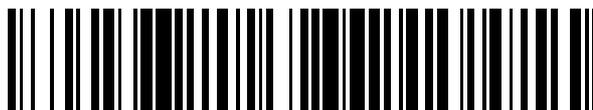


19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 670 893**

51 Int. Cl.:

**C22C 38/00** (2006.01)  
**C21D 9/46** (2006.01)  
**C22C 18/00** (2006.01)  
**C22C 38/60** (2006.01)  
**C23C 2/02** (2006.01)  
**C23C 2/06** (2006.01)  
**C23C 2/28** (2006.01)

12

## TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **28.09.2012 PCT/JP2012/075230**
- 87 Fecha y número de publicación internacional: **04.04.2013 WO13047830**
- 96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **28.09.2012 E 12837548 (2)**
- 97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **25.04.2018 EP 2762592**

54 Título: **Chapa de acero galvanizado por inmersión en caliente de alta resistencia y chapa de acero aleado galvanizado por inmersión en caliente de alta resistencia, teniendo cada una de ellas una resistencia a la tracción de 980 mpa o superior, excelente adhesión de chapado, excelente formabilidad y excelentes propiedades de expansión de orificios, y método para producir las mismas**

30 Prioridad:  
**30.09.2011 JP 2011216967**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**01.06.2018**

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

72 Inventor/es:  
**WAKABAYASHI, CHISATO;**  
**AZUMA, MASAFUMI;**  
**FUJITA, NOBUHIRO y**  
**SANO, KOHICHI**

74 Agente/Representante:  
**ELZABURU, S.L.P**

**ES 2 670 893 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**

5 Chapa de acero galvanizado por inmersión en caliente de alta resistencia y chapa de acero aleado galvanizado por inmersión en caliente de alta resistencia, teniendo cada una de ellas una resistencia a la tracción de 980 MPA o superior, excelente adhesión de chapado, excelente formabilidad y excelentes propiedades de expansión de orificios, y método para producir las mismas

[Campo técnico]

10 La presente invención se refiere a una chapa de acero de alta resistencia a la tracción que tiene una conformabilidad excelente (ductilidad y propiedades de expansión de orificios) y a una chapa de acero aleado galvanizado por inmersión en caliente que utiliza el fenómeno TRIP (Plasticidad Inducida por Transformación) y un método de fabricación de la misma.

15 Esta solicitud reivindica prioridad de la solicitud de patente japonesa número. 2011 - 216967, presentada el 30 de septiembre de 2011, cuyo contenido se incorpora a la presente memoria descriptiva como referencia.

[Técnica anterior]

20 Un elevado aumento de la resistencia de una chapa de acero que es una materia prima se ha estado realizando para conseguir la compatibilidad entre un ahorro de peso de un cuerpo, componentes y similares de un vehículo, y la seguridad. En general, cuando la resistencia de la chapa de acero aumenta, la conformabilidad (ductilidad y capacidad de expansión de orificios) es dañada. Por lo tanto, el saldo de balance de resistencia y formabilidad es necesario para utilizar la chapa de acero de alta resistencia para las partes de los vehículos. Para este requisito, hasta ahora, se ha sugerido una denominada chapa de acero TRIP que usa plasticidad inducida por transformación de la austenita residual (por ejemplo, se hace referencia a la Literatura de Patentes 1 y a la Literatura de Patentes 2). La chapa de acero de alta resistencia para el vehículo requiere resistencia a la corrosión que depende de los componentes que se van a aplicar. En este caso se aplica una chapa de acero aleado galvanizado por inmersión en caliente. Sin embargo, el Si se agrega al acero TRIP para mejorar la ductilidad. Cuando el Si concentrado en la superficie de la chapa de acero se oxida, el acero TRIP tiene un problema puesto que los fallos de galvanización se producen fácilmente en el momento de la galvanización por inmersión en caliente.

35 Un método de fabricación de una chapa de acero aleado galvanizado por inmersión en caliente de alta resistencia se ha descrito en las publicaciones de patentes 3 y 4 que pueden lograr una mejora en la humectabilidad del chapado y la reducción de la temperatura de aleación mediante la realización de prechapado de Ni sobre una chapa de acero de alta resistencia con Si añadido y trabajar una capa superficial para la activación. En este método, se puede fabricar una chapa de acero galvanizado por inmersión en caliente y una chapa de acero aleado galvanizado por inmersión en caliente recalentando y chapando una chapa de acero laminado en frío, en la que se ha integrado previamente un material como una chapa original, producido por un proceso de recocido por laminado en frío.

40 Además, se ha propuesto una técnica en la Literatura de Patente 5 que produce una chapa de acero aleado galvanizado por inmersión en caliente de tipo de alta elongación utilizando una técnica de prechapado de Ni. Este método se refiere a la fabricación de una chapa de acero de alta resistencia que tiene una excelente resistencia a la corrosión fabricando acero que consiste en ferrita y martensita controlando los componentes del acero, las condiciones del recocido, aleando las condiciones de galvanizado por inmersión en caliente o similares y a continuación realizando el galvanizado por inmersión en caliente.

50 Sin embargo, en la chapa de acero galvanizado por inmersión en caliente y en la chapa de acero aleado galvanizado por inmersión en caliente, la martensita, que una vez que se ha generado se reblandece cuando la chapa de acero es recalentada en el proceso de galvanizado y, por lo tanto, no se puede adquirir la resistencia deseada. De esta manera, es difícil lograr un elevado aumento de la resistencia y conformabilidad, y una chapa de acero galvanizado por inmersión en caliente y una chapa de acero aleado galvanizado por inmersión en caliente con buena resistencia a la corrosión, que tengan una elevada resistencia a la tracción de 980 MPa o superior y excelente conformabilidad, que se han deseado.

55 La Literatura de Patente 6 describe una chapa de acero de alta resistencia específica y un proceso específico para la producción de la misma.

[Literatura de la técnica anterior]

60 [Literatura de Patentes]

[Literatura de Patente 1] JP 61 - 217529A

[Literatura de Patente 2] JP 5 - 59429A

[Literatura de Patente 3] JP 2526320B

65 [Literatura de Patente 4] JP 2526322B

[Literatura de Patente 5] JP 2006 - 283071A

[Literatura de Patente 6] WO 2011/065591 A1

[Sumario de la invención]

5 [Problemas que se resolverán por la invención]

La presente invención es para resolver los problemas que se han descrito más arriba y para proporcionar una chapa de acero galvanizado por inmersión en caliente de alta resistencia y una chapa de acero aleado galvanizado por inmersión en caliente que tienen una excelente ductilidad y capacidad de expansión de orificios combinando un proceso de laminado con tratamiento térmico en una línea de galvanizado por inmersión en caliente.

