero descritas en estos documentos de patente 6 y 7, es necesario controlar las cantidades de los elementos en la capa metalizada con alta precisión en el momento de la producción, lo cual aplica una gran carga

industrial y produce un problema en los costos.

En el documento de patente 8, se propone una lámina de acero de alta resistencia en la que la microestructura de la lámina de acero está formada solo de ferrita como un método para mejorar la adhesión de metalización. Sin embargo, dado que la microestructura se forma solo de ferrita blanda en la lámina de acero descrita en el documento de patente 8, no se puede obtener una resistencia lo suficientemente alta.

Aquí, se utiliza ampliamente una lámina de acero galvanizada y recocida (galvannealed) obtenida al someter una lámina de acero a un tratamiento de aleación después de un tratamiento de galvanización en caliente. El tratamiento de aleación es un tratamiento que consiste en calentar una capa metalizada a una temperatura igual o superior al punto de fusión de Zn, difundiendo una gran cantidad de átomos de Fe en la capa metalizada desde el interior de una lámina de acero de base, y formando la capa metalizada en una capa que incluye principalmente una aleación Zn-Fe. Por ejemplo, en los documentos de patente 9, 10 y 11, se proponen láminas de acero galvanizadas y recocidas excelentes en adhesión de metalización. Sin embargo, en las láminas de acero galvanizadas y recocidas de los documentos de patente 9 a 11, es necesario calentar una lámina de acero a una alta temperatura para alear suficientemente la capa metalizada. Cuando la lámina de acero se calienta a una alta temperatura la microestructura dentro de la lámina de acero se reforma y se generan fácilmente carburos a base de hierro particularmente gruesos y las propiedades de la lámina de acero se deterioran. Por lo tanto, este caso no es preferible.

En el documento de patente 12, en la producción de la lámina de acero galvanizada en caliente de la lámina de acero base que contiene Si-Mn-Al, al controlar la temperatura de ingreso y definir la fracción de área de la sección transversal de la capa de aleación formada en la interfaz entre la lámina de acero base y la capa metalizada, se describe la tecnología para mejorar la adhesión de metalización y la soldabilidad por puntos.

En la lámina de acero descrita en el documento de patente 12, se describe que óxidos de Si-Mn afectan de manera adversa la adhesión de metalización. Sin embargo, no se describe en el documento de patente 12 una tecnología para reducir las cantidades de óxidos de Si-Mn hasta comenzar la metalización. Además, en el documento de patente 12, la temperatura a la cual la lámina de acero base ingresa a un baño de metalización se fija para que sea mayor que la temperatura del baño de galvanización en caliente (La temperatura varía dependiendo del contenido de Al del baño de galvanización en caliente, la temperatura a la cual la lámina de acero base ingresa en un baño de metalización se fija para que sea al menos 4 °C más alta que la temperatura del baño de galvanización en caliente y para que sea como máximo 28 °C más alta que la temperatura del baño de galvanización en caliente.), por lo tanto tener en consideración la estabilidad de la temperatura del baño y la uniformidad en las propiedades del producto no es suficiente en algunos casos.

**[Documento de la técnica anterior]**

[Documento de patente]

[Documento de patente 1] Solicitud de patente japonesa sin examinar, primera publicación n.º 2008-019465

[Documento de patente 2] Solicitud de patente japonesa sin examinar, primera publicación n.º 2005-060742

[Documento de patente 3] Solicitud de patente japonesa sin examinar, primera publicación n.º H9-176815

[Documento de patente 4] Solicitud de patente japonesa sin examinar, primera publicación n.º 2001-026853

[Documento de patente 5] Solicitud de patente japonesa sin examinar, primera publicación n.º 2002-088459

[Documento de patente 6] Solicitud de patente japonesa sin examinar, primera publicación n.º 2003-055751

[Documento de patente 7] Solicitud de patente japonesa sin examinar, primera publicación n.º 2003-096541

[Documento de patente 8] Solicitud de patente japonesa sin examinar, primera publicación n.º 2005-200750

[Documento de patente 9] Solicitud de patente japonesa sin examinar, primera publicación n.º H11-140587

[Documento de patente 10] Solicitud de patente japonesa sin examinar, primera publicación n.º 2001-303226

[Documento de patente 11] Solicitud de patente japonesa sin examinar, primera publicación n.º 2005-060743

[Documento de patente 12] Traducción japonesa publicada n.º 2013-541645 de la publicación internacional PCT

**[Descripción de la invención]**

[Problemas a resolver por la invención]

En virtud de las circunstancias que anteceden, un objeto de la presente invención es proporcionar una lámina de acero galvanizada en caliente de alta resistencia excelente en formabilidades de una lámina de acero, que están representadas por ductilidad, plegabilidad y formabilidad de expansión y excelente en resistencia a la fatiga,

soldabilidad, resistencia a la corrosión y adhesión de metalización.

**[Medios para resolver el problema]**

Los inventores de la presente han llevado a cabo intensas investigaciones para obtener una lámina de acero galvanizada en caliente de alta resistencia excelente en formabilidades de una lámina de acero, representadas por ductilidad, plegabilidad y formabilidad de expansión y excelente en resistencia a la fatiga, soldabilidad, resistencia a la corrosión y adhesión de metalización. Como resultado, los inventores de la presente han mejorado la ductilidad y expansibilidad de orificios (propiedad de expansión) mediante el control de microestructuras de una lámina de acero en una fracción de estructura apropiada. Además, los inventores de la presente han mejorado la plegabilidad y resistencia a la fatiga al controlar una fracción de volumen de una fase dura en el lado de la lámina de acero base de una interfaz entre una capa de metalización y la lámina de acero base. Los inventores de la presente han suprimido el desprendimiento de metalización mediante la formación de una fase  $\zeta$  ( $\text{FeZn}_{13}$ ) en una capa metalizada y mediante la incorporación de un óxido grueso, que actúa como un origen de fractura, en el interior de la misma. Mediante el método indicado anteriormente, los inventores de la presente han hallado que se puede obtener una lámina de acero galvanizada en caliente excelente en formabilidades de una lámina de acero representadas por ductilidad, plegabilidad y expansibilidad de orificios (propiedad de expansión) y excelente en resistencia a la fatiga, soldabilidad, resistencia a la corrosión y adhesión de metalización sin someter la capa de metalización a un tratamiento de aleación.

La presente invención se ha completado en función de los hallazgos y se define en las reivindicaciones. Además, se describe lo siguiente:

(1) Una lámina de acero galvanizada en caliente según un aspecto de la presente invención, es una lámina de acero galvanizada en caliente que comprende: una lámina de acero base; y

una capa galvanizada en caliente formada en al menos una superficie de la lámina de acero base, en donde: la lámina de acero base incluye una composición química que comprende, en % de masa,

C: de 0.040 % a 0.280 %,

Si: de 0.05 % a 2.00 %,

Mn: de 0.50 % a 3.50 %,

P: de 0.0001 % a 0.1000 %,

S: de 0.0001 % a 0.0100 %,

Al: de 0.001 % a 1.500 %,

N: de 0.0001 % a 0.0100 %,

O: de 0.0001 % a 0.0100 %, y

un resto de Fe e impurezas.

en un intervalo de 1/8 de espesor a 3/8 de espesor centrado en una posición de 1/4 de espesor desde la superficie de la lámina de acero base, por fracción de volumen, 40 % o más y 97 % o menos de una fase de ferrita, un total de 3 % o más de una estructura dura que comprende una o más de una fase de bainita, una fase de ferrita bainítica, una fase de martensita fresca y una fase de martensita revenida, una fase de austenita residual es de 0 a 8 % por fracción de volumen, un total de una fase de perlita y una fase de cementita gruesa es de 0 a 8 % por fracción de volumen, en un intervalo de capa superficial de 20  $\mu\text{m}$  de profundidad en una dirección de lámina de acero desde una interfaz entre la capa galvanizada en caliente y la lámina de acero base, una fracción de volumen de una austenita residual es de 0 a 3 %, la lámina de acero base incluye una microestructura en la que V1/V2 que es una relación de una fracción de volumen V1 de la estructura dura en el intervalo de la capa superficial y una fracción de volumen V2 de la estructura dura en el intervalo de 1/8 de espesor a 3/8 de espesor centrada en la posición de 1/4 de espesor desde la superficie de la lámina de acero base es de 0.10 o más y de 0.90 o menos, un contenido de Fe es de más de 0 % a 5.0 % o menos y un contenido de Al es de más de 0 % a 1.0 % o menos en la capa galvanizada en caliente, y se incluyen granos columnares formados de una fase  $\zeta$  en la capa galvanizada en caliente, una relación  $((A^*/A) \times 100)$  de una interfaz ( $A^*$ ) entre la fase  $\zeta$  y la lámina de acero base en una interfaz entera (A) entre la capa metalizada galvanizada en caliente y la lámina de acero base es de 20 % o más, una capa refinada se forma en el lado de la interfaz en la lámina de acero base, un espesor promedio de la capa refinada es de 0.1 a 5.0  $\mu\text{m}$ , un tamaño de grano promedio de ferrita en la capa refinada es de 0.1 a 3.0  $\mu\text{m}$ , están contenidos uno o dos o más de los óxidos de Si y Mn y un tamaño máximo del óxido es de 0.01 a 0.4  $\mu\text{m}$ .

(2) La lámina de acero galvanizada en caliente según el punto anterior (1), en donde la lámina de acero base contiene además, en % de masa, uno o dos o más seleccionados de

Ti: de 0.001 % a 0.150 %, y

Nb: de 0.001 % a 0.100 %, y

V: 0.001 % a 0.300 %.

(3) La lámina de acero galvanizada en caliente según los puntos anteriores (1) o (2), en donde la lámina de acero base contiene, en % de masa, uno o dos o más seleccionados de

5 Cr: de 0.01 % a 2.00 %, y

Ni: de 0.01 % a 2.00 %, y

Cu: de 0.01 % a 2.00 %, y

Mo: de 0.01 % a 2.00 %, y

B: de 0.0001 % a 0.0100 %, y

10 W: 0.01 % a 2.00 %.

(4) La lámina de acero galvanizada en caliente según cualquiera de los puntos anteriores (1) a (3), en donde la lámina de acero base contiene, en % de masa, uno o dos o más seleccionados de Ca, Ce, Mg, Zr, La y REM en una cantidad total de 0.0001 % a 0.0100 %.

15 (5) La lámina de acero galvanizada en caliente según cualquiera de los puntos anteriores (1) a (4), en donde una relación de una interfaz formada entre granos  $\zeta$  en los que están presentes óxidos gruesos y la lámina de acero base en una interfaz entre la fase  $\zeta$  y la lámina de acero base en la capa galvanizada en caliente es de 50 % o menos.

(6) La lámina de acero galvanizada en caliente según cualquiera de los puntos anteriores (1) a (5), en donde una cantidad metalizada en una superficie de la lámina de acero base en la lámina de acero galvanizada en caliente es de 10 g/m<sup>2</sup> o más y 100 g/m<sup>2</sup> o menos.

## 20 [Efectos de la invención]

Según los aspectos anteriores de la presente invención, es posible proporcionar una lámina de acero galvanizada en caliente excelente en formabilidad, resistencia a la fatiga, soldabilidad, resistencia a la corrosión y adhesión de metalización.

## [Breve descripción de los dibujos]

25 La Figura 1 es una micrografía de estructura ampliada de las proximidades de un área que incluye una interfaz entre una capa galvanizada en caliente y una lámina de acero base en la sección transversal de una lámina de acero galvanizada en caliente según una realización.

30 La Figura 2 es una micrografía de estructura de sección transversal ampliada de las proximidades de un área que incluye una interfaz entre una capa galvanizada en caliente y una lámina de acero base en la sección transversal de una lámina de acero galvanizada en caliente según un ejemplo.

## [Realizaciones de la invención]

35 Una lámina de acero galvanizada en caliente según la realización es una lámina de acero galvanizada en caliente como se define en la reivindicación 1, en donde una capa galvanizada en caliente (en adelante mencionada también como una capa metalizada simplemente) se forma en una superficie de una lámina de acero base (en adelante también mencionada como una lámina de acero simplemente) que incluye una composición química que comprende, en % de masa, C: de 0.040 % a 0.280 %, Si: de 0.05 % a 2.00 %, Mn: de 0.50 % a 3.50 %, P: de 0.0001 % a 0.1000 %, S: de 0.0001 % a 0.0100 %, Al: de 0.001 % a 1.500 %, N: de 0.0001 % a 0.0100 %, O: de 0.0001 % a 0.0100 % y un resto de Fe e impurezas.

40 Es apropiado que el espesor de la lámina de acero base sea de 0.6 mm o más y menos de 5.0 mm. Cuando el espesor de la lámina de acero base es menos de 0.6 mm, es difícil mantener la forma de la lámina de acero base plana y el espesor no es apropiado. Además, cuando el espesor de la lámina de acero base es 5.0 mm o más, el control de enfriamiento en un proceso de producción será difícil, no se obtiene una microestructura predeterminada y la formabilidad se deteriora.

45 En primer lugar, se describirán a continuación los componentes químicos (composición) de la lámina de acero base que constituye la lámina de acero galvanizada en caliente según la realización. En la siguiente descripción, el término «%» significa «% de masa».

[C: de 0.040 % a 0.280 %]

C se agrega para mejorar la resistencia de la lámina de acero base. Sin embargo, cuando el contenido de C es de

más de 0.280 % la soldabilidad por puntos se deteriora. Por lo tanto, el contenido de C es de 0.280 % o menos. Desde el punto de vista de la soldabilidad por puntos, el contenido de C es preferiblemente de 0.250 % o menos y más preferiblemente de 0.220 % o menos. Por otra parte, cuando el contenido de C es menor que 0.040 %, la resistencia se deteriora y por lo tanto es difícil asegurar una resistencia a la tracción máxima suficiente. Por lo tanto, el contenido de C es de 0.040 % o más. Para aumentar aún más la resistencia, el contenido de C es preferiblemente de 0.055 % o más y más preferiblemente de 0.070 % o más.

[Si: de 0.05 % a 2.00 %]

Si es un elemento que suprime la formación de carburos a base de hierro en la lámina de acero base y mejora la resistencia y formabilidad. Sin embargo, Si es un elemento que hace que el acero sea frágil. Cuando el contenido de Si es más de 2.00 %, se produce fácilmente un problema tal como el agrietamiento de una placa de colada o similar. Por lo tanto, el contenido de Si es de 2.00 % o menos. Además, Si forma óxidos en la superficie de la lámina de acero base en una etapa de recocido que obstaculizan significativamente la adhesión de metalización. Desde este punto de vista, el contenido de Si es preferiblemente de 1.500 % o menos y más preferiblemente de 1.200 % o menos. Por otra parte, cuando el contenido de Si es menos de 0.05 %, en una etapa de metalización para la lámina de acero galvanizada en caliente, se forma una gran cantidad de carburos a base de hierro gruesos y la resistencia y formabilidad se deterioran. Por lo tanto, el contenido de Si es de 0.05 % o más. Desde el punto de vista de la supresión de la formación de carburos a base de hierro, el contenido de Si es preferiblemente de 0.10 % o más y más preferiblemente de 0.25 % o más.

[Mn: de 0.50 % a 3.50 %]

Mn se agrega para aumentar la resistencia mediante el aumento de la templabilidad de la lámina de acero base. Sin embargo, cuando el contenido de Mn es más de 3.50 %, se genera una parte con concentración de Mn grueso en la parte central del espesor de la lámina de acero base y se produce fácilmente la fragilización. Por lo tanto, se produce fácilmente un problema como el agrietamiento de una placa de colada. Por lo tanto, el contenido de Mn es de 3.50 % o menos. Además, un aumento en el contenido de Mn da como resultado el deterioro de la soldabilidad por puntos de la lámina de acero galvanizada en caliente. Por esta razón, el contenido de Mn es preferiblemente de 3.00 % o menos y más preferiblemente de 2.80 % o menos. Por otra parte, cuando el contenido de Mn es menor que 0.50 %, se forma una gran cantidad de estructura blanda durante el enfriamiento después del recocido y por lo tanto es difícil asegurar una resistencia a la tracción máxima lo suficientemente alta. Por consiguiente, es necesario que el contenido de Mn sea de 0.50 % o más. Para aumentar aún más la resistencia de la lámina de acero galvanizada en caliente, el contenido de Mn es preferiblemente de 0.80 % o más y más preferiblemente de 1.00 % o más.

[P: de 0.0001 % a 0.1000 %]

P es un elemento que hace frágil al acero y cuando el contenido de P es más de 0.1000 %, se producen fácilmente problemas tales como el agrietamiento de una placa de colada y agrietamiento de una placa durante el laminado en caliente. Por lo tanto, el contenido de P es de 0.1000 % o menos. Además, P es un elemento que produce la fragilización de una parte fundida por soldadura por puntos, y el contenido de P es preferiblemente de 0.0400 % o menos y más preferiblemente de 0.0200 % o menos de manera de obtener suficiente resistencia de la unión soldada. Por otro lado, un contenido de P de menos de 0.0001 % da como resultado un costo de producción considerablemente aumentado. Por lo tanto, es preferible que el contenido de P tenga un límite inferior de 0.0001 % y que el contenido de P sea de 0.0010 % o más.

[S: de 0.0001 % a 0.0100 %]

S es un elemento que está limitado a Mn y forma MnS grueso y la formabilidad como la ductilidad, la expansibilidad de orificios (propiedad de expansión) y la plegabilidad se deteriora. Por lo tanto, el contenido de S es de 0.0100 % o menos. Además, S es un elemento que deteriora la soldabilidad por puntos. Por lo tanto, el contenido de S es preferiblemente de 0.0060 % o menos y más preferiblemente de 0.0035 % o menos. Por otro lado, un contenido de S de menos de 0.0001 % da como resultado un costo de producción considerablemente aumentado. Por lo tanto, es preferible que el contenido de S tenga un límite inferior de 0.0001 % y que el contenido de S sea de 0.0005 % o más y más preferiblemente de 0.0010 % o más.

[Al: de 0.001 % a 1.500 %]

Al es un elemento que hace que el acero sea frágil. Cuando el contenido de Al es de más de 1.500 %, se produce fácilmente un problema tal como el agrietamiento de una placa de colada y por lo tanto el contenido de Al es de 1.500 % o menos. Además, cuando se aumenta el contenido de Al, se deteriora la soldabilidad por puntos y por lo tanto el contenido de Al es más preferiblemente de 1.200 % o menos y aún más preferiblemente de 1.000 % o menos. Por otro lado, incluso aunque el límite inferior del contenido de Al no se limita particularmente, se presentan los efectos de la realización. Al es una impureza inevitable presente en la materia prima en una cantidad muy pequeña y un contenido de Al de menos de 0.001 % da como resultado un costo de producción considerablemente aumentado. Por lo tanto, el contenido de Al es de 0.001 % o más. Además, Al es un elemento que es eficaz como material de desoxidación pero para obtener un efecto de desoxidación suficiente, el contenido de Al es más preferiblemente de 0.010 % o más.

[N: de 0.0001 % a 0.0100 %]

Dado que N es un elemento que forma un nitruro grueso y deteriora la formabilidad tal como la ductilidad, expansibilidad de orificios (propiedad de expansión) y plegabilidad, es necesario que se suprima la cantidad de N agregado. Cuando el contenido de N es más de 0.0100 %, el deterioro de la formabilidad es significativo y por lo tanto el límite superior del contenido de N es de 0.0100 %. Además, una cantidad excesiva de N produce la generación de sopladuras al momento de soldar y cuanto menor sea su contenido es mejor. Desde este punto de vista, el contenido de N es preferiblemente de 0.0070 % o menos y más preferiblemente de 0.0050 % o menos. Por otro lado, incluso aunque el límite inferior del contenido de N no se limita particularmente, se presentan los efectos de la realización. Sin embargo, un contenido de N de menos de 0.0001 % da como resultado un costo de producción considerablemente aumentado. Por lo tanto, el límite inferior del contenido de N es de 0.0001 % o más. El contenido de N es preferiblemente de 0.0003 % o más y más preferiblemente 0.0005 % o más.

[O: de 0.0001 % a 0.0100 %]

Dado que O forma un óxido y deteriora la formabilidad tal como la ductilidad, expansibilidad de orificios (propiedad de expansión) y plegabilidad de la lámina de acero galvanizada en caliente, es necesario suprimir su contenido. Cuando el contenido de O es más de 0.0100 %, el deterioro de la formabilidad es significativo y por lo tanto el límite superior del contenido de O es 0.0100 %. Además, el contenido de O es preferiblemente de 0.0050 % o menos y más preferiblemente de 0.0030 % o menos. Incluso aunque el límite inferior del contenido de O no se limita particularmente, se presentan los efectos de la realización. Sin embargo, un contenido de O de menos de 0.0001 % da como resultado un costo de producción considerablemente aumentado. Por lo tanto, el límite inferior del mismo es de 0.0001 %. El contenido de O es preferiblemente de 0.0003 % o más y más preferiblemente de 0.0005 % o más.

Además, los siguientes elementos pueden agregarse opcionalmente a la lámina de acero base de la lámina de acero galvanizada en caliente según la realización.

En primer lugar, la lámina de acero base según la realización puede contener además uno o dos o más seleccionados de Ti: de 0.001 % a 0.150 %, Nb: de 0.001 % a 0.100 %, y V: 0.001 % a 0.300 %.

[Ti: de 0.001 % a 0.150 %]

Ti es un elemento que contribuye a aumentar la resistencia de la lámina de acero galvanizada en caliente mediante fortalecimiento de precipitado, fortalecimiento de grano fino debido a la supresión del crecimiento de grano de ferrita y fortalecimiento de dislocaciones a través de la supresión de la recristalización. Sin embargo, cuando el contenido de Ti es mayor que 0.150 %, la cantidad de carbonitruros precipitados aumenta y se deteriora la formabilidad. Por lo tanto, el contenido de Ti es preferentemente de 0.150 % o menos. Además, desde el punto de vista de la formabilidad, el contenido de Ti es más preferentemente de 0.080 % o menos. Por otro lado, incluso aunque el límite inferior del contenido de Ti no se limita particularmente, se presentan los efectos de la realización. Sin embargo, con el fin de obtener de manera suficiente el efecto de alto fortalecimiento mediante la adición de Ti, el contenido de Ti es preferiblemente de 0.001 % o más. De manera de lograr una resistencia más alta de la lámina de acero galvanizada en caliente, el contenido de Ti es más preferiblemente de 0.010 % o más.

[Nb: de 0.001 % a 0.100%]

Nb es un elemento que contribuye a aumentar la resistencia de la lámina de acero galvanizada en caliente mediante fortalecimiento de precipitado, fortalecimiento de grano fino debido a la supresión del crecimiento de grano de ferrita y fortalecimiento de dislocaciones a través de la supresión de la recristalización. Sin embargo, cuando el contenido de Nb es mayor que 0.100 %, la cantidad de carbonitruros precipitados aumenta y se deteriora la formabilidad de la lámina de acero galvanizada en caliente. Por lo tanto, el contenido de Nb es más preferiblemente de 0.100 % o menos. Desde el punto de vista de la formabilidad, el contenido de Nb es más preferiblemente de 0.060 % o menos. Por otro lado, incluso aunque el límite inferior del contenido de Nb no se limita particularmente, se presentan los efectos de la realización. Sin embargo, con el fin de obtener de manera suficiente el efecto de alto fortalecimiento mediante la adición de Nb, el contenido de Nb es preferiblemente de 0.001 % o más. De manera de lograr una resistencia más alta de la lámina de acero galvanizada en caliente, el contenido de Nb es más preferiblemente de 0.005 % o más.

[V: de 0.001 % a 0.300 %]

V es un elemento que contribuye a aumentar la resistencia de la lámina de acero galvanizada en caliente mediante fortalecimiento de precipitado, fortalecimiento de grano fino debido a la supresión del crecimiento de grano de ferrita y fortalecimiento de dislocaciones a través de la supresión de la recristalización. Sin embargo, cuando el contenido de V es mayor que 0.300 %, la cantidad de carbonitruros precipitados aumenta y se deteriora la formabilidad. Por lo tanto, el contenido de V es preferiblemente de 0.300 % o menos y más preferiblemente de 0.200 % o menos. Por otro lado, incluso aunque el límite inferior del contenido de V no se limita particularmente, se presentan los efectos de la realización. Con el fin de obtener de manera suficiente el efecto de alto fortalecimiento mediante la adición de V, el contenido de V es preferiblemente de 0.001 % o más y más preferiblemente de 0.010 % o más.

Además, la lámina de acero base según la realización puede contener uno o dos o más seleccionados de Cr: de 0.01

## ES 2 761 600 T3

a 2.00 %, Ni: de 0.01 % a 2.00 %, Cu: de 0.01 % a 2.00 %, Mo: de 0.01 % a 2.00 %, B: de 0.0001 a 0.0100 %, y W: de 0.01 % a 2.00 %.

[Cr: de 0.01 % a 2.00 %]

5 Cr es un elemento que suprime la transformación de fase a una temperatura alta y es eficaz para el alto fortalecimiento de la lámina de acero galvanizada en caliente y puede agregarse en lugar de parte de C y/o Mn. Sin embargo, cuando el contenido de Cr es más de 2.00 %, se obstaculiza la aptitud para el moldeo en caliente y se deteriora la productividad. Por lo tanto, el contenido de Cr es preferiblemente de 2.00 % o menos y más preferiblemente de 1.20 % o menos. Por otro lado, incluso aunque el límite inferior del contenido de Cr no se limita particularmente, se presentan los efectos de la realización. Sin embargo, con el fin de obtener de manera suficiente el efecto de alto fortalecimiento mediante la adición de Cr, el contenido de Cr es preferiblemente de 0.01 % o más y más preferiblemente 0.10 % o más.

[Ni: de 0.01 % a 2.00 %]

15 Ni es un elemento que suprime la transformación de fase a una temperatura alta y es eficaz para el alto fortalecimiento de la lámina de acero galvanizada en caliente y puede agregarse en lugar de parte de C y/o Mn. Sin embargo, cuando un contenido de Ni es de más de 2.00 %, se obstaculiza la soldabilidad. Por lo tanto, el contenido de Ni es preferiblemente de 2.00 % o menos y más preferiblemente de 1.20 % o menos. Por otro lado, incluso aunque el límite inferior del contenido de Ni no se limita particularmente, se presentan los efectos de la realización. Sin embargo, con el fin de obtener de manera suficiente el efecto de alto fortalecimiento mediante la adición de Ni, el contenido de Ni es preferiblemente de 0.01 % o más y más preferiblemente 0.10 % o más.

20 [Cu: de 0.01 % a 2.00 %]

25 Cu es un elemento que existe como finas partículas en el acero para de ese modo mejorar la resistencia de la lámina de acero galvanizada en caliente y puede agregarse en lugar de parte de C y/o Mn. Sin embargo, cuando el contenido de Cu es de más de 2.00 %, se obstaculiza la soldabilidad. Por lo tanto, el contenido de Cu es preferiblemente de 2.00 % o menos y más preferiblemente 1.20 % o menos. Por otro lado, incluso aunque el límite inferior del contenido de Cu no se limita particularmente, se presentan los efectos de la realización. Sin embargo, con el fin de obtener de manera suficiente el efecto de alto fortalecimiento de la lámina de acero galvanizada en caliente mediante la adición de Cu, el contenido de Cu es preferiblemente de 0.01 % o más y más preferiblemente 0.10 % o más.

[Mo: de 0.01 % a 2.00 %]

30 Mo es un elemento que suprime la transformación de fase a una temperatura alta y es eficaz para el alto fortalecimiento de la lámina de acero galvanizada en caliente y puede agregarse en lugar de parte de C y/o Mn. Sin embargo, cuando el contenido de Mo es de más de 2.00 %, se obstaculiza la aptitud para el moldeo en caliente y se deteriora la productividad. Por lo tanto, el contenido de Mo es preferiblemente de 2.00 % o menos y más preferiblemente de 1.20 % o menos. Por otro lado, incluso aunque el límite inferior del contenido de Mo no se limita particularmente, se presentan los efectos de la realización. Sin embargo, con el fin de obtener de manera suficiente el efecto de alto fortalecimiento mediante la adición de Mo, el contenido de Mo es preferiblemente de 0.01 % o más y más preferiblemente de 0.05 % o más.

[B: de 0.0001 % a 0.0100 %]

40 B es un elemento que suprime la transformación de fase a una temperatura alta y es eficaz para el alto fortalecimiento de la lámina de acero galvanizada en caliente y puede agregarse en lugar de parte de C y/o Mn. Sin embargo, cuando el contenido de B es más de 0.0100 %, se obstaculiza la aptitud para el moldeo en caliente y se deteriora la productividad. Por lo tanto, el contenido de B es preferentemente de 0.0100 % o menos. Desde el punto de vista de la productividad, el contenido de B es más preferiblemente de 0.0050 % o menos. Por otro lado, incluso aunque el límite inferior del contenido de B no se limita particularmente, se presentan los efectos de la realización. Sin embargo, con el fin de obtener de manera suficiente el efecto de alto fortalecimiento mediante la adición de B, el contenido de B es preferiblemente de 0.0001 % o más. De manera de lograr una alta resistencia adicional de la lámina de acero galvanizada en caliente, el contenido de B es más preferiblemente de 0.0005 % o más.

[W: de 0.01 % a 2.00 %]

50 W es un elemento que suprime la transformación de fase a una temperatura alta y es eficaz para el alto fortalecimiento de la lámina de acero galvanizada en caliente y puede agregarse en lugar de parte de C y/o Mn. Sin embargo, cuando el contenido de W es más de 2.00 %, se obstaculiza la aptitud para el moldeo en caliente y se deteriora la productividad. Por lo tanto, el contenido de W es preferiblemente de 2.00 % o menos y más preferiblemente de 1.20 % o menos. Por otro lado, incluso aunque el límite inferior del contenido de W no se limita particularmente, se presentan los efectos de la realización. Sin embargo, con el fin de obtener de manera suficiente el efecto de alto fortalecimiento mediante la adición de W, el contenido de W es preferiblemente de 0.01 % o más y más preferiblemente de 0.10 % o más.

55 La lámina de acero base de la lámina de acero galvanizada en caliente según la realización puede contener además,



como otros elementos, uno o dos o más de Ca, Ce, Mg, Zr, La y REM en una cantidad total de 0.0001 % a 0.0100 %. Las razones para agregar estos elementos son las siguientes.

5 Cabe destacar que REM significa Metales de Tierras Raras (por sus siglas en inglés) y hace referencia a un elemento que pertenece a la serie de los lantánidos. En esta realización, se suele agregar REM o Ce en metal de misch y puede contener elementos de la serie de los lantánidos distintos de La y Ce en una forma compleja. Los efectos de la realización se presentan incluso aunque elementos de la serie de los lantánidos distintos de La y Ce estén contenidos en la placa como impurezas. Además, los efectos de la realización se presentan incluso cuando los metales La y Ce se agregan a la placa.

10 Ca, Ce, Mg, Zr, La y REM son elementos eficaces para mejorar la formabilidad de la lámina de acero galvanizada en caliente, y uno o dos o más de estos elementos pueden agregarse a la placa. Sin embargo, cuando el contenido total de uno o dos o más de Ca, Ce, Mg, Zr, La y REM es más de 0.0100 %, existe una preocupación de que la ductilidad se vea obstaculizada. Por lo tanto, el contenido de total de los respectivos elementos es preferiblemente de 0.0100 % o menos y más preferiblemente de 0.0070 % o menos. Por otro lado, incluso aunque el límite inferior del contenido de uno o dos o más de Ca, Ce, Mg, Zr, La y REM no se limita particularmente, se presentan los efectos de la realización.

15 Sin embargo, con el fin de obtener de manera suficiente el efecto de mejorar la formabilidad de la lámina de acero galvanizada en caliente, el contenido total de uno o dos o más de los elementos respectivos es preferiblemente de 0.0001 % o más. Desde el punto de vista de la formabilidad, el contenido total de uno o dos o más de Ca, Ce, Mg, Zr, La y REM es más preferiblemente de 0.0010 % o más.

20 En los componentes químicos de la lámina de acero galvanizada en caliente según la realización, un resto distinto de los elementos respectivos descritos anteriormente incluye Fe e impurezas. A propósito, se permite que una cantidad muy pequeña de cada uno de Ti, Nb, V, Cr, Ni, Cu, Mo, B y W descritos anteriormente que sea menor que el límite inferior descrito anteriormente esté contenida como una impureza. Además, con respecto a Ca, Ce, Mg, Zr, La y REM, una cantidad mínima que sea menos que el valor de límite inferior descrito anteriormente de su contenido total se permite que esté contenida como una impureza.

25 Las razones para definir la estructura de la lámina de acero base de la lámina de acero galvanizada en caliente según la realización de la presente invención son las siguientes.

(Microestructura)

30 La microestructura en la lámina de acero base de la lámina de acero galvanizada en caliente según la realización de la presente invención es una microestructura en la que, en un intervalo de 1/8 de espesor a 3/8 de espesor centrado en una posición de 1/4 de espesor desde la superficie de la lámina de acero base, una fase de ferrita (a la que de aquí en adelante se hace referencia como una ferrita) es 40 % o más y 97 % o menos por fracción de volumen, una estructura dura que comprende una o más de una fase de bainita (a la que de aquí en adelante se hace referencia como una bainita), una fase de ferrita bainítica (a la que de aquí en adelante se hace referencia como una ferrita bainítica), una fase de martensita fresca (a la que de aquí en adelante se hace referencia como una martensita) y una

35 fase de martensita revenida (a la que de aquí en adelante se hace referencia como una martensita revenida) es en total 3 % o más por fracción de volumen, una fase de austenita residual (a la que de aquí en adelante se hace referencia como una austenita residual) es 0 a 8 % por fracción de volumen (incluido 0 %), una fase de perlita (a la que de aquí en adelante se hace referencia como una perlita) y una fase de cementita gruesa (a la que de aquí en adelante se hace referencia como una cementita) es en total 0 a 8 % por fracción de volumen (incluido 0 %).

40 [Ferrita]

La Ferrita es una estructura que tiene excelente ductilidad. Sin embargo, dado que la ferrita tiene baja resistencia por ser blanda, no se puede obtener una lámina de acero galvanizada en caliente que tenga suficiente resistencia a la tracción máxima cuando la fracción de volumen de la ferrita es más de 97 %. Por lo tanto, la fracción de volumen de la ferrita es de 97 % o menos. Para mejorar la resistencia a la tracción máxima de la lámina de acero galvanizada en

45 caliente, la fracción de volumen de volumen de la ferrita es preferiblemente de 92 % o menos y más preferiblemente de 85 % o menos. Además, para obtener una lámina de acero galvanizada en caliente que tenga una resistencia a la tracción máxima de más de 950 MPa, la fracción de volumen de la ferrita es preferiblemente de 80 % o menos y más preferiblemente de 70 % o menos. Por otro lado, no se puede obtener suficiente ductilidad cuando la fracción de volumen de la ferrita es menos de 40 %. Por lo tanto, la fracción de volumen de la ferrita es de 40 % o más. La fracción

50 de volumen de la ferrita es preferiblemente de 45 % o más y más preferiblemente de 50 % o más.

[Austenita residual]

La austenita residual es una estructura para mejorar enormemente un equilibrio entre resistencia y ductilidad de la lámina de acero galvanizada en caliente. Por otro lado, la austenita residual se transforma en martensita dura con la deformación y esta martensita dura actúa como un origen de fractura, y la propiedad de expansión se deteriora. Por

55 lo tanto, un límite superior de la fracción de volumen de la austenita residual es de 8 %. Desde el punto de vista de la formabilidad de la lámina de acero galvanizada en caliente, la fracción de volumen de la austenita residual es preferiblemente baja y de 5 % o menos y más preferiblemente de 0 a 3 % (incluido 0 %). La fracción de volumen de la austenita residual de la lámina de acero galvanizada en caliente es preferiblemente inferior y puede ser de 0 %.

[Estructura dura]

De manera de mejorar la resistencia a la tracción máxima de la lámina de acero galvanizada en caliente, es necesario que una fracción de volumen de la estructura dura que comprende una o más de una bainita, una ferrita bainítica, una martensita fresca y una martensita revenida sea en total de 3 % o más. Para mejorar la resistencia a la tracción máxima de la lámina de acero galvanizada en caliente, la fracción de volumen de la estructura dura es preferiblemente de 7 % o más y más preferiblemente de 15 % o más. Por otro lado, dado que la ductilidad de la lámina de acero galvanizada en caliente se deteriora cuando la fracción de volumen de la estructura dura es excesivamente alta, la fracción de volumen de la estructura dura se limita a 60 % o menos. Desde este punto de vista, la fracción de volumen de la estructura dura es preferiblemente de 55 % o menos y más preferiblemente de 50 % o menos.

10 [Ferrita bainítica y/o bainita]

La ferrita bainítica y/o bainita son una estructura excelente en un equilibrio entre resistencia y formabilidad de la lámina de acero galvanizada en caliente. Es preferible que la ferrita bainítica y/o bainita estén incluidas en 60 % o menos por fracción de volumen, en una estructura de lámina de acero. Además, la ferrita bainítica y/o la bainita son microestructuras que tienen una resistencia medial entre una ferrita blanda y una martensita dura, una martensita revenida y una austenita residual, están más preferiblemente incluidas en 5 % o más y están incluso más preferiblemente incluidas en 10 % o más, en el punto de vista de la propiedad de expansión. Por otro lado, la tensión de fluencia aumenta excesivamente cuando la fracción de volumen de la ferrita bainítica y/o de la bainita son más del 60 %. Por lo tanto, no es preferible porque existe la preocupación de que la propiedad de congelación de forma se deteriore.

20 [Martensita revenida]

La martensita revenida es una estructura que aumenta considerablemente la resistencia a la tracción de la lámina de acero galvanizada en caliente y puede incluirse en 60 % o menos por fracción de volumen en la estructura de la lámina de acero. Desde el punto de vista de la resistencia a la tracción, es preferible que la fracción de volumen de la martensita revenida sea 5 de % o más. Por otro lado, la tensión de fluencia aumenta excesivamente cuando la fracción de volumen de la ferrita bainítica y/o de la bainita son más del 60 %. Por lo tanto, o es preferible porque existe la preocupación de que la propiedad de congelación de forma se deteriore.

[Martensita fresca]

La martensita fresca aumenta considerablemente la resistencia a la tracción de la lámina de acero galvanizada en caliente. Por otro lado, la martensita fresca funciona como un origen de fractura y deteriora la propiedad de expansión. Por lo tanto, es preferible que la martensita fresca se incluya en la estructura de lámina de acero en una fracción de volumen de 30 % o menos. Para aumentar la expansibilidad de orificios, la fracción de volumen de la martensita fresca es más preferiblemente de 20 % o menos e incluso más preferiblemente de 10 % o menos.

[Otras microestructuras]

Microestructuras distintas de las microestructuras descritas anteriormente, tales como perlita y/o cementita gruesa, pueden incluirse en la estructura de lámina de acero de la lámina de acero galvanizada en caliente según la realización de la presente invención. Sin embargo, la ductilidad se deteriora cuando el contenido de la perlita y/o la cementita gruesa de la estructura de lámina de acero de la lámina de acero galvanizada en caliente aumenta. Desde este punto de vista, una fracción de volumen de la perlita y/o la cementita gruesa en la estructura de lámina de acero es de 8 % o menos en total. Un total del contenido de la perlita y/o la cementita gruesa es preferiblemente de 5 % o menos.

Además, en la estructura de lámina de acero de la lámina de acero galvanizada en caliente según la realización de la presente invención, la fracción de volumen de la austenita residual se limita a 3 % o menos en un intervalo de capa superficial que se origina desde una interfaz entre una capa metalizada y una lámina de acero base (acero base) y que tiene una profundidad de 20  $\mu\text{m}$  en una dirección de la lámina de acero. Y además, una fracción de volumen «V1» de la estructura dura en el intervalo de capa superficial está en un intervalo de 0.10 a 0.90 veces de una fracción de volumen «V2» de la estructura dura en un intervalo de 1/8 de espesor a 3/8 de espesor centrado a una posición de 1/4 de espesor desde la superficie de la lámina de acero base.