[Medios para resolver el o los problemas]

15 Los actuales inventores examinaron en detalle un control de estructura producida por el tratamiento térmico y los efectos del trabajo y del tratamiento térmico con respecto a diversos aceros en los que se varían los contenidos de C, Si y Mn. Como resultado, los actuales inventores han descubierto que se puede obtener una chapa de acero que tiene estructuras únicas por medio de trabajo y tratamiento térmico usando el tratamiento térmico en un recocido continuo, trabajo de laminado y tratamiento térmico durante el posterior tratamiento de chapado. Además, los inventores han descubierto que la chapa de acero puede tener una resistencia a la tracción máxima de 980 MPa o superior, lo que ha sido un problema hasta ahora, excelente conformabilidad (ductilidad y capacidad de expansión de orificios) y propiedad de chapado.

Lo esencial de la presente invención es como se define en las reivindicaciones 1 - 10,

25 [Efecto o efectos de la invención]

De acuerdo con la presente invención, es posible obtener una chapa de acero galvanizado por inmersión en caliente y una chapa de acero aleado galvanizado por inmersión en caliente que tenga una excelente conformabilidad con alta resistencia y contribuya notablemente a la industria.

30 [Modo o modos para llevar a cabo la invención]

La presente invención se describirá a continuación en detalle.

35 (Microestructura de la chapa de acero base)

En primer lugar, se describirán las microestructuras de una chapa de acero base de acuerdo con la presente invención. Las microestructuras de la chapa de acero base de acuerdo con la presente invención incluyen bainita, martensita y una austenita residual. Además, la martensita incluye dos o más clases de tres clases de martensitas (1), (2) y (3) que se definen a continuación.

Martensita (1): concentración de C (cuando hay una precipitación de cementita, incluyendo también el C en la cementita). CM1 es menor del 0,8% en masa y la dureza de la prueba de nano - indentación Hit1 satisface la Expresión 1,

$$45 \quad \text{Hit1}/\{-982,1 \times (\text{CM1})^2 + 1676 \times \text{CM1} + 189\} \leq 0,50 \dots \text{Expresión 1}$$

Martensita (2): concentración de C (cuando hay una precipitación de cementita, incluyendo también el C en la cementita). CM2 es del 0,8% en masa o superior y la dureza de prueba de nano - indentación Hit2 satisface la Expresión 2,

$$50 \quad \text{Hit2}/\{-982,1 \times (\text{CM2})^2 + 1676 \times \text{CM2} + 189\} \leq 0,50 \dots \text{Expresión 2}$$

Martensita (3): concentración de C (cuando hay una precipitación de cementita, incluyendo también el C en la cementita). CM3 es del 0,8% en masa o superior y la dureza de la prueba de nano indentación Hit3 satisface la Expresión 3,

$$55 \quad 0,5 < \text{Hit3}/\{-982,1 \times (\text{CM3})^2 + 1676 \times \text{CM3} + 189\} \leq 0,80 \dots \text{Expresión 3}$$

Aunque la razón detallada no está clara, cuando dos o más clases de martensitas entre estos tres tipos de martensitas (1) a (3) están contenidas en un 10% o más en fracción de volumen total, se logran tanto la resistencia como la capacidad de expansión de orificios. La martensita, que tiene la estructura más dura de las estructuras contenidas en la chapa de acero base de la presente invención, es esencial para asegurar una resistencia a la tracción máxima de 980 MPa o superior. Por otro lado, en una prueba de expansión de orificios y en una prueba de

flexión, puesto que la martensita es un punto de partida para la formación de espacios vacíos, se sabe que la martensita deteriora la capacidad de expansión de orificios. Por lo tanto, para garantizar la capacidad de expansión de orificios, se evita que la deformación se concentre en un grano de martensita específico mezclando dos o más tipos de martensitas entre estos tres tipos diferentes de martensitas. Como resultado, se ha encontrado una técnica que no deteriora la capacidad de expansión de orificios al tiempo que contribuye a un mayor aumento de la resistencia. Este efecto se puede obtener cuando la fracción de volumen total de las dos o más martensitas entre los tres tipos de martensitas se establece que sea de un 10% o superior. Por esta razón, el límite inferior de la fracción de volumen de los tres tipos de martensitas (1) a (3) se estableció en un 10%. Preferiblemente, el límite inferior es el 15% o más.

La martensita (1) es una martensita templada, que tiene una baja concentración de C y no es tan dura. La concentración de C, CM1, de la martensita (1) es inferior al 0,8% en masa. Cuando hay una precipitación de cementita en la martensita (1), el C en la cementita que se precipita en la martensita (1) también está contenido. La cementita en la martensita que se ha mencionado en la presente memoria descriptiva puede ser una precipitación en o entre la malla de martensita, de manera que exhibe el efecto de la presente invención. Esta estructura se origina a partir de una martensita nueva que se va a formar en el momento del enfriamiento a 70°C o menos después de mantenerse de 350°C a 450°C en un proceso de recocido del método de fabricación de la presente invención. La martensita (1) es una martensita templada en la cual la martensita nueva formada en el momento del enfriamiento a 70°C o menos después de mantenerse a 350°C a 450°C es templada durante el tratamiento de inmersión en un baño de galvanización por inmersión en caliente o tratamiento de aleación.

La concentración de C, CM1, de la martensita (1) es inferior al 0,8% en masa. Esto también incluye un caso en el que la concentración de C se redujo a menos del 0,8% en masa cuando el C en la martensita nueva se difundió en austenita durante el tratamiento de inmersión en el baño de galvanización por inmersión en caliente o en el tratamiento de aleación y de esta manera la martensita nueva se difundió aunque la concentración de C de la martensita nueva fue del 0,8% en masa o superior, además de un caso en el que la concentración de C de la martensita nueva formada en el momento del enfriamiento a 70°C o menos después de mantenerse de 350°C a 450°C fue menos del 0,8% en masa.

Puesto que la martensita (1) tiene una concentración de C, CM1, tan baja como menos del 0,8% en masa y está templada, es la más blanda entre las tres clases de martensitas (1) a (3). La dureza de la prueba de nano - indentación Hit1 de la martensita (1) satisface la Expresión 1. Cuando la fracción de volumen de la martensita (1) es del 60% o más de una microestructura de la chapa de acero base, una fracción de volumen de ferrita y austenita residual se hace demasiado baja, y la ductilidad se deteriora, de manera que el límite superior es preferiblemente del 60%.

La martensita (2) tiene una alta concentración de C, pero es martensita que se ablanda por templado. La concentración de C, CM2, de la martensita (2) es del 0,8% en masa o más. Cuando hay una precipitación de cementita en la martensita (2), el C en la cementita que se precipita en la martensita (2) también está contenido. De manera similar, la cementita en la martensita puede ser de precipitación en o entre las mallas de la martensita. La martensita, (2) se origina a partir de martensita de transformación inducida por deformación, que es inducida por el trabajo de laminación y en la cual se transforma una parte de una austenita residual. Mientras la chapa de acero base se mantiene en un intervalo de temperatura de 350°C a 450°C después del recocido, la transformación de la bainita de la microestructura en la chapa de acero base prosigue y, por lo tanto, el C se difunde en una austenita no transformada. Una austenita residual, en la que se concentra el C, se forma en la chapa de acero base que se enfría a 70°C o menos. Mediante la transformación inducida por tensión de la austenita residual, en la que se concentra el C por laminación, se puede obtener la martensita que es el origen de la martensita (2). La martensita (2) es una martensita templada en la que la martensita de transformación inducida por deformación generada por la laminación es templada durante el tratamiento de inmersión en el baño de galvanización por inmersión en caliente o por el tratamiento de aleación.

Como a la martensita (1), la martensita (2) es una martensita templada pero es más dura que la martensita (1) puesto que la concentración de C es alta. La dureza de prueba de nano - indentación Hit2 de la martensita (2) satisface la Expresión 2. Cuando una fracción del volumen de la martensita (2) es el 40% o más de la microestructura de la chapa de acero base, la ductilidad se deteriora de manera que el límite superior se establece preferiblemente en el 60%.

La martensita (3) es una martensita que tiene una alta concentración de C, no está templada, o tiene una temperatura de templado baja. La concentración de C, CM3, de la martensita (3) es el 0,8% en masa o más. Cuando hay una precipitación de cementita en la martensita (3), también está contenido el C en la cementita que se precipita en la martensita (3). De manera similar, la cementita en la martensita puede ser de precipitación en o entre la malla de la martensita. La martensita (3) es una martensita nueva que se forma transformándose en el momento del enfriamiento a 70°C o menos después de la galvanización por inmersión en caliente o el tratamiento de aleación por calentamiento. Además, la martensita (3) también es martensita que permanece en un estado de martensita nueva sin ser templada sustancialmente durante el tratamiento de aleación por calentamiento o el tratamiento de aleación (no en un estado de martensitas (1) y (2)).

La martensita (3) es la estructura más dura de los tres tipos de martensitas (1) a (3). La dureza de la prueba de nano - indentación Hit3 de la martensita (3) satisface la Expresión 3, Por esta razón, la martensita (3) contribuye a un elevado aumento de la resistencia, pero deteriora la capacidad de expansión de orificios. Por consiguiente, para alcanzar tanto la resistencia como la formabilidad, el límite superior de la martensita (3) es del 10% en la fracción de volumen de la microestructura de la chapa de acero base. Sin embargo, cuando la fracción de volumen de la martensita (3) llega a ser demasiado pequeña, es difícil asegurar la resistencia que es la resistencia a la tracción última de 980 MPa o más, de manera que el límite inferior preferiblemente se establece para que sea del 3% o más. La bainita es efectiva para garantizar la resistencia. Cuando una chapa de acero de alta resistencia que tiene una resistencia a la tracción superior a 980 MPa contiene martensita y bainita del 40% o más por fracción de volumen total, es posible asegurar la resistencia y obtener una elevada capacidad de expansión de orificios. Cuando la fracción de volumen total es inferior al 40%, la resistencia a la tracción es inferior a 980 MPa. En consecuencia, el límite inferior se estableció en el 40%.

La austenita residual es una estructura para aumentar la ductilidad, particularmente la elongación uniforme por plasticidad inducida por transformación. Para obtener una elongación particularmente buena, es necesario contener la austenita residual en el 8% o más por fracción de volumen. Además, debido a la transformación en martensita por trabajo, la austenita residual también contribuye a la obtención de una resistencia alta.

En la microestructura de la chapa de acero base de la presente invención, la ferrita no es esencial. Sin embargo, puesto que la ferrita produce la mejora de la ductilidad, puede estar contenida. En el momento del recocido, es posible controlar la fracción de volumen de la ferrita realizando el recocido en dos fases. Además, es posible controlar la fracción de volumen de la ferrita por enfriamiento después del recocido. Sin embargo, cuando la fracción de ferrita aumenta, la resistencia disminuye. Aunque un elevado aumento de la resistencia se puede obtener mediante el aumento de la resistencia de la precipitación y el aumento de la resistencia de la solución sólida, la fracción de volumen de la ferrita es preferiblemente del 40% o menos.

La perlita puede estar contenida siempre que la fracción de volumen sea el 10% o menos. Cuando la fracción de volumen de perlita supera el 10%, la resistencia y la ductilidad se reducen. Por lo tanto, el límite superior se ha establecido en el 10%.

Además, cada fase de las microestructuras tales como martensita, bainita, austenita, perlita y ferrita pueden ser identificadas y sus ubicaciones y la fracciones de volumen pueden ser observadas y medidas cuantitativamente utilizando un microscopio óptico que tenga un aumento de 1000 veces y un microscopio electrónico de barrido y transmisión que tenga un aumento de 1000 veces a 100000 veces después de que una sección transversal de la chapa de acero en una dirección de laminado o una sección transversal en la dirección en ángulo recto a la dirección de laminado se graba usando un reactivo Nital y el reactivo como se describe en el documento JP 59 - 219473A. La fracción de área de cada estructura se puede obtener observando 20 o más campos y aplicando el método de recuento de puntos o análisis de imágenes. A continuación, la fracción de área obtenida es definida como la fracción de volumen de cada estructura.

El método de clasificación de tres clases de martensitas (1) a (3) es la dureza y la concentración de C. La dureza puede ser obtenida midiendo la dureza de la prueba de nano - indentación para tres o más puntos en granos de martensita y calculando una dureza media Hit. En la chapa de acero base de acuerdo con la presente invención, puesto que hay contenida una gran cantidad de elementos aditivos, el diámetro de grano de cristal es pequeño. Además, en la chapa de acero base de acuerdo con la presente invención, existe un caso en el que un tamaño de indentación es mayor que el diámetro de grano de los granos de martensita en mediciones que utilizan una prueba de dureza Vickers. Por lo tanto, la medición de la dureza de una microrregión se realizó mediante un nano - indentador. Las muestras recortadas en paralelo a la dirección de laminado se incrustan y a continuación se someten a pulido de espejo y pulido electrolítico. A continuación, la medición de la dureza se realizó en las muestras pulidas. Como condiciones de prueba, se midió una profundidad de indentación bajo la condición de 50 nm usando un penetrador de tipo Berkovich. Además, este método de prueba es pequeño en la profundidad de indentación, y es sensible a la relación entre el diámetro del grano de la martensita y el tamaño de la indentación, o las irregularidades de la superficie. Por lo tanto, como prueba preliminar, se realiza el pulido electrolítico en diversas condiciones y la medición de la dureza en la condición con variación de la profundidad de indentación, y se establecen como condiciones de prueba las condiciones para obtener el valor bueno más reproducible.