[Austenita residual en la proximidad de la interfaz de la capa metalizada y el acero base]

La austenita residual de la proximidad de la interfaz de la capa metalizada de la lámina de acero galvanizada en caliente y la lámina de acero base se transforma en martensita dura con la deformación y actúa como un origen de fractura en el momento de la deformación por flexión en la que se agrega una gran tensión en la proximidad de una superficie de la lámina de acero galvanizada en caliente. Por lo tanto, la austenita residual en la proximidad de la interfaz de la capa metalizada de la lámina de acero galvanizada en caliente y la lámina de acero base es una estructura que influye en el deterioro de la plegabilidad y resistencia a la fatiga. Desde este punto de vista, es necesario que la fracción de volumen de la austenita residual se limite a 0 a 3 % (incluido 0 %) en un intervalo de capa superficial que se origina desde una interfaz entre una capa metalizada y una lámina de acero base (acero base) y que tiene una profundidad de 20  $\mu\text{m}$  en una dirección de lámina de acero. La fracción de volumen de la austenita residual en el

intervalo de capa superficial anterior es preferiblemente inferior y puede ser de 0 %.

[Estructura dura en la proximidad de la interfaz de la capa metalizada y el acero base]

La estructura dura en la proximidad de la interfaz de la capa metalizada de la lámina de acero galvanizada en caliente y la lámina de acero base (acero base) es una estructura que mejora la resistencia de la lámina de acero galvanizada en caliente en su superficie, mejora considerablemente la resistencia límite de fatiga e influye en la mejora de la resistencia a la fatiga. Desde este punto de vista, cuando una fracción de volumen de la estructura dura en un intervalo de capa superficial que se origina en una interfaz entre una capa metalizada y una base de acero y que tienen 20 µm de profundidad en una dirección de lámina de acero se establece como «V1» y una fracción de volumen total en un intervalo de 1/8 de espesor a 3/8 de espesor centrado a una posición de 1/4 de espesor desde la superficie de la lámina de acero base se establece como «V2», V1/V2 que es una relación de estos se establece para que sea 0.10 o más, y es necesaria para mejorar de manera suficiente la resistencia de la lámina de acero galvanizada en caliente en su superficie. Para mejorar la resistencia a la fatiga lo suficiente, V1/V2 es preferiblemente 0.20 o más, más preferiblemente 0.30 o más e incluso más preferiblemente 0.40 o más. Por otro lado, la plegabilidad puede mejorarse mediante el control de una fracción de la estructura dura en un intervalo de capa superficial que se origina a partir de una interfaz entre una capa metalizada y un acero base y que tiene 20 µm de profundidad en una dirección de lámina de acero en cierta medida y disminuyendo la resistencia de la proximidad de la superficie de la lámina de acero galvanizada en caliente y mejorando parcialmente la ductilidad. Desde este punto de vista, de modo de obtener una buena plegabilidad, V1/V2 es 0.90 o menos, preferiblemente 0.85 o menos y más preferiblemente 0.80 o menos.

Además, en el intervalo de capa superficial que se origina desde una interfaz entre una capa metalizada de la lámina de acero galvanizada en caliente según la realización y un acero base y que tiene 20 µm de profundidad en una dirección de lámina de acero, pueden contenerse límites de grano BCC de Fe y/u óxidos finos incluidos Si y/o Mn en granos. La formación de óxidos que incluyen Si y/o Mn puede suprimirse en la superficie de la lámina de acero que actúa como el origen de desprendimiento de la capa metalizada, la interfaz entre la capa metalizada y la lámina de acero base en otras palabras, mediante la formación anticipada de óxidos finos dentro de la lámina de acero en el intervalo de capa superficial de la misma.

La fracción de volumen de cada estructura contenida en la lámina de acero base de la lámina de acero galvanizada en caliente según la realización de la presente invención puede medirse mediante el método, por ejemplo, descrito a continuación.

La fracción de volumen de cada una de ferrita, ferrita bainítica, bainita, martensita revenida, martensita fresca, perlita y cementita gruesa incluida en la estructura de lámina de acero de la lámina de acero galvanizada en caliente según la presente invención se determina como se describe a continuación. La sección transversal de espesor paralela a la dirección de laminado de la lámina de acero se establece como una sección observada y se recoge una muestra, y la sección observada de la muestra se pule y se graba con nital. El intervalo de 1/8 de espesor a 3/8 de espesor centrado a la posición de 1/4 del espesor desde la superficie de la lámina de acero base o el intervalo que se origina desde una interfaz entre una capa metalizada y una lámina de acero base (acero base) y que tiene 20 µm de profundidad en una dirección de lámina de acero se observan respectivamente con un microscopio electrónico de barrido de emisión de campo (FE-SEM, por sus siglas en inglés) para medir las fracciones de área de las estructuras y estas fracciones de área pueden considerarse como las fracciones de volumen de las estructuras respectivas. Sin embargo, cuando la capa metalizada es eliminada mediante el grabado con nital, una superficie de la muestra puede considerarse como la interfaz entre la capa metalizada y el acero base.

La fracción de volumen de austenita residual incluida en la estructura de lámina de acero de la lámina de acero galvanizada en caliente según la realización se evalúa mediante realización de análisis de orientación de cristales de alta resolución según método EBDS (por las siglas en inglés de difracción de electrones por retrodispersión) mediante el uso de un FE-SEM.

En primer lugar, una sección transversal de espesor paralela a la dirección de laminado se somete a pulido especular, en el intervalo de 1/8 de espesor a 3/8 de espesor centrado a la posición de 1/4 del espesor desde la superficie de la lámina de acero base o en el intervalo que se origina a desde la interfaz entre la capa metalizada y el acero base y que tiene 20 µm de profundidad en una dirección de lámina de acero respectivamente, una etapa de observación se establece para que sea de 0.15 µm o menos, y se observan orientaciones de cristales en un intervalo de 10000 µm<sup>2</sup> o más en total. Cada punto de observación se determina si es acero de BCC (por las siglas en inglés de cúbico centrado en el cuerpo) o acero de FCC (por las siglas en inglés de cúbico centrado en las caras), un punto determinado como acero FCC se establece como austenita residual y se mide una fracción de área de la austenita residual. Esta fracción de área puede considerarse como la fracción de volumen. La fracción de área y la fracción de volumen son equivalentes cuando se observa un intervalo amplio suficiente, en el caso anterior, la fracción de área de la austenita residual puede considerarse como la fracción de volumen de la misma al observar orientaciones de cristales en el intervalo de 10000 µm<sup>2</sup> o más en total.

La lámina de acero galvanizada en caliente según la realización tiene una capa refinada en la lámina de acero base en un lado de contacto de interfaz con la capa metalizada. Una parte de la capa refinada que está cerca de la capa metalizada entra en contacto directo con la capa metalizada. La capa refinada es una región que existe en una capa

más exterior de la lámina de acero base y la capa refinada es una región en la que el tamaño de grano promedio de fase de ferrita que constituye la capa refinada es 1/2 o menos del tamaño de grano promedio de la fase de ferrita en la capa inferior de la capa refinada de la lámina de acero base. El límite en el cual el tamaño de grano promedio de la ferrita en la capa refinada es mayor que 1/2 del tamaño de grano promedio de la ferrita en la capa inferior de la misma se define como un límite entre la capa refinada y la capa inferior de la misma.

5

La capa refinada está en contacto directo con la interfaz entre la lámina de acero base y la capa galvanizada en caliente. El espesor promedio de la capa refinada es de 0.1 a 5.0  $\mu\text{m}$ . El tamaño de grano promedio de la ferrita en la capa refinada es de 0.1 a 3.0  $\mu\text{m}$ . La capa refinada contiene uno o dos o más óxidos de Si y Mn y el tamaño máximo del óxido es de 0.01 a 0.4  $\mu\text{m}$ .

10 Cuando el espesor promedio de la capa refinada es 0.1  $\mu\text{m}$  o más, la extensión o generación de grietas se suprime al momento de trabajar la lámina de acero galvanizada en caliente. Por lo tanto, el espesor promedio de la capa refinada es de 0.1  $\mu\text{m}$  o más y es preferiblemente de 1  $\mu\text{m}$ . Además, cuando el espesor promedio de la capa refinada es de 5.0  $\mu\text{m}$  o menos, se puede procesar la formación mientras que se suprime la aleación excesiva en un baño de metalización. Por consiguiente, es posible impedir el deterioro de la adhesión de metalización causado por un contenido de Fe excesivo en la capa metalizada. Por esta razón, el espesor promedio de la capa refinada es de 5.0  $\mu\text{m}$  o menos y preferiblemente de 3.0  $\mu\text{m}$  o menos.

15

20 Cuando el tamaño de grano promedio de la ferrita de la capa refinada es de 0.1  $\mu\text{m}$  o más, la extensión o generación de grietas se suprime al momento de trabajar la lámina de acero galvanizada en caliente. Por lo tanto, el tamaño de grano promedio de la ferrita de la capa refinada es de 0.1  $\mu\text{m}$  o más y es más preferiblemente de 1  $\mu\text{m}$  o más. Además, cuando el tamaño de grano promedio de la ferrita de la capa refinada es mayor que 3.0  $\mu\text{m}$ , el efecto de suprimir la extensión o generación de grietas es limitativo. Por lo tanto, el tamaño de grano promedio de la ferrita de la capa refinada es de 3.0  $\mu\text{m}$  o menos y preferiblemente 2.0  $\mu\text{m}$  o menos.

20

Ejemplos de uno o dos o más de óxidos de Si y Mn contenidos en la capa refinada incluyen uno o dos o más seleccionados de  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Mn}_2\text{SiO}$ ,  $\text{MnSiO}_3$ ,  $\text{Fe}_2\text{SiO}_4$ ,  $\text{FeSiO}_3$  y  $\text{MnO}$ .

25 Cuando el tamaño máximo de uno o dos o más de óxidos de Si y Mn contenidos en la capa refinada es de 0.01  $\mu\text{m}$  o más, se puede formar la capa metalizada en la que la formación de una fase  $\zeta$  se produce suficientemente con la formación de una capa refinada. El tamaño máximo del óxido es preferiblemente de 0.05  $\mu\text{m}$  o más. Además, puede formarse la capa refinada en la cual el tamaño máximo del óxido es de 0.4  $\mu\text{m}$  o menos mientras que se suprime la aleación excesiva de la capa metalizada. Además, cuando el tamaño máximo de los óxidos anteriores es de 0.4  $\mu\text{m}$  o menos, se puede procesar la formación mientras que se suprime la aleación excesiva de la capa metalizada. Por consiguiente, es posible impedir el deterioro de la adhesión de metalización causado por un contenido de Fe excesivo en la capa metalizada con una formación de la capa metalizada. El tamaño máximo del óxido es preferiblemente de 0.2  $\mu\text{m}$  o menos.

30

35 El espesor promedio de la capa refinada y el tamaño de grano promedio de la ferrita de la capa refinada se miden según el método descrito a continuación. Una sección transversal de espesor paralela a la dirección de laminado de la lámina de acero base se establece como una sección observada y se recoge una muestra de la lámina de acero galvanizada en caliente. La sección observada de la muestra se procesa mediante el uso de CP (por las siglas en inglés de pulidor de sección transversal) y una imagen de electrones retro dispersados se observa con un aumento de 5,000 con FE-SEM (microscopio electrónico de barrido de emisión de campo) para medición.

35

40 El tamaño máximo de uno o dos o más de óxidos de Si y Mn contenidos en la capa refinada se mide según el método descrito a continuación. Una sección transversal de espesor paralela a la dirección de laminado de la lámina de acero base se establece como una sección observada y se recogen muestras de la lámina de acero galvanizada en caliente.

40

45 La sección observada de cada muestra se procesa con FIB (por las siglas en inglés de haz de iones focalizados) para preparar muestras de película delgada. Posteriormente, cada muestra de película delgada se observa con FE-TEM (microscopio electrónico de barrido de emisión de campo) con un aumento de 30,000. Cada muestra de película delgada se observa en cinco campos visuales y el tamaño máximo de diámetro del óxido medido en todo el campo visual se establece como el tamaño máximo del óxido en la muestra de película delgada.

45

[Capa metalizada]

50 La lámina de acero galvanizada en caliente según la realización de la presente invención es una lámina de acero galvanizada en caliente en la que una capa galvanizada en caliente se forma en una superficie de una lámina de acero base.

50

55 En la realización de la presente invención, un contenido de Fe es de más de 0 % a 5.0 % o menos y un contenido de Al es de más de 0 % a 1.0 % o menos en la capa galvanizada en caliente. Además, la capa galvanizada en caliente puede contener uno o dos o más de Ag, B, Be, Bi, Ca, Cd, Co, Cr, Cs, Cu, Ge, Hf, I, K, La, Li, Mg, Mn, Mo, Na, Nb, Ni, Pb, Rb, Sb, Si, Sn, Sr, Ta, Ti, V, W, Zr y REM o uno o dos o más de estos elementos se mezclan en la capa galvanizada en caliente. Incluso cuando la capa galvanizada en caliente contiene uno o dos o más de estos elementos o uno o dos o más de estos elementos están mezclados en la capa galvanizada en caliente como se describe anteriormente, los

55

efectos de la realización no se deterioran y a veces existe un caso preferible en el que la resistencia a la corrosión y la aptitud para el moldeo mejoran, dependiendo del contenido del elemento.

Además, la capa galvanizada en caliente incluye granos columnares formados de una fase  $\zeta$  y 20 % o más de la misma está cubierta con una fase  $\zeta$  en la interfaz completa entre la capa metalizada y el acero base. Por lo tanto, la relación  $((A^*/A) \times 100)$  de la interfaz ( $A^*$ ) entre la fase anterior  $\zeta$  y la lámina de acero base es 20 % o más en la interfaz completa (A) entre la capa metalizada galvanizada en caliente y la lámina de acero base. Además, una cantidad metalizada en una superficie de la lámina de acero base en la capa galvanizada en caliente es de 10 g/m<sup>2</sup> o más y 100 g/m<sup>2</sup> o menos.

[Contenido de Fe en capa galvanizada en caliente; 0.5 % o más a 5.0 % o menos]

Dado que la adhesión de metalización se deteriora cuando el contenido de Fe en la capa galvanizada en caliente es más alto, es necesario que el contenido de Fe sea de 0.5 % o más a 5.0 % o menos. Para mejorar aún más la adhesión de metalización, el contenido de Fe en la capa metalizada es preferiblemente de 4.0 % o menos y más preferiblemente de 3 % o menos. El límite inferior del contenido de Fe en la capa metalizada no se limita. Sin embargo, cuando el contenido de Fe es menos de 0.5 %, dado que la cantidad de fase  $\zeta$  requerida para mejorar la adhesión no se obtiene lo suficiente en algunos casos, el contenido de Fe en la capa metalizada es de 0.5 % o más y preferiblemente 1.0 % o más.

[Contenido de Al en capa galvanizada en caliente: 0.01 % o más a 1.0 % o menos]

Dado que la adhesión de metalización se deteriora cuando el contenido de Al en la capa galvanizada en caliente es más alto, es necesario que el contenido de Al sea de 0.01% o más a 1.0% o menos. Para mejorar aún más la adhesión de metalización, el contenido de Al en la capa metalizada es preferiblemente de 0.8 % o menos y más preferiblemente de 0.5% o menos. El límite inferior del contenido de Al en la capa metalizada no se limita. Sin embargo, de manera de establecer el contenido de Al en menos de 0.01 %, se requiere que la concentración de Al en un baño de metalización se reduzca extremadamente. Cuando la concentración de Al en un baño de metalización se reduce extremadamente, la aleación de la capa metalizada se produce excesivamente y por lo tanto el contenido de Fe en la capa metalizada aumenta. Y por lo tanto, la adhesión de metalización se deteriora. Por esta razón, el contenido de Al en la capa metalizada es de 0.01 % o más. Desde este punto de vista, el contenido de Al en la capa metalizada es preferiblemente de 0.05 % o más.

Además, la capa galvanizada en caliente puede contener uno o dos o más de Ag, B, Be, Bi, Ca, Cd, Co, Cr, Cs, Cu, Ge, Hf, I, K, La, Li, Mg, Mn, Mo, Na, Nb, Ni, Pb, Rb, Sb, Si, Sn, Sr, Ta, Ti, V, W, Zr y REM o uno o dos o más de estos elementos se mezclan en la capa galvanizada en caliente. Incluso cuando la capa galvanizada en caliente contiene uno o dos o más de estos elementos o uno o dos o más de estos elementos están mezclados en la capa galvanizada en caliente como se describe anteriormente, los efectos de la realización no se deterioran y a veces existe un caso preferible en el que la resistencia a la corrosión y la aptitud para el moldeo mejoran, dependiendo del contenido del elemento.

[Fase  $\zeta$ ]

La Figura 1 indica una micrografía de estructura ampliada de una sección transversal de la lámina de acero galvanizada en caliente según la realización. Como se muestra en la Figura 1, la capa galvanizada en caliente de la realización es una capa metalizada sobre la superficie de la lámina de acero base (acero base), e incluye granos columnares formados por una fase  $\zeta$  ( $\text{FeZn}_{13}$ ) de una aleación de Fe y Zn. Particularmente, en la capa galvanizada en caliente de la realización, la relación  $((A^*/A) \times 100)$  de la interfaz ( $A^*$ ) de la fase  $\zeta$  en contacto con la lámina de acero base es de 20 % o más en la interfaz completa (A) entre la capa metalizada galvanizada en caliente y la lámina de acero base.

Por consiguiente, se incorporan óxidos gruesos que incluyen Si y/o Mn, que actúan como el origen de desprendimiento, y que tienen un eje mayor de 0.2  $\mu\text{m}$  o más en la fase  $\zeta$  de la superficie de la lámina de acero base. Esto hace que los óxidos gruesos difícilmente funcionen como origen de fractura y, por lo tanto, se mejora la adhesión de la capa metalizada. Desde este punto de vista, la relación de la interfaz entre la fase  $\zeta$  y el acero base con respecto a la interfaz completa entre la capa metalizada y la lámina de acero base es preferiblemente de 25 % o más y más preferiblemente de 30 % o más. El límite superior de la relación de la interfaz entre la fase  $\zeta$  y la lámina de acero base con respecto a la interfaz completa entre la capa metalizada y el acero base no se limita particularmente y puede ser 100 %.

Por otro lado, cuando los óxidos gruesos que incluyen Si y/o Mn y que tienen el eje mayor de 0.2  $\mu\text{m}$  o más no se incorporan a la fase  $\zeta$  y los óxidos gruesos están presentes en la interfaz entre la fase  $\zeta$  y la lámina de acero base, el efecto de mejorar la adhesión de metalización por la fase  $\zeta$  no se puede obtener lo suficiente y no es preferible. Por esta razón, la relación de la interfaz entre granos  $\zeta$  (granos  $\zeta$  que contienen óxidos gruesos) en la que óxidos gruesos están presentes entre los granos  $\zeta$  y la lámina de acero base es preferiblemente de 50 % o menos, y más preferiblemente 35 % o menos, con respecto a la interfaz completa entre la fase  $\zeta$  y la lámina de acero base. Es más preferible que la cantidad de los óxidos gruesos en la interfaz de la lámina de acero base de la fase  $\zeta$  sea más pequeña. En la interfaz completa entre la fase  $\zeta$  y la lámina de acero base, la relación de la interfaz formada entre el grano  $\zeta$  con contenido de óxido grueso y la lámina de acero base en la interfaz entre la fase  $\zeta$  y la lámina de acero base es lo más preferiblemente 0 %.

5 Cuando el eje mayor de los óxidos que incluyen Si y/o Mn es de 0.2  $\mu\text{m}$  o más, el agrietamiento iniciado a partir de los óxidos se vuelve notable y cuando el eje mayor de los óxidos es menor que 0.2  $\mu\text{m}$ , los óxidos difícilmente funcionan como un origen de agrietamiento. Esto se debe a que un grado de concentración de tensión varía dependiendo del tamaño del óxido al momento de la deformación de la lámina de acero galvanizada en caliente. Específicamente, a medida que el tamaño de los óxidos aumenta (el eje mayor se vuelve más largo), la tensión se concentra más fácilmente al momento de la deformación y la capa metalizada se desprende más fácilmente.

10 Además, la capa galvanizada en caliente puede incluir una fase  $\delta 1$  ( $\text{FeZn}_7$ ). Sin embargo, de modo de aumentar la fracción de la fase  $\delta 1$ , es necesario calentar la lámina de acero base para alear la capa metalizada después de que la lámina de acero base se sumerge en el baño de metalización, y las propiedades de tracción de la lámina de acero base se deterioran debido al calentamiento. Desde este punto de vista, es preferible que la fracción de la fase  $\delta 1$  sea pequeña. Particularmente, la relación de la interfaz de la fase  $\delta 1$  en contacto con la lámina de acero base es preferiblemente de 20 % o menos en la interfaz completa entre la capa metalizada y la lámina de acero base.

La relación de la interfaz entre la fase  $\zeta$  y la lámina de acero base con respecto a la interfaz completa entre la capa metalizada y la lámina de acero base en la realización puede obtenerse de la siguiente manera.

15 Es decir, una sección transversal de espesor paralela a la dirección de laminado de la lámina de acero base se establece como una sección observada y se recoge una muestra de la lámina de acero galvanizada en caliente. La sección observada se somete a pulido especular y se realiza observación hasta que el largo total L de las interfaces observadas entre la capa metalizada y la lámina de acero base alcanza 200  $\mu\text{m}$  o más mediante el uso de un microscopio electrónico de barrido de emisión de campo (FE-SEM). En el mismo campo visual que el campo visual en el que se observa L, los granos que tienen una forma columnar se consideran como la fase  $\zeta$  o la fase  $\delta 1$  y se mide la longitud total L1 de las interfaces entre la fase  $\zeta$  y la fase  $\delta 1$  y la lámina de acero base. Posteriormente, en el mismo campo visual que el campo visual en el que se observa L1, se realiza un análisis de orientación de cristal de alta resolución según método EBSD (difracción de electrones por retrodispersión) mediante el uso de un FE-SEM para identificar la fase  $\delta 1$ . Así, se obtiene la longitud total L2 de las interfaces entre la fase  $\delta 1$  y la lámina de acero base. (L1 - L2)/L se considera como la relación de la interfaz entre la fase  $\zeta$  y la lámina de acero base en la interfaz completa entre la capa metalizada y la lámina de acero base.

De la misma manera L2/L se considera como la relación de la interfaz entre la fase  $\delta 1$  y la lámina de acero base en la interfaz completa entre la capa metalizada y la lámina de acero base.

30 La fase  $\zeta$  y la fase  $\delta 1$  pueden identificarse según métodos distintos del método EBSD indicado anteriormente. Por ejemplo, la fase  $\zeta$  y la fase  $\delta 1$  pueden determinarse en función de una diferencia en cantidad de Zn mediante mapeo del elemento Zn en la capa metalizada mediante el uso de análisis de microsonda electrónica de emisión de campo (FE-EPMA, por sus siglas en inglés).

Para hacer que la fase  $\zeta$  aparezca clara, la sección observada puede corroerse mediante el uso de un líquido corrosivo tal como nital después de que la muestra se somete a pulido especular.

35 La presencia de los óxidos gruesos que tienen el eje mayor de 0.2  $\mu\text{m}$  o más se determina, mediante el método indicado anteriormente de realizar la observación SEM de sección transversal, mediante la observación de ejes mayores de óxidos fotografiados.

40 Los granos  $\zeta$  que contienen óxidos se determinan por una diferencia de tonos, al observar una imagen de electrones retrodispersados (BSE, por sus siglas en inglés) en SEM de una capa de aleación de interfaz. Dado que un número de imágenes de electrones retrodispersados aumenta con el número atómico de un átomo, los óxidos parecen ser más oscuros que los alrededores. Una posición en la que se forma un óxido depende de un punto de condensación de recocido, se forma en el interior de una capa superficial de una lámina de acero no en la superficie de la lámina de acero cuando el punto de condensación es más alto (aproximadamente 0 °C o más). Después de que se forma una capa metalizada, se produce aleación entre la capa metalizada y una lámina de acero base, cuando Fe en la capa superficial de la lámina de acero base se difunde hacia la capa metalizada, se absorben óxidos a la capa metalizada desde la capa superficial hacia el interior secuencialmente. Además, se miden los ejes mayores de cada uno de los óxidos determinados en la sección observada, y los óxidos que tienen los ejes mayores de 2  $\mu\text{m}$  o más se determinan como óxidos gruesos.

[Cantidad metalizada de galvanización en caliente: 10 a 100  $\text{g}/\text{m}^2$ ]

50 Dado que no se obtiene suficiente resistencia a la corrosión cuando una cantidad metalizada en una superficie de la lámina de acero base de la capa galvanizada en caliente es pequeña, es preferible que la cantidad metalizada de la capa galvanizada en caliente en una superficie de la lámina de acero base sea de 10  $\text{g}/\text{m}^2$  o más. Desde el punto de vista de la resistencia a la corrosión, la cantidad metalizada es más preferiblemente de 20  $\text{g}/\text{m}^2$  o más e incluso más preferiblemente 30  $\text{g}/\text{m}^2$  o más. Por otro lado, cuando la cantidad metalizada de la capa metalizada es grande, el desgaste de los electrodos es significativo al momento de realizar la soldadura por puntos, y se produce reducción de un diámetro de pepita de soldadura o deterioro de resistencia de la junta soldada al momento de realizar de forma continua la soldadura por puntos. Por lo tanto, la cantidad metalizada de la capa metalizada es de 100  $\text{g}/\text{m}^2$  o menos. Desde el punto de vista de la soldabilidad continua, la cantidad metalizada es más preferiblemente de 93  $\text{g}/\text{m}^2$  o menos

e incluso más preferiblemente de 85 g/m<sup>2</sup> o menos.

(Método para producir la lámina de acero galvanizada en caliente)

A continuación, se describirá en detalle el método de fabricación de la lámina de acero galvanizada en caliente según la realización.

- 5 El método para producir la lámina de acero metalizada galvanizada en caliente según la realización incluye una etapa de laminado en caliente que es una etapa de realizar un laminado en caliente con calentamiento de la placa que incluye las composiciones químicas indicadas anteriormente a 1,080 °C o más y establecer una temperatura de finalización de laminado para que esté en un intervalo de 850 a 980°C para hacer una lámina de acero laminada en caliente y enrollarla como una bobina, y que es una etapa de controlar una temperatura de la etapa de lámina de acero
- 10 laminada en caliente para satisfacer la Expresión (1), que se describirá más adelante, en una etapa de enfriamiento después de la etapa de laminado en caliente hasta 300 °C, después de un decapado después de la etapa de laminado en caliente, una etapa de laminado en frío de realizar un laminado en frío con una reducción de laminado total de 85 % o menos, una etapa de recocido que incluye calentar a una velocidad de calentamiento promedio de 1.0 °C/segundo o más en un intervalo de 600 °C a 750 °C y con una temperatura de calentamiento máxima en un intervalo de
- 15 (Ac1+25) °C o más y Ac3 °C o menos, y 750 °C o más, y enfriar a una velocidad de enfriamiento promedio de 0.1 a 5.0 °C/segundo en un intervalo 760 °C a 700 °C y una velocidad de enfriamiento promedio de 1.0 °C/segundo o más en un intervalo de 650 °C a 500 °C, después de la etapa de recocido, una etapa de metalización que es una etapa de galvanización en caliente de la superficie de lámina de acero mediante inmersión de la lámina de acero en un baño de metalización en las condiciones de metalización de una temperatura de lámina de acero de 440 °C a 480 °C y una
- 20 cantidad de Al efectivo de 0.050 % a 0.180 % de masa en el baño de metalización cuando la lámina de acero ingresa al baño de metalización con una temperatura de baño de metalización de 450 °C a 470 °C, para formar una capa metalizada, y después de la etapa de metalización, una etapa de enfriamiento de enfriar la lámina de acero a 350 °C que satisface la Expresión (2) que se describirá más adelante y una etapa de realización de deformación de flexión-flexión hacia atrás dos veces en total o más mediante el uso de un rodillo con un diámetro de 50 mm a 800 mm
- 25 después de que la lámina de acero se enfría adicionalmente a 100 °C o menos.

En lo sucesivo, se describirá en detalle cada etapa de producción.

Para producir la lámina de acero galvanizada en caliente según la realización de la presente invención, primero se produce una lámina de acero base.

- 30 Para producir la lámina de acero base, se funde una placa que incluye los componentes químicos (composición) indicados anteriormente.

Para que la placa sea suministrada para laminado en caliente, se puede usar una placa de colada continua o una placa producida por un fundidor de placas finas o similar.

[Etapa de laminado en caliente]

- 35 En la etapa de laminado en caliente, de manera de suprimir la anisotropía de orientación de cristales producida por la colada, la temperatura de calentamiento de la placa es preferiblemente de 1,080 °C o superior. La temperatura de calentamiento de la placa es más preferiblemente de 1,150 °C o superior. Por otro lado, el límite superior de la temperatura de calentamiento de la placa no se limita particularmente. Para calentar la placa a más de 1,300 °C, se debe aplicar una gran cantidad de energía, que produce un aumento significativo en el costo de producción. Por lo tanto, la temperatura de calentamiento de la placa es preferiblemente de 1,300 °C o inferior.

- 40 Después de calentar la placa, se realiza el laminado en caliente. Cuando la temperatura cuando se completa el laminado (temperatura de finalización de laminado) es más baja que 850°C, la fuerza de reacción de laminado es alta y por lo tanto es difícil obtener de manera estable un espesor predeterminado. Por lo tanto, la temperatura cuando el laminado en caliente se completa es preferiblemente 850 °C o superior y más preferiblemente 870 °C o superior. Por otro lado, para establecer la temperatura cuando se completa el laminado en caliente para que sea superior a 980 °C,
- 45 en la etapa desde la finalización del calentamiento de la placa a la finalización del laminado, es necesario un dispositivo para calentar la lámina de acero y requiere un costo elevado. Por lo tanto, la temperatura cuando el laminado en caliente se completa es 980 °C o inferior y más preferiblemente 950 °C o inferior.

- 50 A continuación, la lámina de acero laminada en caliente que se ha sometido a laminado en caliente se enrolla como una bobina. La velocidad de enfriamiento promedio en el proceso de enfriamiento desde el laminado en caliente hasta el enrollado es preferiblemente de 10 °C/segundo o más. Esto se debe a que cuando se produce la transformación a una temperatura más baja, el tamaño de grano de la lámina de acero laminada en caliente se hace fino y el tamaño de grano efectivo de la lámina de acero base después de laminado en frío y recocido se hace fino.

- 55 La temperatura de enrollado de la lámina de acero laminada en caliente es preferiblemente de 450 °C o superior y 650 °C o inferior. Esto se debe a que en la microestructura de la lámina de acero laminada en caliente, se forma perlita y/o cementita gruesa que tienen un eje mayor de 1 μm o más, de una manera dispersa, la tensión introducida mediante laminado en frío se localiza, y se produce transformación inversa a austenita con diversas orientaciones de cristal en

la etapa de recocido. Por lo tanto, la orientación de cristales efectiva de la lámina de acero base después del recocido puede refinarse. Cuando la temperatura de enrollado es inferior a 450 °C, pueden no formarse perlita y/o cementita gruesa y por lo tanto este caso no es preferible. Por otro lado, cuando la temperatura de enrollado es superior a 650 °C, se forman perlita y ferrita en una forma de cinturón alargada en la dirección de laminado y granos efectivos de la lámina de acero base generados a partir de la parte de ferrita después del laminado en frío y recocido tienden a extenderse en la dirección de laminado y a ser gruesos, lo cual no es preferible.

Aquí, en la superficie de la lámina de acero base después de un recocido, de manera de controlar una estructura dura para que esté en una fracción de volumen predeterminada, en la etapa de laminado en caliente, es necesario descarburar adecuadamente de la superficie de la lámina de acero base. El comportamiento de descarburación puede controlarse por un control atmosférico, sin embargo, esto requiere una instalación a gran escala y una gran carga de costo. Por este motivo, en la realización, el comportamiento de descarburación se controla mediante el control de una velocidad de enfriamiento y una temperatura de la lámina de acero, en una sección desde una finalización de un laminado de acabado (finalización de laminado) hasta 300°C.

El control de temperatura de la lámina de acero base se realiza en arreglo en el que la temperatura es Ae 3\* o menos que es una temperatura a la cual la fase BCC de Fe en la superficie de la lámina de acero de la cubierta es estable, en una sección desde la finalización de un laminado de acabado hasta 300 °C. Esto se debe a que la descarburación de la fase BCC de Fe se produce más rápido en comparación con la fase FCC que es una fase estable en una temperatura alta. En la realización, cuando la temperatura de la lámina de acero base está en un intervalo de temperatura inferior a 300 °C, las velocidades de difusión de los óxidos son lo suficientemente lentas, puede considerarse que una velocidad de procedimiento de descarburación no influye en el comportamiento de descarburación, un intervalo de temperatura del control de temperatura de la lámina de acero base en la etapa de laminado en caliente es una sección desde la finalización de un laminado de acabado hasta 300 °C.

Ae 3\* puede obtenerse mediante la siguiente fórmula.

$$Ae\ 3^* [^{\circ}C] = 885 + 31.7Si - 29.3Mn + 123.2Al - 18.2Cr - 40.0Ni - 21.0Cu + 12.6Mo$$

En la fórmula anterior, C, Si, Mn, Al, Cr, Ni, Cu y Mo respectivamente representan una cantidad de adición [% de masa] de los mismos.

Además, el comportamiento de descarburación de la lámina de acero se controla en un primer período desde la finalización del laminado de acabado hasta el enrollado en una bobina y un segundo período después del enrollado hasta alcanzar la temperatura ambiente respectivamente. Esto se debe a que, se produce una descarburación en la atmósfera en el primer período, se produce una descarburación en el segundo período en una condición en la que las láminas de acero enrolladas entran en contacto y el aire exterior no ingresa, las velocidades de descarburación varían mucho en estos términos.

Específicamente, de modo de descarburar la capa superficial de la lámina de acero de manera adecuada, la temperatura de la lámina de acero se controla para que esté en un intervalo que satisfaga la siguiente Expresión (1) en la etapa de enfriamiento desde la finalización del laminado de acabado hasta 300 °C. La Expresión (1) es una expresión relacionada con un grado de avance del comportamiento de descarburación, el valor más grande de la Expresión (1) indica que la descarburación se produce.

En la Expresión (1), t [segundo] representa el tiempo transcurrido desde la finalización del laminado de acabado, t1 [segundo] representa el tiempo transcurrido desde la finalización del laminado de acabado hasta la temperatura Ae 3\*, t2 [segundo] representa el tiempo transcurrido desde la finalización del laminado de acabado hasta el enrollado, t3 [segundo] representa el tiempo transcurrido desde la finalización del laminado de acabado hasta que la temperatura de la lámina de acero alcanza 300 °C. T (t) [°C] representa una temperatura de lámina de acero, W<sub>Si</sub> [% de masa] y W<sub>Mn</sub> [% de masa] representan respectivamente cantidades promedio de cada átomo de Si y Mn en la lámina de acero completa. Además, α, β, γ, δ son términos constantes, y son 8.35×10<sup>8</sup>, 2.20×10<sup>4</sup>, 1.73×10<sup>10</sup>, 2.64×10<sup>4</sup> respectivamente.

$$0.8 \leq \left[ \int_{t1}^{t2} \alpha \cdot \exp\left(-\frac{\beta}{T(t)+273}\right) \cdot tdt + \int_{t2}^{t3} \gamma \cdot W_{Si}^{2.5} \cdot W_{Mn}^{0.5} \cdot \exp\left(-\frac{\delta}{T(t)+273}\right) \cdot tdt \right]^{0.5} \leq 20.0$$

... Expresión (1)

En la Expresión (1) anterior, el primer término integral en los corchetes es un término relacionado con el grado de



5 avance de la descarburación durante el enfriamiento en el primer período, y el segundo término integral en los corchetes es un término relacionado con el grado de avance de descarburación durante el enfriamiento en el segundo período. En cualquiera de los términos, se produce descarburación ya que la temperatura de la lámina de acero base es alta y un tiempo de retención es largo. Particularmente en el segundo período, dado que el oxígeno, que es un elemento para promover la descarburación, apenas existe en la atmósfera y la descarburación se produce por el oxígeno atraído por el Si y el Mn en un acero de una capa superficial de una capa de cascarilla, el segundo término integral incluye la influencia de las cantidades de Si y Mn, y el valor de la Expresión (1) aumenta a medida que aumentan las cantidades de Si y Mn en el acero, lo que indica que se produce la descarburación.

10 En la etapa de enfriamiento después de la finalización del laminado de acabado, cuando el valor de la Expresión (1) anterior es menos de 0.8, la capa superficial de la lámina de acero base apenas se descarbura, y  $V1/V2$  que es la relación de la fracción de volumen V1 de la estructura dura en la parte superficial y la fracción de volumen V2 de la estructura dura centrada en la posición de 1/4 de espesor desde la superficie de la lámina de acero base es mayor que 0.90 y la flexibilidad se deteriora, por lo tanto el enfriamiento se realiza de manera que el valor de la Expresión (1) anterior sea de 0.8 o más. Desde este punto de vista, es preferible realizar el enfriamiento de manera que el valor de la Expresión (1) anterior sea 1.0 o más, más preferiblemente 1.3 o más. Por otro lado, cuando el valor de la Expresión (1) anterior es mayor que 20.0, la parte de capa superficial de la lámina de acero se descarbura excesivamente,  $V1/V2$  se vuelve menor que 0.30, y la resistencia a la fatiga de la lámina de acero se deteriora de manera significativa, por lo tanto el enfriamiento se realiza de manera que el valor de la Expresión (1) anterior sea 20.0 o menos. Desde este punto de vista, es preferible realizar el enfriamiento de manera que el valor de la Expresión (1) anterior sea 15.0 o menos, más preferiblemente 10.0 o menos.

A continuación, se realiza el decapado de la lámina de acero laminada en caliente producida de la manera descrita anteriormente. El decapado se realiza para eliminar óxidos de la superficie de la lámina de acero laminada en caliente. Por lo tanto, el decapado es importante para mejorar la adhesión de metalización de la lámina de acero base. El decapado puede realizarse de una vez o múltiples veces de manera separada.

25 [Etapa de laminado en frío]

A continuación, la lámina de acero laminada en caliente después del decapado se somete laminado en frío para obtener una lámina de acero laminada en frío.

30 En el laminado en frío, cuando la reducción de laminado total en más de 85 %, se ve afectada la ductilidad de la lámina de acero base y el riesgo de rotura de la lámina de acero base durante el laminado en frío se vuelve mayor. Por lo tanto, la reducción de laminado total es de 85% o menos. Desde este punto de vista, la reducción de laminado total es preferiblemente de 75 % o menos y más preferiblemente de 70 % o menos. El límite inferior de la reducción de laminado total en la etapa de laminado en frío no se limita particularmente. Cuando la reducción de laminado total es menor que 0.05 %, la forma de la lámina de acero base no es uniforme y la metalización se adhiere de forma despareja, de manera que la apariencia externa de la lámina de acero se ve afectada. Por lo tanto, la reducción de laminado total es preferiblemente de 0.05 % o más y más preferiblemente de 0.10 % o más. El laminado en frío preferiblemente se realiza en múltiples pasadas, pero son aplicables cualquier cantidad de pasadas del laminado en frío y cualquier distribución de reducción de laminado en cada pasada.

40 Cuando la reducción de laminado total en el laminado en frío está dentro de un intervalo de más de 10 % y menos de 20 %, la recristalización no avanza lo suficiente en la etapa de recocido siguiente. Por lo tanto, los granos gruesos en los que se pierde la maleabilidad al incluir una gran cantidad de dislocaciones permanecen cerca de la superficie, y las propiedades de resistencia a la fatiga y plegabilidad de la lámina de acero galvanizada en caliente pueden deteriorarse en algunos casos. Para evitar esto, es efectivo hacer que la maleabilidad permanezca al reducir la reducción de laminado total y reducir la acumulación de las dislocaciones a los granos. De manera alternativa, también es efectivo convertir la estructura procesada en granos recristalizados que tengan una pequeña cantidad de acumulación de dislocaciones dentro al reducir la reducción de laminado total y hacer que la recristalización se produzca lo suficiente en la etapa de recocido. Desde el punto de vista de reducir la acumulación de dislocaciones a los granos, la reducción de laminado total en el laminado en frío es preferiblemente de 10 % o menos y más preferiblemente de 5.0 % o menos. Por otro lado, de modo de hacer que la recristalización se produzca lo suficiente en la etapa de recocido, la reducción de laminado total es preferiblemente de 20 % o más y más preferiblemente de 30 % o más.

[Etapa de recocido]

55 En la realización de la presente invención, la lámina de acero laminada en frío se somete a recocido. En la realización de la presente invención, se usa una línea de recocido y metalización continua que tiene una zona de precalentamiento, una zona de reducción y una zona de metalización. Mientras se realiza el proceso de recocido, se deja que la lámina de acero pase a través de la zona de precalentamiento y la zona de reducción y antes de que la lámina de acero alcance la zona de metalización se completa la etapa de recocido. Después, la etapa de metalización se realiza preferiblemente en la zona de metalización.

Como se describe anteriormente, en el caso de usar una línea de recocido y metalización continua en la etapa de

recocido y la etapa de metalización, por ejemplo, se usa preferiblemente el método descrito a continuación.

En primer lugar, se deja que la lámina de acero pase a través de la zona de precalentamiento en la cual la relación de aire en la mezcla de gas de aire y gas combustible usada para un quemador de precalentamiento es de 0.7 a 1.2, mientras se calienta la lámina de acero a una temperatura de lámina de acero de 400 °C a 800 °C.

- 5 Mediante la etapa anterior, se forman óxidos en la parte superficial de la lámina de acero. Aquí, es una relación entre el volumen de aire incluido en la mezcla de gas por unidad de volumen y el volumen de aire que se requiere teóricamente para producir la combustión completa del gas combustible contenido en la mezcla de gas por unidad de volumen. A continuación, mediante calentamiento de la lámina de acero a 750 °C o más en la zona de precalentamiento en la que una relación entre  $H_2O$  y  $H_2$  es  $P(H_2O)/P(H_2) : 0.0001$  a 2.0, puede haber una etapa de realizar enfriamiento después de una reducción de óxidos formados en la zona de precalentamiento. Y después, una etapa de metalización después de la etapa de recocido puede ser una etapa de realizar una galvanización en caliente de una lámina de acero en una condición de sumergir la lámina de acero en un baño de metalización en condiciones de temperatura de un baño de metalización de 450 °C a 470 °C, una temperatura de lámina de acero de 440 °C a 480 °C cuando la lámina de acero entra en el baño de metalización y una cantidad de Al efectivo de 0.05 % a 0.18 % de masa en el baño de metalización.

- 10 La velocidad de calentamiento en la etapa de recocido está relacionada con el avance de la descarburación en la parte superficial de la lámina de acero a través del tiempo de tratamiento en la zona de precalentamiento. Cuando la velocidad de calentamiento es baja, la lámina de acero se expone a una atmósfera de oxidación durante un largo período de tiempo y por lo tanto se produce la descarburación. Particularmente, la velocidad de calentamiento a 600 °C a 750 °C es importante, de modo de asegurar que el tiempo de tratamiento en la zona de precalentamiento promueva formación de fase  $\zeta$ , la velocidad de calentamiento promedio es preferentemente 10 °C/segundo o menos. Por otro lado, cuando la velocidad de calentamiento a 600 °C a 750 °C es muy baja, se produce oxidación excesiva y se forman óxidos gruesos dentro de la lámina de acero en algunos casos. Para evitar la formación de óxidos gruesos dentro de la lámina de acero, la velocidad de calentamiento promedio es de 1.0 °C/segundo o más en el intervalo de temperatura.

- 25 En la zona de precalentamiento, la parte superficial de lámina de acero se somete a un tratamiento de oxidación para formar una película de recubrimiento de óxido de Fe que tenga un espesor apropiado. En este momento, se deja que la lámina de acero pase a través de la zona de precalentamiento en la cual la relación de aire en la mezcla de gas de aire y gas combustible usada para un quemador de precalentamiento, que se describirá a continuación, es de 0.7 o más, mientras se calienta la lámina de acero a una temperatura de lámina de acero de 400 °C a 800 °C.

- 30 La expresión «relación de aire», es una relación entre «el volumen de aire incluido en la mezcla de gas por unidad de volumen» y «el volumen de aire que se requiere teóricamente para producir la combustión completa del gas combustible contenido en la mezcla de gas por unidad de volumen», y se representa por la siguiente expresión.

- 35 «Relación de aire» =  $\frac{[\text{volumen de aire incluido en la mezcla de gas por unidad de volumen (m}^3\text{)]}{[\text{volumen de aire que se requiere teóricamente para producir la combustión completa del gas combustible contenido en la mezcla de gas por unidad de volumen (m}^3\text{)]}$

- 40 En la realización, la lámina de acero base que se deja pasar a través de la zona de precalentamiento se calienta en las condiciones indicadas anteriormente para formar una película de recubrimiento de óxido de Fe (óxido) que tenga un espesor de 0.01 a 5.0  $\mu\text{m}$  en la capa superficial de la lámina de acero base. La película de recubrimiento de óxido de Fe (óxido) formada en la superficie de lámina de acero se reduce en la zona de reducción y se convierte en una superficie excelente en adhesión de metalización.

- 45 En el caso en el que la relación de aire es más de 1.2 y muy grande en la parte superficial de la lámina de acero, se forma una película de recubrimiento de óxido de Fe excesiva en la parte superficial de la lámina de acero y después de la reducción, la capa descarburada se vuelve excesivamente espesa. La película de recubrimiento de óxido se reduce en la zona de reducción y se convierte en una superficie excelente en adhesión de metalización. Sin embargo, en el caso en que la relación de aire es menos de 0.7 y es muy pequeña, no se puede obtener un óxido predeterminado.

- 50 Cuando la temperatura de la lámina de acero para dejar que la lámina de acero pase a través de la zona de precalentamiento es más baja que 400 °C, no se puede formar una película de óxido suficiente. Por otro lado, cuando la temperatura de la lámina de acero para dejar que la lámina de acero pase a través de la zona de precalentamiento es una temperatura alta mayor que 800 °C, la película de recubrimiento de óxido crece excesivamente y será difícil establecer un espesor de la capa descarburada dentro de un intervalo predeterminado. Por consiguiente, la temperatura de la lámina de acero para dejar que la lámina de acero pase a través de la zona de precalentamiento es de 800 °C o inferior y más preferiblemente de 750 °C o inferior.

- 55 La temperatura de calentamiento máxima en la etapa de recocido es un factor importante para controlar la fracción de la microestructura relacionada con la formabilidad de la lámina de acero para que esté dentro de un intervalo predeterminado. Cuando la temperatura de calentamiento máxima es baja, una gran cantidad de carburos gruesos a base de hierro queda sin fundir en el acero y por lo tanto la formabilidad se deteriora. Cuando la temperatura de calentamiento máxima es inferior a 750 °C, los carburos a base de hierro gruesos en una lámina de acero laminada en caliente no se funden lo suficiente y permanecen es una lámina de producto y existe una preocupación de que la

ductilidad se vea afectada. De manera de disolver en sólido los carburos a base de hierro lo suficiente para mejorar la formabilidad, la temperatura de calentamiento máxima es (punto Ac1 + 25) °C o superior y 750 °C o superior, y la temperatura de calentamiento máxima es preferiblemente (punto Ac1 + 50) °C o superior. Por otro lado, una fracción de ferrita en acero disminuye significativamente cuando la temperatura de calentamiento máxima es más de punto Ac3, la temperatura de calentamiento máxima es punto Ac3 o menos. Además, desde el punto de vista de la adhesión de metalización, es preferible que la temperatura de calentamiento máxima sea inferior para reducir óxidos en la superficie del acero base. Desde este punto de vista, la temperatura de calentamiento máxima es preferiblemente de 850 °C o inferior y más preferiblemente de 830 °C o inferior.

El punto Ac1 y punto Ac3 de la lámina de acero son un punto de partida y un punto de finalización de la transformación inversa de austenita. Específicamente, el punto Ac1 y punto Ac3 se obtienen al cortar una pequeña pieza de la lámina de acero después del laminado en caliente, calentar la pieza hasta 1,200 °C a 10 °C/segundo y medir la cantidad de expansión de volumen durante el calentamiento.

La temperatura preferiblemente alcanza la temperatura de calentamiento máxima en la etapa de recocido (750 °C o superior) en la zona de reducción. En la zona de reducción, la fina película de recubrimiento de óxido de Fe formada en la superficie de la lámina de acero en la zona de precalentamiento se reduce para mejorar la adhesión de metalización. Por lo tanto, una relación entre una presión parcial de vapor de agua  $P(H_2O)$  y una presión parcial de hidrógeno  $P(H_2)$ ,  $P(H_2O)/P(H_2)$ , en la atmósfera en la zona de reducción es de 0.0001 a 2.00. Cuando  $P(H_2O)/P(H_2)$  es menos de 0.0001, se forman óxidos de Si y/o Mn que actúan como un origen de desprendimiento de metalización en la capa más externa. Por otro lado, cuando  $P(H_2O)/P(H_2)$  es más de 2.00, se produce un excesivo refinamiento en la superficie de la lámina de acero y se produce una excesiva aleación de la capa metalizada. Por lo tanto, la adhesión de metalización se deteriora. Además, cuando  $P(H_2O)/P(H_2)$  es más de 3.00, se produce una excesiva descarburación y una fase dura de la superficie de lámina de acero base se reduce notablemente. Desde este punto de vista,  $P(H_2O)/P(H_2)$  es más preferible dentro de un intervalo de 0.002 a 1.50 y más preferiblemente dentro de un intervalo de 0.005 a 1.20.

Como se describe anteriormente, cuando  $P(H_2O)/P(H_2)$  es de 0.0001 a 2.00, en caso de que se agregue vapor de agua a una atmósfera de reducción, los óxidos de Si y/o Mn que actúan como un origen de desprendimiento de metalización no se forman en la capa más externa, y en cambio Si y Mn forman óxidos finos dentro de la superficie de la lámina de acero. Un tamaño de los óxidos finos es de 0.01 µm o más y 0.4 µm o menos en la condición anterior. Además, el vapor de agua en la atmósfera de reducción produce que la superficie de acero base se descarbe y por lo tanto la superficie de acero base se convierte en ferrita. Dado que estos óxidos internos de Si-Mn suprimen el crecimiento de la recrystalización de Fe durante un recocido de reducción, en la superficie del acero base, se forma una capa refinada con un espesor promedio de 0.1 µm o más y 5 µm o menos y que tiene una ferrita que tiene un tamaño de grano promedio de 0.1 µm o más y 3 µm o menos.

En la etapa de recocido, en una etapa de enfriamiento antes de la etapa de metalización después de que la temperatura alcanza la temperatura de calentamiento máxima y antes de que la lámina de acero alcance un baño de metalización (etapa de enfriamiento antes de metalización), se obtiene una microestructura predeterminada mediante el control de la temperatura de una lámina de acero en dos etapas de un intervalo de temperatura de 760 °C a 700 °C y un intervalo de temperatura de 650 °C a 500 °C. En primer lugar, para promover de manera suficiente una formación de ferrita, se define una velocidad de enfriamiento promedio en un intervalo de 760 °C a 700 °C. En algunos casos, la formación de ferrita puede no producirse de manera suficiente cuando la velocidad de enfriamiento promedio en el intervalo de 760 °C a 700 °C es más de 5.0 °C/segundo, la velocidad de enfriamiento promedio es de 5.0 °C/segundo o menos. Para promover una formación de ferrita, la velocidad de enfriamiento promedio es preferiblemente de 3.5 °C/segundo o menos y más preferiblemente de 2.5 °C/segundo o menos. En algunos casos, puede formarse excesiva perlita cuando la velocidad de enfriamiento promedio en el intervalo de 760 °C a 700 °C es menos de 0.3 °C/segundo, la velocidad de enfriamiento promedio es de 0.3 °C/segundo o más. Para evitar una formación de perlita, la velocidad de enfriamiento promedio es preferiblemente de 0.5 °C/segundo o más y más preferiblemente de 0.7 °C/segundo o más.

A continuación, para evitar una formación excesiva de perlita y/o cementita gruesa, se define una velocidad de enfriamiento promedio en un intervalo de 650 °C a 500 °C. Cuando la velocidad de enfriamiento promedio en el intervalo de 650 °C a 500 °C es de menos de 1.0 °C/segundo, se forma mucha perlita y/o cementita gruesa, la velocidad de enfriamiento promedio es 1.0 °C/segundo o más. Dado que es preferible que perlita y/o cementita gruesa no estén incluidas en un acero, para evitar una formación de estas estructuras de manera suficiente, la velocidad de enfriamiento promedio es preferiblemente de 2.0 °C/segundo o más y más preferiblemente de 3.0 °C/segundo o más. Aunque el límite superior de la velocidad de enfriamiento promedio es un intervalo de 650 °C a 500 °C no se proporciona particularmente, no es preferible una velocidad de enfriamiento promedio excesivamente alta dado que se requiere una instalación de enfriamiento especial y un refrigerante que no interfiera con la etapa de metalización para obtener la velocidad de enfriamiento promedio excesivamente alta. Desde este punto de vista, la velocidad de enfriamiento promedio en el intervalo de temperatura descrito anteriormente es preferiblemente de 100 °C/segundo o menos y más preferiblemente de 70 °C/segundo o menos.

Posteriormente a la etapa de enfriamiento antes de la metalización, para obtener martensita revenida, en un período después de que la temperatura de la lámina de acero alcanza los 500 °C y antes de que la lámina de acero alcance

un baño de metalización, como un tratamiento de transformación martensítica, la lámina de acero puede retenerse en un intervalo de temperatura predeterminado durante un período de tiempo predeterminado. Con respecto a una temperatura de tratamiento de transformación martensítica, se establece un punto Ms de temperatura de comienzo de transformación martensítica como un límite superior y el límite inferior de la temperatura de tratamiento de transformación martensítica es de 50 °C. Además, el tiempo de tratamiento de transformación martensítica es de 1 segundo a 100 segundos. La martensita obtenida en el tratamiento ingresa a un baño de metalización a una temperatura alta en la etapa de metalización y luego se cambia a martensita revenida.

El punto Ms se calcula mediante la siguiente expresión.

$$\text{Punto Ms [}^{\circ}\text{C]} = 541 - 474C/(1 - VF) - 15Si - 35Mn - 17Cr - 17Ni + 19Al$$

En la expresión anterior, VF representa la fracción de volumen de ferrita, y cada uno de C, Si, Mn, Cr, Ni y Al representa la cantidad [% de masa] de cada elemento agregado.

Es difícil medir directamente la fracción de volumen de ferrita durante la producción. Por lo tanto, cuando se determina el punto Ms en la realización, se corta una pieza pequeña de la lámina de acero laminada en frío antes de dejar que la lámina de acero pase a través de la línea continua de recocido y metalización. La pieza pequeña es recocida a la misma temperatura como en el caso en que se deja que la pieza pequeña pase a través de la línea continua de recocido y metalización y se mide un cambio en el volumen de la ferrita de la pieza pequeña de manera que un valor numérico calculado mediante el uso del resultado se use como la fracción de volumen VF de la ferrita.

Además, para promover la formación de bainita, en un período después de que la temperatura de la lámina de acero alcanza 500 °C y antes de que la lámina de acero alcance un baño de metalización, la lámina de acero puede retenerse en un intervalo de temperatura predeterminado durante un período de tiempo predeterminado como un tratamiento de transformación bainítica.

Cuando la temperatura de tratamiento de transformación bainítica es más de 500 °C, se produce una formación de perlita y/o cementita gruesa. Por lo tanto, la temperatura de tratamiento de transformación bainítica es de 500 °C o inferior. Cuando la temperatura de tratamiento de transformación bainítica es inferior a 350 °C, no se promueve la transformación. Por lo tanto, la temperatura de tratamiento de transformación bainítica es de 350°C o superior. El tiempo de tratamiento de transformación bainítica es de 10 segundos o más, de manera de promover la transformación de manera suficiente. El tiempo de tratamiento de transformación bainítica es de 500 segundos o menos, de manera de suprimir la formación de perlita y/o cementita gruesa.

Después de la etapa de enfriamiento antes de la metalización, en el caso en que tanto el tratamiento de transformación bainítica como el tratamiento de transformación martensítica se realicen, con respecto al orden de tratamiento, se realizan el tratamiento de transformación martensítica y el tratamiento de transformación bainítica.

[Etapa de metalización]

A continuación, la lámina de acero base obtenida como se describe anteriormente se sumerge en un baño de metalización.

El baño de metalización incluye principalmente zinc y tiene una composición en la que la cantidad de Al efectivo, que es un valor obtenido mediante la sustracción de la cantidad total de Fe de la cantidad total de Al en el baño de metalización, es de 0.050 a 0.180 % de masa. Cuando la cantidad de Al efectivo en el baño de metalización es menos de 0.050 %, el ingreso de Fe en la capa metalizada se produce excesivamente y afecta la adhesión de metalización. Por lo tanto, se requiere que la cantidad de Al efectivo sea de 0.050 % o más. Desde este punto de vista, la cantidad de Al efectivo en el baño de metalización es preferiblemente de 0.065 % o más y más preferiblemente de 0.070 % o más. Por otro lado, cuando la cantidad de Al efectivo en el baño de metalización es más de 0.180 %, se forman óxidos a base de Al en el límite entre la lámina de acero base y la capa metalizada y se inhibe el movimiento de átomos de Fe y Zn en el mismo límite. Por lo tanto, la formación de fase ζ se suprime y la adhesión de metalización se deteriora de manera significativa. Desde este punto de vista, se requiere que la cantidad de Al efectivo en el baño de metalización sea de 0.180 % o menos y la cantidad de Al efectivo es preferiblemente de 0.150 % o menos y más preferiblemente de 0.135 % o menos.

Uno o dos o más elementos de Ag, B, Be, Bi, Ca, Cd, Co, Cr, Cs, Cu, Ge, Hf, I, K, La, Li, Mg, Mn, Mo, Na, Nb, Ni, Pb, Rb, Sb, Si, Sn, Sr, Ta, Ti, V, W, Zr y REM pueden mezclarse en el baño de metalización y existe un caso preferible en el que la resistencia a la corrosión o aptitud para el moldeo de la capa galvanizada en caliente es mejorada según el contenido de cada elemento en el baño de metalización o similar.

Además, la temperatura del baño de metalización es de 450 °C a 470 °C. Cuando la temperatura del baño de metalización es inferior a 450 °C, la viscosidad del baño de metalización aumenta excesivamente y por lo tanto es difícil controlar el espesor de la capa metalizada por lo que la apariencia externa de la lámina de acero galvanizada en caliente se ve afectada. Por otro lado, cuando la temperatura del baño de metalización es superior a 470 °C, se genera una gran cantidad de gases, y es difícil realizar una producción segura, por lo que la temperatura del baño de metalización es de 470 °C o inferior.

Además, la temperatura de la lámina de acero cuando la lámina de acero ingresa al baño de metalización es inferior a 440 °C, es necesario aportar una gran cantidad de calor al baño de metalización para estabilizar la temperatura del baño de metalización a 450 °C o superior, lo cual es inapropiado desde el punto de vista práctico. Por otro lado, cuando la temperatura de la lámina de acero cuando la lámina de acero ingresa al baño de metalización es superior a 480°C, es necesario introducir una instalación para eliminar una gran cantidad de calor del baño de metalización para estabilizar la temperatura del baño de metalización a 470 °C o inferior, lo cual es inapropiado en términos de costos de producción. Por consiguiente, para estabilizar la temperatura del baño de metalización, la temperatura de la lámina de acero base cuando la lámina de acero base ingresa al baño de metalización es preferiblemente de 440 °C o superior y de 480 °C o inferior. Además, de manera de controlar un comportamiento de formación de fase ζ para que sea apropiado, es más preferible que la temperatura cuando la lámina de acero base ingresa al baño de metalización se controle a 450 °C o superior y 470 °C o inferior.

Cuando la temperatura de baño del baño de metalización está dentro de un intervalo de 450 a 470 °C, la realización puede llevarse a cabo. Sin embargo, cuando la temperatura de baño no se estabiliza dentro de un intervalo de 450 a 470 °C, la fase ζ del baño de metalización se vuelve no uniforme, lo cual produce falta de uniformidad en la apariencia externa y adhesión de la capa metalizada. Por lo tanto, en una producción real, la temperatura de baño es preferiblemente cualquier valor en un intervalo de 450 a 470 °C y es constante. Por lo tanto, es preferible que la temperatura de ingreso coincida con la temperatura de baño. Sin embargo, debido al límite de controlabilidad de una instalación de producción real, la temperatura de ingreso está preferiblemente en un intervalo de la temperatura de baño del baño de metalización ± 4 °C.

Dependiendo de la línea de producción de la lámina de acero galvanizada en caliente, existe un caso en que un dispositivo necesario para realizar la «etapa de enfriamiento después de metalización» que se describirá posteriormente no se proporcione y las condiciones de fabricación de la realización no se puedan realizar en algunos casos. En ese caso, al controlar de manera apropiada el tiempo de inmersión del baño de metalización, es posible fabricar el mismo producto que en la realización. En otras palabras, si el tiempo de inmersión de la lámina de acero en el baño de metalización se extiende, es posible formar la fase ζ en la interfaz entre la capa de metalización y la lámina de acero base como en el caso de realizar la «etapa de enfriamiento después de metalización».

El tiempo de inmersión necesario depende de la cantidad de Al en el baño de metalización, sin embargo, es necesario que el tiempo de inmersión sea de 3 segundos o más. Es preferible que el tiempo de inmersión sea de 5 segundos o más, y es más preferible 10 segundos o más, incluso más preferible 20 segundos o más.

Para tener una cantidad metalizada apropiada después de sumergir la lámina de acero en el baño de metalización, preferiblemente se elimina una cantidad excesiva de zinc en la superficie mediante soplado de un gas a alta presión que incluya principalmente nitrógeno sobre la superficie de lámina de acero.

[Etapa de enfriamiento después de metalización]

Después de que la lámina de acero se sumerge en un baño de metalización, en la etapa de enfriamiento de enfriar hasta temperatura ambiente después de la metalización, mediante control de un tratamiento de enfriamiento para que satisfaga la siguiente Expresión (2), se obtiene una cantidad apropiada de fase ζ en la capa metalizada.

T(t) [°C] representa una temperatura de lámina de acero, t[segundo] representa el tiempo transcurrido desde el punto temporal cuando la lámina de acero se retira del baño de metalización como un punto de partida, t4[segundo] representa el tiempo transcurrido desde el punto temporal cuando la lámina de acero se retira del baño de metalización como un punto de partida y hasta que la temperatura de la lámina de acero alcanza 350 °C, y W\*<sub>Al</sub> [% de masa] representa la cantidad de Al efectivo en el baño de metalización. Además, ε, θ y μ cada uno representan términos constantes, cada uno de los cuales es 2.62 × 10<sup>7</sup>, 9.13 × 10<sup>3</sup> y 1.0 × 10<sup>-1</sup>.

$$0.40 \leq \left[ \int_{t_0}^{t_4} \varepsilon \cdot \exp \left\{ \frac{\theta \cdot \left( \frac{W_{Al}^*}{\mu} \right)^{0.2}}{T(t)} \right\} \cdot t dt \right]^{0.5} \leq 2.20$$

... Expresión (2)

La Expresión (2) anterior es una expresión relacionada con un comportamiento de formación de fase ζ y a medida que el valor de la Expresión (2) anterior aumenta, se produce la formación de fase ζ en la capa metalizada. A medida que aumenta la temperatura de la lámina de acero y aumenta el tiempo de tratamiento, aumenta el valor de la Expresión

(2) anterior. Además, cuando se aumenta la cantidad de Al efectivo en la capa metalizada, se reduce el valor de la Expresión (2) anterior y se inhibe la formación de fase  $\zeta$ . Cuando la temperatura de lámina de acero se encuentra dentro de un intervalo de temperatura de 350 °C o inferior, la difusión de átomos de Fe desde la lámina de acero base a la capa metalizada apenas se produce y la formación de fase  $\zeta$  casi se detiene. Por lo tanto, la Expresión (2) anterior se usa para cálculo a una temperatura de lámina de acero dentro de un intervalo de 350 °C o superior.

En la etapa de enfriamiento después de la metalización que se realiza después de la inmersión de la lámina de acero en el baño de metalización, cuando el valor de la Expresión (2) anterior es menos de 0.40, no se obtiene una cantidad suficiente de la fase  $\zeta$  en la capa metalizada y se ve afectada la adhesión de metalización. Por lo tanto, es necesario controlar el tratamiento de enfriamiento de manera que el valor de la Expresión (2) sea de 0.40 o más. Cuando el valor de la Expresión (2) anterior es de 0.40 o más, la formación de fase  $\zeta$  se promueve lo suficiente y la relación  $((A^*/A) \times 100)$  de la interfaz ( $A^*$ ) entre la fase  $\zeta$  y la lámina de acero base en la interfaz completa ( $A$ ) entre la capa galvanizada en caliente y la lámina de acero base es de 20 % o más. Además, cuando el valor de la Expresión (2) anterior es de 0.40 o más, la relación  $((A^{**}/A) \times 100)$  de la interfaz ( $A^{**}$ ) formada entre los granos  $\zeta$  en los que están presentes óxidos gruesos y la lámina de acero base en la interfaz completa ( $A^*$ ) entre la fase  $\zeta$  y la lámina de acero base es de 50 % o menos.

Para mejorar adicionalmente la adhesión de metalización, es preferible que el tratamiento de enfriamiento se controle de manera tal que el valor de la Expresión (2) anterior sea de 0.50 o más, y es más preferible que el tratamiento de enfriamiento se controle de manera tal que el valor de la Expresión (2) anterior sea de 0.60 o más. Por otro lado, cuando el valor de la Expresión (2) anterior en el tratamiento de enfriamiento es excesivamente grande, se produce aleación de la capa metalizada y aumenta excesivamente el contenido de Fe en la capa metalizada. Por lo tanto, la adhesión de metalización se ve afectada. Desde este punto de vista, es necesario que el tratamiento de enfriamiento se realice de manera que el valor de la Expresión (2) anterior sea de 2.20 o menos. Para mejorar adicionalmente la adhesión de metalización, es preferible que el tratamiento de enfriamiento se controle de manera tal que el valor de la Expresión (2) anterior sea de 2.00 o menos, y es más preferible que el tratamiento de enfriamiento se controle de manera tal que el valor de la Expresión (2) anterior sea de 1.80 o menos.

Aquí, cuando la temperatura de la lámina de acero se incrementa después de que la lámina de acero se retira del baño de metalización, el valor de la Expresión (2) anterior se incrementa y la adhesión de metalización se deteriora. Además, la microestructura de la lámina de acero se reforma y no se puede obtener la estructura dura predeterminada y la resistencia se deteriora. Además, se forman carburos gruesos y existe una preocupación de deterioro en la formabilidad de la lámina de acero galvanizada en caliente. Por lo tanto, no se permite que la temperatura de la lámina de acero después de que la lámina de acero se retira del baño de metalización sea superior que la temperatura superior de la temperatura de lámina de acero antes de que la lámina de acero se sumerja en el baño de metalización y la temperatura del baño de metalización.

Por otro lado, como se muestra en un método general de producción de una lámina de acero galvanizada en caliente, cuando la lámina de acero se enfría rápidamente después de que la lámina de acero se sumerge en el baño de metalización, el valor de la Expresión (2) anterior se reduce significativamente. Como resultado, no se obtiene una cantidad suficiente de la fase  $\zeta$  y se deteriora la adhesión de metalización. De manera de establecer el valor de la Expresión (2) anterior para que esté dentro de un intervalo predeterminado, por ejemplo, después de que la lámina de acero se retira del baño de metalización, la lámina de acero puede someterse a un tratamiento de retención isotérmica durante un período de tiempo predeterminado y luego enfriarse rápidamente.

Además, siempre y cuando se establezca que el valor de la Expresión (2) anterior esté dentro de un intervalo predeterminado, puede realizarse otro control de temperatura opcional. Es decir, siempre y cuando se realice el control de temperatura para establecer el valor de la Expresión (2) anterior para que esté dentro de un intervalo de la realización, puede adoptarse cualquier forma de control de enfriamiento. Por ejemplo, puede usarse una forma de enfriamiento para enfriar rápidamente después de un tratamiento de retención isotérmica o una forma de enfriamiento de enfriamiento lento casi constante.

Mediante el tratamiento de enfriamiento anterior que satisface la Expresión (2), se puede realizar el enfriamiento a una velocidad de enfriamiento promedio de 1.0 °C/segundo o más hasta 250 °C o inferior después de que una cantidad suficiente de la fase  $\zeta$  se obtiene en la capa metalizada, para obtener la estructura dura. Para obtener una fase de martensita fresca y una fase de martensita revenida, la velocidad de enfriamiento promedio es preferiblemente de 3.0 °C/segundo o más y más preferiblemente de 5.0 °C/segundo o más.

Además, puede realizarse un tratamiento de recalentamiento de modo de obtener martensita revenida después de que la lámina de acero se enfría hasta 250 °C menos. La temperatura de tratamiento y el tiempo de tratamiento del tratamiento de recalentamiento pueden seleccionarse de manera apropiada según propiedades deseadas. Sin embargo, no se puede obtener un efecto suficiente a una temperatura de tratamiento de recalentamiento inferior a 250 °C. Por otro lado, cuando la temperatura de tratamiento de recalentamiento es superior a 350 °C, la capa metalizada cambia en calidad, y existe una preocupación de que la adhesión de metalización se deteriore. Por lo tanto, la temperatura de tratamiento de recalentamiento es preferiblemente de 250 °C o superior y de 350 °C o inferior. Además, cuando el tiempo de tratamiento del tratamiento de recalentamiento es más largo que 1,000 segundos, el efecto del tratamiento se satura y por lo tanto el tiempo de tratamiento es preferiblemente de 1,000 segundos o más

corto.

Un tratamiento de transformación bainítica en el que la lámina de acero se retiene durante 500 segundos o menos dentro de un intervalo de temperatura de 250 °C a 350 °C para obtener austenita residual puede realizarse después de que se obtiene una cantidad suficiente de la fase  $\zeta$  en la capa metalizada mediante el tratamiento de enfriamiento que satisface la Expresión (2) anterior. Cuando una temperatura de tratamiento es inferior a 250 °C, se forma martensita y no se puede obtener una cantidad suficiente de austenita residual. Por otro lado, cuando la temperatura de tratamiento de transformación bainítica es superior a 350 °C, existe una preocupación de que se obtenga una cantidad excesivamente grande de austenita residual. Además, cuando el tiempo de tratamiento es más de 500 segundos, se forman carburos gruesos a partir de la austenita residual y existe una preocupación de que la formabilidad se deteriore significativamente.

Después del tratamiento de transformación bainítica (retenida durante 500 segundos o menos dentro de un intervalo de temperatura de 250 °C a 350 °C), para estabilizar adicionalmente la austenita residual, la lámina de acero puede enfriarse hasta 250 °C o menos y después puede realizarse un tratamiento de recalentamiento. La temperatura de tratamiento y el tiempo de tratamiento del tratamiento de recalentamiento pueden seleccionarse de manera apropiada según propiedades deseadas. Sin embargo, no se puede obtener un efecto suficiente a una temperatura de tratamiento de recalentamiento inferior a 250 °C. Cuando la temperatura de tratamiento de recalentamiento es superior a 350 °C, la austenita residual se descompone y se convierte en carburos, y existe una preocupación de que las propiedades se deterioren significativamente. Por lo tanto, la temperatura de tratamiento es preferiblemente de 350 °C o inferior.

Además, cuando el tiempo de tratamiento del tratamiento de recalentamiento es más largo que 1,000 segundos, el efecto del tratamiento se satura y por lo tanto el tiempo de tratamiento es preferiblemente de 1,000 segundos o más corto.

[Etapa de procesamiento]

A continuación, después de que la lámina de acero se enfría a 100 °C o menos, se aplica una deformación de flexión-flexión hacia atrás a la lámina de acero metalizada para reducir una austenita residual en la capa superficial de la lámina de acero base. La flexión puede aplicarse mediante el uso de un rodillo con un diámetro de 50 mm a 800 mm. Cuando el diámetro de rodillo del rodillo es menor que 50 mm, se introduce una gran cantidad de tensión en la capa superficial de la lámina de acero base mediante la deformación de flexión y por lo tanto se deteriora la formabilidad de la lámina de acero. Cuando el diámetro de rodillo del rodillo es más de 800 mm, la cantidad de tensión en la capa superficial de la lámina de acero base es pequeña y por lo tanto la austenita residual no se reduce lo suficiente. Dado que la deformación de flexión-flexión hacia atrás reduce la austenita residual en las superficies a ambos lados de la lámina de acero base y es necesario que una deformación en la que cada uno de los lados de la lámina de acero base se establezca como una flexión hacia afuera se aplique una o más veces en ambos lados respectivamente, por lo tanto, es necesario que la deformación de flexión-flexión hacia atrás se aplique dos veces o más en total. Mediante esta etapa, la austenita residual en la superficie en ambos lados de la lámina de acero base puede establecerse dentro de un intervalo predeterminado.

La lámina de acero galvanizada en caliente según la realización puede producirse mediante el método de producción descrito anteriormente. Sin embargo, la presente invención no se limita a la realización que antecede. Por ejemplo, en la realización de la presente invención, una película de recubrimiento formada por un óxido compuesto que incluye un óxido de fósforo y/o fósforo puede aplicarse a la superficie de la capa metalizada con zinc de la lámina de acero galvanizada en caliente obtenida mediante la descripción que antecede.

La película de recubrimiento formada por un óxido compuesto que incluye un óxido de fósforo y/o fósforo puede funcionar como un lubricante cuando se trabaja la lámina de acero y puede proteger la capa metalizada con zinc formada en la superficie de la lámina de acero base.

Además, en la realización de la presente invención, puede realizarse laminado en frío en la lámina de acero galvanizada en caliente enfriada a temperatura ambiente a una reducción de laminado de 3.00 % o menos para corrección de forma. El laminado en frío puede realizarse en cualquier etapa tal como antes o después de la deformación de flexión-flexión hacia atrás, o en el medio de la deformación de flexión-flexión hacia atrás.

El método de producción de la lámina de acero galvanizada en caliente según la realización descrita anteriormente de la presente invención se aplica preferiblemente a la producción de una lámina de acero galvanizada en caliente en la cual el espesor de la lámina de acero base es de 0.6 mm o más y menos de 5.0 mm. Cuando el espesor de la lámina de acero base es menos de 0.6 mm, es difícil mantener la forma de la lámina de acero base plana y el espesor no es apropiado en algunos casos. Además, cuando el espesor de la lámina de acero base es de 5.0 mm o más, el control de enfriamiento en la etapa de recocido y la etapa de metalización puede ser difícil.

#### 55 [Ejemplos]

A continuación se describirán ejemplos de la presente invención. Las condiciones de los ejemplos son solo una ilustración que se emplea para confirmar la viabilidad y efectos de la presente invención. La presente invención no se

limita a esta ilustración de condiciones. La presente invención puede emplear diversas condiciones siempre que no se desvíe de la esencia de la presente invención y logre el objeto de la presente invención.

5 Las placas que tienen los componentes químicos (composición) A a BY que se muestran en las Tablas 1 a 6 se fundieron y laminaron en caliente en las condiciones (la temperatura de calentamiento de placa, la temperatura de finalización de laminado) que se muestran en las Tablas 7 a 10. A continuación, las láminas de acero laminadas en caliente se enfriaron en las condiciones (la velocidad de enfriamiento promedio desde la finalización del laminado en caliente hasta el enrollado, y la temperatura de enrollado, y la Expresión (1)) que se muestran en las Tablas 7 a 10, y de ese modo se obtuvieron láminas de acero laminadas en caliente.

10 Posteriormente, las láminas de acero laminadas en caliente se sometieron a decapado y laminado en frío en la condición (reducción de laminado) que se muestra en las Tablas 7 a 10 y de ese modo se obtuvieron láminas de acero laminadas en frío.

15 A continuación, las láminas de acero laminadas en frío se sometieron a recocido en las condiciones (la relación de aire en la zona de precalentamiento, la relación de presión parcial  $P(\text{H}_2\text{O})/P(\text{H}_2)$  entre  $\text{H}_2\text{O}$  y  $\text{H}_2$  en la atmósfera de reducción, la velocidad de calentamiento promedio en un intervalo de temperatura de 600 °C a 750 °C y la temperatura de calentamiento máxima) que se muestran en las Tablas 11 a 14 y de ese modo se obtuvieron láminas de acero base.

20 Las láminas de acero base se sometieron a un tratamiento de enfriamiento en las condiciones (velocidad de enfriamiento 1 (la velocidad de enfriamiento promedio en un intervalo de temperatura de 760 °C a 700 °C), velocidad de enfriamiento 2 (la velocidad de enfriamiento promedio en un intervalo de temperatura de 650 °C a 500 °C), las condiciones para el tratamiento de transformación martensítica (la temperatura de tratamiento y el tiempo de tratamiento), y tratamiento de transformación bainítica 1 (la temperatura de tratamiento y el tiempo de tratamiento)) para la etapa de enfriamiento antes de metalización que se muestran en las Tablas 15 a 18 y de ese modo se obtuvieron láminas de acero base para tratamiento de metalización.

25 A continuación, las láminas de acero se sumergieron en un baño de metalización de zinc en las condiciones (la cantidad de Al efectivo, la temperatura de baño de metalización y la temperatura de ingreso de la lámina de acero) que se muestran en las Tablas 15 a 18, y se realizó un tratamiento de enfriamiento después de metalización en las condiciones (Expresión (2), velocidad de enfriamiento 3 (la velocidad de enfriamiento promedio en un intervalo de temperatura de 350 °C a 250 °C), las condiciones (la temperatura de tratamiento y el tiempo de tratamiento) para el tratamiento de transformación bainítica 2, y las condiciones (la temperatura de tratamiento y el tiempo de tratamiento) para el tratamiento de recalentamiento) que se muestran en las Tablas 19 a 22. A continuación, se realizó una deformación de flexión-flexión hacia atrás en las condiciones (los diámetros de rodillo y los tiempos de procesamiento) que se muestran en las Tablas 19 a 22.

30 Además, se realizó laminado en frío en las condiciones (reducción de laminado) que se muestran en las Tablas 19 a 22 para obtener las láminas de acero galvanizadas en caliente de los Ejemplos Experimentales 1 a 200 (en donde el experimento se detuvo en algunos de los ejemplos experimentales).

35 A continuación, una sección transversal de espesor paralela a la dirección de laminado de la lámina de acero base se estableció como una dirección observada y se recogió una muestra de cada una de las láminas de acero metalizadas galvanizadas en caliente, y se realizó observación de microestructura con un microscopio electrónico de barrido de emisión de campo (FE-SEM) y análisis de orientación de cristales de alta resolución según un método EBSD en la sección observada de la muestra. Fracciones de volumen de la microestructura en un intervalo de 1/8 de espesor a 3/8 de espesor centrado en la posición de 1/4 del espesor desde la superficie de la lámina de acero base (1/4 espesor), y un intervalo de capa superficial que se origina desde una interfaz entre una capa metalizada y una lámina de acero base y que tiene 20  $\mu\text{m}$  de profundidad (capa superficial de acero base) se midieron respectivamente.

40 Aquí, «martensita» en las tablas indica una martensita fresca, «otras» entre las microestructuras en las tablas indica perlita y/o cementita gruesa.

Además, «fase dura» es una estructura dura que consiste en una o más de una bainita, una ferrita bainítica, una martensita fresca y una martensita revenida.

45 Además, una sección transversal de espesor paralela a la dirección de laminado de la lámina de acero se estableció como una sección observada y se recogió una muestra de la lámina de acero galvanizada en caliente. La sección observada de la muestra se observó con un microscopio electrónico de barrido de emisión de campo (FE-SEM) para observar la interfaz entre la capa metalizada y la lámina de acero base, y se mide la relación de la interfaz entre la fase  $\zeta$  y la lámina de acero base en la interfaz entre la capa metalizada y la lámina de acero base (relación de ocupación de superficie límite). «Relación de ocupación de grano  $\zeta$  en los que están presentes óxidos» indica la relación de la interfaz entre los granos  $\zeta$  en los que están presentes óxidos gruesos entre los granos  $\zeta$  y la lámina de acero base con respecto a la interfaz completa entre la fase  $\zeta$  y el acero base.

50 La lámina de acero galvanizada en caliente se procesa mediante fresado por iones y se fotografió una imagen BSE a un voltaje de aceleración de 5kV y una aumento de 5,000 con FE-SEM. Los óxidos y límites de fase  $\zeta$  aparecen más



oscuros en esta imagen BSE. Entre una longitud de límite de capa metalizada/lámina de acero base, una longitud en la que se forma la fase ζ y una longitud en la que se forma la fase ζ que incluye granos gruesos se leen de la imagen y la relación de ocupación de los granos ζ en los que están presentes óxidos.