La concentración de C de los granos de martensita se puede medir por cualquier método de medición que garantice la precisión bajo la condición de obtener una concentración de descomposición precisa. Por ejemplo, la concentración de C de los granos de martensita se puede obtener midiendo cuidadosamente la concentración de C con un paso de 0,5  $\mu\text{m}$  o menos usando EPMA unido a FE - SEM. Por lo tanto, las martensitas (1) a (3) se clasifican de acuerdo con la dureza y la concentración de C.

Además, para distinguir estas martensitas (1) a (3), las Expresiones 1 a 3 usan una expresión relacional entre las cantidades de C, CM1 a CM3, y la dureza de la prueba de nano indentación en cada martensita. Los denominadores de los lados izquierdos de las expresiones 1, 2 y 3, que son valores de entrada de concentración de C, representan la dureza de la martensita libre de carburos (martensita nueva) de la concentración de C. La dureza de la martensita

contenida en la chapa de acero base de la presente invención llega a ser inferior a la dureza de una martensita nueva por precipitación de cementita en granos y templado. Por lo tanto, la clasificación se realiza tomando una relación entre la dureza de una martensita nueva como denominador y la dureza de la martensita de una chapa de acero.

5

(Composición química de la chapa de acero base)

A continuación, se describirá una descripción de las razones para restringir las cantidades de las composiciones de la chapa de acero base en la presente invención. Además, el % en la composición representa el % en masa.

10 C: el C se añade como un elemento que aumenta la resistencia del acero y estabiliza una austenita residual para mejorar la ductilidad. Cuando el contenido es inferior al 0,05%, es difícil garantizar una resistencia a la tracción de 980 MPa o más. La ductilidad, la soldabilidad y la dureza se deterioran notablemente por una adición excesiva que supere al 0,40%. Por lo tanto, el contenido de C se estableció de 0,05% a 0,4%. Un rango más preferido es de 0,13% a 0,3%.

15

Si: El Si es un elemento útil para aumentar la resistencia de la chapa de acero mediante el aumento de la resistencia de la solución sólida. Además, el Si es un elemento esencial que tiene un efecto para promover la concentración de C en la austenita durante la transformación en bainita y genera una austenita residual durante el recocido con el fin de suprimir la formación de cementita. Estos efectos no se presentan cuando el contenido es inferior al 0,01% y la exfoliación a escala y la convertibilidad química generada en la laminación en caliente se deterioran notablemente por una adición excesiva que supere el 3,0%. Por lo tanto, el contenido de Si se estableció de 0,01% a 3,0%.

20

Mn: El Mn es un elemento efectivo para mejorar la capacidad de templado. El efecto de aumentar la capacidad de templado no se presenta suficientemente cuando el contenido es menor del 0,1% y la tenacidad se deteriora por una adición excesiva que exceda el 3,0%. En consecuencia, el contenido de Mn se estableció de 0,1% a 3,0%.

25

Al: El Al es un elemento que tiene una función de desoxidante. Además, el Al es un elemento estabilizador de ferrita como el Si y también se puede usar como una alternativa del Si. Un efecto de este tipo no se presenta cuando el contenido es inferior al 0,01% y la tenacidad se deteriora por una adición excesiva que supere el 2,0%. Por lo tanto, el contenido de Al se estableció de 0,01% a 2,0%.

30

Al + Si: el Al y el Si son elementos que tienen las mismas funciones de estabilización de ferrita y supresión de cementita. En consecuencia, una cantidad total de adición de Al y Si es importante. Cuando la cantidad total de adición es el 0,5% o menos, la función de estabilizar la ferrita y suprimir la cementita se debilita. Por lo tanto, el contenido fue añadido con una cantidad mayor que el 0,5%.

35

P: el P es un elemento de impureza que se segrega en los límites del grano para reducir la resistencia del límite del grano, deteriorando así la tenacidad. Por lo tanto, el contenido se reduce preferiblemente. El límite superior del contenido de P se limitó a 0,04% en consideración a la tecnología de refinación y costos de fabricación actuales. El valor límite inferior de P no está particularmente determinado, pero cuando el valor límite inferior es inferior a 0,0001%, es desventajoso económicamente, por lo que este valor se establece preferentemente como valor límite inferior.

40

S: el S es un elemento de impureza que deteriora la capacidad de trabajo en caliente y la tenacidad, y el contenido preferiblemente es reducido. En consecuencia, el límite superior se limitó a 0,05%. El valor límite inferior de S no está particularmente determinado, pero cuando el valor límite inferior es inferior a 0,0001%, es desventajoso económicamente, por lo que este valor se establece preferentemente como valor límite inferior.

45

N: el N forma nitruros bastos que deterioran la flexibilidad y la capacidad de expansión de orificios. Por lo tanto, es necesario suprimir la cantidad del aditivo. La razón es debida a que la tendencia se vuelve notable cuando el contenido de N supera el 0,01%. Por lo tanto, el contenido de N estaba en un rango de 0,01% o menos. Además, esto provoca que se produzcan orificios en el momento de la soldadura, por lo tanto, cuanto menos, mejor. El efecto de la presente invención se muestra sin determinar en particular el límite inferior, pero cuando el contenido de N es inferior al 0,0005%, el costo de fabricación aumenta drásticamente, por lo que este valor es un límite inferior sustancial.

50

55

Además, se pueden agregar uno o dos o más elementos de Cr, Mo, Ni y Cu. Estos elementos son elementos efectivos para mejorar la ductilidad y la dureza. Sin embargo, cuando el contenido de Cr, Mo, Ni y Cu excede el 1,0%, la dureza puede verse afectada debido a un aumento en la resistencia. En consecuencia, el límite superior de estos elementos se estableció en el 1,0%. Además, para mejorar la ductilidad y la dureza, el contenido necesario de Cr es del 0,05% o más, el contenido necesario de Mo es del 0,05% o más, el contenido necesario de Ni es del 0,05% o más, y el contenido necesario de Cu es del 0,05% o más, por lo que estos valores se establecen como valor límite inferior, respectivamente.