5 La Figura 2 indica una micrografía de estructura de sección transversal ampliada de la lámina de acero galvanizada en caliente del Ejemplo Experimental n.º 1. El resultado de pulir una sección transversal de una muestra obtenida de lámina de acero galvanizada en caliente mediante proceso de fresado por iones y de tomar una imagen BSE a un voltaje de aceleración de 5kV se indica en la Figura 2. Tal como se muestra en la FIG. 2, se formó una capa refinada en la que los granos son finos en la capa superficial de la lámina de acero base. Adicionalmente, se confirmó que se forman óxidos internos de Si-Mn en una interfaz en un lado de capa metalizada de la capa refinada.

10 La cantidad metalizada de la metalización se obtuvo mediante fusión de la capa metalizada mediante el uso de ácido clorhídrico con un inhibidor y comparación del peso antes y después de la fusión. Los resultados de observación de las microestructuras y composiciones de las capas metalizadas, etc., de las muestras explicadas anteriormente se indican en las Tablas 23 a 34.

15 A continuación, de modo de investigar las propiedades de cada lámina de acero galvanizada en caliente se realizó una prueba de tracción, una prueba de expansión de orificios, una prueba de flexión, una prueba de fatiga, una prueba de evaluación de adhesión, una prueba de soldadura por puntos y una prueba de corrosión. Las propiedades de cada ejemplo experimental se muestran en las Tablas 35 a 42.

20 Piezas de prueba n.º 5 como se describe en JIS Z 2201 se cortaron de la lámina de acero galvanizada en caliente para realizar una prueba de tracción según el método descrito en JIS Z 2241. Por lo tanto, se obtuvieron el límite de elasticidad YS, la resistencia a la tracción máxima TS y el alargamiento total El. La resistencia se evaluó de manera tal que un caso en el que la máxima resistencia TS fuera 550 MPa o más fuera satisfactorio.

25 Una prueba de expansión de orificios se realizó según el método descrito en JIS Z 2256. Entre las formabilidades, la ductilidad El y la expansibilidad de agujeros λ cambian según la máxima resistencia a la tracción TS. Sin embargo, la resistencia, la ductilidad y la expansibilidad de orificios en el caso en que la siguiente Expresión (4) se satisfizo fueron satisfactorias.

$$TS^{1.5} \times El \times \lambda^{0.5} \geq 2.5 \times 10^6 \quad \dots \text{Expresión (4)}$$

30 Piezas de prueba n.º 5 como se describen en JIS Z 2201 se cortaron de la lámina de acero galvanizada en caliente para realizar una prueba de flexión que es una prueba de flexión V de 90° según el método de bloque V descrito en JIS Z 2248. Un radio en una parte inferior de un bloque V varía de 1.0 mm a 6.0 mm a intervalos de 0.5 mm, un radio más pequeño en el que no se produjo grieta en una pieza de prueba se establece como el radio de flexión mínimo r [mm]. La plegabilidad se evaluó mediante «r/t» obtenida mediante normalización del radio de flexión mínimo r con el espesor de metalizado t [mm], y un caso en el que «r/t» fue de 2.0 o menos se evaluó como buena plegabilidad.

35 Piezas de prueba n.º 1 como se describe en JIS Z 2275 se cortaron de la lámina de acero galvanizada en caliente para realizar una prueba de fatiga de flexión en el plano pulsante según el método descrito en JIS Z 2273. El límite de fatiga DL y la relación de límite de fatiga DL/TS se evaluaron estableciendo la cantidad máxima de repeticiones en 10 millones de veces, y un caso en el que la relación de límite de fatiga fue de 0.30 o más se evaluó como buena resistencia a la fatiga.

40 Para la adhesión de metalización, cada lámina de acero galvanizada en caliente a la que se le aplicó esfuerzo de tensión uniaxial de 5 % se sometió a una prueba de impacto de DuPont. Una cinta adhesiva se adhirió a la lámina de acero laminada después de la prueba de impacto y luego se desprendió. El caso en el que la metalización no se desprendió se evaluó como aprobado (o) y el caso en el que la metalización se desprendió se evaluó como fallido (x). La prueba de impacto de DuPont se realizó dejando caer un peso de 3 kg sobre la lámina de acero desde una altura de 1 m mediante el uso de un troquel de perforación con un radio de curvatura del extremo frontal de 1/2 pulgada.

45 La soldabilidad por puntos se evaluó mediante la realización de una prueba de puntos continua. Con la condición de que el diámetro de la parte soldada sea de 5.3 a 5.7 veces la raíz cuadrada del espesor, se realizó soldadura por puntos continuamente 1,000 veces y se compararon entre sí el d<sub>1</sub> del primer punto y d<sub>1000</sub> del milésimo punto de los diámetros de las partes soldadas. El caso en que d<sub>1000</sub>/d<sub>1</sub> fue de 0.90 o más se evaluó como aprobado (o) y el caso en que d<sub>1000</sub>/d<sub>1</sub> fue menos de 0.90 se evaluó como fallido (x).

50 Para la evaluación de resistencia a la corrosión, se usó una pieza de prueba cortada de cada lámina de acero galvanizada en caliente para que tenga un tamaño de 150 × 70 mm, y la pieza de prueba se sometió a un tratamiento de conversión química de tipo de inmersión a base de fosfato de zinc y posteriormente se aplicó un recubrimiento por electrodeposición catiónica de 20 μm. Adicionalmente, se aplicó un recubrimiento intermedio de 35 μm y un recubrimiento superior de 35 μm y luego la superficie trasera y la parte de extremo se sellaron con una cinta aisladora. En la prueba de resistencia a la corrosión, se usó CCT con un ciclo de SST 6h → secado 4h → humectación 4h → congelado 4h. La evaluación de resistencia a la corrosión después del recubrimiento se realizó de manera que la

55

## ES 2 761 600 T3

superficie recubierta se cortó transversalmente con un cortador hasta que el corte alcanzara el acero base y se midió un ancho hinchado después de 60 ciclos de CCT. El caso en el que el ancho hinchado fue de 3.0 mm o menos se evaluó como aprobado (o) y el caso en el que el ancho hinchado fue de más de 3.0 mm se evaluó como fallido (x).

- 5 Para evaluar las propiedades de astillado, se cortó una muestra de prueba de cada lámina de acero galvanizada en caliente para que tenga un tamaño de 70 mm x 150 mm y se realizó desengrasado automotriz, conversión química y recubrimiento de 3 capas en la muestra de prueba. En un estado en el que la muestra de prueba se enfrió y se retuvo en -20 °C, diez piedras trituradas (0.3 a 0.5 g) se aplicaron verticalmente con una presión de aire de 2 kgf/cm<sup>2</sup>. Se aplicaron diez piedras trituradas a cada muestra. Se realiza cada norma N5, se observaron en total 50 marcas de astillado y se evaluaron según la posición de la interfaz desprendida. El caso en que la interfaz desprendida estaba por encima de la capa metalizada (la interfaz entre la capa metalizada y la película de recubrimiento por conversión química o la interfaz entre el recubrimiento por electrodeposición y el recubrimiento de capa intermedia) se evaluó como (o) y el caso en que se produjo incluso un desprendimiento de interfaz en la interfaz entre la capa metalizada y el acero base (lámina de acero base) se evaluó como (x).

- 15 Las propiedades de pulverización se evaluaron mediante el uso de flexión V (JIS Z 2248) para evaluar la aptitud para el moldeo de la capa metalizada. Cada lámina de acero galvanizada en caliente se cortó en un tamaño de 50 × 90 mm y un cuerpo formado se usó con una prensa con estampa 1R-90° en forma de V. En las ranuras se realizó desprendimiento con cinta. Se presionó una cinta de celofán con un ancho de 24 mm en la parte plegada y luego se desprendió. Se determinó visualmente la parte de la cinta de celofán a una longitud de 90 mm. Los criterios de evaluación fueron los siguientes.

- 20 o: el desprendimiento de la capa metalizada se produjo en un área menor al 5 % del área de la parte trabajada

X: el desprendimiento de la capa metalizada se produjo en un área mayor al 5 % del área de la parte trabajada

[Tabla 1]

Componentes químicos	C	Si	Mn	P	S	Al	N	O
	% de masa	% de masa	% de masa	% de masa	% de masa	% de masa	% de masa	% de masa
A	0.085	0.86	1.92	0.005	0.0016	0.059	0.0035	0.0008
B	0.051	0.51	2.38	0.012	0.0015	0.035	0.0014	0.0011
C	0.097	1.47	3.00	0.005	0.0011	0.007	0.0008	0.0032
D	0.060	1.09	1.35	0.009	0.0005	0.020	0.0047	0.0017
E	0.180	1.15	1.28	0.005	0.0030	0.042	0.0020	0.0012
F	0.107	0.60	2.95	0.015	0.0034	0.035	0.0013	0.0010
G	0.208	0.38	2.35	0.008	0.0048	0.028	0.0014	0.0010
H	0.078	1.19	3.09	0.012	0.0038	0.086	0.0008	0.0020
I	0.115	0.22	2.94	0.008	0.0040	1.246	0.0022	0.0019
J	0.234	0.94	1.44	0.017	0.0003	0.038	0.0017	0.0025
K	0.268	0.76	2.87	0.016	0.0040	0.081	0.0050	0.0018
L	0.153	0.94	2.41	0.011	0.0015	0.004	0.0030	0.0027
M	0.091	0.37	1.56	0.014	0.0008	0.046	0.0026	0.0008
N	0.203	0.33	2.49	0.012	0.0029	0.016	0.0008	0.0012
O	0.075	1.90	2.00	0.010	0.0029	0.027	0.0041	0.0015
P	0.063	0.66	2.31	0.015	0.0027	0.099	0.0027	0.0004
Q	0.116	0.72	1.96	0.017	0.0029	0.018	0.0046	0.0020
R	0.081	0.50	2.39	0.009	0.0062	0.072	0.0036	0.0023
S	0.203	0.89	1.74	0.016	0.0016	0.061	0.0008	0.0021
T	0.157	0.50	3.16	0.011	0.0025	0.041	0.0046	0.0009
U	0.100	0.88	2.73	0.047	0.0032	0.028	0.0033	0.0015
V	0.083	0.65	1.30	0.014	0.0009	0.066	0.0013	0.0012
W	0.092	0.67	2.86	0.018	0.0012	0.036	0.0020	0.0012
X	0.069	0.60	2.03	0.007	0.0004	0.043	0.0018	0.0032
Y	0.097	1.00	2.31	0.011	0.0059	0.029	0.0037	0.0020
Z	0.106	0.53	2.28	0.006	0.0031	0.008	0.0043	0.0022

[Tabla 2]

Componentes químicos	Ti	Nb	V	Cr	Ni	Cu	Mo	B	W	Ca	Ce	Mg	Zr	La	REM	Ejemplo
	% de masa	% de masa	% de masa	% de masa	% de masa	% de masa	% de masa	% de masa	% de masa	% de masa	% de masa	% de masa	% de masa	% de masa	% de masa	
A																Ejemplo
B																Ejemplo
C																Ejemplo
D																Ejemplo
E																Ejemplo
F																Ejemplo
G																Ejemplo
H	0.058															Ejemplo
I																Ejemplo
J																Ejemplo
K																Ejemplo
L																Ejemplo
M		0.049														Ejemplo
N				0.49												Ejemplo
O																Ejemplo
P			0.131													Ejemplo
Q					0.26											Ejemplo
R																Ejemplo
S						0.41										Ejemplo
T																Ejemplo
U																Ejemplo
V							0.48									Ejemplo
W									0.18							Ejemplo
X							0.0047									Ejemplo
Y								0.0045								Ejemplo
Z											0.0032					Ejemplo

[Tabla 3]

Componentes químicos	C	Si	Mn	P	S	Al	N	O	Ejemplo
	% de masa	% de masa	% de masa	% de masa	% de masa	% de masa	% de masa	% de masa	
AA	0.204	1.03	2.49	0.012	0.0014	0.047	0.0045	0.0003	Ejemplo
AB	0.176	0.16	2.06	0.023	0.0016	0.083	0.0017	0.0013	Ejemplo
AC	0.086	1.08	1.60	0.018	0.0006	0.078	0.0018	0.0008	Ejemplo
AD	0.141	0.66	2.28	0.004	0.0009	0.038	0.0059	0.0016	Ejemplo
AE	0.138	0.46	2.95	0.016	0.0016	0.020	0.0040	0.0017	Ejemplo
AF	0.124	0.93	1.92	0.017	0.0027	0.057	0.0008	0.0007	Ejemplo
AG	0.158	0.86	2.90	0.009	0.0003	0.070	0.0030	0.0028	Ejemplo
AH	0.172	0.76	2.99	0.018	0.0031	0.059	0.0050	0.0013	Ejemplo
AI	0.075	0.65	2.04	0.013	0.0004	0.255	0.0009	0.0010	Ejemplo
AJ	0.157	0.49	2.07	0.010	0.0013	0.472	0.0020	0.0009	Ejemplo
AK	0.179	0.95	3.07	0.020	0.0043	0.009	0.0016	0.0008	Ejemplo
AL	0.096	0.16	2.25	0.006	0.0025	0.008	0.0051	0.0015	Ejemplo
AM	0.177	0.75	2.40	0.009	0.0004	0.756	0.0038	0.0014	Ejemplo
AN	0.150	0.49	1.83	0.010	0.0031	0.068	0.0040	0.0008	Ejemplo
AO	0.134	0.67	2.36	0.009	0.0038	0.041	0.0017	0.0025	Ejemplo
AP	0.170	0.34	2.34	0.010	0.0020	0.025	0.0024	0.0008	Ejemplo
AQ	0.124	0.37	1.22	0.017	0.0064	0.046	0.0023	0.0027	Ejemplo
AR	0.084	0.53	2.20	0.011	0.0053	0.058	0.0013	0.0017	Ejemplo
AS	0.135	0.90	2.37	0.017	0.0023	0.061	0.0036	0.0025	Ejemplo
AT	0.084	0.61	2.63	0.004	0.0049	0.033	0.0021	0.0014	Ejemplo
AU	0.086	0.50	2.29	0.004	0.0022	0.045	0.0032	0.0014	Ejemplo
AV	0.114	0.99	1.79	0.005	0.0032	0.084	0.0038	0.0014	Ejemplo
AW	0.157	0.50	2.20	0.017	0.0022	0.087	0.0011	0.0009	Ejemplo
AX	0.090	0.55	3.20	0.003	0.0017	0.051	0.0033	0.0007	Ejemplo
AY	0.186	1.10	1.97	0.010	0.0033	0.030	0.0060	0.0029	Ejemplo
AZ	0.070	0.75	2.36	0.015	0.0045	0.040	0.0083	0.0009	Ejemplo

[Tabla 4]

Componentes químicos	Ti	Nb	V	Cr	Ni	Cu	Mo	B	W	Ca	Ce	Mg	Zr	La	REM	Ejemplo
	% de masa	% de masa	% de masa	% de masa	% de masa	% de masa	% de masa	% de masa	% de masa	% de masa	% de masa	% de masa	% de masa	% de masa	% de masa	
AA	0.016	0.016														Ejemplo
AB												0.0046				Ejemplo
AC														0.0046		Ejemplo
AD	0.013							0.0009								Ejemplo
AE													0.0006			Ejemplo
AF															0.0024	Ejemplo
AG	0.035	0.007					0.15	0.0003								Ejemplo
AH	0.007	0.015		0.14												Ejemplo
AI	0.090	0.025		1.34												Ejemplo
AJ	0.018	0.026					0.36	0.0018								Ejemplo
AK	0.045	0.011		0.08				0.0030								Ejemplo
AL																Ejemplo
AM	0.064	0.014		0.95				0.0014								Ejemplo
AN										0.0025	0.0013					Ejemplo
AO											0.0041			0.0020		Ejemplo
AP																Ejemplo
AQ										0.0015	0.0021			0.0008		Ejemplo
AR																Ejemplo
AS	0.006			0.26												Ejemplo
AT	0.057						0.06									Ejemplo
AU		0.082														Ejemplo
AV	0.116															Ejemplo
AW																Ejemplo
AX				0.09												Ejemplo
AY							0.26									Ejemplo
AZ																Ejemplo

[Tabla 5]

Componentes químicos	C	Si	Mn	P	S	Al	N	O
	% de masa	% de masa	% de masa	% de masa	% de masa	% de masa	% de masa	% de masa
BA	0.142	0.93	2.10	0.013	0.0015	0.064	0.0007	0.0053
BB	0.136	0.89	3.30	0.008	0.0031	0.070	0.0039	0.0006
BC	0.096	0.28	2.29	0.009	0.0018	0.007	0.0048	0.0022
BD	0.149	0.07	1.82	0.012	0.0016	0.037	0.0015	0.0025
BE	0.085	0.91	1.52	0.018	0.0033	0.052	0.0046	0.0022
BF	0.186	1.06	1.96	0.012	0.0008	0.047	0.0024	0.0022
BG	0.094	1.33	1.14	0.009	0.0010	0.021	0.0007	0.0028
BH	0.157	0.84	2.84	0.016	0.0044	0.211	0.0018	0.0012
BI	0.109	1.49	0.71	0.014	0.0024	0.068	0.0060	0.0006
BJ	0.127	0.67	1.53	0.003	0.0036	0.011	0.0017	0.0024
BK	0.096	0.44	1.96	0.013	0.0049	0.063	0.0017	0.0027
BL	0.092	0.55	2.90	0.006	0.0044	0.016	0.0017	0.0005
BM	0.120	1.73	0.91	0.009	0.0024	0.010	0.0036	0.0015
BN	0.102	0.11	1.81	0.004	0.0005	0.254	0.0030	0.0027
BO	0.016	1.11	2.91	0.013	0.0026	0.041	0.0027	0.0017
BP	0.411	0.80	2.60	0.004	0.0047	0.039	0.0040	0.0020
BQ	0.141	0.01	2.03	0.006	0.0025	0.016	0.0025	0.0029
BR	0.126	2.40	2.92	0.012	0.0014	0.040	0.0017	0.0016
BS	0.121	0.64	0.17	0.008	0.0037	0.042	0.0042	0.0034
BT	0.158	0.89	4.09	0.009	0.0016	0.083	0.0026	0.0018
BU	0.086	0.77	2.54	0.208	0.0026	0.034	0.0014	0.0024
BV	0.147	0.56	2.07	0.010	0.0139	0.043	0.0023	0.0008
BW	0.137	0.57	2.16	0.017	0.0034	2.077	0.0033	0.0021
BX	0.134	0.53	2.30	0.013	0.0021	0.026	0.0188	0.0022
BY	0.190	0.98	2.94	0.010	0.0034	0.050	0.0032	0.0154

[Tabla 6]

Componentes químicos	Ti	Nb	V	Cr	Ni	Cu	Mo	B	W	Ca	Ce	Mg	Zr	La	REM
	% de masa	% de masa	% de masa	% de masa	% de masa	% de masa	% de masa	% de masa	% de masa	% de masa	% de masa	% de masa	% de masa	% de masa	% de masa
BA															Ejemplo
BB															Ejemplo
BC															Ejemplo
BD															Ejemplo
BE					0.61	0.28									Ejemplo
BF															Ejemplo
BG															Ejemplo
BH															Ejemplo
BI				0.72			0.11								Ejemplo
BJ		0.074													Ejemplo
BK	0.015														Ejemplo
BL								0.0063							Ejemplo
BM	0.005	0.030						0.0025							Ejemplo
BN	0.060	0.018						0.0032							Ejemplo
BO															Ej. Comp.
BP															Ej. Comp.
BQ															Ej. Comp.
BR															Ej. Comp.
BS															Ej. Comp.
BT															Ej. Comp.
BU															Ej. Comp.
BV															Ej. Comp.
BW															Ej. Comp.
BX															Ej. Comp.
BY															Ej. Comp.



[Tabla 7]

Ejemplo experimental	Componentes químicos	Etapa de laminado en caliente							Etapa de laminado en frío	
		Temperatura de calentamiento de placa	Temperatura de terminación de laminado	Velocidad de enfriamiento promedio	Temperatura de enrollado	Ae3*	Expresión (1)	Reducción de laminado	%	
		°C	°C	°C/s	°C	°C	°C			
1	A	1205	913	22	538	863	2.2	63	Ejemplo	
2	A	1225	914	15	601	863	3.6	57	Ej. Comp.	
3	A	1235	939	42	642	863	5.3	38	Ejemplo	
4	A	1190	887	76	508	863	1.2	57	Ejemplo	
5	B	1195	888	22	545	836	1.8	61	Ejemplo	
6	B	1160	913	37	505	836	1.4	54	Ejemplo	
7	B	1230	933	19	608	836	2.5	45	Ejemplo	
8	B	1220	903	49	576	836	2.0	69	Ejemplo	
9	C	1205	907	15	592	845	5.0	56	Ejemplo	
10	C	1180	943	21	647	845	17.2	69	Ejemplo	
11	C	1210	916	16	621	845	11.7	66	Ejemplo	
12	C	1205	906	19	600	845	5.7	35	Ej. Comp.	
13	D	1215	940	22	609	882	4.1	44	Ejemplo	
14	D	1185	908	21	487	882	3.3	62	Ej. Comp.	
15	D	1225	892	61	465	882	2.1	56	Ejemplo	
16	D	1235	915	15	600	882	4.7	70	Ejemplo	
17	E	1225	868	22	608	889	4.6	58	Ejemplo	
18	E	1195	903	20	601	889	4.9	25	Ejemplo	
19	E	1190	885	11	617	889	6.3	66	Ejemplo	
20	E	1215	921	20	577	889	3.5	36	Ej. Comp.	
21	F	1220	939	34	562	822	1.5	48	Ejemplo	
22	F	1200	911	45	632	822	2.9	54	Ejemplo	
23	F	1210	974	39	572	822	1.5	65	Ejemplo	
24	F	1210	934	58	596	822	2.0	52	Ejemplo	

ES 2 761 600 T3

25	G	1250	910	22	568	832	1.7	46	Ejemplo
26	G	1210	880	65	524	832	0.9	59	Ejemplo
27	G	1225	891	54	508	832	0.6	58	Ej. Comp.
28	G	1245	896	15	596	832	2.1	67	Ejemplo
29	H	1235	915	50	602	843	3.9	52	Ejemplo
30	H	1265	917	53	552	843	2.2	45	Ejemplo
31	H	1255	904	34	564	843	2.5	2	Ejemplo
32	I	1245	946	50	581	960	4.1	48	Ejemplo
33	I	1245	968	14	630	960	6.9	55	Ejemplo
34	I	1210	950	58	583	960	3.9	58	Ejemplo
35	J	1190	891	27	595	877	3.5	26	Ejemplo
36	J	1225	868	38	594	877	3.1	48	Ejemplo
37	J	1175	935	17	578	877	3.4	53	Ejemplo
38	K	1190	884	20	584	835	2.4	50	Ejemplo
39	K	1240	917	16	582	835	2.4	38	Ejemplo
40	K	1205	858	17	585	835	2.3	51	Ejemplo
41	L	1205	925	16	584	845	3.1	59	Ejemplo
42	L	1245	955	59	578	845	2.1	64	Ejemplo
43	L	1210	923	34	552	845	2.2	52	Ej. Comp.
44	M	1185	882	15	544	857	2.5	50	Ejemplo
45	M	1270	896	15	567	857	2.8	44	Ejemplo
46	M	1245	955	24	584	857	2.4	47	Ej. Comp.
47	N	1235	914	23	549	816	1.6	61	Ejemplo
48	N	1255	911	31	569	816	2.4	35	Ejemplo
49	N	1235	946	23	550	816	1.5	38	Ej. Comp.
50	O	1255	941	18	554	890	4.7	52	Ejemplo

[Tabla 8]

Ejemplo experimental	Componentes químicos	Etapa de laminado en caliente							Etapa de laminado en frío	
		Temperatura de calentamiento de placa	Temperatura de terminación de laminado	Velocidad de enfriamiento promedio	Temperatura de enrollado	Ae3*	Expresión (1)	Reducción de laminado	%	
		°C	°C	°C/s	°C	°C				
51	O	1245	890	8	628	890	21.7	52	Ej. Comp.	
52	O	1215	896	47	603	890	8.1	25	Ejemplo	
53	O	1185	881	10	624	890	12.1	59	Ejemplo	
54	P	1235	928	22	572	851	2.2	50	Ejemplo	
55	P	1240	909	14	616	851	1.9	42	Ejemplo	
56	P	1215	925	75	552	851	1.4	47	Ejemplo	
57	Q	1200	890	34	556	842	2.0	50	Ejemplo	
58	Q	1205	908	58	582	842	2.2	36	Ejemplo	
59	Q	1230	898	63	570	842	2.0	49	Ej. Comp.	
60	R	1250	874	39	612	840	2.1	70	Ejemplo	
61	R	1185	880	27	563	840	4.9	39	Ejemplo	
62	R	1240	905	18	554	840	3.0	28	Ejemplo	
63	S	1230	899	50	547	861	1.8	52	Ejemplo	
64	S	1220	945	20	607	861	5.9	63	Ejemplo	
65	S	1245	889	16	576	861	3.6	29	Ej. Comp.	
66	T	1245	908	25	605	813	2.0	57	Ejemplo	
67	T	1190	918	53	606	813	1.7	28	Ejemplo	
68	T	1225	884	45	564	813	1.8	45	Ej. Comp.	
69	U	1210	887	17	598	836	3.1	58	Ejemplo	
70	U	1220	932	17	581	836	3.7	37	Ejemplo	
71	U	1220	888	23	548	836	2.0	29	Ejemplo	
72	V	1195	942	18	553	882	3.0	52	Ejemplo	
73	V	1220	870	46	581	882	1.4	33	Ejemplo	
74	V	1225	929	32	596	882	2.3	43	Ejemplo	

ES 2 761 600 T3

75	W	1200	943	16	613	827	3.2	53	Ejemplo
76	W	1250	892	29	538	827	1.7	42	Ej. Comp.
77	W	1220	950	37	553	827	3.4	44	Ejemplo
78	X	1240	894	23	607	850	2.8	37	Ejemplo
79	X	1205	940	24	571	850	3.9	44	Ejemplo
80	X	1225	922	30	591	850	4.8	56	Ej. Comp.
81	S	1225	891	21	557	853	2.7	46	Ejemplo
82	S	1255	888	15	567	853	2.7	36	Ejemplo
83	S	1185	873	14	587	853	3.1	63	Ejemplo
84	Z	1205	918	17	579	836	2.2	56	Ejemplo
85	Z	1200	922	16	582	836	1.6	53	Ej. Comp.
86	Z	1205	911	52	619	836	1.4	50	Ejemplo
87	AA	1235	938	22	601	850	4.0	63	Ejemplo
88	AA	1200	886	18	519	850	2.4	30	Ejemplo
89	AB	1195	913	19	592	840	1.9	58	Ejemplo
90	AB	1235	926	32	538	840	1.4	28	Ejemplo
91	AB	1180	882	49	496	840	1.2	45	Ejemplo
92	AC	1240	908	21	563	882	3.5	50	Ejemplo
93	AC	1205	883	19	635	882	5.5	56	Ejemplo
94	AD	1230	934	61	556	844	1.3	62	Ejemplo
95	AD	1195	906	57	551	844	1.5	46	Ejemplo
96	AE	1235	896	30	542	816	1.6	26	Ejemplo
97	AE	1195	909	19	613	816	1.4	53	Ejemplo
98	AF	1195	932	21	581	865	3.2	63	Ejemplo
99	AF	1230	914	19	623	865	2.5	53	Ejemplo
100	AG	1185	889	48	569	838	1.8	52	Ejemplo

[Tabla 9]

Ejemplo experimental	Componentes químicos	Etapa de laminado en caliente							Etapa de laminado en frío	
		Temperatura de calentamiento de placa	Temperatura de terminación de laminado	Velocidad de enfriamiento promedio	Temperatura de enrollado	Ae3*	Expresión (1)	Reducción de laminado	%	
		°C	°C	°C/s	°C	°C	°C			
101	AG	1240	942	28	630	838	3.4	47	Ejemplo	
102	AH	1245	916	19	610	826	3.4	75	Ejemplo	
103	AH	1220	926	29	612	826	2.8	56	Ejemplo	
104	AI	1210	902	14	601	853	3.0	55	Ejemplo	
105	AI	1205	928	22	592	853	2.7	60	Ejemplo	
106	AJ	1230	921	32	557	903	3.0	63	Ejemplo	
107	AJ	1245	904	29	613	903	2.6	41	Ejemplo	
108	AK	1235	913	65	545	825	1.3	56	Ejemplo	
109	AK	1210	912	24	609	825	8.4	59	Ejemplo	
110	AL	1210	903	21	551	825	1.5	42	Ejemplo	
111	AL	1240	878	44	590	825	3.0	59	Ejemplo	
112	AM	1235	938	16	588	915	6.8	57	Ejemplo	
113	AM	1175	925	22	568	915	5.2	21	Ejemplo	
114	AM	1245	889	27	521	915	3.5	36	Ejemplo	
115	AM	1200	933	14	625	915	20.6	42	Ej. Comp.	
116	AN	1240	905	20	596	855	2.4	66	Ejemplo	
117	AN	1250	890	30	642	855	3.1	31	Ejemplo	
118	AO	1225	916	48	585	842	1.8	60	Ejemplo	
119	AO	1225	912	16	555	842	1.8	40	Ejemplo	
120	AP	1230	905	26	598	830	1.7	59	Ejemplo	
121	AP	1215	897	29	550	830	1.5	50	Ejemplo	
122	AP	1245	959	38	532	830	1.4	49	Ejemplo	
123	AQ	1235	873	11	599	867	3.2	63	Ejemplo	
124	AQ	1220	936	19	538	867	2.6	58	Ejemplo	

ES 2 761 600 T3

125	AR	1190	916	15	593	844	2.5	50	Ejemplo
126	AR	1235	929	73	512	844	1.0	38	Ejemplo
127	AS	1210	906	20	575	847	2.7	40	Ejemplo
128	AS	1245	934	24	534	847	1.6	62	Ejemplo
129	AT	1235	913	22	575	832	2.0	58	Ejemplo
130	AT	1210	927	42	621	832	3.0	52	Ejemplo
131	AU	1180	919	17	571	839	2.2	46	Ejemplo
132	AU	1205	881	44	480	839	0.7	35	Ej. Comp.
133	AU	1255	873	21	540	839	1.3	41	Ejemplo
134	AU	1230	902	18	535	839	2.7	49	Ejemplo
135	AV	1235	915	28	600	874	3.5	64	Ejemplo
136	AV	1195	924	52	535	874	2.1	43	Ej. Comp.
137	AV	1210	926	27	630	874	4.2	68	Ejemplo
138	AW	1200	878	16	560	847	2.4	69	Ejemplo
139	AW	1230	886	21	539	847	1.6	61	Ej. Comp.
140	AW	1225	954	17	622	847	3.5	37	Ejemplo
141	AX	1230	939	27	606	813	2.0	48	Ejemplo
142	AX	1205	918	53	497	813	1.0	53	Ejemplo
143	AY	1215	942	31	562	869	2.7	42	Ejemplo
144	AY	1210	962	21	538	869	9.1	44	Ejemplo
145	AZ	1230	896	27	571	845	2.0	74	Ejemplo
146	AZ	1245	926	15	608	845	2.8	56	Ejemplo
147	BA	1215	869	25	564	861	2.4	56	Ejemplo
148	BA	1180	895	27	583	861	3.0	41	Ejemplo
149	BB	1215	908	25	594	825	3.1	52	Ejemplo
150	BB	1170	914	17	553	825	3.0	56	Ej. Comp.

[Tabla 10]

Ejemplo experimental	Componentes químicos	Etapa de laminado en caliente							Etapa de laminado en frío	
		Temperatura de calentamiento de placa °C	Temperatura de terminación de laminado °C	Velocidad de enfriamiento promedio °C/s	Temperatura de enrollado °C	Ae3* °C	Expresión (1)	Reducción de laminado %	Ejemplo	
										Expresión (1)
151	BB	1235	907	15	574	825	3.0	5	Ejemplo	
152	BB	1185	911	51	551	825	2.5	61	Ejemplo	
153	BC	1190	920	70	545	828	1.0	73	Ejemplo	
154	BC	1215	879	63	534	828	0.9	59	Ejemplo	
155	BC	1200	899	55	591	828	1.5	55	Ejemplo	
156	BC	1250	913	28	572	828	1.4	1	Ejemplo	
157	BC	1235	882	55	538	828	0.6	44	Ej. Comp.	
158	BD	1240	906	23	553	838	1.9	50	Ejemplo	
159	BD	1235	938	16	606	838	2.6	43	Ejemplo	
160	BE	1230	894	32	568	845	1.9	58	Ejemplo	
161	BE	1230	898	16	565	845	2.0	41	Ejemplo	
162	BF	1230	914	34	571	867	2.8	60	Ejemplo	
163	BF	1190	931	66	577	867	1.5	48	Ejemplo	
164	BF	1210	912	27	598	867	2.9	38	Ejemplo	
165	BF	1195	903	16	573	867	3.6	51	Ej. Comp.	
166	BG	1250	904	45	573	896	3.6	74	Ejemplo	
167	BG	1175	927	21	590	896	7.3	25	Ejemplo	
168	BG	1235	908	19	621	896	20.3	59	Ej. Comp.	
169	BG	1215	879	28	589	896	3.5	62	Ejemplo	
170	BH	1225	886	19	566	854	2.7	63	Ejemplo	
171	BH	1195	904	29	563	854	1.7	27	Ej. Comp.	
172	BH	1215	936	58	602	854	2.1	49	Ejemplo	
173	BH	1240	882	61	574	854	1.7	48	Ejemplo	
174	BI	1210	939	55	558	908	4.0	38	Ejemplo	

175	BI	1195	898	25	516	908	7.9	69	Ejemplo
176	BJ	1245	893	48	595	863	2.1	55	Ejemplo
177	BJ	1195	881	52	528	863	1.8	46	Ej. Comp.
178	BJ	1225	920	35	559	863	3.1	46	Ejemplo
179	BK	1220	914	52	618	849	2.0	61	Ejemplo
180	BK	1235	911	62	581	849	2.6	57	Ejemplo
181	BL	1190	905	19	604	820	2.6	68	Ejemplo
182	BL	1185	912	46	582	820	2.4	46	Ejemplo
183	BL	1245	916	18	555	820	1.9	39	Ej. Comp.
184	BL	1210	890	56	575	820	1.3	65	Ejemplo
185	BM	1215	925	28	589	914	5.7	42	Ejemplo
186	BM	1250	903	53	601	914	13.9	50	Ej. Comp.
187	BM	1215	944	12	637	914	15.4	45	Ejemplo
188	BN	1240	890	18	605	867	2.5	50	Ejemplo
189	BN	1220	946	32	548	867	2.7	57	Ejemplo
190	BO	1225	939	24	575	840	2.9	56	Ej. Comp.
191	BP	1250	893	57	578	839	1.9	52	Ej. Comp.
192	BQ	1220	907	29	574	828	1.4	59	Ej. Comp.
193	BR	El experimento se detuvo debido a ocurrencia de grietas de la placa durante el calentamiento en la etapa de laminado en caliente							
194	BS	1180	909	16	555	905	5.4	53	Ej. Comp.
195	BT	El experimento se detuvo debido a ocurrencia de grietas de la placa durante el calentamiento en la etapa de laminado en caliente							
196	BU	El experimento se detuvo debido a ocurrencia de grietas de la placa durante el laminado en caliente en la etapa de laminado en caliente							
197	BV	1225	939	23	561	847	2.1	62	Ej. Comp.
198	BW	El experimento se detuvo debido a ocurrencia de grietas de la placa durante el transporte después de la fundición de la placa							
199	BX	1245	876	47	583	838	1.7	50	Ej. Comp.
200	BY	1215	916	50	594	836	2.9	40	Ej. Comp.
201	A	1205	913	22	538	863	2.2	63	Ej. Comp.