60

Además, se pueden agregar uno o dos o más elementos de Ti, Nb y V. Estos elementos son elementos que forman carbonitruros finos y son eficaces para suprimir el engrosamiento de los granos de cristal, garantizar la resistencia y

65

mejorar la dureza. Para asegurar la resistencia y mejorar la tenacidad, es necesario agregar 0,005% o más de Ti y Nb y 0,01% o más de V. Sin embargo, cuando estos elementos se agregan excesivamente, un precipitado se vuelve basto y la dureza puede deteriorarse. Por consiguiente, la cantidad de aditivos de Nb y Ti se establece preferiblemente en el 0,3% o menos, y la cantidad de aditivo de V se ajusta preferiblemente a 0,5% o menos.

B: el B es un elemento que se segrega en los límites de grano para suprimir la segregación de límites de grano de P y S. Además, este elemento también es eficaz para mejorar la capacidad de endurecimiento. Sin embargo, cuando el contenido de B supera el 0,1%, se produce un precipitado basto en los límites del grano que perjudica la capacidad de trabajo en caliente y la tenacidad. En consecuencia, el contenido de B se establece que sea del 0,1% o menos. Además, con el fin de mejorar la ductilidad, tenacidad y capacidad de trabajo en caliente y mejorar la capacidad de templado mediante el aumento de la resistencia de los límites de grano, la adición de B es preferiblemente de 0,0001% o más.

Además, se pueden agregar uno o dos o más elementos de Ca, Mg y REM. Estos elementos son elementos efectivos para controlar las formas de sulfuro para suprimir el deterioro de la capacidad de trabajo en caliente y la tenacidad debidos al S. REM indica un metal de tierras raras. Sin embargo, incluso cuando estos elementos se agregan excesivamente, puesto que el efecto es saturado, es preferible que se agregue 0,01% o menos de Ca, 0,01% o menos de Mg, y 0,01% o menos de REM, respectivamente. Para mejorar la tenacidad, se añaden preferiblemente 0,0005% o más de Ca, 0,0005% o más de Mg y 0,0005% o más de REM, respectivamente. Además, en la presente invención, generalmente se añade REM en un mischmetal, que además de La y Ce también puede contener otros elementos en combinación de la serie lantanoide. Los efectos de la invención se presentan incluso cuando los elementos de la serie lantanoide distintos de La y Ce están contenidos como impurezas inevitables. Sin embargo, los efectos de la presente invención se muestran incluso cuando se agregan metales tales como La y Ce.

(Composición química de la capa galvanizada por inmersión en caliente y de la capa aleada galvanizado por inmersión en caliente)

En la presente invención, una capa galvanizada por inmersión en caliente formada en la superficie de la chapa de acero base contiene menos del 7% en masa de Fe, siendo el saldo de balance Zn e impurezas inevitables. Además, una capa aleada galvanizado por inmersión en caliente contiene del 7% al 15% en masa de Fe, y el saldo de balance es Zn e impurezas inevitables. La capa galvanizada por inmersión en caliente y la capa aleada galvanizado por inmersión en caliente pueden contener adicionalmente Al del 0,01% al 0,5% en masa y más preferiblemente, pueden contener Al del 0,05% al 0,3% en masa. Además, el baño de galvanización puede contener Fe, Mg, Mn, Si, Cr y otros similares, además de zinc puro y Al.

En un caso en el que se desean soldabilidad por puntos y una propiedad de recubrimiento, es posible mejorar estas propiedades formando la capa aleada galvanizada por inmersión en caliente que contiene del 7% al 15% en masa de Fe en la superficie de la chapa de acero base. Específicamente, cuando la chapa de acero base se somete al tratamiento de aleación mientras está sumergida en el baño de galvanización, el Fe se incorpora en la capa galvanizada y, por lo tanto, la chapa de acero aleado galvanizado por inmersión en caliente de alta resistencia tiene una excelente propiedad de recubrimiento y soldabilidad por puntos puede ser obtenida. Cuando el contenido de Fe después del tratamiento de aleación es inferior al 7% en masa, la soldabilidad por puntos se vuelve insuficiente. Por otro lado, cuando el contenido de Fe excede el 15% en masa, la adhesión de la capa galvanizada se deteriora, y la capa galvanizada se rompe y se cae en el mecanizado, provocando arañazos en la formación al adherirse a un molde. En consecuencia, el contenido de Fe contenido en la capa galvanizada durante el tratamiento de aleación está dentro de un rango del 7% al 15% en masa.

Además, en un caso en el que no se realiza el tratamiento de aleación, incluso cuando el contenido de Fe contenido en la capa galvanizada es inferior al 7% en masa, la resistencia a la corrosión, la formabilidad y la capacidad de expansión de orificios son buenas a excepción de la soldadura por puntos.

Además, la capa galvanizada puede contener Al, Mg, Mn, Si, Cr, Ni, Cu o similares además de Fe.

Con el fin de medir el contenido de Fe y Al contenido en la capa galvanizada, se puede usar un método para disolver la capa galvanizada con un ácido y analizar químicamente la solución disuelta. Por ejemplo, con respecto a la chapa de acero aleado galvanizado por inmersión en caliente cortada en 30 mm x 40 mm, solo se disuelve la capa galvanizada mientras se suprime la elución de la chapa de acero base con una solución acuosa de HCl al 5% con un inhibidor añadido. A continuación, el contenido de Fe y Al se cuantifica usando intensidades de señal obtenidas por análisis de emisión de ICP de la solución disuelta y una curva de calibración preparada a partir de soluciones conocidas de concentración. Además, considerando la variación medida de las muestras, se emplea un valor medio obtenido midiendo al menos tres muestras que se recortan de la misma chapa de acero aleado galvanizado por inmersión en caliente.

La cantidad recubierta del chapado no está particularmente limitada, pero es preferiblemente de 5 g / m<sup>2</sup> o más en la cantidad recubierta en una única superficie de la chapa de acero base desde el punto de vista de la resistencia a la

corrosión. Además, la cantidad recubierta en la superficie única preferiblemente no es mayor de 100 g / m<sup>2</sup> desde el punto de vista de asegurar la adherencia del chapado.

(Método de fabricación de chapa de acero)

5

A continuación, se describirá un método de fabricación.

En la presente invención, el acero que consiste en las composiciones anteriores es colado por fundición de una manera convencional. La palanquilla de acero obtenida (bloque de colada) se somete a laminación en caliente. El bloque de colada se enfría directamente o se enfría una vez y a continuación se calienta a 1200°C o más, y la laminación en caliente termina a una temperatura de transformación de Ar3 o más alta.