[Tabla 11]

Ejemplo experimental	Componentes químicos	Etapa de recocido										
		Etapa de calentamiento										
		Velocidad de calentamiento promedio	Temperatura de calentamiento máxima Tm	Ac3	Ac3 - Tm	Ac1	Tm- Ac1	Zona de precalentamiento		Zona de reducción		
								°C	°C		°C	Relación de aire
1	A	2.5	813	861	48	712	101	1.0	0.45	Ejemplo		
2	A	2.6	801	861	60	712	89	1.1	0.71	Ej. Comp.		
3	A	1.3	796	861	65	712	84	0.8	0.52	Ejemplo		
4	A	2.0	809	861	52	712	97	0.9	0.63	Ejemplo		
5	B	2.3	805	852	47	693	112	1.1	0.86	Ejemplo		
6	B	2.4	797	852	55	693	104	1.1	0.71	Ejemplo		
7	B	2.9	829	852	23	693	136	0.9	1.17	Ejemplo		
8	B	2.4	794	852	58	693	101	0.9	0.004	Ejemplo		
9	C	1.9	805	847	42	703	102	0.9	0.73	Ejemplo		
10	C	3.3	789	847	58	703	86	1.0	0.27	Ejemplo		
11	C	2.5	789	847	58	703	86	0.9	0.57	Ejemplo		
12	C	2.7	791	847	56	703	88	1.0	0.86	Ej. Comp.		
13	D	3.3	831	892	61	728	103	1.1	0.76	Ejemplo		
14	D	4.0	810	892	82	728	82	1.4	0.55	Ej. Comp.		
15	D	2.0	819	892	73	728	91	1.0	0.87	Ejemplo		
16	D	2.2	817	892	75	728	89	1.0	0.66	Ejemplo		
17	E	2.0	825	867	42	733	92	1.0	0.54	Ejemplo		
18	E	2.3	799	867	68	733	66	1.1	0.92	Ejemplo		
19	E	2.1	812	867	55	733	79	0.9	1.11	Ejemplo		
20	E	2.8	816	867	51	733	83	1.0	0.81	Ej. Comp.		
21	F	2.0	777	824	47	686	91	0.9	0.62	Ejemplo		
22	F	2.4	768	824	56	686	82	1.0	0.63	Ejemplo		
23	F	1.6	771	824	53	686	85	0.8	0.25	Ejemplo		
24	F	2.2	768	824	56	686	82	1.0	1.65	Ejemplo		

ES 2 761 600 T3

25	G	1.8	790	818	28	689	101	0.9	0.52	Ejemplo
26	G	1.5	787	818	31	689	98	1.0	0.89	Ejemplo
27	G	1.6	771	818	47	689	82	0.9	0.46	Ej. Comp.
28	G	2.8	813	818	5	689	124	0.8	0.81	Ejemplo
29	H	2.1	797	856	59	696	101	1.0	0.61	Ejemplo
30	H	2.6	781	856	75	696	85	0.9	0.14	Ejemplo
31	H	1.6	799	856	57	696	103	0.8	0.72	Ejemplo
32	I	3.2	874	987	113	724	150	0.9	0.77	Ejemplo
33	I	1.5	865	987	122	724	141	1.2	0.16	Ejemplo
34	I	1.2	768	987	219	724	44	0.8	0.43	Ejemplo
35	J	2.3	799	839	40	719	80	1.0	0.93	Ejemplo
36	J	3.3	787	839	52	719	68	0.7	0.65	Ejemplo
37	J	1.8	794	839	45	719	75	1.1	0.001	Ejemplo
38	K	1.8	790	808	18	690	100	0.8	0.40	Ejemplo
39	K	1.8	768	808	40	690	78	0.7	0.41	Ejemplo
40	K	2.6	765	808	43	690	75	1.0	0.88	Ejemplo
41	L	2.3	815	843	28	704	111	1.0	0.68	Ejemplo
42	L	2.1	829	843	14	704	125	0.8	0.53	Ejemplo
43	L	3.0	794	843	49	704	90	1.0	0.67	Ej. Comp.
44	M	2.1	808	864	56	703	105	1.0	0.64	Ejemplo
45	M	1.7	804	864	60	703	101	1.0	0.63	Ejemplo
46	M	1.5	791	864	73	703	88	0.5	0.73	Ej. Comp.
47	N	2.3	785	811	26	698	87	0.9	0.89	Ejemplo
48	N	2.1	785	811	26	698	87	0.9	0.87	Ejemplo
49	N	2.6	768	811	43	698	70	1.0	0.79	Ej. Comp.
50	O	2.4	828	898	70	729	99	1.1	0.52	Ejemplo

[Tabla 12]

Ejemplo experimental	Componentes químicos	Etapa de recocido									
		Etapa de calentamiento									
		Velocidad de calentamiento promedio	Temperatura de calentamiento máxima Tm	Ac3	Ac3 - T <sub>M</sub>	Ac1	T <sub>M</sub> - Ac1	Zona de precalentamiento	Zona de reducción	P(H2O) /P(H2)	Ej. Comp.
°C/s	°C	°C	°C	°C	°C	Relación de aire	P(H2O) /P(H2)				
51	O	3.0	830	898	68	729	101	0.9	0.43	Ej. Comp.	
52	O	3.2	812	898	86	729	83	0.9	0.74	Ejemplo	
53	O	2.9	813	898	85	729	84	1.1	0.88	Ejemplo	
54	P	2.9	802	868	66	701	101	1.0	0.62	Ejemplo	
55	P	3.6	794	868	74	701	93	0.9	0.01	Ejemplo	
56	P	3.1	801	868	67	701	100	0.8	0.69	Ejemplo	
57	Q	2.3	804	835	31	693	111	0.8	0.73	Ejemplo	
58	Q	3.3	782	835	53	693	89	1.0	0.75	Ejemplo	
59	Q	2.6	794	835	41	693	101	0.9	0.93	Ej. Comp.	
60	R	1.7	798	843	45	690	108	0.9	0.79	Ejemplo	
61	R	1.6	790	843	53	690	100	1.1	0.61	Ejemplo	
62	R	3.6	787	843	56	690	97	0.9	0.86	Ejemplo	
63	S	2.1	810	831	21	713	97	0.8	0.99	Ejemplo	
64	S	2.0	787	831	44	713	74	1.1	0.45	Ejemplo	
65	S	1.9	789	831	42	713	76	1.1	0.73	Ej. Comp.	
66	T	2.1	769	811	42	677	92	1.0	0.65	Ejemplo	
67	T	2.0	794	811	17	677	117	1.0	0.82	Ejemplo	
68	T	2.5	828	811	-17	677	151	1.0	0.67	Ej. Comp.	
69	U	2.7	793	837	44	690	103	1.0	0.67	Ejemplo	
70	U	2.6	775	837	62	690	85	0.9	0.44	Ejemplo	
71	U	2.5	771	837	66	690	81	0.9	0.42	Ejemplo	
72	V	2.3	817	883	66	720	97	1.0	0.55	Ejemplo	
73	V	3.8	818	883	65	720	98	1.1	0.74	Ejemplo	
74	V	2.8	816	883	67	720	96	1.0	0.71	Ejemplo	

ES 2 761 600 T3

75	W	3.0	786	836	50	685	101	1.0	0.79	Ejemplo
76	W	2.0	778	836	58	685	93	1.0	3.20	Ej. Comp.
77	W	1.7	781	836	55	685	96	1.0	0.83	Ejemplo
78	X	1.9	808	860	52	699	109	1.0	0.92	Ejemplo
79	X	3.0	796	860	64	699	97	1.0	0.91	Ejemplo
80	X	2.0	796	860	64	699	97	0.9	1.15	Ej. Comp.
81	S	2.5	818	852	34	704	114	0.9	0.80	Ejemplo
82	S	1.8	802	852	50	704	98	0.9	0.90	Ejemplo
83	S	2.4	789	852	63	704	85	1.0	0.26	Ejemplo
84	Z	3.0	803	849	46	698	105	0.9	0.85	Ejemplo
85	Z	0.6	773	849	76	698	75	0.9	0.75	Ej. Comp.
86	Z	2.9	790	849	59	698	92	0.9	0.78	Ejemplo
87	AA	2.4	813	841	28	703	110	1.2	0.56	Ejemplo
88	AA	2.4	783	841	58	703	80	1.0	0.46	Ejemplo
89	AB	2.5	793	832	39	695	98	0.9	0.74	Ejemplo
90	AB	2.2	782	832	50	695	87	1.0	0.74	Ejemplo
91	AB	1.6	794	832	38	695	99	0.9	0.16	Ejemplo
92	AC	2.1	834	886	52	720	114	0.9	0.68	Ejemplo
93	AC	2.4	806	886	80	720	86	0.8	0.83	Ejemplo
94	AD	2.7	795	839	44	702	93	0.8	0.73	Ejemplo
95	AD	2.1	793	839	46	702	91	1.1	0.81	Ejemplo
96	AE	1.7	774	821	47	675	99	1.0	0.70	Ejemplo
97	AE	3.2	782	821	39	675	107	0.8	0.77	Ejemplo
98	AF	1.9	822	868	46	711	111	0.9	0.89	Ejemplo
99	AF	1.9	806	868	62	711	95	0.9	0.86	Ejemplo
100	AG	3.0	795	828	33	694	101	1.0	0.61	Ejemplo

[Tabla 13]

Ejemplo experimental	Componentes químicos	Etapa de recocido										
		Etapa de calentamiento										
		Velocidad de calentamiento promedio	Temperatura de calentamiento máxima Tm	Ac3	Ac3 - Tm	Ac1	Tm-Ac1	Zona de precalentamiento Relación de aire	Zona de reducción P(H2O) /P(H2)			
		°C/s	°C	°C	°C	°C	°C					
101	AG	1.2	786	828	42	694	92	0.8	0.94	Ejemplo		
102	AH	2.2	784	822	38	689	95	1.0	0.70	Ejemplo		
103	AH	2.5	777	822	45	689	88	0.8	0.48	Ejemplo		
104	AI	2.9	802	820	18	745	57	1.1	0.59	Ejemplo		
105	AI	2.6	772	820	48	745	27	0.8	0.84	Ejemplo		
106	AJ	1.6	820	872	52	720	100	0.9	0.74	Ejemplo		
107	AJ	2.2	807	872	65	720	87	0.9	0.83	Ejemplo		
108	AK	2.4	773	819	46	686	87	1.0	0.77	Ejemplo		
109	AK	2.2	782	819	37	686	96	0.9	0.80	Ejemplo		
110	AL	2.1	793	828	35	684	109	0.9	0.89	Ejemplo		
111	AL	2.7	776	828	52	684	92	1.0	0.73	Ejemplo		
112	AM	2.5	831	880	49	750	81	1.0	0.71	Ejemplo		
113	AM	1.9	811	880	69	750	61	0.9	0.57	Ejemplo		
114	AM	2.3	853	880	27	750	103	1.0	0.62	Ejemplo		
115	AM	2.5	824	880	56	750	74	0.8	0.98	Ej. Comp.		
116	AN	2.7	796	835	39	708	88	0.8	0.65	Ejemplo		
117	AN	2.8	786	835	49	708	78	0.7	0.47	Ejemplo		
118	AO	3.6	805	836	31	707	98	1.0	0.41	Ejemplo		
119	AO	1.8	781	836	55	707	74	1.1	0.58	Ejemplo		
120	AP	2.3	790	815	25	691	99	1.0	0.74	Ejemplo		
121	AP	2.3	772	815	43	691	81	0.9	0.44	Ejemplo		
122	AP	1.9	779	815	36	691	88	0.8	0.79	Ejemplo		
123	AQ	3.6	795	855	60	713	82	1.1	0.93	Ejemplo		
124	AQ	2.0	796	855	59	713	83	1.1	0.78	Ejemplo		

ES 2 761 600 T3

125	AR	2.2	800	846	46	696	104	1.0	0.96	Ejemplo
126	AR	2.6	785	846	61	696	89	1.1	0.59	Ejemplo
127	AS	3.0	815	845	30	707	108	1.1	0.63	Ejemplo
128	AS	3.5	788	845	57	707	81	1.0	0.52	Ejemplo
129	AT	2.9	785	840	55	687	98	1.0	0.99	Ejemplo
130	AT	1.5	777	840	63	687	90	1.0	0.56	Ejemplo
131	AU	2.2	805	845	40	695	110	0.9	0.62	Ejemplo
132	AU	1.7	787	845	58	695	92	1.0	0.41	Ej. Comp.
133	AU	2.2	795	845	50	695	100	1.0	0.02	Ejemplo
134	AU	2.1	793	845	52	695	98	0.9	0.69	Ejemplo
135	AV	3.3	827	863	36	722	105	0.9	0.76	Ejemplo
136	AV	3.0	804	863	59	722	82	1.2	0.50	Ej. Comp.
137	AV	3.4	801	863	62	722	79	1.0	0.51	Ejemplo
138	AW	3.0	799	839	40	696	103	0.9	0.58	Ejemplo
139	AW	2.2	792	839	47	696	96	1.1	0.71	Ej. Comp.
140	AW	4.4	777	839	62	696	81	1.0	1.12	Ejemplo
141	AX	3.6	785	827	42	682	103	1.0	0.63	Ejemplo
142	AX	2.1	774	827	53	682	92	0.9	0.86	Ejemplo
143	AY	2.2	809	845	36	716	93	0.8	0.97	Ejemplo
144	AY	2.8	795	845	50	716	79	1.0	0.62	Ejemplo
145	AZ	1.8	793	857	64	699	94	0.8	0.60	Ejemplo
146	AZ	2.5	796	857	61	699	97	0.9	0.47	Ejemplo
147	BA	3.3	803	850	47	708	95	0.9	0.45	Ejemplo
148	BA	2.8	789	850	61	708	81	1.0	1.08	Ejemplo
149	BB	2.1	785	820	35	682	103	0.9	0.79	Ejemplo
150	BB	2.5	782	820	38	682	100	1.0	0.72	Ej. Comp.

[Tabla 14]

Ejemplo experimental	Componentes químicos	Etapa de recocido										
		Etapa de calentamiento										
		Velocidad de calentamiento promedio	Temperatura de calentamiento máxima T <sub>m</sub>	Ac3	Ac3 - T <sub>M</sub>	Ac1	T <sub>M</sub> -Ac1	Zona de precalentamiento		Zona de reducción		
								Relación de aire			P(H <sub>2</sub> O)/P(H <sub>2</sub> )	
°C/s	°C	°C	°C	°C	°C	°C						
151	BB	1.5	775	820	45	682	93	0.8	0.81	Ejemplo		
152	BB	1.6	772	820	48	682	90	1.1	0.83	Ejemplo		
153	BC	2.3	787	836	49	688	99	1.0	0.71	Ejemplo		
154	BC	2.8	796	836	40	688	108	0.9	0.86	Ejemplo		
155	BC	3.9	785	836	51	688	97	0.9	1.31	Ejemplo		
156	BC	2.8	780	836	56	688	92	0.9	0.83	Ejemplo		
157	BC	2.5	792	836	44	688	104	1.1	0.77	Ej. Comp.		
158	BD	2.3	798	832	34	698	100	0.9	0.64	Ejemplo		
159	BD	1.8	780	832	52	698	82	0.8	0.52	Ejemplo		
160	BE	3.4	802	855	53	696	106	1.0	0.83	Ejemplo		
161	BE	2.8	802	855	53	696	106	1.2	0.76	Ejemplo		
162	BF	2.7	797	845	48	712	85	1.0	0.76	Ejemplo		
163	BF	1.9	785	845	60	712	73	1.0	0.01	Ejemplo		
164	BF	2.4	794	845	51	712	82	1.0	0.88	Ejemplo		
165	BF	2.6	805	845	40	712	93	1.1	0.68	Ej. Comp.		
166	BG	2.9	839	901	62	736	103	1.1	0.85	Ejemplo		
167	BG	2.5	824	901	77	736	88	0.8	0.63	Ejemplo		
168	BG	2.0	816	901	85	736	80	1.1	0.79	Ej. Comp.		
169	BG	2.4	813	901	88	736	77	1.2	0.58	Ejemplo		
170	BH	2.7	792	837	45	696	96	1.0	0.76	Ejemplo		
171	BH	3.5	782	837	55	696	86	1.0	0.0000	Ej. Comp.		
172	BH	2.2	792	837	45	696	96	0.9	0.43	Ejemplo		
173	BH	3.2	783	837	54	696	87	1.0	0.47	Ejemplo		
174	BI	3.0	860	936	76	741	119	1.0	0.63	Ejemplo		

175	BI	2.5	830	936	106	741	89	0.9	0.83	Ejemplo
176	BJ	2.2	816	865	49	715	101	1.0	0.68	Ejemplo
177	BJ	3.7	810	865	55	715	95	0.9	0.59	Ej. Comp.
178	BJ	2.1	806	865	59	715	91	1.0	0.60	Ejemplo
179	BK	2.5	793	845	52	701	92	1.1	0.84	Ejemplo
180	BK	4.1	792	845	53	701	91	0.9	0.53	Ejemplo
181	BL	3.0	783	833	50	681	102	1.0	0.47	Ejemplo
182	BL	3.0	774	833	59	681	93	0.7	0.52	Ejemplo
183	BL	1.4	773	833	60	681	92	1.0	0.74	Ej. Comp.
184	BL	1.5	783	833	50	681	102	1.0	0.01	Ejemplo
185	BM	3.2	836	917	81	746	90	0.9	0.72	Ejemplo
186	BM	2.4	763	917	154	746	17	1.1	0.50	Ej. Comp.
187	BM	2.9	837	917	80	746	91	0.8	0.93	Ejemplo
188	BN	2.2	815	861	46	710	105	1.0	0.85	Ejemplo
189	BN	2.2	798	861	63	710	88	0.9	0.65	Ejemplo
190	BO	2.2	845	884	39	792	53	1.0	0.59	Ej. Comp.
191	BP	2.9	777	782	5	690	87	0.9	0.71	Ej. Comp.
192	BQ	2.9	794	824	30	686	108	0.9	0.65	Ej. Comp.
193	BR	El experimento se detuvo debido a ocurrencia de grietas de la placa durante el calentamiento en la etapa de laminado en caliente								
194	BS	2.4	825	892	67	737	88	1.0	0.54	Ej. Comp.
195	BT	El experimento se detuvo debido a ocurrencia de grietas de la placa durante el calentamiento en la etapa de laminado en caliente								
196	BU	El experimento se detuvo debido a ocurrencia de grietas de la placa durante el laminado en caliente en la etapa de laminado en caliente								
197	BV	1.9	810	835	25	703	107	0.8	0.83	Ej. Comp.
198	BW	El experimento se detuvo debido a ocurrencia de grietas de la placa durante el transporte después de la fundición de la placa								
199	BX	2.7	804	831	27	693	111	1.1	0.45	Ej. Comp.
200	BY	2.6	800	827	27	694	106	1.1	0.73	Ej. Comp.
201	A	2.0	813	861	48	712	101	1.0	2.25	Ej. Comp.



[Tabla 15]

Ejemplo experimental	Componentes químicos	Etapa de recocido										Etapa de metalización			
		Etapa de enfriamiento										Baño de metalización			
		Velocidad de enfriamiento 1		Velocidad de enfriamiento 2		Tratamiento de transformación martensítica			Tratamiento de transformación bainítica 1		Cantidad de Al efectivo	Temperatura de baño	Temperatura de ingreso de lámina de acero	Ejemplo	
		°C/s	°C/s	Punto Ms	Temperatura promedio	Tiempo de tratamiento	Temperatura promedio	Tiempo de tratamiento	Temperatura promedio	Tiempo de tratamiento					% de masa
1	A	1.3	4.2	364	-	-	-	-	-	-	0.084	459	467	Ejemplo	
2	A	1.6	5.4	350	-	-	-	-	-	-	0.042	460	462	Ej. Comp.	
3	A	1.3	37.0	323	-	-	-	460	39	460	0.095	460	456	Ejemplo	
4	A	1.1	5.6	250	-	-	-	-	-	-	0.094	461	459	Ejemplo	
5	B	1.5	5.8	375	-	-	-	-	-	-	0.087	456	460	Ejemplo	
6	B	1.2	8.0	330	-	-	-	-	-	-	0.105	466	475	Ejemplo	
7	B	1.6	6.8	336	307	13	-	-	-	-	0.133	469	478	Ejemplo	
8	B	1.2	7.1	365	-	-	-	420	98	420	0.107	459	460	Ejemplo	
9	C	1.4	8.5	296	-	-	-	-	-	-	0.104	460	465	Ejemplo	
10	C	1.3	21.9	296	-	-	-	-	-	-	0.098	462	461	Ejemplo	
11	C	1.2	8.4	296	-	-	-	-	-	-	0.097	459	459	Ejemplo	
12	C	0.9	6.4	275	-	-	-	-	-	-	0.120	455	457	Ej. Comp.	
13	D	1.1	12.1	380	-	-	-	-	-	-	0.104	460	467	Ejemplo	
14	D	1.2	24.3	343	-	-	-	-	-	-	0.075	465	462	Ej. Comp.	
15	D	2.3	14.7	401	376	17	-	-	-	-	0.105	461	457	Ejemplo	
16	D	1.5	13.9	360	346	12	348	26	26	348	0.110	460	464	Ejemplo	
17	E	1.0	7.4	236	-	-	-	-	-	-	0.084	459	465	Ejemplo	
18	E	1.3	4.2	243	-	-	-	-	-	-	0.114	459	456	Ejemplo	
19	E	2.2	5.1	290	-	-	-	-	-	-	0.091	462	460	Ejemplo	
20	E	0.03	6.0	125	-	-	-	-	-	-	0.086	462	468	Ej. Comp.	
21	F	1.0	3.3	275	-	-	-	-	-	-	0.109	462	454	Ejemplo	
22	F	1.3	4.8	302	-	-	-	416	15	416	0.119	457	461	Ejemplo	

ES 2 761 600 T3

23	F	1.1	4.8	284	-	-	-	-	-	-	0.096	461	463	Ejemplo
24	F	0.9	2.8	254	-	-	-	-	-	-	0.080	465	460	Ejemplo
25	G	1.0	4.7	102	-	-	-	-	-	-	0.108	458	457	Ejemplo
26	G	2.1	2.9	275	-	-	-	-	-	-	0.108	458	460	Ejemplo
27	G	0.8	4.9	155	-	-	-	-	-	-	0.108	463	463	Ej. Comp.
28	G	0.9	7.5	102	-	-	-	-	-	-	0.104	462	459	Ejemplo
29	H	1.0	7.5	294	-	-	-	-	-	-	0.101	460	466	Ejemplo
30	H	1.6	8.1	320	313	42	-	-	-	-	0.131	461	456	Ejemplo
31	H	0.7	5.8	133	-	-	-	-	-	-	0.109	463	460	Ejemplo
32	I	1.1	9.0	276	-	-	-	-	-	-	0.096	460	463	Ejemplo
33	I	0.9	2.5	288	-	-	-	339	83	-	0.075	459	460	Ejemplo
34	I	1.1	10.0	137	-	-	-	-	-	-	0.101	459	450	Ejemplo
35	J	0.8	5.0	107	-	-	-	-	-	-	0.106	460	456	Ejemplo
36	J	1.5	7.9	225	-	-	-	476	21	-	0.108	462	468	Ejemplo
37	J	0.7	13.3	107	-	-	-	-	-	-	0.108	457	451	Ejemplo
38	K	0.9	5.7	68	-	-	-	-	-	-	0.095	458	453	Ejemplo
39	K	0.8	1.4	149	-	-	-	-	-	-	0.106	458	465	Ejemplo
40	K	0.8	3.1	149	-	-	-	-	-	-	0.096	461	462	Ejemplo
41	L	1.3	8.1	174	-	-	-	-	-	-	0.095	459	464	Ejemplo
42	L	2.4	7.7	311	221	14	-	-	-	-	0.096	463	472	Ejemplo
43	L	0.9	5.9	164	-	-	-	525	175	-	0.103	458	464	Ej. Comp.
44	M	1.1	6.3	150	-	-	-	-	-	-	0.086	459	454	Ejemplo
45	M	2.1	7.0	377	-	-	-	419	248	-	0.123	463	460	Ejemplo
46	M	0.7	6.5	150	-	-	-	-	-	-	0.082	460	464	Ej. Comp.
47	N	1.3	2.3	188	-	-	-	-	-	-	0.086	459	460	Ejemplo
48	N	1.5	20.3	245	-	-	-	-	-	-	0.110	459	467	Ejemplo
49	N	5.4	7.0	302	-	-	-	385	63	-	0.090	461	458	Ej. Comp.
50	O	1.2	5.2	306	-	-	-	-	-	-	0.096	461	467	Ejemplo

[Tabla 16]

Ejemplo experimental	Componentes químicos	Etapa de recocido										Etapa de metalización			
		Etapa de enfriamiento					Tratamiento de transformación					Baño de metalización			
		Velocidad de enfriamiento 1 °C/s	Velocidad de enfriamiento 2 °C/s	Tratamiento de transformación martensítica		Tiempo de tratamiento s	Tratamiento de transformación bainítica 1		Tiempo de tratamiento s	Cantidad de Al efectivo	Temperatura de baño de metalización °C	Temperatura de ingreso de lámina de acero °C	Ej. Comp.		
				Punto Ms °C	Temperatura promedio °C		Temperatura promedio °C	Temperatura promedio °C							
51	O	1.2	7.5	295	-	-	-	-	0.110	458	457	Ej. Comp.			
52	O	1.1	5.2	328	-	-	-	-	0.106	459	457	Ejemplo			
53	O	1.0	14.4	301	-	-	-	-	0.092	460	456	Ejemplo			
54	P	1.0	4.5	337	-	-	-	-	0.100	461	455	Ejemplo			
55	P	1.3	4.4	359	-	-	-	-	0.106	461	456	Ejemplo			
56	P	1.2	5.8	345	-	-	-	-	0.140	460	461	Ejemplo			
57	Q	0.9	7.3	114	-	-	-	-	0.113	461	455	Ejemplo			
58	Q	1.4	10.1	296	-	-	-	-	0.099	459	456	Ejemplo			
59	Q	1.8	6.7	327	307	18	409	128	0.107	458	463	Ej. Comp.			
60	R	0.8	4.0	24	-	-	-	-	0.087	459	456	Ejemplo			
61	R	0.7	7.5	131	-	-	-	-	0.096	461	462	Ejemplo			
62	R	0.8	2.2	-97	-	-	-	-	0.076	461	465	Ejemplo			
63	S	1.0	7.6	112	-	-	-	-	0.090	460	464	Ejemplo			
64	S	0.9	39.0	136	-	-	-	-	0.127	460	462	Ejemplo			
65	S	0.6	7.2	112	-	-	-	-	0.102	459	455	Ej. Comp.			
66	T	0.8	1.6	148	-	-	-	-	0.096	458	463	Ejemplo			
67	T	1.1	82.1	176	-	-	376	413	0.100	460	450	Ejemplo			
68	T	2.5	2.6	321	-	-	-	-	0.106	460	468	Ej. Comp.			
69	U	1.1	8.1	236	-	-	-	-	0.108	460	456	Ejemplo			
70	U	1.4	10.0	311	-	-	-	-	0.089	459	458	Ejemplo			
71	U	1.3	5.9	305	-	-	-	-	0.095	460	458	Ejemplo			

ES 2 761 600 T3

72	V	1.4	5.4	368	-	-	-	-	-	0.098	462	454	Ejemplo
73	V	1.7	22.2	381	-	-	-	-	-	0.131	456	460	Ejemplo
74	V	0.4	5.9	159	-	-	-	-	-	0.113	458	457	Ejemplo
75	W	1.2	4.7	296	-	-	-	-	-	0.102	462	448	Ejemplo
76	W	0.8	7.7	214	-	-	-	-	-	0.110	457	453	Ej. Comp.
7	W	0.6	2.8	141	-	-	-	-	-	0.091	456	458	Ejemplo
78	X	1.1	11.0	135	-	-	-	-	-	0.110	455	447	Ejemplo
79	X	1.5	4.1	345	-	-	-	-	-	0.098	460	464	Ejemplo
80	X	1.2	4.3	336	-	-	-	-	-	0.099	459	456	Ej. Comp.
81	S	1.1	7.8	159	-	-	-	-	-	0.099	463	469	Ejemplo
82	S	2.2	48.0	350	300	27	-	-	-	0.071	458	451	Ejemplo
83	S	1.0	5.0	276	-	-	-	-	-	0.086	462	465	Ejemplo
84	Z	1.1	4.9	280	-	-	-	-	-	0.111	462	471	Ejemplo
85	Z	1.0	7.8	301	-	-	-	-	-	0.097	462	471	Ej. Comp.
86	Z	0.9	7.1	189	-	-	-	-	-	0.090	459	457	Ejemplo
87	AA	1.0	12.1	94	-	-	-	-	-	0.098	458	461	Ejemplo
88	AA	1.0	4.8	197	-	-	-	-	-	0.102	457	464	Ejemplo
89	AB	1.5	4.0	265	-	-	-	-	-	0.092	459	458	Ejemplo
90	AB	1.2	5.3	248	-	-	380	-	45	0.161	466	467	Ejemplo
91	AB	0.7	2.6	120	-	-	-	-	-	0.098	457	452	Ejemplo
92	AC	1.1	3.0	130	-	-	-	-	-	0.096	459	455	Ejemplo
93	AC	0.8	4.7	156	-	-	-	-	-	0.100	461	459	Ejemplo
94	AD	1.3	2.7	276	-	-	-	-	-	0.097	458	449	Ejemplo
95	AD	1.5	7.4	281	-	-	-	-	-	0.096	458	457	Ejemplo
96	AE	1.0	3.0	220	-	-	-	-	-	0.102	461	460	Ejemplo
97	AE	1.6	5.7	286	-	-	437	-	26	0.089	461	457	Ejemplo
98	AF	1.2	3.3	235	-	-	-	-	-	0.099	459	461	Ejemplo
99	AF	2.8	14.5	343	-	-	-	-	-	0.094	461	455	Ejemplo
100	AG	0.9	13.4	194	-	-	-	-	-	0.104	456	464	Ejemplo

[Tabla 17]

Ejemplo experimental	Componentes químicos	Etapa de recocido										Etapa de metalización			
		Etapa de enfriamiento					Baño de metalización					Baño de metalización			
		Velocidad de enfriamiento 1 °C/s	Velocidad de enfriamiento 2 °C/s	Tratamiento de transformación martensítica		Tratamiento de transformación bainítica 1		Temperatura promedio °C	Tiempo de tratamiento s	Temperatura de baño °C	Cantidad de Al efectivo	Temperatura de ingreso de lámina de acero °C	Ejemplo		
1	A	1.3	4.2	364	-	-	-							-	-
2	A	1.6	5.4	350	-	-	-	-	-	0.042	460	462	Ej. Comp.		
3	A	1.3	37.0	323	-	-	460	39	-	0.095	460	456	Ejemplo		
4	A	1.1	5.6	250	-	-	-	-	-	0.094	461	459	Ejemplo		
5	B	1.5	5.8	375	-	-	-	-	-	0.087	456	460	Ejemplo		
6	B	1.2	8.0	330	-	-	-	-	-	0.105	466	475	Ejemplo		
7	B	1.6	6.8	336	307	13	-	-	-	0.133	469	478	Ejemplo		
8	B	1.2	7.1	365	-	-	420	98	-	0.107	459	460	Ejemplo		
9	C	1.4	8.5	296	-	-	-	-	-	0.104	460	465	Ejemplo		
10	C	1.3	21.9	296	-	-	-	-	-	0.098	462	461	Ejemplo		
11	C	1.2	8.4	296	-	-	-	-	-	0.097	459	459	Ejemplo		
12	C	0.9	6.4	275	-	-	-	-	-	0.120	455	457	Ej. Comp.		
13	D	1.1	12.1	380	-	-	-	-	-	0.104	460	467	Ejemplo		
14	D	1.2	24.3	343	-	-	-	-	-	0.075	465	462	Ej. Comp.		
15	D	2.3	14.7	401	376	17	-	-	-	0.105	461	457	Ejemplo		
16	D	1.5	13.9	360	346	12	348	26	-	0.110	460	464	Ejemplo		
17	E	1.0	7.4	236	-	-	-	-	-	0.084	459	465	Ejemplo		
18	E	1.3	4.2	243	-	-	-	-	-	0.114	459	456	Ejemplo		
19	E	2.2	5.1	290	-	-	-	-	-	0.091	462	460	Ejemplo		
20	E	0.03	6.0	125	-	-	-	-	-	0.086	462	468	Ej. Comp.		
21	F	1.0	3.3	275	-	-	-	-	-	0.109	462	454	Ejemplo		
22	F	1.3	4.8	302	-	-	416	15	-	0.119	457	461	Ejemplo		

ES 2 761 600 T3

23	F	1.1	4.8	284	-	-	-	-	-	-	0.096	461	463	Ejemplo
24	F	0.9	2.8	254	-	-	-	-	-	-	0.080	465	460	Ejemplo
25	G	1.0	4.7	102	-	-	-	-	-	-	0.108	458	457	Ejemplo
26	G	2.1	2.9	275	-	-	-	-	-	-	0.108	458	460	Ejemplo
27	G	0.8	4.9	155	-	-	-	-	-	-	0.108	463	463	Ej. Comp.
28	G	0.9	7.5	102	-	-	-	-	-	-	0.104	462	459	Ejemplo
29	H	1.0	7.5	294	-	-	-	-	-	-	0.101	460	466	Ejemplo
30	H	1.6	8.1	320	313	42	-	-	-	-	0.131	461	456	Ejemplo
31	H	0.7	5.8	133	-	-	-	-	-	-	0.109	463	460	Ejemplo
32	I	1.1	9.0	276	-	-	-	-	-	-	0.096	460	463	Ejemplo
33	I	0.9	2.5	288	-	-	339	83	-	-	0.075	459	460	Ejemplo
34	I	1.1	10.0	137	-	-	-	-	-	-	0.101	459	450	Ejemplo
35	J	0.8	5.0	107	-	-	-	-	-	-	0.106	460	456	Ejemplo
36	J	1.5	7.9	225	-	-	476	21	-	-	0.108	462	468	Ejemplo
37	J	0.7	13.3	107	-	-	-	-	-	-	0.108	457	451	Ejemplo
38	K	0.9	5.7	68	-	-	-	-	-	-	0.095	458	453	Ejemplo
39	K	0.8	1.4	149	-	-	-	-	-	-	0.106	458	465	Ejemplo
40	K	0.8	3.1	149	-	-	-	-	-	-	0.096	461	462	Ejemplo
41	L	1.3	8.1	174	-	-	-	-	-	-	0.095	459	464	Ejemplo
42	L	2.4	7.7	311	221	14	-	-	-	-	0.096	463	472	Ejemplo
43	L	0.9	5.9	164	-	-	525	175	-	-	0.103	458	464	Ej. Comp.
44	M	1.1	6.3	150	-	-	-	-	-	-	0.086	459	454	Ejemplo
45	M	2.1	7.0	377	-	-	419	248	-	-	0.123	463	460	Ejemplo
46	M	0.7	6.5	150	-	-	-	-	-	-	0.082	460	464	Ej. Comp.
47	N	1.3	2.3	188	-	-	-	-	-	-	0.086	459	460	Ejemplo
48	N	1.5	20.3	245	-	-	-	-	-	-	0.110	459	467	Ejemplo
49	N	5.4	7.0	302	-	-	385	63	-	-	0.090	461	458	Ej. Comp.
50	O	1.2	5.2	306	-	-	-	-	-	-	0.096	461	467	Ejemplo

[Tabla 18]

Ejemplo experimental	Componentes químicos	Etapa de recocido										Etapa de metalización			
		Velocidad de enfriamiento					Etapa de enfriamiento					Baño de metalización			
		Velocidad de enfriamiento 1		Velocidad de enfriamiento 2		Tratamiento de transformación martensítica			Tratamiento de transformación bainítica 1		Cantidad de Al efectivo	Temperatura de baño	Temperatura de ingreso de lámina de acero	Ejemplo	
		°C/s	°C/s	Punto Ms	Temperatura promedio	Tiempo de tratamiento	Temperatura promedio	Temperatura promedio	Tiempo de tratamiento	% de masa					°C
151	BB	1.0	4.8	229	-	-	-	-	482	40	0.107	459	462	Ejemplo	
152	BB	0.9	1.3	223	-	-	-	-	-	-	0.057	455	453	Ejemplo	
153	BC	0.9	3.3	132	-	-	-	-	-	-	0.104	458	458	Ejemplo	
154	BC	1.5	14.5	323	-	-	-	-	-	-	0.100	457	463	Ejemplo	
155	BC	1.4	3.8	319	-	-	-	-	-	-	0.073	461	455	Ejemplo	
156	BC	1.0	3.3	240	-	-	-	453	-	36	0.110	458	458	Ejemplo	
157	BC	1.0	6.5	204	-	-	-	-	-	-	0.099	458	464	Ej. Comp.	
158	BD	1.2	9.2	124	-	-	-	-	-	-	0.091	458	463	Ejemplo	
159	BD	0.7	2.6	124	-	-	-	-	-	-	0.100	461	467	Ejemplo	
160	BE	1.3	7.1	290	-	-	-	-	-	-	0.090	462	468	Ejemplo	
161	BE	1.1	3.0	196	-	-	-	-	-	-	0.129	459	455	Ejemplo	
162	BF	1.0	3.2	212	-	-	-	-	-	-	0.110	457	465	Ejemplo	
163	BF	1.1	3.7	231	-	-	-	-	-	-	0.100	459	453	Ejemplo	
164	BF	1.0	14.4	219	-	-	-	458	-	81	0.078	464	469	Ejemplo	
165	BF	1.3	9.0	219	-	-	-	-	-	-	0.109	458	465	Ej. Comp.	
166	BG	1.1	18.8	139	-	-	-	-	-	-	0.091	460	463	Ejemplo	
167	BG	3.7	2.2	406	-	-	-	-	-	-	0.131	462	455	Ejemplo	
168	BG	1.0	2.6	259	-	-	-	-	-	-	0.090	463	470	Ej. Comp.	
169	BG	1.4	7.4	328	-	-	-	-	-	-	0.091	459	464	Ejemplo	
170	BH	1.1	7.5	220	-	-	-	-	-	-	0.094	459	462	Ejemplo	
171	BH	1.9	8.3	271	-	-	-	-	-	-	0.110	462	462	Ej. Comp.	
172	BH	1.4	34.0	256	-	-	-	394	-	71	0.068	464	455	Ejemplo	
173	BH	1.5	16.2	271	-	-	-	-	-	-	0.117	457	455	Ejemplo	
174	BI	1.1	4.9	151	-	-	-	-	-	-	0.111	462	468	Ejemplo	
175	BI	1.0	4.9	288	-	-	-	463	-	24	0.101	460	454	Ejemplo	

176	BJ	1.1	4.9	124	-	-	-	-	-	0.096	461	466	Ejemplo
177	BJ	2.0	9.0	315	-	-	461	-	810	0.103	462	460	Ej. Comp.
178	BJ	0.9	23.8	124	-	-	-	-	-	0.092	462	470	Ejemplo
179	BK	1.0	9.5	142	-	-	-	-	-	0.107	461	459	Ejemplo
180	BK	1.5	14.2	341	-	-	-	-	-	0.101	456	462	Ejemplo
181	BL	0.9	8.8	233	-	-	-	-	-	0.096	463	469	Ejemplo
182	BL	1.5	35.0	319	278	24	-	-	-	0.112	460	458	Ejemplo
183	BL	0.8	3.0	233	-	-	-	-	-	0.082	466	467	Ej. Comp.
184	BL	1.2	1.7	295	-	-	473	19	0.110	0.110	457	451	Ejemplo
185	BM	1.0	7.3	212	-	-	-	-	-	0.104	459	450	Ejemplo
186	BM	1.5	12.7	-86	-	-	-	-	-	0.091	461	453	Ej. Comp.
187	BM	1.2	10.9	246	-	-	-	-	-	0.098	459	456	Ejemplo
188	BN	0.8	6.6	136	-	-	-	-	-	0.091	457	457	Ejemplo
189	BN	1.1	3.0	302	-	-	-	-	-	0.098	462	459	Ejemplo
190	BO	1.2	3.1	*	-	-	-	-	-	0.096	463	456	Ej. Comp.
191	BP	1.1	3.6	71	-	-	-	-	-	0.097	458	450	Ej. Comp.
192	BQ	0.9	5.2	240	-	-	-	-	-	0.099	459	462	Ej. Comp.
193	BR	El experimento se detuvo debido a ocurrencia de grietas de la placa durante el calentamiento en la etapa de laminado en caliente											
194	BS	1.1	4.9	168	-	-	-	-	-	0.108	458	458	Ej. Comp.
195	BT	El experimento se detuvo debido a ocurrencia de grietas de la placa durante el calentamiento en la etapa de laminado en caliente											
196	BU	El experimento se detuvo debido a ocurrencia de grietas de la placa durante el laminado en caliente en la etapa de laminado en caliente											
197	BV	1.4	4.2	229	-	-	-	-	-	0.110	459	457	Ej. Comp.
198	BW	El experimento se detuvo debido a ocurrencia de grietas de la placa durante el transporte después de la fundición de la placa											
199	BX	1.7	7.0	255	-	-	-	-	-	0.091	466	462	Ej. Comp.
200	POR	1.1	2.7	199	-	-	-	-	-	0.098	462	463	Ej. Comp.
201	A	1.5	7.2	364	-	-	-	-	-	0.091	459	461	Ej. Comp.



[Tabla 19]

Ejemplo experimental	Componentes químicos	Etapa de enfriamiento después de metalización						Procesamiento				
		Velocidad de enfriamiento <sup>3</sup>		Tratamiento de transformación bainítica 2		Tratamiento de recalentamiento		Exposición (2)	Procesamiento de flexión-hacia atrás		Laminado en frío	
		°C/s	°C	Temperatura de tratamiento	Tiempo de tratamiento	Temperatura de tratamiento	Tiempo de tratamiento		Diámetro de rodillo	Tiempos de procesamiento		Reducción de laminado
		s	°C	°C	s	s	mm	tiempos	%			
1	A	3.2	-	-	-	-	-	1.17	350	2	0.11	Ejemplo
2	A	2.0	-	-	-	-	-	4.5Z	350	2	0.13	Ej. Comp.
3	A	1.9	-	-	-	-	-	0.90	350	2	0.40	Ejemplo
4	A	1.9	-	-	-	291	18	0.59	500	8	0.27	Ejemplo
5	B	3.5	-	-	-	-	-	0.94	350	2	0.12	Ejemplo
6	B	3.1	-	-	-	-	-	0.86	350	2	0.05	Ejemplo
7	B	2.0	-	-	-	-	-	0.43	350	2	0.25	Ejemplo
8	B	2.0	313	38	-	-	-	0.59	350	2	0.81	Ejemplo
9	C	3.5	-	-	-	-	-	0.66	350	2	0.06	Ejemplo
10	C	3.2	320	61	-	330	6	0.50	350	2	0.08	Ejemplo
11	C	2.4	-	-	-	-	-	0.70	350	2	0.15	Ejemplo
12	C	2.1	-	-	-	-	-	0.21	350	2	0.18	Ej. Comp.
13	D	3.5	-	-	-	-	-	0.75	350	2	0.20	Ejemplo
14	D	3.3	-	-	-	-	-	1.53	350	2	0.15	Ej. Comp.
15	D	2.3	-	-	-	-	-	0.70	350	2	0.20	Ejemplo
16	D	3.2	-	-	-	-	-	0.71	700	6	0.09	Ejemplo
17	E	4.1	-	-	-	-	-	0.72	350	2	0.19	Ejemplo
18	E	2.5	-	-	-	324	38	0.93	350	2	0.20	Ejemplo
19	E	1.7	-	-	-	-	-	1.24	350	2	0.55	Ejemplo
20	E	4.2	-	-	-	-	-	0.82	350	2	0.11	Ej. Comp.
21	F	2.8	-	-	-	-	-	0.72	350	2	0.49	Ejemplo
22	F	3.1	-	-	-	310	14	0.53	350	2	0.14	Ejemplo

ES 2 761 600 T3

23	F	2.0	336	180	-	-	-	-	0.62	700	6	0.14	Ejemplo
24	F	2.2	-	-	-	-	-	-	1.63	350	2	0.18	Ejemplo
25	G	3.9	-	-	-	-	-	-	0.66	350	2	0.16	Ejemplo
26	G	2.6	-	-	253	-	-	6	0.73	700	6	0.10	Ejemplo
27	G	2.4	-	-	-	-	-	-	0.86	350	2	0.18	<u>Ej.</u> <u>Comp.</u>
28	G	2.1	-	-	-	-	-	-	0.61	350	2	0.05	Ejemplo
29	H	2.9	-	-	-	-	-	-	0.94	350	2	0.38	Ejemplo
30	H	4.3	-	-	-	-	-	-	0.43	350	2	0.10	Ejemplo
31	H	1.9	-	-	-	-	-	-	0.83	350	2	0.19	Ejemplo
32	I	2.9	-	-	-	-	-	-	0.81	350	2	0.22	Ejemplo
33	I	2.3	-	-	273	-	16	-	1.27	350	2	0.21	Ejemplo
34	I	3.8	-	-	-	-	-	-	0.73	350	2	1.13	Ejemplo
35	J	2.4	-	-	-	-	-	-	0.77	350	2	0.28	Ejemplo
36	J	2.8	-	-	-	-	-	-	0.66	700	6	0.24	Ejemplo
37	J	1.7	-	-	-	-	-	-	0.87	350	2	0.19	Ejemplo
38	K	2.9	-	-	-	-	-	-	0.70	350	2	0.12	Ejemplo
39	K	1.8	-	-	-	-	-	-	0.77	350	2	0.17	Ejemplo
40	K	2.1	262	35	-	-	-	-	0.76	350	2	0.15	Ejemplo
41	L	3.1	-	-	-	-	-	-	0.77	350	2	0.15	Ejemplo
42	L	2.3	-	-	-	-	-	-	0.89	350	2	0.14	Ejemplo
43	L	2.3	-	-	-	-	-	-	0.84	350	2	0.17	<u>Ej.</u> <u>Comp.</u>
44	M	3.7	-	-	-	-	-	-	0.74	400	2	0.22	Ejemplo
45	M	2.1	-	-	-	-	-	-	0.55	400	2	0.16	Ejemplo
46	M	2.0	-	-	-	-	-	-	1.55	400	2	0.13	<u>Ej.</u> <u>Comp.</u>
47	N	4.3	-	-	-	-	-	-	1.28	400	2	0.25	Ejemplo
48	N	2.2	-	-	314	-	30	-	0.74	400	2	0.40	Ejemplo
49	N	3.4	-	-	-	-	-	-	0.84	400	2	0.10	<u>Ej.</u> <u>Comp.</u>
50	O	3.1	-	-	-	-	-	-	1.11	350	2	0.20	Ejemplo

[Tabla 20]

Ejemplo experimental	Componentes químicos	Etapa de enfriamiento después de metalización						Procesamiento				
		Velocidad de enfriamiento <sup>3</sup> °C/s	Tratamiento de transformación bainítica 2		Tratamiento de recalentamiento		Expresión (2)	Procesamiento de flexión hacia atrás		Laminado en frío		
			Temperatura de tratamiento °C	Tiempo de tratamiento s	Temperatura de tratamiento °C	Tiempo de tratamiento s		Diámetro de rodillo mm	Tiempos de procesamiento		Reducción de laminado %	
51	O	3.2	-	-	-	-	-	0.76	350	2	0.22	Ej. Comp.
52	O	2.8	-	-	-	-	-	0.46	350	2	0.15	Ejemplo
53	O	2.5	-	-	19	291	-	0.54	350	2	0.16	Ejemplo
54	P	3.2	-	-	-	-	-	0.73	350	4	0.13	Ejemplo
55	P	3.2	276	53	-	-	-	0.60	350	4	0.22	Ejemplo
56	P	3.1	-	-	-	-	-	0.43	350	4	0.18	Ejemplo
57	Q	3.0	-	-	-	-	-	0.50	350	2	0.23	Ejemplo
58	Q	3.4	-	-	-	-	-	0.56	350	2	0.35	Ejemplo
59	Q	3.9	268	52	22	272	-	0.53	1800	2	0.10	Ej. Comp.
60	R	2.6	-	-	-	-	-	1.29	350	2	0.05	Ejemplo
61	R	1.8	-	-	-	-	-	0.87	350	2	0.09	Ejemplo
62	R	3.6	-	-	9	324	-	0.92	350	2	0.10	Ejemplo
63	S	4.6	-	-	-	-	-	0.81	400	4	0.48	Ejemplo
64	S	2.1	-	-	-	-	-	0.47	400	4	0.18	Ejemplo
65	S	2.0	-	-	-	-	-	0.95	400	4	0.22	Ej. Comp.
66	T	2.8	-	-	-	-	-	0.83	350	2	0.14	Ejemplo
67	T	3.0	-	-	-	-	-	0.64	350	2	0.16	Ejemplo
68	T	2.5	-	-	-	-	-	0.51	350	2	0.09	Ej. Comp.
69	U	4.2	-	-	-	-	-	0.68	150	2	0.23	Ejemplo
70	U	3.2	-	-	-	-	-	0.72	150	2	0.20	Ejemplo
71	U	0.4	-	-	-	-	-	0.70	150	2	0.19	Ejemplo
72	V	2.9	-	-	-	-	-	0.71	170	2	0.29	Ejemplo

ES 2 761 600 T3

73	V	0.5	-	-	-	-	-	-	-	0.60	170	2	0.20	Ejemplo
74	V	2.7	-	-	-	272	-	-	12	0.53	170	2	0.08	Ejemplo
75	W	3.1	-	-	-	-	-	-	-	0.62	350	2	0.21	Ejemplo
76	W	1.5	-	-	-	-	-	-	-	1.13	350	2	0.22	Ej. Comp.
77	W	1.4	-	-	-	303	-	-	30	0.85	350	2	0.10	Ejemplo
78	X	3.8	-	-	-	-	-	-	-	0.44	350	2	0.20	Ejemplo
79	X	2.8	-	-	-	-	-	-	-	0.68	350	2	0.24	Ejemplo
80	X	2.4	-	-	-	283	-	-	18	0.83	25	2	0.04	Ej. Comp.
81	S	3.7	-	-	-	-	-	-	-	0.86	350	2	0.14	Ejemplo
82	S	2.5	-	-	-	-	-	-	-	1.18	350	2	0.17	Ejemplo
83	S	2.3	-	-	-	-	-	-	-	1.27	350	2	0.16	Ejemplo
84	Z	4.4	-	-	-	-	-	-	-	0.66	350	2	0.08	Ejemplo
85	Z	2.4	-	-	-	-	-	-	-	0.99	350	2	0.10	Ej. Comp.
86	Z	2.9	-	-	-	-	-	-	-	0.76	350	2	0.08	Ejemplo
87	AA	3.5	-	-	-	-	-	-	-	0.81	350	2	0.05	Ejemplo
88	AA	3.0	-	-	-	325	-	-	8	0.64	350	2	-	Ejemplo
89	AB	4.5	-	-	-	-	-	-	-	0.64	350	4	0.15	Ejemplo
90	AB	2.9	-	-	-	-	-	-	-	0.41	350	4	0.21	Ejemplo
91	AB	1.2	274	-	-	-	54	-	-	0.71	350	4	0.15	Ejemplo
92	AC	4.7	-	-	-	-	-	-	-	0.71	350	4	0.06	Ejemplo
93	AC	2.7	-	-	-	-	-	-	-	0.75	350	4	0.26	Ejemplo
94	AD	4.7	-	-	-	-	-	-	-	0.83	350	4	0.22	Ejemplo
95	AD	2.4	-	-	-	290	-	-	30	0.80	350	4	0.29	Ejemplo
96	AE	3.4	-	-	-	-	-	-	-	0.82	350	4	0.08	Ejemplo
97	AE	3.3	-	-	-	284	-	-	9	1.00	350	4	0.17	Ejemplo
98	AF	3.8	-	-	-	-	-	-	-	0.69	350	4	0.22	Ejemplo
99	AF	2.7	-	-	-	-	-	-	-	1.08	350	4	0.17	Ejemplo
100	AG	3.6	-	-	-	-	-	-	-	0.56	350	4	0.19	Ejemplo

[Tabla 21]

Ejemplo experimental	Componentes químicos	Etapa de enfriamiento después de metalización						Expresión (2)	Procesamiento		
		Velocidad de enfriamiento <sup>3</sup>	Tratamiento de transformación bainítica 2		Tratamiento de recalentamiento		Procesamiento de flexión-hacia atrás		Laminado en frío		
			Temperatura de tratamiento	Tiempo de tratamiento	Temperatura de tratamiento	Tiempo de tratamiento				Diámetro de rodillo	Tiempos de procesamiento
°C/s	°C	s	°C	s	°C	s	mm	tiempos	%		
101	AG	2.6	-	-	-	-	1.09	350	4	0.15	Ejemplo
102	AH	4.3	-	-	-	-	1.07	600	4	0.10	Ejemplo
103	AH	2.8	-	-	-	-	0.88	600	4	0.28	Ejemplo
104	AI	3.1	-	-	-	-	0.90	350	2	0.15	Ejemplo
105	AI	2.1	-	-	-	-	0.65	350	2	-	Ejemplo
106	AJ	2.8	-	-	-	-	0.83	350	2	0.24	Ejemplo
107	AJ	2.6	-	-	-	-	1.39	350	2	0.29	Ejemplo
108	AK	4.8	-	-	-	-	0.76	350	2	0.19	Ejemplo
109	AK	3.8	-	-	-	-	1.17	350	2	0.19	Ejemplo
110	AL	3.4	-	-	-	-	1.10	350	2	0.05	Ejemplo
111	AL	3.1	283	17	-	-	0.86	350	2	0.14	Ejemplo
112	AM	3.8	-	-	-	-	0.82	350	2	0.10	Ejemplo
113	AM	4.5	-	-	310	8	1.04	350	2	0.14	Ejemplo
114	AM	3.3	270	28	-	-	0.76	350	2	0.35	Ejemplo
115	AM	2.4	-	-	-	-	0.72	350	2	0.13	Ej. Comp.
116	AN	3.2	-	-	-	-	0.85	350	2	0.15	Ejemplo
117	AN	2.8	-	-	-	-	0.80	350	2	0.21	Ejemplo
118	AO	3.7	-	-	-	-	0.95	350	2	0.64	Ejemplo
119	AO	2.5	-	-	-	-	0.77	350	2	0.10	Ejemplo
120	AP	2.7	-	-	-	-	0.72	600	2	0.06	Ejemplo
121	AP	2.0	-	-	-	-	0.94	600	2	0.38	Ejemplo
122	AP	0.6	-	-	-	-	0.89	600	2	0.09	Ejemplo
123	AQ	2.8	-	-	-	-	0.62	600	2	0.13	Ejemplo
124	AQ	1.8	-	-	-	-	0.56	600	2	0.75	Ejemplo

ES 2 761 600 T3

125	AR	2.2	-	-	-	-	-	-	0.84	600	2	0.18	Ejemplo
126	AR	2.8	-	-	-	-	-	-	0.67	600	2	0.13	Ejemplo
127	AS	3.7	-	-	-	-	-	-	1.04	750	10	0.08	Ejemplo
128	AS	2.6	-	-	-	-	-	-	0.48	750	10	0.21	Ejemplo
129	AT	5.3	-	-	-	-	-	-	0.55	600	2	0.19	Ejemplo
130	AT	1.5	-	-	285	-	-	-	1.35	600	2	0.12	Ejemplo
131	AU	4.8	-	-	-	-	-	-	0.55	350	2	0.13	Ejemplo
132	AU	1.9	-	-	-	-	-	-	1.06	350	2	0.23	<u>Ej.</u> <u>Comp.</u>
133	AU	2.5	264	38	-	-	-	-	0.66	350	2	0.26	Ejemplo
134	AU	1.8	-	-	-	-	-	-	0.59	350	2	0.15	Ejemplo
135	AV	4.3	-	-	-	-	-	-	0.65	350	2	0.21	Ejemplo
136	AV	3.5	-	-	-	-	-	-	0.92	350	2	0.08	<u>Ej.</u> <u>Comp.</u>
137	AV	4.3	341	24	-	-	-	-	0.75	350	2	0.09	Ejemplo
138	AW	3.2	-	-	-	-	-	-	0.74	500	2	0.06	Ejemplo
139	AW	4.0	-	-	-	-	-	-	0.61	500	2	0.40	<u>Ej.</u> <u>Comp.</u>
140	AW	2.8	279	32	-	-	-	-	0.60	500	2	0.07	Ejemplo
141	AX	3.8	-	-	-	-	-	-	0.64	500	2	0.29	Ejemplo
142	AX	2.2	-	-	-	-	-	-	0.85	500	2	0.06	Ejemplo
143	AY	4.9	-	-	-	-	-	-	0.77	500	4	0.28	Ejemplo
144	AY	3.9	-	-	-	-	-	-	0.62	500	4	0.16	Ejemplo
145	AZ	2.6	-	-	-	-	-	-	0.53	500	4	0.27	Ejemplo
146	AZ	1.6	-	-	-	-	-	-	0.69	500	4	0.10	Ejemplo
147	BA	4.0	-	-	-	-	-	-	0.61	350	2	0.31	Ejemplo
148	BA	3.4	-	-	-	-	-	-	0.58	350	2	0.06	Ejemplo
149	BB	4.0	-	-	-	-	-	-	0.61	350	2	0.34	Ejemplo
150	BB	3.4	-	-	-	-	-	-	0.11	350	2	0.31	<u>Ej.</u> <u>Comp.</u>

[Tabla 22]

Tiempo experimental	Componentes químicos	Etapa de enfriamiento después de metalización						Procesamiento			
		Velocidad de enfriamiento <sup>3</sup>	Tratamiento de transformación bainítica 2		Tratamiento de recalentamiento		Exposición (2)	Procesamiento de flexión-hacia atrás		Laminado en frío	
			Temperatura de tratamiento	Tiempo de tratamiento	Temperatura de tratamiento	Tiempo de tratamiento		Diámetro de rodillo	Tiempos de procesamiento		Reducción de laminado
		°C	s	°C	s	°C	s	mm	tiempos	%	
151	BB	-	-	-	-	-	-	350	2	0.07	Ejemplo
152	BB	-	-	-	-	-	-	350	2	0.29	Ejemplo
153	BC	-	-	-	-	-	-	350	2	0.13	Ejemplo
154	BC	330	21	-	-	-	-	350	2	0.41	Ejemplo
155	BC	-	-	-	-	-	-	350	2	0.12	Ejemplo
156	BC	315	90	-	-	-	-	350	2	0.23	Ejemplo
157	BC	-	-	-	-	-	-	350	2	0.04	Ej. Comp.
158	BD	-	-	-	-	-	-	350	2	0.19	Ejemplo
159	BD	-	-	-	-	-	-	350	2	0.05	Ejemplo
160	BE	-	-	-	-	-	-	350	2	0.16	Ejemplo
161	BE	-	-	-	-	-	-	350	2	0.09	Ejemplo
162	BF	-	-	-	-	-	-	350	2	0.24	Ejemplo
163	BF	-	-	-	-	-	-	350	2	0.05	Ejemplo
164	BF	-	-	-	-	-	-	350	2	0.10	Ejemplo
165	BF	420	91	-	-	-	-	350	2	0.14	Ej. Comp.
166	BG	-	-	-	-	-	-	350	2	0.37	Ejemplo
167	BG	-	-	277	19	-	-	350	2	0.19	Ejemplo
168	BG	-	-	-	-	-	-	350	2	0.07	Ej. Comp.
169	BG	-	-	-	-	-	-	70	2	0.07	Ejemplo
170	BH	-	-	-	-	-	-	350	2	0.12	Ejemplo
171	BH	-	-	-	-	-	-	350	2	0.07	Ej. Comp.
172	BH	279	19	-	-	-	-	350	2	0.23	Ejemplo
173	BH	315	45	-	-	-	-	140	2	0.07	Ejemplo
174	BI	-	-	-	-	-	-	350	2	0.14	Ejemplo

175	BI	2.4	314	20	290	21	0.82	350	2	0.15	Ejemplo
176	BJ	4.5	-	-	-	-	0.76	350	2	0.22	Ejemplo
177	BJ	3.6	-	-	-	-	0.54	350	2	0.17	Ej. Comp.
178	BJ	3.2	-	-	-	-	0.62	350	2	0.15	Ejemplo
179	BK	2.4	-	-	-	-	0.67	350	2	0.17	Ejemplo
180	BK	3.5	-	-	-	-	0.49	350	2	0.25	Ejemplo
181	BL	3.8	-	-	-	-	0.71	350	2	0.50	Ejemplo
182	BL	2.7	-	-	-	-	0.85	350	2	0.15	Ejemplo
183	BL	1.5	-	-	-	-	2.57	350	2	0.06	Ej. Comp.
184	BL	2.3	-	-	-	-	0.74	350	8	0.07	Ejemplo
185	BM	3.3	-	-	-	-	0.74	350	2	0.19	Ejemplo
186	BM	2.8	-	-	-	-	0.79	350	2	0.24	Ej. Comp.
187	BM	2.8	267	35	-	-	0.75	350	2	0.18	Ejemplo
188	BN	3.1	-	-	-	-	0.85	350	2	0.04	Ejemplo
189	BN	2.1	-	-	304	14	0.73	350	2	0.06	Ejemplo
190	BO	3.4	-	-	-	-	0.68	350	2	0.09	Ej. Comp.
191	BP	2.6	-	-	-	-	0.76	350	2	0.28	Ej. Comp.
192	BQ	4.8	-	-	-	-	0.71	350	2	0.09	Ej. Comp.
193	BR	El experimento se detuvo debido a ocurrencia de grietas de la placa durante el calentamiento en la etapa de laminado en caliente									
194	BS	3.3	-	-	-	-	0.53	350	2	0.10	Ej. Comp.
195	BT	El experimento se detuvo debido a ocurrencia de grietas de la placa durante el calentamiento en la etapa de laminado en caliente									
196	BU	El experimento se detuvo debido a ocurrencia de grietas de la placa durante el laminado en caliente en la etapa de laminado en caliente									
197	BV	3.5	-	-	-	-	0.61	350	2	0.04	Ej. Comp.
198	BW	El experimento se detuvo debido a ocurrencia de grietas de la placa durante el transporte después de la fundición de la placa									
199	BX	3.5	-	-	-	-	0.93	350	2	0.13	Ej. Comp.
200	BY	3.7	-	-	-	-	0.92	350	2	0.05	Ej. Comp.
201	A	5.0	-	-	-	-	1.07	350	2	0.10	Ej. Comp.



[Tabla 23]

Ejemplo experimental	Componentes químicos	Microestructura															
		1/4 de espesor								Capa superficial de acero base							
		Fracción de estructura								Fracción de estructura				Límites de granos y/u óxidos en granos			
		Ferrita	Bainita	Ferrita bainítica	Martensita	Martensita revenida	Austenita residual	otros	Fase dura V2	Austenita residual	Fase dura V1	V1/V2					
%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%							
1	A	59	9	12	17	0	0	3	0	38	0	28	0.73	ninguno	Ejemplo		
2	A	64	6	8	15	2	0	2	3	31	0	17	0.55	ninguno	<u>E.L. Comp.</u>		
3	A	71	14	13	2	0	0	0	0	29	0	20	0.70	ninguno	Ejemplo		
4	A	81	3	3	0	13	0	0	0	19	0	15	0.77	ninguno	Ejemplo		
5	B	68	11	2	14	3	1	1	1	30	0	17	0.56	ninguno	Ejemplo		
6	B	80	6	4	8	0	0	2	0	18	0	12	0.66	ninguno	Ejemplo		
7	B	79	5	2	0	14	0	0	0	21	0	12	0.59	ninguno	Ejemplo		
8	B	72	14	7	2	0	5	0	0	23	0	16	0.68	ninguno	Ejemplo		
9	C	61	0	13	23	0	3	0	0	36	0	22	0.60	ninguno	Ejemplo		
10	C	61	4	20	0	8	7	0	0	32	2	22	0.70	ninguno	Ejemplo		
11	C	61	6	17	16	0	0	0	0	39	0	22	0.56	presentes	Ejemplo		
12	C	67	7	10	13	2	1	0	0	32	0	16	0.51	ninguno	<u>E.L. Comp.</u>		
13	D	71	3	6	18	0	2	0	0	27	0	11	0.40	ninguno	Ejemplo		
14	D	79	0	6	13	0	2	0	0	19	0	1	0.05	presentes	<u>E.L. Comp.</u>		
15	D	63	4	13	2	15	3	0	0	34	0	18	0.53	presentes	Ejemplo		
16	D	76	6	2	0	16	0	0	0	24	0	12	0.52	ninguno	Ejemplo		
17	E	65	2	9	18	4	2	0	0	33	0	19	0.57	ninguno	Ejemplo		
18	E	64	6	12	0	18	0	0	0	36	0	12	0.32	ninguno	Ejemplo		
19	E	55	12	16	15	0	1	1	1	43	0	14	0.32	ninguno	Ejemplo		
20	E	76	5	3	3	0	0	0	13	11	0	6	0.59	ninguno	<u>E.L. Comp.</u>		
21	F	67	8	5	17	1	2	0	0	31	0	23	0.74	ninguno	Ejemplo		
22	F	60	25	9	0	5	1	0	0	39	0	26	0.67	ninguno	Ejemplo		
23	F	65	11	16	3	0	5	0	0	30	2	25	0.84	ninguno	Ejemplo		
24	F	71	4	9	15	0	1	0	0	28	0	10	0.36	ninguno	Ejemplo		
25	G	72	9	0	15	3	1	0	0	27	0	21	0.78	ninguno	Ejemplo		

[Tabla 24]

Ejemplo experimental	Componentes químicos	Microestructura														Capa superficial de acero base			
		1/4 de espesor							Fracción de estructura							Fracción de estructura			Límites de granos y/u óxidos en granos
		Ferrita	Bainita	Ferrita bainítica	Martensita	Martensita revenida	Austenita residual	otros	Fase dura V2	Austenita residual	Fase dura V1	V1/V2							
		%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%					
26	G	45	12	0	0	43	0	0	55	0	33	0.60	presentes	Ejemplo					
27	G	67	14	3	14	0	2	0	31	2	31	1.00	ninguno	Ej. Comp.					
28	G	72	12	3	13	0	0	0	28	0	20	0.72	ninguno	Ejemplo					
29	H	70	2	5	21	0	2	0	28	0	16	0.58	ninguno	Ejemplo					
30	H	62	4	10	4	18	2	0	36	2	27	0.75	ninguno	Ejemplo					
31	H	87	0	3	8	0	2	0	11	1	7	0.61	ninguno	Ejemplo					
32	I	70	12	0	18	0	0	0	30	0	15	0.51	ninguno	Ejemplo					
33	I	68	18	6	0	4	4	0	28	1	17	0.60	presentes	Ejemplo					
34	I	83	5	2	9	1	0	0	17	0	14	0.80	ninguno	Ejemplo					
35	J	70	7	5	16	0	2	0	28	0	12	0.43	presentes	Ejemplo					
36	J	56	10	24	5	0	5	0	39	2	33	0.85	ninguno	Ejemplo					
37	J	70	8	4	15	0	3	0	27	0	18	0.68	ninguno	Ejemplo					
38	K	65	10	2	17	5	1	0	34	0	24	0.71	ninguno	Ejemplo					
39	K	55	21	13	6	0	0	5	40	0	34	0.84	ninguno	Ejemplo					
40	K	55	9	21	9	0	6	0	39	2	26	0.67	presentes	Ejemplo					
41	L	73	0	5	19	0	3	0	24	0	16	0.68	ninguno	Ejemplo					
42	L	45	0	4	0	51	0	0	55	0	41	0.75	ninguno	Ejemplo					
43	L	74	4	10	2	0	0	10	16	0	12	0.72	ninguno	Ej. Comp.					
44	M	87	5	0	8	0	0	0	13	0	7	0.55	ninguno	Ejemplo					
45	M	59	26	6	7	0	2	0	39	0	22	0.56	ninguno	Ejemplo					
46	M	87	0	0	8	4	1	0	12	1	10	0.83	ninguno	Ej. Comp.					
47	N	62	13	3	21	0	0	1	37	0	26	0.69	ninguno	Ejemplo					
48	N	51	18	0	0	31	0	0	49	0	31	0.63	ninguno	Ejemplo					
49	N	31	31	6	24	5	3	0	66	3	49	0.74	ninguno	Ej. Comp.					
50	O	74	0	8	15	0	3	0	23	1	12	0.54	ninguno	Ejemplo					

[Tabla 25]

Ejemplo experimental	Componentes químicos	Microestructura																Límites de granos y/u óxidos en granos	Ej. Comp.
		1/4 de espesor								Capa superficial de acero base									
		Fracción de estructura								Fracción de estructura				Fracción de estructura					
		Ferrita	Bainita	Ferrita bainítica	Martensita	Martensita revenida	Austenita residual	otros	Fase dura V2	Austenita residual	Fase dura V1	V1/V2							
%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%			
51	O	76	2	6	14	0	0	0	2	0	22	0	2	0.08	ninguno	ninguno	Ej. Comp.		
52	O	69	0	9	21	0	0	0	1	0	30	0	17	0.56	ninguno	ninguno	Ejemplo		
53	O	75	0	8	0	17	0	0	0	0	25	0	7	0.28	ninguno	ninguno	Ejemplo		
54	P	74	9	2	14	0	0	0	1	0	25	0	17	0.66	ninguno	ninguno	Ejemplo		
55	P	68	10	15	1	0	0	0	6	0	26	0	21	0.79	ninguno	ninguno	Ejemplo		
56	P	72	10	7	10	1	0	0	0	0	28	0	23	0.82	ninguno	ninguno	Ejemplo		
57	Q	84	0	4	12	0	0	0	0	0	16	0	11	0.66	ninguno	ninguno	Ejemplo		
58	Q	66	14	8	12	0	0	0	0	0	34	0	25	0.74	ninguno	ninguno	Ejemplo		
59	Q	58	5	19	0	12	0	0	6	0	36	0	28	0.77	ninguno	ninguno	Ej. Comp.		
60	R	91	0	0	7	0	0	0	2	0	7	0	5	0.68	ninguno	ninguno	Ejemplo		
61	R	88	3	0	9	0	0	0	0	0	12	0	4	0.37	ninguno	ninguno	Ejemplo		
62	R	93	0	0	0	7	0	0	0	0	7	0	5	0.71	ninguno	ninguno	Ejemplo		
63	S	73	3	10	13	0	0	0	1	0	26	0	19	0.74	ninguno	ninguno	Ejemplo		
64	S	71	0	0	24	3	0	0	2	0	27	0	15	0.54	ninguno	ninguno	Ejemplo		
65	S	73	4	8	15	0	0	0	0	0	27	0	12	0.46	ninguno	ninguno	Ej. Comp.		
66	T	73	7	2	15	2	0	0	0	1	26	0	15	0.59	ninguno	ninguno	Ejemplo		
67	T	70	22	8	0	0	0	0	0	0	30	0	19	0.62	presentes	presentes	Ejemplo		
68	T	28	21	10	32	0	0	0	4	0	68	0	46	0.68	ninguno	ninguno	Ej. Comp.		
69	U	76	4	7	11	0	0	0	2	0	22	0	14	0.62	ninguno	ninguno	Ejemplo		
70	U	61	3	4	27	0	0	0	5	0	34	0	26	0.77	ninguno	ninguno	Ejemplo		
71	U	63	14	21	0	0	0	0	2	0	35	0	26	0.74	presentes	presentes	Ejemplo		
72	V	67	8	3	21	0	0	0	1	0	32	0	19	0.60	ninguno	ninguno	Ejemplo		
73	V	63	27	9	0	0	0	0	1	0	36	0	26	0.73	ninguno	ninguno	Ejemplo		
74	V	88	0	0	0	12	0	0	0	0	12	0	8	0.68	ninguno	ninguno	Ejemplo		
75	W	68	6	3	23	0	0	0	0	0	32	0	19	0.60	ninguno	ninguno	Ejemplo		

[Tabla 26]

Ejemplo experimental	Componentes químicos	Microestructura														Capa superficial de acero base						
		1/4 de espesor							Fracción de estructura							Fracción de estructura		Límites de granos y/u óxidos en granos				
		Ferrita		Bainita		Ferrita bainítica		Martensita		Martensita revenida		Austenita residual		otros		Fase dura V2		Austenita residual	Fase dura V1	V1/V2		
		%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	El.	Comp.
76	W	80	2	3	14	0	0	1	0	19	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00	ninguno	El.	
77	W	85	3	1	0	11	0	0	0	15	0	0	0	0	0	0	0	0	0.45	presentes	Comp.	
78	X	90	2	2	6	0	0	0	0	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0.45	presentes	Ejemplo	
79	X	72	8	4	15	0	0	1	0	27	0	0	0	0	0	0	0	0	0.58	presentes	Ejemplo	
80	X	74	6	0	0	20	0	0	0	26	0	0	0	0	0	0	0	0	0.57	ninguno	El.	
81	S	84	0	4	11	0	0	1	0	15	0	0	0	0	0	0	0	0	0.55	ninguno	Comp.	
82	S	52	14	0	0	34	0	0	0	48	0	0	0	0	0	0	0	0	0.53	ninguno	Ejemplo	
83	S	73	12	6	9	0	0	0	0	27	0	0	0	0	0	0	0	0	0.63	ninguno	Ejemplo	
84	Z	71	8	3	18	0	0	0	0	29	0	0	0	0	0	0	0	0	0.66	ninguno	Ejemplo	
85	Z	67	10	5	16	0	0	2	0	31	0	0	0	0	0	0	0	0	0.45	ninguno	El.	
86	Z	81	4	0	14	0	0	1	0	18	0	0	0	0	0	0	0	0	0.76	ninguno	Comp.	
87	AA	72	3	6	16	1	0	2	0	26	0	0	0	0	0	0	0	0	0.57	ninguno	Ejemplo	
88	AA	60	0	13	3	22	0	2	0	38	0	0	0	0	0	0	0	0	0.76	ninguno	Ejemplo	
89	AB	59	11	7	23	0	0	0	0	41	0	0	0	0	0	0	0	0	0.75	ninguno	Ejemplo	
90	AB	62	38	0	0	0	0	0	0	38	0	0	0	0	0	0	0	0	0.70	ninguno	Ejemplo	
91	AB	76	15	6	0	0	0	3	0	21	0	0	0	0	0	0	0	0	0.60	ninguno	Ejemplo	
92	AC	88	0	2	7	0	0	3	0	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0.70	ninguno	Ejemplo	
93	AC	87	0	3	5	0	0	5	0	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0.63	presentes	Ejemplo	
94	AD	62	8	6	24	0	0	0	0	38	0	0	0	0	0	0	0	0	0.80	ninguno	Ejemplo	
95	AD	61	7	8	0	23	0	1	0	38	0	0	0	0	0	0	0	0	0.56	presentes	Ejemplo	
96	AE	69	7	3	17	0	0	1	0	27	0	0	0	0	0	0	0	0	0.58	ninguno	Ejemplo	
97	AE	55	33	4	0	8	0	0	0	45	0	0	0	0	0	0	0	0	0.74	ninguno	Ejemplo	
98	AF	74	6	4	13	0	0	2	0	23	0	0	0	0	0	0	0	0	0.56	ninguno	Ejemplo	
99	AF	50	2	6	34	8	0	0	0	50	0	0	0	0	0	0	0	0	0.57	ninguno	Ejemplo	
100	AG	68	6	6	18	0	0	2	0	30	0	0	0	0	0	0	0	0	0.70	ninguno	Ejemplo	

[Tabla 27]

Ejemplo experimental	Componentes químicos	Microestructura														Capa superficial de acero base			
		1/4 de espesor							Fracción de estructura							Fracción de estructura		Límites de granos y/u óxidos en granos	
		Ferrita	Bainita	Ferrita bainítica	Martensita	Martensita revenida	Austenita residual	otros	Fase dura V2	Austenita residual	Fase dura V1	%	%	%	%	%	%	%	%
101	AG	60	0	9	21	0	0	0	0	0	10	30	0	0	22	0.73	ninguno	Ejemplo	
102	AH	57	7	5	25	2	4	0	39	1	0	39	4	0	22	0.57	ninguno	Ejemplo	
103	AH	60	4	31	5	0	0	0	40	0	0	40	0	0	34	0.85	ninguno	Ejemplo	
104	AI	84	2	0	12	0	2	0	14	2	0	14	2	0	8	0.57	ninguno	Ejemplo	
105	AI	71	21	4	4	0	0	0	29	0	0	29	0	0	21	0.72	ninguno	Ejemplo	
106	AJ	70	8	5	16	0	1	0	29	1	0	29	1	0	17	0.59	ninguno	Ejemplo	
107	AJ	58	13	5	24	0	0	0	42	0	0	42	0	0	26	0.63	ninguno	Ejemplo	
108	AK	56	7	8	26	0	3	0	41	3	0	41	3	0	28	0.69	presentes	Ejemplo	
109	AK	54	13	25	5	0	3	0	43	3	0	43	3	0	18	0.43	ninguno	Ejemplo	
110	AL	86	5	0	6	0	0	0	11	0	3	11	0	0	8	0.76	ninguno	Ejemplo	
111	AL	76	19	5	0	0	0	0	24	0	0	24	0	0	16	0.65	ninguno	Ejemplo	
112	AM	63	13	3	19	0	1	1	35	1	1	35	1	1	17	0.48	ninguno	Ejemplo	
113	AM	64	5	6	0	24	1	0	35	1	0	35	1	0	20	0.58	ninguno	Ejemplo	
114	AM	63	7	14	8	3	5	0	32	5	0	32	5	0	18	0.55	ninguno	Ejemplo	
115	AM	61	15	10	12	0	2	0	37	2	0	37	2	0	3	0.09	ninguno	Ej. Comp.	
116	AN	79	5	3	11	0	0	0	19	0	2	19	0	0	14	0.72	ninguno	Ejemplo	
117	AN	61	7	6	23	0	3	0	36	3	0	36	3	0	28	0.79	ninguno	Ejemplo	
118	AO	81	5	3	10	0	1	0	18	1	0	18	1	0	13	0.74	ninguno	Ejemplo	
119	AO	70	7	4	19	0	0	0	30	0	0	30	0	0	18	0.60	ninguno	Ejemplo	
120	AP	77	8	4	8	0	1	2	20	1	2	20	1	1	11	0.56	ninguno	Ejemplo	
121	AP	69	16	1	14	0	0	0	31	0	0	31	0	0	26	0.83	ninguno	Ejemplo	
122	AP	75	18	4	3	0	0	0	25	0	0	25	0	0	19	0.76	ninguno	Ejemplo	
123	AQ	83	5	0	10	0	0	0	15	0	2	15	0	0	9	0.58	presentes	Ejemplo	
124	AQ	83	6	1	10	0	0	0	17	0	0	17	0	0	9	0.50	ninguno	Ejemplo	
125	AR	87	4	2	7	0	0	0	13	0	0	13	0	0	6	0.45	presentes	Ejemplo	

[Tabla 28]

Ejemplo experimental	Componentes químicos	Microestructura															Capa superficial de acero base								
		1/4 de espesor										Fracción de estructura					Límites de granos y/u óxidos en granos								
		Ferrita	Bainita	Ferrita bainítica	Martensita	Martensita revenida	Austenita residual	otros	Fase dura V2	Austenita residual	Fase dura V1	%	Ferrita	Bainita	Ferrita bainítica	Martensita	Martensita revenida	Austenita residual	otros	Fase dura V2	Austenita residual	Fase dura V1	%	Fracción de estructura	Límites de granos y/u óxidos en granos
%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	
126	AR	73	7	3	15	0	0	2	0	25	0	0	0	0	19	0.77	ninguno								
127	AS	75	2	8	15	0	0	0	0	25	0	0	0	17	0.67	ninguno									
128	AS	61	9	16	14	0	0	0	0	39	0	0	0	32	0.82	ninguno									
129	AT	80	2	3	14	0	0	0	1	19	0	0	0	12	0.64	presentes									
130	AT	88	4	2	0	6	0	0	0	12	0	0	0	7	0.60	ninguno									
131	AU	87	2	0	11	0	0	0	0	13	0	0	0	9	0.72	ninguno									
132	AU	80	5	3	12	0	0	0	0	20	0	0	0	19	0.95	ninguno									
133	AU	86	5	4	0	0	0	5	0	9	0	0	0	7	0.83	ninguno									
134	AU	88	3	1	7	0	0	1	0	11	0	0	0	7	0.68	ninguno									
135	AV	79	0	5	13	0	0	3	0	18	0	0	0	12	0.64	ninguno									
136	AV	65	4	10	19	2	0	0	0	35	0	0	0	27	0.78	ninguno									
137	AV	61	13	17	4	0	0	5	0	34	0	0	0	26	0.75	ninguno									
138	AW	67	11	4	16	0	0	1	1	31	0	0	0	22	0.71	ninguno									
139	AW	63	13	8	0	0	0	0	0	21	0	0	0	14	0.66	ninguno									
140	AW	60	23	13	0	0	0	4	0	36	0	0	0	23	0.65	presentes									
141	AX	61	5	6	23	2	0	3	0	36	0	0	0	27	0.75	ninguno									
142	AX	64	11	6	18	0	0	1	0	35	0	0	0	26	0.73	ninguno									
143	AY	53	4	16	25	0	0	2	0	45	0	0	0	28	0.62	presentes									
144	AY	54	6	34	0	0	0	6	0	40	0	0	0	22	0.55	ninguno									
145	AZ	72	5	9	12	0	0	0	2	26	0	0	0	20	0.75	ninguno									
146	AZ	74	5	6	15	0	0	0	0	26	0	0	0	20	0.76	ninguno									
147	BA	75	3	5	15	0	0	2	0	23	0	0	0	18	0.78	ninguno									
148	BA	56	10	5	21	7	0	1	0	43	0	0	0	23	0.54	presentes									
149	BB	56	8	7	26	0	0	3	0	41	0	0	0	27	0.66	ninguno									
150	BB	70	5	8	16	0	0	1	0	29	0	0	0	19	0.65	ninguno									

[Tabla 29]

Ejemplo experimental	Componentes químicos		Microestructura													Capa superficial de acero base	
			1/4 de espesor						Microestructura								
			Fracción de estructura			Fracción de estructura			Fracción de estructura			Fracción de estructura			Límites de granos y/u óxidos en granos		
	Ferrita	Bainita	Ferrita bainítica	Martensita	Martensita revenida	Austenita residual	otros	Fase dura V2	Austenita residual	Fase dura V1	V1/V2						
%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%		
151	BB	8	20	3	0	4	0	31	0	18	0	0	0	0	0	ninguno	Ejemplo
152	BB	11	14	9	0	0	0	34	0	13	0	0	0	0	0	ninguno	Ejemplo
153	BC	4	0	8	0	0	2	12	0	9	0	2	0	0	0	ninguno	Ejemplo
154	BC	13	6	4	5	5	1	28	1	22	0	1	0	0	0	ninguno	Ejemplo
155	BC	9	3	21	0	0	0	33	0	24	0	0	0	0	0	ninguno	Ejemplo
156	BC	10	8	0	0	3	0	18	0	14	0	0	0	0	0	presentes	Ejemplo
157	BC	4	3	11	0	0	0	18	0	17	0	0	0	0	0	ninguno	Ej. Comp.
158	BD	5	0	11	0	1	3	16	0	12	1	0	0	0	0	ninguno	Ejemplo
159	BD	6	0	14	0	0	0	20	0	15	0	0	0	0	0	ninguno	Ejemplo
160	BE	3	4	14	0	2	0	21	0	14	0	0	0	0	0	ninguno	Ejemplo
161	BE	0	4	9	0	2	0	13	0	8	0	0	0	0	0	ninguno	Ejemplo
162	BF	13	7	13	0	3	0	33	0	18	0	0	0	0	0	ninguno	Ejemplo
163	BF	5	7	24	0	3	0	36	0	28	0	0	0	0	0	ninguno	Ejemplo
164	BF	1	27	4	0	5	0	32	0	17	2	0	0	0	0	ninguno	Ejemplo
165	BF	3	21	0	0	13	0	24	0	13	3	0	0	0	0	ninguno	Ej. Comp.
166	BG	0	4	7	0	2	0	11	0	4	0	0	0	0	0	ninguno	Ejemplo
167	BG	5	10	0	42	2	0	57	0	34	0	0	0	0	0	ninguno	Ejemplo
168	BG	3	6	11	0	0	0	20	0	1	0	0	0	0	0	ninguno	Ej. Comp.
169	BG	2	6	19	0	2	0	27	0	14	0	0	0	0	0	ninguno	Ejemplo
170	BH	3	7	19	5	0	1	34	0	22	0	0	0	0	0	ninguno	Ejemplo
171	BH	5	14	25	0	2	0	44	0	33	0	0	0	0	0	ninguno	Ej. Comp.
172	BH	6	27	3	0	6	0	36	0	29	2	0	0	0	0	ninguno	Ejemplo
173	BH	13	23	5	0	5	0	41	0	34	0	0	0	0	0	ninguno	Ejemplo
174	BI	0	5	8	0	2	0	13	0	7	0	0	0	0	0	presentes	Ejemplo
175	BI	2	13	0	5	5	0	20	0	9	0	0	0	0	0	ninguno	Ejemplo

[Tabla 30]

Ejemplo experimental	Componentes químicos	Microestructura															
		1/4 de espesor								Capa superficial de acero base							
		Fracción de estructura				Fracción de estructura				Fracción de estructura				Fracción de estructura			
		Ferrita	Bainita	Ferrita bainítica	Martensita	Martensita revenida	Austenita residual	otros	Fase dura V2	Austenita residual	Fase dura V1	V1/V2	Granos y/u óxidos en granos				
%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%							
176	BJ	83	4	2	11	0	0	0	17	0	10	0.60	ninguno	Ejemplo			
177	BJ	63	9	16	0	0	12	25	21	0	21	0.83	ninguno	Ej. Comp.			
178	BJ	83	3	4	8	0	0	15	10	0	10	0.64	ninguno	Ejemplo			
179	BK	86	0	0	12	0	0	12	0	0	6	0.49	ninguno	Ejemplo			
180	BK	64	14	7	15	0	0	36	0	31	0.85	ninguno	Ejemplo				
181	BL	78	3	3	16	0	0	22	0	17	0.78	presentes	Ejemplo				
182	BL	61	8	6	3	21	1	0	38	0	33	0.88	ninguno	Ejemplo			
183	BL	78	5	6	9	0	2	0	20	0	11	0.55	ninguno	Ej. Comp.			
184	BL	68	20	10	2	0	0	32	0	20	0.61	ninguno	Ejemplo				
185	BM	79	0	8	11	0	2	0	19	1	9	0.48	ninguno	Ejemplo			
186	BM	90	0	0	0	0	0	10	0	0	0	0.46	ninguno	Ej. Comp.			
187	BM	76	0	13	5	0	6	0	18	0	7	0.37	ninguno	Ejemplo			
188	BN	86	5	2	7	0	0	14	0	8	0.54	ninguno	Ejemplo				
189	BN	73	10	0	0	17	0	27	0	19	0.69	presentes	Ejemplo				
190	BO	98	0	1	0	0	0	1	1	0	0	0.00	ninguno	Ej. Comp.			
191	BP	47	7	6	37	0	3	0	50	0	38	0.75	ninguno	Ej. Comp.			
192	BQ	71	8	0	0	0	0	21	8	0	6	0.75	ninguno	Ej. Comp.			
193	BR	El experimento se detuvo debido a ocurrencia de grietas de la placa durante el calentamiento en la etapa de laminado en caliente															
194	BS	84	0	2	0	0	0	14	2	0	0	0.00	ninguno	Ej. Comp.			
195	BT	El experimento se detuvo debido a ocurrencia de grietas de la placa durante el calentamiento en la etapa de laminado en caliente															
196	BU	El experimento se detuvo debido a ocurrencia de grietas de la placa durante el laminado en caliente en la etapa de laminado en caliente															
197	BV	70	11	4	14	0	1	0	29	0	19	0.67	ninguno	Ej. Comp.			
198	BW	El experimento se detuvo debido a ocurrencia de grietas de la placa durante el transporte después de la fundición de la placa															
199	BX	68	6	8	17	0	1	0	31	0	24	0.79	ninguno	Ej. Comp.			
200	BY	60	4	7	26	0	3	0	37	0	23	0.62	ninguno	Ej. Comp.			
201	A	59	8	12	17	0	4	0	38	0	18	0.47	ninguno	Ej. Comp.			