10

La chapa de acero base (chapa de acero laminado en caliente) sometida a la laminación en caliente puede ser bobinada en una región de temperatura de 700°C o menos. Cuando la temperatura de bobinado supera los 700°C, la estructura de la chapa de acero laminado en caliente se convierte en una estructura de ferrita o perlita gruesa. Como resultado, una estructura de una chapa de acero final se convierte en una estructura no uniforme, y por lo tanto es difícil obtener una buena capacidad de expansión de orificios. Por lo tanto, el límite superior de la temperatura de bobinado se establece que sea de 700°C.

15

Más preferiblemente, el límite superior es de 650°C o menos y, de la manera más preferible, es de 550°C en la que se forma una fase única de bainita. El límite inferior de la temperatura de bobinado no está particularmente definido. Sin embargo, cuando el límite inferior es inferior a 300°C, la resistencia de la chapa laminado en caliente aumenta y produce interferencia de un laminado en frío en algunos casos. Por lo tanto, el límite inferior es preferiblemente de 300°C o más.

20

25

A continuación, la chapa de acero base (chapa de acero laminado en caliente) se somete al tratamiento de decapado de acuerdo con lo que sea necesario y a continuación se somete al laminado en frío a una relación de reducción de 40% a 70%. Con el fin de refinar una microestructura después del recocido, la laminación en frío se realiza a la relación de reducción del 40% o más. Por otro lado, cuando la relación de reducción del laminado en frío excede del 70%, la carga aumenta por el trabajo de endurecimiento produciendo de esta manera una pérdida de productividad. En consecuencia, la relación de reducción del laminado en frío se establece que sea del 40% al 70%.

30

Después del laminado en frío, la chapa de acero base es recocida entre 730°C y 900°C. Con el fin de controlar la microestructura de la chapa de acero base, una temperatura de calentamiento de las condiciones de recocido y enfriamiento es muy importante en la presente invención. El recocido después del laminado en frío se realiza en el intervalo de 730°C a 900°C para obtener austenita en la que el C está suficientemente concentrado. Cuando la temperatura de recocido es inferior a 730°C, los carburos se funden y permanecen, y por lo tanto no se puede obtener una cantidad requerida de austenita. Cuando la temperatura de recocido excede los 900°C, no es económico. Además, en un caso en el que la temperatura de recocido excede de 900°C, la recristalización continúa y el diámetro del grano se hace más grande, deteriorando así la tenacidad y la ductilidad. Por lo tanto, la temperatura de recocido se establece que sea de 730°C a 900°C.

35

40

Después de someterse al recocido, la chapa de acero base se enfría a una temperatura de 600°C a 750°C a una velocidad de enfriamiento media de 0,1 a 200°C/segundo. A continuación, la chapa de acero base se enfría a una temperatura de 450°C o menos desde una temperatura de 600°C a 750°C a una velocidad de enfriamiento media de 20°C / segundo o más rápida. El objetivo de enfriar la chapa de acero base a la temperatura de 600°C a 750°C a la velocidad de enfriamiento media de 0,1 a 200°C / segundo desde la región de temperatura del recocido es suprimir la formación de perlita que se produce durante el proceso de enfriamiento. Cuando la velocidad de enfriamiento es inferior a 0,1°C / segundo, es difícil evitar la transformación de perlita y una parte o la totalidad de la austenita se transforma en la perlita, por lo que es difícil obtener una alta resistencia de 980 MP o más. Por lo tanto, la velocidad de enfriamiento media de la región de temperatura del recocido a la temperatura de 600 a 750°C se establece para que sea de 0,1°C / segundo o más rápida. Por otro lado, el enfriamiento a la velocidad de enfriamiento de 200°C / segundo o más rápido provoca no solo la saturación del efecto sino también una inversión excesiva de la instalación, de modo que la eficiencia económica se vuelve pobre. Por lo tanto, el límite superior de la velocidad de enfriamiento se establece que sea de 200°C / segundo.

45

50

55

Cuando la velocidad de enfriamiento de la temperatura de 600°C a 750°C a la temperatura de 450°C o menos es lenta, se produce la transformación de bainita y se forma una gran cantidad de carburos en la estructura de bainita, de modo que la austenita se descompone y, por lo tanto, la ductilidad se vuelve débil. Además, puesto que no se pueden obtener tres tipos de martensitas (1) a (3), el saldo de balance de la resistencia y la capacidad de expansión de orificios es bajo. Por esta razón, es necesario enfriar a una velocidad de enfriamiento media de 20°C / segundo o más rápido. Además, el límite superior no está limitado, pero cuando la tasa de enfriamiento se eleva excesivamente, el costo de fabricación aumenta, y por lo tanto el límite superior es preferiblemente 200°C / segundo o más lento.

60

65

A continuación, la chapa de acero base se mantiene en el rango de 350°C a 450°C durante 120 segundos o más. Además, como se ha descrito más arriba, cuando el enfriamiento se realiza desde la temperatura de 600°C a 750°C a la temperatura de 450°C o menos, la temperatura de interrupción del enfriamiento se establece que sea de 350°C o más, y a continuación la chapa de acero base se puede mantener en el rango de 350°C a 450°C durante 120 segundos o más. Alternativamente, cuando el enfriamiento se realiza desde la temperatura de 600°C a 750°C hasta la temperatura de 450°C o menos, la temperatura de interrupción de enfriamiento se establece que sea de inferior a 350°C, y a continuación la chapa de acero base se recalienta y puede mantenerse en el rango de 350°C a 450°C durante 120 segundos o más. La razón es porque la retención en la región de temperatura de 350°C a 450°C es para controlar la estabilidad de la austenita. Cuando el tiempo de retención es corto, no se logra la estabilización de la austenita y no se puede obtener una austenita residual del 8% o más por fracción de volumen. Como resultado, el saldo de balance de la resistencia y la ductilidad fallarán. Por otro lado, la retención durante un tiempo prolongado provoca una estabilización excesiva de la austenita residual y, por lo tanto, la martensita no se forma en el proceso de enfriamiento a temperatura ambiente para realizarse posteriormente y tres clases de martensitas (1) a (3) no son adquiridas. De acuerdo con esto, el tiempo de retención se establece preferiblemente para que sea de 1000 segundos o más corto.