[Tabla 31]

Ejemplo experimental	Componentes químicos		Capa metalizada						Lámina de acero base			
			Contenido		Fase $\zeta$		Fase $\delta 1$	Cantidad metalizada	Espesor promedio de capa refinada	Tamaño de grano promedio de fase de ferrita	Tamaño máximo de óxido	
			Fe	Al	Relación de ocupación de superficie límite	Relación de ocupación de grano $\zeta$ en el que están presentes óxidos						Relación de ocupación de superficie límite
	%	%	%	%	%	%	g/m <sup>2</sup>	$\mu$ m	$\mu$ m	$\mu$ m		
1	A	3.6	0.19	51	0	0	61	2.4	1.6	0.02	Ejemplo	
2	A	8.2	0.12	51	0	49	56	2.7	0.8	0.02	Ej. Comp.	
3	A	2.5	0.20	59	0	0	67	2.4	0.6	0.04	Ejemplo	
4	A	1.9	0.24	57	0	0	56	2.7	0.7	0.1	Ejemplo	
5	B	2.8	0.23	40	0	0	74	3.7	0.6	0.1	Ejemplo	
6	B	3.2	0.40	40	4	0	69	3.5	0.3	0.2	Ejemplo	
7	B	0.9	0.43	35	0	0	60	3.4	0.4	0.1	Ejemplo	
8	B	0.7	0.18	42	0	0	72	0.9	1.6	0.1	Ejemplo	
9	C	2.8	0.26	46	6	0	58	2.3	0.4	0.2	Ejemplo	
10	C	0.9	0.18	52	6	0	67	1.6	0.5	0.3	Ejemplo	
11	C	1.7	0.20	41	5	0	63	2.2	0.4	0.3	Ejemplo	
12	C	0.1	0.54	6	0	0	58	2.2	0.3	0.1	Ej. Comp.	
13	D	1.6	0.23	51	0	0	68	3.0	0.3	0.1	Ejemplo	
14	D	2.8	0.18	69	0	0	67	3.7	0.4	0.02	Ej. Comp.	
15	D	2.2	0.31	41	0	0	65	2.9	0.4	0.04	Ejemplo	
16	D	2.0	0.32	53	0	0	66	2.6	1.8	0.04	Ejemplo	
17	E	2.0	0.23	65	0	0	70	2.3	1.5	0.02	Ejemplo	
18	E	1.6	0.22	37	5	0	70	3.0	0.3	0.3	Ejemplo	
19	E	1.9	0.19	50	0	0	66	2.5	0.4	0.1	Ejemplo	
20	E	2.4	0.17	56	0	0	57	2.4	0.4	0.1	Ej. Comp.	
21	F	2.0	0.25	49	9	0	68	2.8	0.4	0.3	Ejemplo	
22	F	1.5	0.37	26	0	0	68	3.1	0.3	0.1	Ejemplo	
23	F	1.2	0.29	50	10	0	64	1.9	0.4	0.5	Ejemplo	

ES 2 761 600 T3

24	F	3.4	0.16	63	0	0	0	64	4.2	0.3	0.01	Ejemplo
25	G	2.6	0.34	49	0	0	0	71	2.9	0.3	0.1	Ejemplo
26	G	2.6	0.33	42	0	0	0	61	3.3	0.3	0.04	Ejemplo
27	G	2.0	0.30	39	0	0	0	65	3.2	0.3	0.04	Ej. Comp.
28	G	1.8	0.34	49	0	0	0	56	3.6	0.3	0.02	Ejemplo
29	H	2.1	0.22	48	4	4	0	70	2.3	0.4	0.2	Ejemplo
30	H	1.4	0.29	17	10	10	0	64	1.0	0.5	0.2	Ejemplo
31	H	2.0	0.42	58	0	0	0	61	2.4	0.3	0.1	Ejemplo
32	I	2.9	0.31	56	19	19	0	67	3.5	0.4	0.4	Ejemplo
33	I	4.2	0.16	88	28	28	3	75	1.8	0.6	0.1	Ejemplo
34	I	2.5	0.31	46	0	0	0	58	2.5	1.3	0.04	Ejemplo
35	J	2.5	0.26	51	8	8	0	72	2.9	0.3	0.3	Ejemplo
36	J	2.0	0.29	42	0	0	0	54	2.5	0.4	0.1	Ejemplo
37	J	1.1	0.25	29	9	9	0	66	0.8	1.9	0.4	Ejemplo
38	K	2.1	0.24	40	0	0	0	69	1.9	0.3	0.03	Ejemplo
39	K	1.9	0.25	50	0	0	0	71	2.1	0.4	0.1	Ejemplo
40	K	2.6	0.21	54	6	6	0	55	2.9	0.2	0.2	Ejemplo
41	L	2.3	0.26	62	8	8	0	56	2.6	0.3	0.3	Ejemplo
42	L	2.1	0.32	51	0	0	0	65	2.3	0.3	0.1	Ejemplo
43	L	3.2	0.46	40	0	0	0	57	3.0	0.3	0.03	Ej. Comp.
44	M	2.9	0.20	51	0	0	0	65	3.4	0.3	0.02	Ejemplo
45	M	2.0	0.37	31	0	0	0	57	3.3	0.3	0.03	Ejemplo
46	M	3.0	0.27	62	0	0	0	66	2.8	0.4	0.1	Ej. Comp.
47	N	3.0	0.16	65	9	9	0	64	3.5	0.3	0.5	Ejemplo
48	N	3.2	0.33	60	7	7	0	61	3.3	0.2	0.3	Ejemplo
49	N	3.6	0.31	45	0	0	0	63	3.1	0.3	0.02	Ej. Comp.
50	O	2.0	0.27	55	0	0	0	62	1.9	0.4	0.02	Ejemplo

[Tabla 32]

Ejemplo experimental	Componentes químicos		Capa metalizada						Lámina de acero base			
			Fase $\zeta$		Fase $\delta 1$	Cantidad metalizada	Espesor promedio de capa refinada	Tamaño de grano promedio de fase de ferrita	Tamaño máximo de óxido			
			Contenido	Relación de ocupación de superficie límite								
				Fe	Al	Relación de ocupación de superficie límite	Ocupación de grano $\zeta$ en el que están presentes óxidos	Relación de ocupación de superficie límite	g/m <sup>2</sup>	$\mu\text{m}$	$\mu\text{m}$	
51	O	1.3	0.27	40	4	0	63	1.0	0.5	0.2	Ej. Comp.	
52	O	1.7	0.30	33	0	0	62	1.8	0.3	0.1	Ejemplo	
53	O	1.0	0.09	31	0	0	60	1.8	0.6	0.1	Ejemplo	
54	P	2.0	0.20	46	0	0	74	2.3	1.4	0.1	Ejemplo	
55	P	1.3	0.22	26	7	0	65	0.3	0.9	0.4	Ejemplo	
56	P	0.6	0.29	21	0	0	66	2.1	0.5	0.1	Ejemplo	
57	Q	1.3	0.22	42	0	0	62	2.4	0.4	0.1	Ejemplo	
58	Q	1.5	0.31	48	0	0	70	2.2	0.4	0.1	Ejemplo	
59	Q	1.6	0.25	44	8	0	74	2.0	0.5	0.3	Ej. Comp.	
60	R	3.7	0.22	60	0	0	75	2.1	0.4	0.1	Ejemplo	
61	R	2.1	0.19	55	0	0	68	2.0	0.4	0.1	Ejemplo	
62	R	3.1	0.17	63	4	0	64	2.9	0.4	0.2	Ejemplo	
63	S	3.2	0.27	48	0	0	68	2.3	0.3	0.1	Ejemplo	
64	S	2.3	0.37	33	0	0	58	1.9	0.5	0.1	Ejemplo	
65	S	2.7	0.27	36	0	0	152	1.8	0.4	0.1	Ej. Comp.	
66	T	2.7	0.29	53	4	0	56	2.4	0.4	0.2	Ejemplo	
67	T	3.0	0.27	51	0	0	56	3.0	1.5	0.02	Ejemplo	
68	T	1.2	0.22	32	0	0	75	2.6	0.5	0.1	Ej. Comp.	
69	U	2.4	0.23	54	0	0	58	1.8	0.5	0.1	Ejemplo	
70	U	1.8	0.27	61	4	0	57	1.7	0.3	0.2	Ejemplo	
71	U	2.3	0.20	46	0	0	66	1.1	0.5	0.02	Ejemplo	
72	V	1.4	0.19	45	0	0	74	1.9	0.5	0.03	Ejemplo	
73	V	1.2	0.45	37	0	0	56	2.2	0.6	0.04	Ejemplo	

ES 2 761 600 T3

74	V	1.6	0.31	35	0	0	68	2.0	0.5	0.04	Ejemplo
75	W	1.6	0.27	50	0	0	72	1.9	0.4	0.1	Ejemplo
76	W	1.1	0.14	14	7	81	58	14.1	0.2	0.4	Ej. Comp.
77	W	2.7	0.25	45	0	0	63	2.7	0.4	0.1	Ejemplo
78	X	1.4	0.27	48	5	0	66	2.6	0.4	0.3	Ejemplo
79	X	2.0	0.31	46	0	0	69	3.1	0.5	0.1	Ejemplo
80	X	2.2	0.20	51	5	0	75	2.6	0.5	0.4	Ej. Comp.
81	S	2.8	0.21	59	0	0	59	2.1	0.5	0.1	Ejemplo
82	S	3.3	0.13	67	0	0	70	2.4	0.5	0.1	Ejemplo
83	S	2.4	0.16	54	6	0	60	1.4	0.8	0.3	Ejemplo
84	Z	1.9	0.28	46	0	0	71	2.7	0.6	0.04	Ejemplo
85	Z	2.6	0.23	63	0	0	70	2.3	0.5	1.0	Ej. Comp.
86	Z	1.9	0.16	56	4	0	58	2.9	0.5	0.2	Ejemplo
87	AA	1.8	0.30	55	0	0	63	2.1	2.5	0.02	Ejemplo
88	AA	1.8	0.28	41	7	0	58	1.6	0.6	0.4	Ejemplo
89	AB	2.4	0.20	54	0	0	66	4.3	0.4	0.04	Ejemplo
90	AB	2.1	0.75	28	0	0	65	4.6	0.4	0.02	Ejemplo
91	AB	1.9	0.26	40	0	0	66	0.5	0.7	0.1	Ejemplo
92	AC	1.7	0.18	40	4	0	59	1.7	0.5	0.2	Ejemplo
93	AC	1.6	0.20	55	0	0	57	1.9	0.5	0.1	Ejemplo
94	AD	3.8	0.23	60	0	0	57	2.5	0.3	0.1	Ejemplo
95	AD	2.2	0.22	58	9	0	67	2.6	0.3	0.5	Ejemplo
96	AE	2.6	0.27	39	0	0	65	2.5	2.4	0.02	Ejemplo
97	AE	3.0	0.30	49	4	0	64	2.5	0.4	0.3	Ejemplo
98	AF	2.1	0.22	54	5	0	72	2.4	0.5	0.3	Ejemplo
99	AF	2.1	0.19	50	0	0	70	2.0	0.4	0.1	Ejemplo
100	AG	1.6	0.24	41	0	0	59	1.9	0.5	0.1	Ejemplo

[Tabla 33]

Ejemplo experimental	Componentes químicos		Capa metalizada						Lámina de acero base			
			Contenido		Fase ζ		Fase δ1	Cantidad metalizada	Espesor promedio de capa refinada	Tamaño de grano promedio de fase de ferrita	Tamaño máximo de óxido	
			Fe	Al	Relación de ocupación de superficie	Relación de ocupación de grano ζ en el que están presentes						Relación de ocupación de superficie límite
			%	%	%	%	%	g/m2	μm	μm	μm	
101	AG	2.6	0.20	69	0	0	69	2.8	0.4	0.1	Ejemplo	
102	AH	2.8	0.21	56	0	0	72	3.0	0.5	0.03	Ejemplo	
103	AH	2.9	0.29	48	0	0	72	2.3	0.5	0.04	Ejemplo	
104	AI	2.1	0.25	52	7	0	68	2.8	0.4	0.2	Ejemplo	
105	AI	1.7	0.29	35	0	0	62	2.8	0.5	0.04	Ejemplo	
106	AJ	2.3	0.23	40	0	0	69	3.1	1.5	0.02	Ejemplo	
107	AJ	3.6	0.13	80	0	0	64	3.2	0.6	0.1	Ejemplo	
108	AK	2.2	0.19	63	4	0	71	2.8	0.5	0.2	Ejemplo	
109	AK	2.0	0.16	61	0	0	76	2.3	0.4	0.1	Ejemplo	
110	AL	4.2	0.26	61	5	5	57	4.4	0.6	0.4	Ejemplo	
111	AL	3.1	0.30	38	0	0	67	4.0	0.4	0.1	Ejemplo	
112	AM	1.8	0.21	56	0	0	68	2.7	0.5	0.1	Ejemplo	
113	AM	3.1	0.18	51	0	0	57	2.1	0.4	0.1	Ejemplo	
114	AM	2.2	0.24	50	0	0	73	2.4	0.4	0.1	Ejemplo	
115	AM	1.6	0.20	45	0	0	70	2.7	0.5	0.1	Ej. Comp.	
116	AN	2.6	0.30	53	0	0	70	2.9	0.6	0.1	Ejemplo	
117	AN	2.0	0.23	53	5	0	63	2.2	0.4	0.3	Ejemplo	
118	AO	2.3	0.44	57	0	0	65	2.3	0.4	0.04	Ejemplo	
119	AO	2.8	0.34	33	0	0	72	2.9	0.5	0.1	Ejemplo	
120	AP	2.1	0.23	44	0	0	61	3.7	0.6	0.1	Ejemplo	
121	AP	2.5	0.18	48	0	0	73	2.7	0.5	0.1	Ejemplo	
122	AP	2.6	0.35	39	0	0	66	2.9	0.5	0.03	Ejemplo	
123	AQ	2.4	0.28	67	0	0	71	3.6	0.4	0.1	Ejemplo	
124	AQ	2.4	0.30	31	0	0	69	3.4	0.5	0.1	Ejemplo	
125	AR	1.7	0.26	37	0	0	71	3.5	2.4	0.01	Ejemplo	
126	AR	2.5	0.24	57	0	0	67	3.3	0.5	0.1	Ejemplo	
127	AS	2.5	0.26	49	0	0	58	2.6	0.4	0.1	Ejemplo	
128	AS	2.5	0.35	43	0	0	56	2.0	0.4	0.02	Ejemplo	
129	AT	1.1	0.18	42	5	0	63	3.1	0.6	0.3	Ejemplo	
130	AT	4.4	0.38	69	0	0	75	2.7	0.4	0.04	Ejemplo	
131	AU	2.1	0.35	43	0	0	58	2.7	0.5	0.1	Ejemplo	
132	AU	2.4	0.26	47	6	0	67	2.5	0.6	0.5	Ej. Comp.	

133	AU	1.3	0.22	42	0	0	0	59	0.7	0.8	0.1	Ejemplo
134	AU	1.3	0.17	46	0	0	0	66	3.2	0.5	0.1	Ejemplo
135	AV	1.8	0.21	50	0	0	0	71	2.6	0.7	0.04	Ejemplo
136	AV	1.8	0.19	55	9	0	0	8	2.0	0.5	0.4	Ei. Comp.
137	AV	2.2	0.34	57	0	0	0	71	2.0	0.5	0.1	Ejemplo
138	AW	2.0	0.25	36	0	0	0	60	2.8	0.5	0.1	Ejemplo
139	AW	2.3	0.35	39	7	0	0	55	3.6	0.5	0.4	Ei. Comp.
140	AW	1.8	0.18	46	8	0	0	60	3.8	0.5	0.6	Ejemplo
141	AX	1.7	0.20	37	0	0	0	58	2.6	0.6	0.1	Ejemplo
142	AX	3.3	0.40	51	8	0	0	75	3.2	0.4	0.4	Ejemplo
143	AY	2.3	0.19	44	0	0	0	57	2.4	0.6	0.03	Ejemplo
144	AY	1.4	0.16	47	0	0	0	70	2.1	0.4	0.04	Ejemplo
145	AZ	1.5	0.32	43	0	0	0	72	2.4	0.5	0.1	Ejemplo
146	AZ	1.9	0.22	47	7	0	0	61	2.0	0.4	0.5	Ejemplo
147	BA	1.5	0.24	32	0	0	0	63	1.8	0.4	0.1	Ejemplo
148	BA	1.8	0.16	40	0	0	0	62	2.5	0.5	0.1	Ejemplo
149	BB	2.1	0.26	45	9	0	0	71	2.9	0.5	0.3	Ejemplo
150	BB	0.4	1.08	11	0	0	0	64	2.8	0.4	0.1	Ei. Comp.

[Tabla 34]

Ejemplo experimental	Componentes químicos	Capa metalizada						Lámina de acero base			
		Contenido		Fase ζ		Fase δ1	Cantidad metalizada	Espesor promedio de capa refinada	Tamaño de grano promedio de fase de ferrita	Tamaño máximo de óxido	
		Fe	Al	Relación de ocupación de superficie límite	Relación de ocupación de grano ζ en el que están presentes óxidos	Relación de ocupación de superficie límite					
		%	%	%	%	%	g/m2	μm	μm	μm	
151	BB	3.0	0.35	53	0	0	56	2.7	0.4	0.1	
152	BB	4.5	0.10	80	9	2	66	2.7	0.3	0.4	
153	BC	2.2	0.41	38	0	0	65	3.9	0.7	0.03	
154	BC	1.3	0.19	52	0	0	72	3.5	0.7	0.1	
155	BC	2.6	0.12	74	0	0	61	4.3	0.4	0.04	
156	BC	2.4	0.28	44	0	0	56	4.0	0.4	0.1	
157	BC	1.9	0.26	38	0	0	70	4.2	0.4	0.1	
158	BD	4.5	0.24	63	0	0	72	4.9	0.6	0.1	
159	BD	2.9	0.31	67	0	0	62	4.9	2.5	0.02	
160	BE	1.9	0.20	50	0	0	59	3.0	0.4	0.1	
161	BE	1.8	0.35	35	0	0	59	3.0	0.5	0.1	
162	BF	1.3	0.24	33	0	0	57	2.4	0.4	0.1	
163	BF	1.3	0.23	48	0	0	60	0.5	0.8	0.1	
164	BF	3.5	0.25	86	0	0	71	2.5	0.4	0.1	
165	BF	1.7	0.25	41	5	0	71	2.3	0.5	0.3	
166	BG	1.5	0.18	56	0	0	68	2.2	0.5	0.1	
167	BG	1.2	0.34	32	9	0	61	1.7	0.5	0.2	
168	BG	1.3	0.30	51	0	0	59	2.2	0.5	0.1	
169	BG	1.7	0.17	52	10	0	57	1.9	0.4	0.3	
170	BH	2.5	0.24	42	0	0	58	2.3	0.4	0.03	
171	BH	0.1	0.36	5	0	0	70	<0.1	(3.4)	(<0.01)	
172	BH	4.1	0.19	73	10	11	68	1.9	0.5	0.5	
173	BH	2.1	0.40	51	0	0	68	2.1	0.5	0.04	

174	BI	0.9	0.25	44	0	0	73	1.8	0.5	0.02	Ejemplo	
175	BI	2.4	0.26	62	0	0	58	2.2	0.4	0.02	Ejemplo	
176	BJ	3.2	0.18	61	0	0	58	3.0	0.5	0.04	Ejemplo	
177	BJ	1.6	0.23	54	10	0	56	2.4	0.5	0.5	Ej. Comp.	
178	BJ	1.8	0.22	45	0	0	62	2.2	0.5	0.1	Ejemplo	
179	BK	1.7	0.21	48	0	0	59	3.7	0.4	0.1	Ejemplo	
180	BK	1.7	0.22	40	9	0	62	2.7	0.5	0.3	Ejemplo	
181	BL	3.2	0.21	65	0	0	59	2.7	0.5	0.1	Ejemplo	
182	BL	2.9	0.39	50	0	0	68	2.1	0.4	0.02	Ejemplo	
183	BL	5.8	0.30	67	0	25	70	2.8	0.3	0.1	Ej. Comp.	
184	BL	1.9	0.28	33	0	0	70	0.5	0.8	0.03	Ejemplo	
185	BM	1.5	0.23	49	0	0	68	1.9	0.5	0.04	Ejemplo	
186	BM	2.3	0.22	49	0	0	67	1.7	0.4	0.1	Ej. Comp.	
187	BM	1.5	0.19	31	0	0	58	1.9	0.5	0.1	Ejemplo	
188	BN	3.7	0.23	66	4	0	60	4.1	0.4	0.3	Ejemplo	
189	BN	3.0	0.31	56	5	0	73	4.0	0.6	0.4	Ejemplo	
190	BO	1.9	0.22	49	0	0	68	2.3	0.5	0.1	Ej. Comp.	
191	BP	2.6	0.37	50	0	0	66	2.2	0.5	0.1	Ej. Comp.	
192	BQ	4.0	0.42	54	0	0	70	4.8	0.5	0.1	Ej. Comp.	
193	BR	El experimento se detuvo debido a ocurrencia de grietas de la placa durante el calentamiento en la etapa de laminado en caliente										Ej. Comp.
194	BS	1.2	0.20	34	0	0	76	2.9	0.6	0.03	Ej. Comp.	
195	BT	El experimento se detuvo debido a ocurrencia de grietas de la placa durante el calentamiento en la etapa de laminado en caliente										Ej. Comp.
196	BU	El experimento se detuvo debido a ocurrencia de grietas de la placa durante el laminado en caliente en la etapa de laminado en caliente										Ej. Comp.
197	BV	1.1	0.22	39	4	0	60	2.5	0.7	0.4	Ej. Comp.	
198	BW	El experimento se detuvo debido a ocurrencia de grietas de la placa durante el transporte después de la fundición de la placa										Ej. Comp.
199	BX	2.1	0.23	59	0	0	71	2.3	0.5	0.1	Ej. Comp.	
200	BY	1.9	0.18	47	0	0	55	2.9	0.6	0.03	Ej. Comp.	
201	A	6.6	0.19	65	0	30	65	7.4	0.6	0.10	Ej. Comp.	



[Tabla 35]

Ejemplo Experimental	Componentes químicos	Espesor mm	Propiedades de tracción			Expansión de	TS <sup>0.5</sup> xEI xλ <sup>0.5</sup>	Plegabilidad		Resistencia a la fatiga		Adhesión de metalización	Soldabilidad por puntos	Resistencia a la corrosión	Propiedades de astillado	Pulverización por flexión 1R-90° V
			Límite de elasticidad MPa	Resistencia a la tracción MPa	Alargamiento %			mm	r/t	MPa	DL/TS					
1	A	1.5	454	748	24	37	2.99E+06	1.5	1.0	373	0.50	o	o	o	o	Ejemplo
2	A	1.6	454	732	26	33	2.96E+06	1.5	0.9	333	0.45	x	o	x	x	Ej. Comp.
3	A	2.0	322	569	30	86	3.78E+06	3.5	1.8	253	0.44	o	o	o	o	Ejemplo
4	A	1.5	371	693	27	40	3.12E+06	1.0	1.0	319	0.46	o	o	o	o	Ejemplo
5	B	1.5	349	613	32	53	3.54E+06	3.0	2.0	300	0.49	o	o	o	o	Ejemplo
6	B	1.6	316	619	31	50	3.38E+06	2.0	1.3	324	0.52	o	o	o	o	Ejemplo
7	B	1.7	341	608	30	48	3.12E+06	1.0	0.6	333	0.55	o	o	o	o	Ejemplo
8	B	1.2	342	553	33	54	3.15E+06	2.0	1.7	284	0.51	o	o	o	o	Ejemplo
9	C	1.5	510	935	20	22	2.68E+06	1.0	0.7	418	0.45	o	o	o	o	Ejemplo
10	C	1.2	575	820	23	33	3.10E+06	1.0	0.8	469	0.57	o	o	o	o	Ejemplo
11	C	1.3	551	890	18	38	2.95E+06	1.5	1.2	485	0.54	o	o	o	o	Ejemplo
12	C	1.7	410	748	23	39	2.94E+06	2.5	1.5	345	0.46	x	o	o	o	Ej. Comp.
13	D	2.8	347	696	31	23	2.73E+06	4.5	1.6	288	0.41	o	o	o	o	Ejemplo
14	D	1.3	357	699	29	33	3.08E+06	1.0	0.8	201	0.29	o	o	o	o	Ej. Comp.
15	D	1.4	432	622	29	61	3.51E+06	2.5	1.8	301	0.48	o	o	o	o	Ejemplo
16	D	1.2	342	609	30	73	3.85E+06	1.0	0.8	323	0.53	o	o	o	o	Ejemplo
17	E	1.5	591	1015	15	41	3.11E+06	1.0	0.7	498	0.49	o	o	o	o	Ejemplo
18	E	1.8	569	826	22	51	3.73E+06	2.0	1.1	449	0.54	o	o	o	o	Ejemplo
19	E	1.2	583	913	17	28	2.48E+06	1.5	1.3	385	0.42	o	o	o	o	Ejemplo
20	E	1.6	359	603	16	27	1.23E+06	2.0	1.3	324	0.54	o	o	o	o	Ej. Comp.
21	F	1.5	505	880	17	47	3.04E+06	1.0	0.7	445	0.51	o	o	o	o	Ejemplo
22	F	1.6	429	633	26	87	3.86E+06	1.5	0.9	299	0.47	o	o	o	o	Ejemplo
23	F	1.2	488	755	24	31	2.77E+06	1.0	0.8	405	0.54	o	o	o	o	Ejemplo
24	F	1.3	373	727	24	35	2.78E+06	1.0	0.8	318	0.44	o	o	o	o	Ejemplo
25	G	1.3	429	833	20	39	3.00E+06	1.5	1.2	407	0.49	o	o	o	o	Ejemplo

[Tabla 36]

Ejemplo Experimental	Componentes químicos	Espesor t		Propiedades de tracción			Expansibilidad $\lambda$ de orificios $\lambda$	TS <sup>0.5</sup> xEI x $\lambda^{0.5}$	Plegabilidad		Resistencia a la fatiga		Adhesión de metalización	Soldabilidad por puntos	Resistencia a la corrosión	Propiedades de astillado	Pulverización por flexión 1R-90° V
		mm	MPa	MPa	Resistencia a la tracción máxima TS	Alargamiento a la tracción máxima TS			Alargamiento a la tracción máxima TS	%	Radio de flexión	r/t					
26	G	1.3	759	985	16	38	3.05E+06	1.5	1.2	514	0.52	0	0	0	0	0	Ejemplo
27	G	1.5	516	873	22	25	2.84E+06	3.5	2.3	484	0.55	0	0	0	0	0	Ej. Comp.
28	G	1.2	462	818	23	22	2.52E+06	1.5	1.3	390	0.48	0	0	0	0	0	Ejemplo
29	H	1.3	427	772	21	40	2.85E+06	2.0	1.5	385	0.50	0	0	0	0	0	Ejemplo
30	H	1.7	573	877	20	45	3.48E+06	2.5	1.5	553	0.63	0	0	0	0	0	Ejemplo
31	H	2.4	405	852	24	24	2.92E+06	2.0	0.8	351	0.41	0	0	0	0	0	Ejemplo
32	I	1.3	411	742	20	63	3.21E+06	2.0	1.5	356	0.48	0	0	0	0	0	Ejemplo
33	I	1.5	420	675	27	43	3.10E+06	2.0	1.3	359	0.53	0	0	0	0	0	Ejemplo
34	I	1.5	367	717	28	30	2.94E+06	1.0	0.7	347	0.48	0	0	0	0	0	Ejemplo
35	J	2.0	510	949	20	19	2.55E+06	2.0	1.0	388	0.41	0	0	0	0	0	Ejemplo
36	J	1.6	522	846	21	32	2.92E+06	1.0	0.6	476	0.56	0	0	0	0	0	Ejemplo
37	J	1.7	541	953	19	24	2.74E+06	1.0	0.6	439	0.46	0	0	0	0	0	Ejemplo
38	K	1.3	693	1111	15	28	2.94E+06	1.0	0.8	598	0.54	0	0	0	0	0	Ejemplo
39	K	1.8	456	737	26	40	3.29E+06	2.5	1.4	357	0.48	0	0	0	0	0	Ejemplo
40	K	1.9	632	1022	16	35	3.09E+06	1.0	0.5	538	0.53	0	0	0	0	0	Ejemplo
41	L	1.3	531	976	17	22	2.43E+06	1.0	0.8	469	0.48	0	0	0	0	0	Ejemplo
42	L	1.4	828	1030	16	44	3.51E+06	1.0	0.7	428	0.42	0	0	0	0	0	Ejemplo
43	L	1.4	353	601	21	20	1.38E+06	2.0	1.4	297	0.49	0	0	0	0	0	Ej. Comp.
44	M	1.5	338	748	25	32	2.89E+06	2.0	1.3	328	0.44	0	0	0	0	0	Ejemplo
45	M	1.5	439	700	28	44	3.44E+06	2.0	1.3	314	0.45	0	0	0	0	0	Ejemplo
46	M	2.0	393	784	22	40	3.05E+06	4.5	2.3	359	0.46	x	0	0	0	0	Ej. Comp.
47	N	1.5	508	832	23	31	3.07E+06	1.0	0.7	435	0.52	0	0	0	0	0	Ejemplo
48	N	1.7	631	801	21	60	3.69E+06	2.0	1.2	438	0.55	0	0	0	0	0	Ejemplo
49	N	2.0	767	1128	9	30	1.87E+06	1.5	0.8	477	0.42	0	0	0	0	0	Ej. Comp.
50	O	1.5	440	771	24	30	2.81E+06	2.0	1.3	365	0.47	0	0	0	0	0	Ejemplo

[Tabla 37]

Ejemplo Experimental	Componentes químicos	Espesor t		Propiedades de tracción			Expansibilidad $\lambda$ de orificios $\lambda$	TS <sup>0.5</sup> xEI x $\lambda^{0.5}$	Plegabilidad		Resistencia a la fatiga		Adhesión de metalización	Soldabilidad por puntos	Resistencia a la corrosión	Propiedades de astillado	Pulverización por flexión 1R-90° V
		mm	MPa	MPa	YS	Resistencia a la tracción máxima TS			Aar gmen- to total EI	%	Radio de flexión mínimo r	r/t					
0,45	O	1.3	369	737	20	48	2.77E+06	1.0	0.8	199	0.27	0	0	0	0	Ej. Comp.	
52	O	1.8	401	810	24	33	3.18E+06	1.5	0.8	365	0.45	0	0	0	0	Ejemplo	
53	O	1.3	472	748	26	44	3.53E+06	1.5	1.2	340	0.45	0	0	0	0	Ejemplo	
54	P	1.5	380	683	23	62	3.23E+06	1.5	1.0	313	0.46	0	0	0	0	Ejemplo	
55	P	1.5	456	769	27	23	2.76E+06	1.5	1.0	293	0.38	0	0	0	0	Ejemplo	
56	P	1.6	418	708	25	35	2.79E+06	2.0	1.3	385	0.54	0	0	0	0	Ejemplo	
57	Q	1.3	439	827	22	31	2.91E+06	1.5	1.2	399	0.48	0	0	0	0	Ejemplo	
58	Q	1.9	431	694	27	42	3.20E+06	2.0	1.1	358	0.52	0	0	0	0	Ejemplo	
59	Q	1.7	467	692	26	56	3.54E+06	3.5	2.1	378	0.55	0	0	0	0	Ej. Comp.	
60	R	0.9	287	640	24	67	3.18E+06	1.0	1.1	288	0.45	0	0	0	0	Ejemplo	
61	R	1.3	291	636	33	31	2.95E+06	2.0	1.5	270	0.42	0	0	0	0	Ejemplo	
62	R	1.3	275	593	29	75	3.63E+06	2.5	1.9	292	0.49	0	0	0	0	Ejemplo	
63	S	1.5	571	974	17	32	2.92E+06	1.0	0.7	521	0.53	0	0	0	0	Ejemplo	
64	S	1.4	528	1050	15	26	2.60E+06	1.0	0.7	425	0.40	0	0	0	0	Ejemplo	
65	S	1.6	422	860	22	27	2.88E+06	2.0	1.3	380	0.44	0	x	0	0	Ej. Comp.	
66	T	1.5	479	911	21	29	3.11E+06	2.0	1.3	408	0.45	0	0	0	0	Ejemplo	
67	T	1.6	378	607	34	55	3.77E+06	2.0	1.3	274	0.45	0	0	0	0	Ejemplo	
68	T	1.3	663	1006	7	8	6.32E+06	3.5	2.7	508	0.50	0	0	0	0	Ej. Comp.	
69	U	1.5	396	749	25	34	2.99E+06	1.5	1.0	387	0.52	0	0	0	0	Ejemplo	
70	U	1.2	511	960	19	18	2.40E+06	1.0	0.8	355	0.37	0	0	0	0	Ejemplo	
71	U	1.6	406	640	31	43	3.29E+06	1.0	0.6	316	0.49	0	0	0	0	Ejemplo	
72	V	1.5	405	714	28	29	2.88E+06	2.5	1.7	346	0.48	0	0	0	0	Ejemplo	
73	V	2.0	342	562	33	72	3.73E+06	1.0	0.5	221	0.39	0	0	0	0	Ejemplo	
74	V	1.2	314	598	31	49	3.17E+06	1.0	0.8	288	0.48	0	0	0	0	Ejemplo	
75	W	1.5	398	772	24	32	2.91E+06	1.5	1.0	355	0.46	0	0	0	0	Ejemplo	

[Tabla 38]

Ejemplo Experimental	Componentes químicos	Espesor t		Propiedades de tracción			Expansibilidad $\lambda$ de orificios	TS <sup>0.5</sup> xEI x $\lambda^{0.5}$	Plegabilidad		Resistencia a la fatiga			Adhesión de metalización	Soldabilidad por puntos	Resistencia a la corrosión	Propiedades de astillado	Pulverización por flexión 1R-90° V			
		mm	MPa	Límite de elasticidad YS	Resistencia a la tracción máxima TS	Alargamiento a la tracción a la tracción			%	Radio de flexión mínimo r	r/t	Límite de fatiga DL	DL/TS						MPa	MPa	MPa
76	W	1.8	364	693	24	39	2.73E+06	1.5	0.8	0.29	202	202	202	x	0	0	0	Ej. Comp.			
77	W	1.7	335	662	25	52	3.07E+06	1.5	0.9	0.45	301	301	301	0	0	0	0	Ejemplo			
78	X	2.4	284	556	32	61	3.28E+06	3.5	1.5	0.50	277	277	277	0	0	0	0	Ejemplo			
79	X	1.3	340	663	26	55	3.29E+06	2.0	1.5	0.45	299	299	299	0	0	0	0	Ejemplo			
80	X	1.7	734	617	17	47	1.79E+06	3.0	1.8	0.49	300	300	300	0	0	0	0	Ej. Comp.			
81	Y	2.0	373	831	21	29	2.71E+06	2.5	1.3	0.44	362	362	362	0	0	0	0	Ejemplo			
82	Y	1.7	562	783	19	70	3.48E+06	3.0	1.8	0.53	414	414	414	0	0	0	0	Ejemplo			
83	Y	1.8	412	713	25	47	3.26E+06	3.0	1.7	0.53	375	375	375	0	0	0	0	Ejemplo			
84	Z	1.5	414	781	20	33	2.51E+06	2.0	1.3	0.45	350	350	350	0	0	0	0	Ejemplo			
85	Z	1.7	399	758	23	36	3.88E+06	4.5	2.6	0.28	209	209	209	x	0	0	0	Ej. Comp.			
86	Z	1.7	340	682	31	27	2.87E+06	1.5	0.9	0.46	312	312	312	0	0	0	0	Ejemplo			
87	AA	1.5	582	1137	15	18	2.44E+06	1.5	1.0	0.42	481	481	481	0	0	0	0	Ejemplo			
88	AA	1.9	605	908	17	42	3.01E+06	1.5	0.8	0.52	474	474	474	0	0	0	0	Ejemplo			
89	AB	1.5	578	999	17	27	2.79E+06	1.0	0.7	0.51	506	506	506	0	0	0	0	Ejemplo			
90	AB	1.8	401	618	31	48	3.30E+06	3.0	1.7	0.35	219	219	219	0	x	0	0	Ejemplo			
91	AB	1.7	348	583	31	52	3.15E+06	1.5	0.9	0.51	298	298	298	0	0	0	0	Ejemplo			
92	AC	1.3	414	778	25	33	3.12E+06	1.5	1.2	0.46	358	358	358	0	0	0	0	Ejemplo			
93	AC	1.5	385	721	25	46	3.28E+06	2.0	1.3	0.42	303	303	303	0	0	0	0	Ejemplo			
94	AD	1.5	527	905	20	20	2.44E+06	1.0	0.7	0.54	491	491	491	0	0	0	0	Ejemplo			
95	AD	1.5	537	738	23	53	3.36E+06	2.5	1.7	0.49	369	369	369	0	0	0	0	Ejemplo			
96	AE	2.0	445	785	22	41	3.10E+06	1.5	0.8	0.48	374	374	374	0	0	0	0	Ejemplo			
97	AE	1.9	484	709	24	61	3.54E+06	2.5	1.3	0.39	278	278	278	0	0	0	0	Ejemplo			
98	AF	1.5	398	810	24	27	2.87E+06	1.0	0.7	0.41	335	335	335	0	0	0	0	Ejemplo			
99	AF	1.9	675	1042	18	17	2.50E+06	1.0	0.5	0.48	498	498	498	0	0	0	0	Ejemplo			
100	AG	1.5	536	982	18	32	3.13E+06	1.0	0.7	0.51	503	503	503	0	0	0	0	Ejemplo			

[Tabla 39]

Ejemplo Experimental	Componentes químicos		Espesor t		Propiedades de tracción			Expansibilidad $\lambda$ de orificios	TS <sup>0.5</sup> xEI x $\lambda^{0.5}$	Plegabilidad		Resistencia a la fatiga		Adhesión de metalización	Soldabilidad por puntos	Resistencia a la corrosión	Propiedades de astillado	Pulverización por flexión 1R-90° V	
			mm	MPa	Límite de elasticidad $\sigma_s$	Resistencia a la tracción máxima TS	Alargamiento a la tracción total EI			%	Radio de flexión mínimo r	r/t	Límite de fatiga DL						DL/TS
101	AG		1.6	551	1012	15	28	2.56E+06	1.5	0.9	460	0.45	0	0	0	0	Ejemplo		
102	AH		0.9	621	1037	16	19	2.33E+06	1.0	1.1	520	0.50	0	0	0	0	Ejemplo		
103	AH		1.5	482	819	20	35	2.77E+06	1.5	1.0	477	0.58	0	0	0	0	Ejemplo		
104	AI		1.5	448	931	18	22	2.40E+06	1.0	0.7	360	0.39	0	0	0	0	Ejemplo		
105	AI		1.6	434	702	28	46	3.53E+06	2.5	1.6	338	0.48	0	0	0	0	Ejemplo		
106	AJ		1.5	475	899	20	33	3.10E+06	1.5	1.0	423	0.47	0	0	0	0	Ejemplo		
107	AJ		1.9	564	987	17	29	2.84E+06	2.5	1.3	496	0.50	0	0	0	0	Ejemplo		
108	AK		1.5	611	1099	14	19	2.22E+06	1.5	1.0	539	0.49	0	0	0	0	Ejemplo		
109	AK		1.4	560	867	18	54	2.38E+06	2.0	1.4	391	0.45	0	0	0	0	Ejemplo		
110	AL		1.5	287	630	27	49	2.99E+06	2.0	1.3	287	0.46	0	0	0	0	Ejemplo		
111	AL		1.6	302	530	29	115	3.79E+06	3.0	1.9	268	0.51	0	0	0	0	Ejemplo		
112	AM		1.5	598	1007	17	32	3.07E+06	1.0	0.7	507	0.50	0	0	0	0	Ejemplo		
113	AM		1.4	632	932	18	51	3.66E+06	2.5	1.8	465	0.50	0	0	0	0	Ejemplo		
114	AM		1.2	636	965	17	23	2.44E+06	1.0	0.8	513	0.53	0	0	0	0	Ejemplo		
115	AM		1.9	592	930	21	22	2.79E+06	2.5	1.3	256	0.28	0	0	0	0	Ej. Comp.		
116	AN		1.2	372	731	27	28	2.82E+06	1.5	1.3	367	0.50	0	0	0	0	Ejemplo		
117	AN		2.0	489	853	20	30	2.73E+06	1.5	0.8	427	0.50	0	0	0	0	Ejemplo		
118	AO		1.2	381	702	23	55	3.17E+06	1.5	1.3	283	0.40	0	0	0	0	Ejemplo		
119	AO		1.8	465	818	20	39	2.92E+06	2.0	1.1	420	0.51	0	0	0	0	Ejemplo		
120	AP		1.5	363	729	21	50	2.92E+06	2.0	1.3	349	0.48	0	0	0	0	Ejemplo		
121	AP		1.5	472	826	19	46	3.06E+06	1.5	1.0	435	0.53	0	0	0	0	Ejemplo		
122	AP		1.9	346	623	35	41	3.48E+06	2.5	1.3	334	0.54	0	0	0	0	Ejemplo		
123	AQ		1.5	351	725	29	33	3.25E+06	1.5	1.0	287	0.40	0	0	0	0	Ejemplo		
124	AQ		1.4	317	595	27	52	2.83E+06	2.0	1.4	298	0.50	0	0	0	0	Ejemplo		
125	AR		1.5	346	703	30	25	2.80E+06	2.0	1.3	321	0.46	0	0	0	0	Ejemplo		

[Tabla 40]

Ejemplo Experimental	Componentes químicos	Espesor t		Propiedades de tracción			Expansibilidad $\lambda$ de orificios $\lambda$	TS <sup>0.5</sup> xEI x $\lambda^{0.5}$	Plegabilidad		Resistencia a la fatiga		Adhesión de metalización	Soldabilidad por puntos	Resistencia a la corrosión	Propiedades de astillado	Pulverización por flexión 1R-90° V
		mm	MPa	Límite de elasticidad $\sigma_s$	Resistencia a la tracción máxima TS	Alargamiento a la tracción total EI			Radio de flexión mínimo r	r/t	Límite de fatiga DL	DL/TS					
126	AR	1.8	381	718	24	37	2.81E+06	3.0	1.7	353	0.49	0	0	0	0	0	Ejemplo
127	AS	2.1	434	848	23	24	2.78E+06	2.5	1.2	361	0.43	0	0	0	0	0	Ejemplo
128	AS	1.5	539	843	21	40	3.25E+06	2.0	1.3	354	0.42	0	0	0	0	0	Ejemplo
129	AT	1.5	389	825	21	27	2.59E+06	1.0	0.7	359	0.44	0	0	0	0	0	Ejemplo
130	AT	1.2	310	637	33	43	3.48E+06	2.0	1.7	298	0.47	0	0	0	0	0	Ejemplo
131	AU	1.5	416	904	20	22	2.55E+06	1.5	1.0	404	0.45	0	0	0	0	0	Ejemplo
132	AU	2.0	437	842	22	21	2.46E+06	5.0	2.5	381	0.45	0	0	0	0	0	Ej. Comp.
133	AU	2.0	369	756	23	37	2.91E+06	1.5	0.8	348	0.46	0	0	0	0	0	Ejemplo
134	AU	1.9	343	747	22	41	2.88E+06	2.0	1.1	333	0.45	0	0	0	0	0	Ejemplo
135	AV	0.9	481	932	17	42	3.13E+06	1.0	1.1	416	0.45	0	0	0	0	0	Ejemplo
136	AV	2.0	558	941	19	33	3.15E+06	2.5	1.3	392	0.42	0	0	0	Inmedible	0	Ej. Comp.
137	AV	1.3	557	901	18	39	3.04E+06	1.5	1.2	425	0.47	0	0	0	0	0	Ejemplo
138	AW	0.9	433	831	22	30	2.89E+06	1.0	1.1	374	0.45	0	0	0	0	0	Ejemplo
139	AW	1.4	355	543	21	39	1.66E+06	2.5	1.8	224	0.41	0	0	0	0	0	Ej. Comp.
140	AW	1.7	400	637	27	60	3.36E+06	1.5	0.9	309	0.49	0	0	0	0	0	Ejemplo
141	AX	1.5	502	899	19	24	2.51E+06	2.0	1.3	433	0.48	0	0	0	0	0	Ejemplo
142	AX	1.8	395	746	25	37	3.10E+06	2.0	1.1	329	0.44	0	0	0	0	0	Ejemplo
143	AY	1.5	616	1098	15	23	2.62E+06	1.5	1.0	473	0.43	0	0	0	0	0	Ejemplo
144	AY	2.0	465	722	27	28	2.77E+06	3.5	1.8	408	0.57	0	0	0	0	0	Ejemplo
145	AZ	0.9	396	744	21	59	3.27E+06	1.5	1.7	388	0.52	0	0	0	0	0	Ejemplo
146	AZ	1.2	395	709	27	38	3.14E+06	1.5	1.3	342	0.48	0	0	0	0	0	Ejemplo
147	BA	1.5	465	842	23	28	2.97E+06	2.0	1.3	415	0.49	0	0	0	0	0	Ejemplo
148	BA	1.6	542	883	19	30	2.73E+06	2.0	1.3	487	0.55	0	0	0	0	0	Ejemplo
149	BB	1.5	625	995	19	22	2.80E+06	1.5	1.0	537	0.54	0	0	0	0	0	Ejemplo
150	BB	1.5	458	866	20	23	2.44E+06	3.5	2.3	445	0.51	x	0	0	0	0	Ej. Comp.

[Tabla 41]

Ejemplo Experimental	Componentes químicos	Espesor t		Propiedades de tracción			Expansibilidad $\lambda$ de orificios	TS <sup>0.5</sup> xEI x $\lambda^{0.5}$	Plegabilidad		Resistencia a la fatiga		Adhesión de metalización	Soldabilidad por puntos	Resistencia a la corrosión	Propiedades de astillado	Pulverización por flexión 1R-90° V			
		mm	MPa	MPa	Resistencia a la tracción máxima TS	Alargamiento a la tracción total EI			%	%	Radio de flexión mínimo r	r/t						Límite de fatiga DL	DL/TS	MPa
151	BB	2.2	492	761	22	42	2.99 E+06	3.0	1.4	369	0.48	0	0	0	0	0	Ejemplo			
152	BB	2.0	542	854	22	35	3.25E+06	2.0	1.0	458	0.54	0	0	0	0	0	Ejemplo			
153	BC	1.1	271	598	29	58	3.23E+06	1.5	1.4	283	0.47	0	0	0	0	0	Ejemplo			
154	BC	1.3	427	687	24	46	2.93E+06	1.5	1.2	385	0.56	0	0	0	0	0	Ejemplo			
155	BC	1.7	443	762	23	45	3.25E+06	1.5	0.9	384	0.50	0	0	0	0	0	Ejemplo			
156	BC	2.0	330	594	29	61	3.28E+06	2.5	1.3	310	0.52	0	0	0	0	0	Ejemplo			
157	BC	1.2	361	686	27	35	2.87E+06	3.0	2.5	381	0.56	0	0	0	0	0	Ej. Comp.			
158	BD	1.5	353	706	29	24	2.67E+06	1.0	0.7	293	0.42	0	0	0	0	0	Ejemplo			
159	BD	1.7	369	696	26	45	3.20E+06	1.5	0.9	362	0.52	0	0	0	0	0	Ejemplo			
160	BE	1.5	421	753	26	28	2.84E+06	1.0	0.7	359	0.48	0	0	0	0	0	Ejemplo			
161	BE	1.9	384	742	25	36	3.03E+06	2.5	1.3	329	0.44	0	0	0	0	0	Ejemplo			
162	BF	1.0	480	879	20	35	3.08E+06	1.5	1.5	376	0.43	0	0	0	0	0	Ejemplo			
163	BF	1.7	568	1055	14	38	2.96E+06	1.5	0.9	495	0.47	0	0	0	0	0	Ejemplo			
164	BF	1.5	567	899	20	26	2.75E+06	1.5	1.0	460	0.51	0	0	0	0	0	Ejemplo			
165	BF	0.9	534	899	26	37	4.26E+06	2.0	2.2	419	0.47	0	0	0	0	0	Ej. Comp.			
166	BG	1.0	353	686	27	34	2.83E+06	1.0	1.0	295	0.43	0	0	0	0	0	Ejemplo			
167	BG	1.5	792	940	19	46	3.71E+06	2.5	1.7	615	0.65	0	0	0	0	0	Ejemplo			
168	BG	1.5	348	690	25	48	3.14E+06	3.0	2.0	197	0.29	0	0	0	0	0	Ej. Comp.			
169	BG	1.2	419	776	24	33	2.98E+06	1.5	1.3	354	0.46	0	0	0	0	0	Ejemplo			
170	BH	1.5	513	911	17	30	2.56E+06	1.0	0.7	457	0.50	0	0	0	0	0	Ejemplo			
171	BH	1.9	590	1052	15	24	2.51E+06	1.0	0.5	535	0.51	x	0	0	0	0	Ej. Comp.			
172	BH	1.8	583	861	22	27	2.89E+06	1.0	0.6	475	0.55	0	0	0	0	0	Ejemplo			
173	BH	1.3	513	818	20	47	3.21E+06	1.5	1.2	488	0.60	0	0	0	0	0	Ejemplo			
174	BI	1.5	345	675	28	44	3.26E+06	2.0	1.3	317	0.47	0	0	0	0	0	Ejemplo			
175	BI	1.2	296	481	41	43	2.84E+06	2.0	1.7	215	0.45	0	0	0	0	0	Ejemplo			

[Tabla 42]

Ejemplo Experimental	Componentes químicos	Propiedades de tracción			Expansibilidad $\lambda$ de orificios	TS <sup>0.5</sup> xEI x $\lambda$ <sup>0.5</sup>	Plegabilidad		Resistencia a la fatiga		Adhesión de metalización	Soldabilidad por puntos	Resistencia a la corrosión	Propiedades de astillado	Pulverización por flexión 1R-90° V		
		Espesor t	Límite de elasticidad YS	Resistencia a la tracción máxima TS			Alargamiento total EI	Radio de flexión mínimo r	r/t	Límite de fatiga DL						DL/T S	MPa
176	BJ	1.5	416	858	17	56	3.20E+06	1.5	1.0	412	0.48	0	0	0	Ejemplo		
177	BJ	1.4	386	630	19	25	1.50E+06	2.5	1.8	349	0.55	0	0	0	Ej. Comp.		
178	BJ	1.5	450	972	17	28	2.73E+06	2.0	1.3	433	0.45	0	0	0	Ejemplo		
179	BK	1.3	307	671	30	29	2.81E+06	2.0	1.5	282	0.42	0	0	0	Ejemplo		
180	BK	1.3	378	684	24	45	2.88E+06	2.0	1.5	346	0.51	0	0	0	Ejemplo		
181	BL	1.3	357	718	26	37	3.04E+06	1.5	1.2	338	0.47	0	0	0	Ejemplo		
182	BL	2.0	447	692	28	50	3.60E+06	3.5	1.8	431	0.62	0	0	0	Ejemplo		
183	BL	1.9	379	740	24	34	2.82E+06	1.5	0.8	361	0.49	x	0	x	Ej. Comp.		
184	BL	1.3	375	635	30	54	3.53E+06	2.6	2.0	353	0.56	0	0	0	Ejemplo		
185	BM	1.5	486	921	17	33	2.73E+06	1.0	0.7	397	0.43	0	0	0	Ejemplo		
186	BM	1.4	261	551	21	31	1.51E+06	2.5	1.8	216	0.39	0	0	0	Ej. Comp.		
187	BM	1.6	482	885	20	34	3.07E+06	2.0	1.3	418	0.47	0	0	0	Ejemplo		
188	BN	1.5	354	706	24	44	2.99E+06	2.0	1.3	314	0.44	0	0	0	Ejemplo		
189	BN	1.2	385	641	29	56	3.52E+06	2.0	1.7	368	0.57	0	0	0	Ejemplo		
190	BO	1.5	160	365	37	52	1.86E+06	1.0	0.7	155	0.42	0	0	0	Ej. Comp.		
191	BP	1.5	870	1460	5	13	1.01E+06	5.5	3.7	423	0.29	0	0	0	Ej. Comp.		
192	BQ	1.5	292	462	27	29	1.44E+06	4.0	2.7	175	0.38	0	0	0	Ej. Comp.		
193	BR	El experimento se detuvo debido a grietas de la placa durante el calentamiento en la etapa de laminado en caliente															
194	BS	1.5	230	430	30	35	1.58E+06	3.5	2.3	155	0.36	0	0	0	Ej. Comp.		
195	BT	El experimento se detuvo debido a grietas de la placa durante el calentamiento en la etapa de laminado en caliente															
196	BU	El experimento se detuvo debido a grietas de la placa durante el laminado en caliente en la etapa de laminado en caliente															
197	BV	1.5	485	830	13	16	1.24E+06	5.0	3.3	234	0.28	0	0	0	Ej. Comp.		
198	BW	El experimento se detuvo debido a grietas de la placa durante el transporte después de la fundición de la placa															
199	BX	1.5	442	756	14	12	1.01E+06	5.0	3.3	208	0.28	0	x	0	0	Ej. Comp.	
200	BY	1.5	635	1204	3	5	2.80E+06	más	más	298	0.25	0	x	0	0	Ej. Comp.	
201	A	1.5	452	745	24	38	2.99E+06	1.5	1.0	380	0.51	x	0	0	0	Ej. Comp.	



- El Ejemplo Experimental 190 es un ejemplo en el que, dado que el contenido de C fue bajo y la fracción de volumen de la fase dura fue baja, no se pudo obtener suficiente resistencia, ductilidad y expansibilidad de orificios.
- 5 El Ejemplo Experimental 191 es un ejemplo en el que el contenido de C fue alto y la soldabilidad por puntos se deterioró. Además, una fracción de martensita fue alta, y la resistencia a la fatiga, ductilidad, expansibilidad de orificios y plegabilidad se deterioraron.
- El Ejemplo Experimental 192 es un ejemplo en el que, dado que el contenido de Si fue bajo, se formaron grandes cantidades de perlita y cementita gruesa en la etapa de recocido y la etapa de metalización, la formabilidad de la lámina de acero no se pudo obtener lo suficiente.
- 10 El Ejemplo Experimental 193 es un ejemplo en el que el experimento se detuvo dado que el contenido de Si fue alto y la placa se agrietó durante el calentamiento en la etapa de laminado en caliente.
- El Ejemplo Experimental 194 es un ejemplo en el que, dado que el contenido de Mn fue bajo, se formaron grandes cantidades de perlita y cementita gruesa en la etapa de recocido y la etapa de metalización, la formabilidad de la lámina de acero no se pudo obtener lo suficiente.
- 15 El Ejemplo Experimental 195 es un ejemplo en el que el experimento se detuvo dado que el contenido de Mn fue alto y la placa se agrietó durante el calentamiento en la etapa de laminado en caliente.
- El Ejemplo Experimental 196 es un ejemplo en el que el experimento se detuvo dado que el contenido de P fue alto y la placa se agrietó después del laminado en la etapa de laminado en caliente.
- 20 El Ejemplo Experimental 197 es un ejemplo en el que, dado que el contenido de S fue alto y se formaron una gran cantidad de sulfuros gruesos, la ductilidad, expansibilidad de orificios, plegabilidad, soldabilidad por puntos y resistencia a la fatiga se deterioraron.
- El Ejemplo Experimental 198 es un ejemplo en el que el experimento se detuvo dado que el contenido de Al fue alto y la placa se agrietó durante el transporte en la etapa de laminado en caliente.
- 25 El Ejemplo Experimental 199 es un ejemplo en el que, dado que el contenido de N fue alto y se formaron una gran cantidad de nitruros gruesos, la ductilidad, expansibilidad de orificios, plegabilidad, soldabilidad por puntos y resistencia a la fatiga se deterioraron.
- El Ejemplo Experimental 200 es un ejemplo en el que, dado que el contenido de O fue alto y se formaron una gran cantidad de óxidos gruesos, la ductilidad, expansibilidad de orificios, plegabilidad, soldabilidad por puntos y resistencia a la fatiga se deterioraron.
- 30 Los Ejemplos Experimentales 27, 132 y 157 son ejemplos en los que dado que el valor de la Expresión (1) fue pequeño en la etapa de laminado en caliente, la fracción ( $V_1/V_2$ ) de la fase dura en la capa superficial se volvió alta, y no se pudo obtener la plegabilidad suficiente.
- Los Ejemplos Experimentales 51, 115 y 168 son ejemplos en los que dado que el valor de la Expresión (1) fue grande en la etapa de laminado en caliente, se produjo excesiva descarburación en la capa superficial y la fracción ( $V_1/V_2$ ) de la fase dura se volvió pequeña, y no se pudo obtener la resistencia a la fatiga suficiente.
- 35 El Ejemplo Experimental 85 es un ejemplo en el que dado que la velocidad de calentamiento promedio a 600 °C a 750 °C fue muy pequeña, el crecimiento de oxidación se produjo excesivamente dentro de la lámina de acero y se formaron óxidos gruesos que actúan como un origen de fractura, la plegabilidad y la resistencia a la fatiga se deterioraron. Con un deterioro de la plegabilidad, en una prueba de evaluación de adhesión de metalización y propiedad de pulverización, se produjo desprendimiento de metalización que se origina a partir de la flexión y agrietamiento de la lámina de acero y, por lo tanto, la adhesión de metalización y propiedad de pulverización se deterioraron.
- 40 El Ejemplo Experimental 68 es un ejemplo en el que, dado que la temperatura de calentamiento máxima ( $T_M$ ) fue más que el punto Ac3 en la etapa de recocido, y la fracción de volumen de la fase de ferrita en el espesor de 1/4 fue baja, la ductilidad y la plegabilidad se deterioraron.
- 45 El Ejemplo Experimental 186 es un ejemplo en el que, dado que la temperatura de calentamiento máxima ( $T_M$ ) fue menos que el (punto Ac1 + 20) °C en la etapa de recocido, y los carburos a base de hierro gruesos permanecieron sin fundirse, la ductilidad y la expansibilidad de orificios se deterioraron.
- El Ejemplo Experimental 46 es un ejemplo en el que dado que la relación de aire en la zona de precalentamiento fue pequeña en la etapa de calentamiento de la etapa de recocido, la adhesión de metalización se deterioró. Dado que se produjo desprendimiento de metalización en el momento de la deformación por flexión por deterioro de la adhesión de metalización, la plegabilidad también se deterioró.
- 50 El Ejemplo Experimental 14 es un ejemplo en el que dado que la relación de aire en la zona de precalentamiento fue

grande en la etapa de calentamiento de la etapa de recocido, se produjo excesiva descarburación en la capa superficial y la fracción (V1/V2) de la fase dura se volvió pequeña, la resistencia a la fatiga se deterioró.

- 5 El Ejemplo Experimental 171 es un ejemplo en el que, dado que la relación entre la presión parcial de vapor de agua  $P(H_2O)$  y la presión parcial de hidrógeno  $P(H_2)$ ,  $P(H_2O)/P(H_2)$ , en la zona de reducción en la etapa de calentamiento de la etapa de recocido fue pequeña, el tamaño de grano de la superficie de la lámina de acero base no se refinó, y no se produjo la formación de fase  $\zeta$  en la capa de metalización, se deterioró la adhesión de metalización. Aquí, no se formó la capa refinada, el tamaño de grano promedio de la ferrita en la superficie de la lámina de acero base fue de  $3.4 \mu m$ , y el tamaño máximo de los óxidos fue menos de  $0.01 \mu m$  dentro de la lámina de acero dentro de un intervalo de hasta  $0.5 \mu m$  desde la superficie.
- 10 El Ejemplo Experimental 201 es un ejemplo en el que, dado que la relación entre la presión parcial de vapor de agua  $P(H_2O)$  y la presión parcial de hidrógeno  $P(H_2)$ ,  $P(H_2O)/P(H_2)$ , en la zona de reducción en la etapa de calentamiento de la etapa de recocido fue grande, la capa refinada de la superficie de la lámina de acero base fue excesivamente espesa y se produjo excesiva aleación de la capa metalizada, se deterioró la adhesión de metalización.
- 15 El Ejemplo Experimental 76 es un ejemplo en el que, dado que la relación entre la presión parcial de vapor de agua  $P(H_2O)$  y la presión parcial de hidrógeno  $P(H_2)$ ,  $P(H_2O)/P(H_2)$ , en la zona de reducción en la etapa de calentamiento de la etapa de recocido fue específicamente grande, se produjo descarburación excesiva en la capa superficial y la fracción (V1/V2) de la fase dura se volvió pequeña y se deterioró la resistencia a la fatiga.
- 20 El Ejemplo Experimental 20 es un ejemplo en el que dado que la velocidad de enfriamiento promedio (velocidad de enfriamiento promedio 1) entre  $760^\circ C$  y  $700^\circ C$  fue baja en la etapa de enfriamiento de la etapa de recocido, se formó una gran cantidad de perlita, la ductilidad y expansibilidad de orificios se deterioraron.
- El Ejemplo Experimental 49 es un ejemplo en el que dado que la velocidad de enfriamiento promedio (velocidad de enfriamiento promedio 1) entre  $760^\circ C$  y  $700^\circ C$  fue alta en la etapa de enfriamiento de la etapa de recocido, y la fracción de volumen de la fase de ferrita en el espesor de  $1/4$  fue baja, no se obtuvo suficiente ductilidad.
- 25 El Ejemplo Experimental 139 es un ejemplo en el que dado que la velocidad de enfriamiento promedio (velocidad de enfriamiento promedio 2) entre  $650^\circ C$  y  $500^\circ C$  fue baja en la etapa de enfriamiento de la etapa de recocido, se formó una gran cantidad de perlita, la ductilidad y expansibilidad de orificios se deterioraron.
- El Ejemplo Experimental 2 es un ejemplo en el que la cantidad de Al efectivo en el baño de metalización fue pequeña y la cantidad de Fe en la capa metalizada fue grande en la etapa de metalización, la adhesión de metalización se deterioró.
- 30 El Ejemplo Experimental 150 es un ejemplo en el que la cantidad de Al efectivo en el baño de metalización y Al en la capa metalizada aumentó y la relación de la interfaz entre la fase  $\zeta$  y el acero base en la interfaz completa entre la capa metalizada y el acero base, la plegabilidad y la adhesión de metalización se deterioraron.
- El Ejemplo Experimental 12 es un ejemplo en el que dado que el valor de la Expresión (2) fue pequeño en la etapa de metalización y la relación de la interfaz entre la fase  $\zeta$  y el acero base en la interfaz completa entre la capa metalizada y el acero base, la adhesión de metalización se deterioró.
- 35 El Ejemplo Experimental 183 es un ejemplo en el que dado que el valor de la Expresión (2) fue grande en la etapa de metalización y la cantidad de Fe en la capa metalizada fue grande en la etapa de metalización, la adhesión de metalización se deterioró.
- 40 El Ejemplo Experimental 65 es un ejemplo en el que dado que la presión de soplado de la mezcla de gas que incluye principalmente nitrógeno después de la inmersión fue baja en el baño de metalización en la etapa de metalización, y la cantidad metalizada de la capa de metalización aumentó excesivamente, la soldabilidad por puntos se deterioró.
- El Ejemplo Experimental 136 es un ejemplo en el que dado que la presión de soplado de la mezcla de gas que incluye principalmente nitrógeno después de la inmersión fue alta en el baño de metalización en la etapa de metalización, y la cantidad metalizada de la capa de metalización disminuyó, y no se pudo obtener suficiente resistencia a la corrosión.
- 45 Los ejemplos Experimentales 7, 15, 30, 42, 82 y 182 son ejemplos en los que el tratamiento de transformación martensítica se aplicó en la etapa de enfriamiento de la etapa de recocido, y se obtuvieron láminas de acero galvanizadas en caliente de alta resistencia excelentes en formabilidad, adhesión de metalización, soldabilidad, resistencia a la corrosión y resistencia a la fatiga.
- 50 Los ejemplos Experimentales 3, 36, 45, 67, 90, 103, 105, 109, 144, 151, 164 y 184 son ejemplos en los que el tratamiento de transformación bainítica 1 se aplicó en la etapa de enfriamiento de la etapa de recocido, y se obtuvieron láminas de acero galvanizadas en caliente de alta resistencia excelentes en formabilidad, adhesión de metalización, soldabilidad, resistencia a la corrosión y resistencia a la fatiga.
- El Ejemplo Experimental 43 es un ejemplo en el que el tratamiento de transformación bainítica 1 se aplicó en la etapa de enfriamiento de la etapa de recocido. Sin embargo, dado que la temperatura de tratamiento fue alta, se formaron

perlita y cementita gruesa, la ductilidad y la expansibilidad de orificios se deterioraron.

El Ejemplo Experimental 177 es un ejemplo en el que el tratamiento de transformación bainítica 1 se aplicó en la etapa de enfriamiento de la etapa de recocido. Sin embargo, dado que el tiempo de tratamiento fue largo, se formaron perlita y cementita gruesa, y la ductilidad y la expansibilidad de orificios se deterioraron.

5 Los ejemplos Experimentales 23, 40, 55, 91, 114, 137, 154, 173 y 187 son ejemplos en los que el tratamiento de transformación bainítica 2 se aplicó en la etapa de enfriamiento después de la etapa de metalización, y se obtuvieron láminas de acero galvanizadas en caliente de alta resistencia excelentes en formabilidad, adhesión de metalización, soldabilidad, resistencia a la corrosión y resistencia a la fatiga.

10 El Ejemplo Experimental 165 es un ejemplo en el que el tratamiento de transformación bainítica 2 se aplicó en la etapa de enfriamiento después de la etapa de metalización. Sin embargo, dado que la temperatura de tratamiento fue alta, se formó una gran cantidad de austenita residual, la plegabilidad se deterioró.

15 Los ejemplos Experimentales 4, 18, 26, 48, 53, 62, 74, 77, 88, 95, 113, 130, 167 y 189 son ejemplos en los que el tratamiento de recalentamiento se aplicó en la etapa de enfriamiento después de la etapa de metalización, y se obtuvieron láminas de acero galvanizadas en caliente de alta resistencia excelentes en formabilidad, adhesión de metalización, soldabilidad, resistencia a la corrosión y resistencia a la fatiga.

El Ejemplo Experimental 16 es un ejemplo en el que el tratamiento de transformación martensítica y el tratamiento de transformación bainítica 1 se aplicaron en la etapa de enfriamiento de la etapa de recocido, y se obtuvieron láminas de acero galvanizadas en caliente de alta resistencia excelentes en formabilidad, adhesión de metalización, soldabilidad, resistencia a la corrosión y resistencia a la fatiga.

20 Los Ejemplos Experimentales 8, 111, 133, 140, 156 y 172 son ejemplos en los que el tratamiento de transformación bainítica 1 se aplicó en la etapa de enfriamiento de la etapa de recocido, y después el tratamiento de transformación bainítica 2 se aplicó en la etapa de enfriamiento después de la etapa de metalización, y se obtuvieron láminas de acero galvanizadas en caliente de alta resistencia excelentes en formabilidad, adhesión de metalización, soldabilidad, resistencia a la corrosión y resistencia a la fatiga.

25 Los Ejemplos Experimentales 22, 33 y 97 son ejemplos en los que el tratamiento de transformación bainítica 1 se aplicó en la etapa de enfriamiento de la etapa de recocido, y después el tratamiento de recalentamiento se aplicó en la etapa de enfriamiento después de la etapa de metalización, y se obtuvieron láminas de acero galvanizadas en caliente de alta resistencia excelentes en formabilidad, adhesión de metalización, soldabilidad, resistencia a la corrosión y resistencia a la fatiga.

30 El Ejemplo Experimental 10 es un ejemplo en el que el tratamiento de transformación bainítica 2 y el tratamiento de recalentamiento se aplicaron en la etapa de enfriamiento después de la etapa de metalización, y se obtuvieron láminas de acero galvanizadas en caliente de alta resistencia excelentes en formabilidad, adhesión de metalización, soldabilidad, resistencia a la corrosión y resistencia a la fatiga.

35 El Ejemplo Experimental 175 es un ejemplo en el que el tratamiento de transformación bainítica 1 se aplicó en la etapa de enfriamiento de la etapa de recocido, y después el tratamiento de transformación bainítica 2 y el tratamiento de recalentamiento se aplicaron en la etapa de enfriamiento después de la etapa de metalización, y se obtuvieron láminas de acero galvanizadas en caliente de alta resistencia excelentes en formabilidad, adhesión de metalización, soldabilidad, resistencia a la corrosión y resistencia a la fatiga.

40 El Ejemplo Experimental 80 es un ejemplo en el que dado que un diámetro de un rodillo usado para el procesamiento fue pequeño y se introdujo tensión excesiva en la capa superficial de la lámina de acero base en la etapa de procesamiento de flexión-flexión hacia atrás de la etapa de procesamiento, la ductilidad se deterioró.

45 El Ejemplo Experimental 59 es un ejemplo en el que dado que un diámetro de un rodillo usado para el procesamiento fue grande y no se introdujo suficiente tensión en la capa superficial de la lámina de acero base en la etapa de procesamiento de flexión-flexión hacia atrás de la etapa de procesamiento, y una gran cantidad de austenita residual se presentó en la capa superficial de la lámina de acero base, la plegabilidad se deterioró.

50 Aunque cada realización y ejemplo experimental de la presente invención se ha descrito en detalle anteriormente, todas estas realizaciones y estos ejemplos experimentales son meramente ejemplos de realizaciones en la implementación de la presente invención. El alcance técnico de la presente invención no debería interpretarse como limitado solo por las realizaciones. Es decir, la presente invención puede implementarse de diversas formas sin alejarse de la idea técnica de la misma o las principales características de la misma.

#### **[Aplicabilidad industrial]**

La presente invención es una tecnología eficaz para una lámina de acero galvanizada en caliente de alta resistencia excelente en formabilidad, resistencia a la fatiga, soldabilidad, resistencia a la corrosión y adhesión de metalización, y método de producción de la misma. Según la realización de la presente invención, es posible proporcionar una lámina

## ES 2 761 600 T3

de acero galvanizada en caliente de alta resistencia excelente en ductilidad, expansibilidad de orificios y plegabilidad y además excelente en adhesión de metalización después del formado, que tenga un alto límite de fatiga y que tenga excelente soldabilidad por puntos y resistencia a la corrosión, y método de producción de la misma.

**REIVINDICACIONES**

1. Una lámina de acero galvanizada en caliente que comprende:
- una lámina de acero base; y
  - una capa galvanizada en caliente formada en al menos una superficie de la lámina de acero base, en donde:
- 5 la lámina de acero base incluye:
- una composición química que consiste, en % de masa, en
  - C: de 0.040 % a 0.280 %,
  - Si: de 0.05 % a 2.00 %,
  - Mn: de 0.50 % a 3.50 %,
  - 10 P: de 0.0001 % a 0.1000 %,
  - S: de 0.0001 % a 0.0100 %,
  - Al: de 0.001 % a 1.500 %,
  - N: de 0.0001 % a 0.0100 %, y
  - O: de 0.0001 % a 0.0100 %, y
  - 15 opcionalmente uno o dos o más seleccionados de
  - Ti: de 0.001 % a 0.150 %,
  - Nb: de 0.001 % a 0.100 %,
  - V: de 0.001 % a 0.300 %,
  - Cr: de 0.01 % a 2.00 %,
  - 20 Ni: de 0.01 % a 2.00 %,
  - Cu: de 0.01 % a 2.00 %,
  - Mo: de 0.01 % a 2.00 %,
  - B: de 0.0001 % a 0.0100 %,
  - W: de 0.01 % a 2.00 % y
  - 25 Ca, Ce, Mg, Zr, La y REM en una cantidad total de 0.0001 % a 0.0100 % y
  - un resto de Fe e impurezas;
  - en donde la microestructura en la lámina de acero base es una microestructura en la que, en un intervalo de 1/8 de espesor a 3/8 de espesor centrado en una posición de 1/4 de espesor desde la superficie de la lámina de acero base, por fracción de volumen,
  - 30 una fase de ferrita es del 40 % o más y 97 % o menos,
  - una estructura dura que comprende una o más de una fase de bainita, una fase de ferrita bainítica, una fase de martensita fresca y una fase de martensita revenida es un total de 3 % o más,
  - una fase de austenita residual es de 0 a 8 % por fracción de volumen,
  - un total de una fase de perlita y una fase de cementita gruesa es de 0 a 8 % por fracción de volumen, en un
  - 35 intervalo de capa superficial de 20 µm de profundidad en la dirección de la lámina de acero desde una interfaz entre la capa galvanizada en caliente y la lámina de acero base, una fracción de volumen de una austenita residual es de 0 a 3 %,
  - la lámina de acero base incluye una microestructura en la que V1/V2 que es una relación de una fracción de volumen V1 de la estructura dura en el intervalo de capa superficial y una fracción de volumen V2 de la estructura
  - 40 dura en el intervalo de 1/8 de espesor a 3/8 de espesor centrado en la posición de 1/4 de espesor desde la superficie de lámina de acero base es de 0.10 o más y 0.90 o menos,

un contenido de Fe es de 0.5 % o más a 5.0 % o menos y un contenido de Al es de 0.01 % o más a 1.0 % o menos en la capa galvanizada en caliente, y granos columnares formados de una fase  $\zeta$  están incluidos en la capa galvanizada en caliente,

5 una relación  $((A^*/A) \times 100)$  de una interfaz ( $A^*$ ) entre la fase  $\zeta$  y la lámina de acero base en una interfaz completa ( $A$ ) entre la capa metalizada galvanizada en caliente y la lámina de acero base es de 20 % o más,

10 una capa refinada se forma en el lado de la interfaz en la lámina de acero base, un espesor promedio de la capa refinada es de 0.1 a 5.0  $\mu\text{m}$ , un tamaño de grano promedio de ferrita en la capa refinada es de 0.1 a 3.0  $\mu\text{m}$ , están contenidos uno o dos o más de óxidos de Si y Mn y un tamaño máximo del óxido es de 0.01 a 0.4  $\mu\text{m}$ , en donde la capa refinada es una región que existe en una capa más externa de la lámina de acero base y en donde la capa refinada es una región en la que el tamaño de grano promedio de fase de ferrita que constituye la capa refinada es de 1/2 o menos del tamaño de grano promedio de la fase de ferrita en la capa inferior de la capa refinada de la lámina de acero base, en donde el límite en el cual el tamaño de grano promedio de la ferrita en la capa refinada es mayor que 1/2 del tamaño de grano promedio de la ferrita en la capa inferior de la misma se define como un límite entre la capa refinada y la capa inferior de la misma, y

15 en donde el tamaño máximo de uno o dos o más de óxidos de Si y Mn contenidos en la capa refinada se mide en una sección transversal de espesor paralela a la dirección de laminado de la lámina de acero base.

2. La lámina de acero galvanizada en caliente según la reivindicación 1,

en donde la lámina de acero base comprende, en % de masa, uno o dos o más seleccionados de

Ti: de 0.001 % a 0.150 %, y

20 Nb: de 0.001 % a 0.100 %, y

V: 0.001 % a 0.300 %.

3. La lámina de acero galvanizada en caliente según la reivindicación 1 o 2,

en donde la lámina de acero base comprende, en % de masa, uno o dos o más seleccionados de

Cr: de 0.01 % a 2.00 %, y

25 Ni: de 0.01 % a 2.00 %, y

Cu: de 0.01 % a 2.00 %, y

Mo: de 0.01 % a 2.00 %, y

B: de 0.0001 % a 0.0100 %, y

W: 0.01 % a 2.00 %.

30 4. La lámina de acero galvanizada en caliente según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3,

en donde la lámina de acero base comprende, en % de masa, uno o dos o más seleccionados de Ca, Ce, Mg, Zr, La y REM en una cantidad total de 0.0001 % a 0.0100 %.

5. La lámina de acero galvanizada en caliente según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4,

35 en donde una relación  $((A^{**}/A^*) \times 100)$  de una interfaz ( $A^{**}$ ) formada entre granos  $\zeta$  en los que están presentes óxidos gruesos y la lámina de acero base en una interfaz ( $A^*$ ) entre la fase  $\zeta$  y la lámina de acero base en la lámina de acero galvanizada en caliente es de 50 % o menos y en donde los óxidos gruesos tienen un eje mayor de 0.2  $\mu\text{m}$  o más.

6. La lámina de acero galvanizada en caliente según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5,

40 en donde una cantidad metalizada en una superficie de la lámina de acero base en la capa galvanizada en caliente es de 10  $\text{g}/\text{m}^2$  o más y 100  $\text{g}/\text{m}^2$  o menos.

FIG. 1

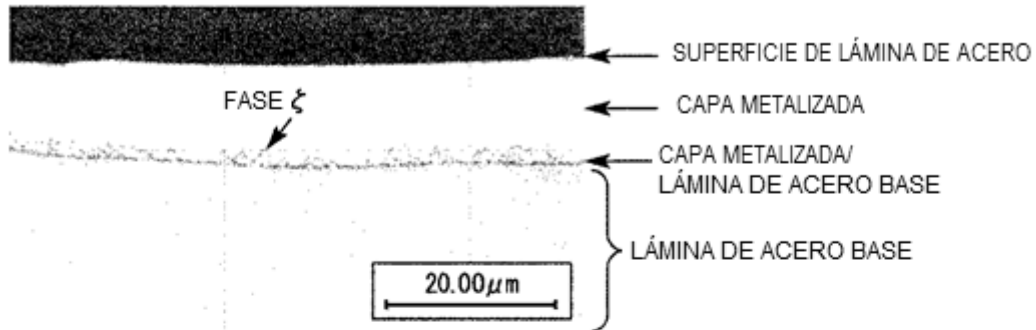


FIG. 2