Posteriormente, la chapa de acero base se enfría una vez a 70°C o menos a la velocidad de enfriamiento media de 5°C / segundo o más rápido. Una temperatura de consecución de enfriamiento puede ser la temperatura ambiente. Sin embargo, puesto que la temperatura de consecución varía de acuerdo con la temporada, la temperatura de consecución puede ser de 70°C o menos en términos de materiales de fijación y puede variar de acuerdo con la temporada. Además, la velocidad de enfriamiento media de hasta 70°C se debe establecer en 5°C / segundo o más rápido. El límite superior no está particularmente determinado, pero el enfriamiento a una velocidad de enfriamiento superior a 200°C / segundo provoca no solo la saturación del efecto sino también una gran inversión en la instalación, de manera que la eficiencia económica se hace pobre. Por lo tanto, el límite superior de la velocidad de enfriamiento se ajusta preferiblemente a 200°C / segundo o más lento. Por esta razón, una parte de la austenita se transforma en martensitas. Al realizar dicho tratamiento térmico, se puede obtener una estructura compuesta de bainita, una austenita residual y martensita. Sin embargo, la ferrita puede estar parcialmente contenida. Además, la martensita obtenida por el enfriamiento hasta la temperatura ambiente es una martensita nueva que es el origen de la martensita (1).

A continuación, se lamina la chapa de acero base enfriada a 70°C o menos. Una parte de la austenita residual en la chapa de acero base se transforma mediante el trabajo de laminación, y así se genera una transformación de martensita inducida por deformación. Por lo tanto, la transformación de martensita inducida por deformación obtenida por la laminación es el origen de la martensita (2). La austenita que permanece a la temperatura ambiente contiene C de 0,8% en masa o más, y la transformación de la martensita inducida por deformación formada por la transformación de la austenita anterior se vuelve dura. Para obtener una martensita de transformación inducida por deformación suficiente, se establece un porcentaje de elongación (relación de reducción) de la laminación de 0,2% a 2%. El efecto no es suficiente cuando el porcentaje de elongación es inferior al 0,2%, y la relación de rendimiento aumenta significativamente y la elongación se deteriora cuando el porcentaje de elongación supera el 2%.

A continuación, después de someterse a un prechapado de Ni, de acuerdo con lo que sea necesario, la chapa de acero base se somete a un proceso de galvanizado o de galvanizado y aleación por calentamiento. En el caso de realizar el prechapado de Ni, después de que la chapa de acero base se somete al decapado, la superficie de la chapa de acero base se elimina puliendo a una profundidad de 0,1  $\mu\text{m}$  o más y a continuación se aplica el Ni en la superficie de la chapa de acero base con 0,2 a 2 g /  $\text{m}^2$ . Con el fin de suprimir los fallos de galvanización y realizar la aleación, la superficie de la chapa de acero se somete preferiblemente al pulido o al prechapado de Ni. La razón es porque los óxidos se forman fácilmente en la superficie de la chapa de acero base y los fallos de galvanización y el retardo de tratamiento de aleación de la galvanización por inmersión en caliente se producen fácilmente a través de una pluralidad de procesos de tratamiento de calentamiento.

Después del recocido, en algunos casos existen óxidos de Si, Mn y similares en la capa superficial de la chapa de acero base. Cuando existen estos óxidos, incluso si se supone que la chapa de acero base es sometida al prechapado de Ni, en algunos casos se producen fallos de galvanización. Por esta razón, es necesario eliminar los óxidos realizando el pulido. Puesto que el efecto se vuelve notable puliendo a 0,1  $\mu\text{m}$  o más de profundidad desde la capa superficial de la chapa de acero base, se establece una cantidad de pulido de 0,1  $\mu\text{m}$ . El límite superior no está particularmente determinado. Sin embargo, puesto que la chapa de acero se vuelve delgada y el rendimiento del producto se reduce de acuerdo con la cantidad de pulido, la cantidad de pulido es preferiblemente pequeña.

Cuando una cantidad recubierta de Ni se establece que sea de 0,2 a 2 g /  $\text{m}^2$ , los fallos de galvanización se suprimen en el momento de la galvanización por inmersión en caliente posterior. En la cantidad recubierta de Ni de menos de 0,2 g /  $\text{m}^2$ , puesto que el efecto de suprimir los fallos de galvanización no se obtiene de manera suficiente, el límite inferior del mismo se establece que sea de 0,2 g /  $\text{m}^2$ . El efecto de suprimir los fallos de galvanizado se puede obtener sin determinar específicamente el límite superior, pero el límite superior que supera 2,0 g /  $\text{m}^2$  causa no solo la saturación del efecto sino también una inversión excesiva en las instalaciones, por lo que no es deseable que la eficiencia económica se vuelva pobre. Además, esto requiere una inversión excesiva de la instalación o una

operación que se redujo extremadamente de velocidad de paso de la chapa, por lo que no es deseable que la eficiencia económica se vuelva pobre.

La temperatura de la chapa de acero base que se sumerge en el baño de galvanizado por inmersión en caliente está en un rango desde una temperatura inferior en 40°C en comparación con la temperatura del baño de galvanización por inmersión en caliente, hasta una temperatura que es más alta en 50°C en comparación con la temperatura del baño de galvanización por inmersión en caliente. Cuando la temperatura de la chapa base de acero a sumergir está por debajo de la temperatura de baño de galvanización por inmersión en caliente de - 40°C, la pérdida de calor al sumergirla en el baño de galvanización aumenta y una parte del zinc fundido se solidifica, lo que conduce a un deterioro de la apariencia externa galvanizada en algunos casos. Además, cuando la temperatura de la chapa de acero base está por encima de la temperatura del baño de galvanización por inmersión en caliente + 50°C, se inducen problemas operativos asociados con un aumento de la temperatura del baño de galvanización. Además, la temperatura del baño de galvanización se maneja para que sea de 440°C a 470°C. La disminución de la temperatura del baño de galvanización conduce a la solidificación de la galvanización por inmersión en caliente existente en el baño y se convierte en una causa de los fallos de galvanización o se convierte en una causa de deterioro de la apariencia.

Por lo tanto, la chapa de acero laminado debe calentarse desde la "temperatura del baño de galvanizado por inmersión en caliente - 40°C" a la temperatura del baño de galvanizado por inmersión en caliente + 50°C". Aquí, la chapa de acero base se calienta a una velocidad de aumento de temperatura media de 10°C / segundo o más. Aquí, cuando la velocidad de calentamiento es inferior a 10°C / segundo, la superficie de la chapa de acero base se pule y se retira mientras que el niquelado previo y la deformación inducida se relajan, de modo que no se puede obtener el efecto de aleación. Además, cuando la temperatura de calentamiento es inferior a la "temperatura del baño de galvanizado por inmersión en caliente - 40", los fallos de galvanización se producen fácilmente durante el galvanizado por inmersión en caliente. Cuando la temperatura de calentamiento está por encima de la "temperatura del baño de galvanizado por inmersión en caliente + 50°C", la superficie de la chapa de acero base se pule y se retira y la tensión inducida se relaja, de manera que no se puede obtener el efecto de promoción de la aleación.

En un tanque de galvanización por inmersión en caliente, es preferible proporcionar un flujo de chorro de 10 m / min o más y 50 m / min o menos en el baño de galvanización para suprimir los fallos de galvanización y promover la aleación. La escoria, que es una película de óxido de Zn o Al, flota en la superficie del baño de galvanización. Cuando la película de óxido permanece en la superficie de la chapa de acero base en grandes cantidades, la escoria se adhiere a la superficie de la chapa de acero base en el momento de la inmersión en el baño de galvanización y los fallos de galvanización se producen fácilmente. Además, la escoria adherida a la chapa de acero causa no solo los fallos de galvanización sino también el retardo de la aleación.

Esta propiedad es particularmente notable en la chapa de acero que contiene una gran cantidad de Si y Mn. El mecanismo detallado no está claro, pero se considera que los fallos de galvanización y el retardo de aleación se facilitan por la reacción entre el óxido de Si o Mn, que se forma en la superficie de la chapa de acero base, y la escoria que es similar al óxido. La razón para establecer el caudal del chorro en 10 m / min o más y 50 m / min o menos se debe a que el efecto de supresión de los fallos de galvanización debido al chorro no se puede obtener a un caudal inferior a 10 m / min. La razón para establecer el caudal en 50 m / min o menos se debe a que el efecto de supresión de los fallos de galvanización está saturado y también se evita un alto costo debido a la inversión excesiva en las instalaciones.

Además, el baño de galvanización puede contener Fe, Al, Mg, Mn, Si, Cr y similares además de zinc puro.

A continuación, cuando la chapa de acero base se somete al galvanizado por inmersión en caliente o al galvanizado por inmersión en caliente y el tratamiento de aleación sumergiéndola en el baño de galvanización por inmersión en caliente, la martensita en la chapa de acero base se temple. Es decir, como se ha descrito más arriba, la martensita nueva que es el origen de la martensita (1) y la martensita de transformación inducida por tensión que es el origen de la martensita (2) están contenidas en la chapa de acero base para ser sumergidas en el baño de galvanización por inmersión en caliente. Cuando la chapa de acero base se somete a la inmersión y al tratamiento térmico de aleación en el baño de galvanización por inmersión en caliente, la martensita nueva y la martensita de transformación inducida por deformación formada previamente en la chapa de acero base se temple. Como resultado, se forman la martensita (1) y la martensita (2).

A continuación, la chapa de acero galvanizado por inmersión en caliente sometida a la galvanización por inmersión en caliente o la chapa de acero aleado galvanizado por inmersión en caliente sometida a la galvanización por inmersión en caliente y el tratamiento de aleación se enfría a 70°C o menos. La temperatura de consecución del enfriamiento se puede configurar para que sea la temperatura ambiente. Sin embargo, puesto que la temperatura de consecución varía de acuerdo con la temporada, la temperatura de consecución puede ser de 70°C o menos en términos de materiales de aseguramiento y puede variar de acuerdo con la temporada. Además, la velocidad de enfriamiento media de hasta 70°C se debe establecer en 5°C / segundo o más rápida. El límite superior no está particularmente determinado, pero el enfriamiento a la velocidad de enfriamiento por encima de 200°C / segundo causa no solo la saturación del efecto sino también una gran inversión en la instalación, por lo que es económicamente indeseable. Por lo tanto, el límite superior de la velocidad de enfriamiento se ajusta preferiblemente

a 200°C / segundo o más lenta. Mediante el enfriamiento, una parte de la austenita residual en la chapa de acero base se transforma en martensita. La martensita generada de esta manera se convierte en una martensita (3) que tiene la estructura más dura.

5 En solo el tratamiento térmico, solo se produce la descomposición de la austenita residual. Sin embargo, en la presente invención, la chapa de acero ha sido sometida previamente a laminado y de esta manera la austenita residual se procesa adicionalmente. Como resultado, una parte de la austenita residual se transforma en martensita mientras se enfría después del tratamiento térmico. La martensita (3) obtenida como resultado se convierte en una estructura de refuerzo para lograr un elevado aumento de la resistencia. El mecanismo detallado no está claro, pero  
10 cuando la estructura de la chapa de acero sometida al laminado se comparó con la estructura de la chapa de acero, que no se sometió a laminado, en detalle, esta martensita no se observó en la chapa de acero que no se había sometido a laminado. Por esta razón, se supone que una dislocación inducida mientras se realiza el laminado contribuye a la transformación de la martensita en el momento del tratamiento térmico y el tratamiento posterior.

15 Además, para obtener la martensita (3), es necesario calentar la chapa de acero base a la temperatura de la temperatura del baño de galvanización por inmersión en caliente - 40(°C) o más y 560°C o menos. En el calentamiento a la temperatura del baño de galvanización por inmersión en caliente - 40°C o menos, no se puede obtener la martensita mientras se realiza la refrigeración posteriormente. Por otro lado, cuando la chapa de acero base se calienta a una temperatura superior a 560°C, los carburos se precipitan notablemente y la austenita se descompone, y así es difícil obtener la cantidad de austenita residual que se requiere para la mejora de la elongación. Por esta razón, en el caso de realizar el galvanizado por inmersión en caliente, la temperatura de calentamiento de la chapa de acero base se establece que sea de 560°C o menos. Además, cuando el tiempo requerido para el tratamiento térmico de aleación es largo, la austenita se descompone. De acuerdo con esto, un tiempo del tratamiento de aleación se ajusta preferiblemente a 40 segundos o más corto.

25 Además, en una instalación tal como una instalación de galvanizado por inmersión en caliente continuo para realizar continuamente el tratamiento térmico y el chapado, la chapa de acero no se enfría a la temperatura ambiente en un curso medio y no se somete al laminado en un curso medio. En consecuencia, no se pudieron realizar los controles de estructura de la fabricación por separado de tres clases de martensitas como en la presente invención y para asegurar la austenita residual. En consecuencia, fue difícil lograr toda la resistencia, ductilidad y capacidad de expansión de orificios con un alto nivel.

35 Además, cuando la capa superficial de la chapa de acero base está prechapada con Ni después de ser pulida y eliminada hasta 0,1 µm o más, la aleación se promueve durante el tratamiento de aleación por calentamiento después del galvanizado para bajar la temperatura de calentamiento en el momento del tratamiento de aleación. Por esta razón, la cementita no se genera durante el tratamiento de aleación por calentamiento y se evita el deterioro de la capacidad de expansión de orificios. El mecanismo de la promoción de la aleación no está claro, pero se considera que la superficie se activa debido a la tensión inducida en la capa superficial de la chapa de acero por el pulido. Los ejemplos de métodos de pulido y eliminación de la capa superficial de la chapa de acero base pueden  
40 incluir el pulido con cepillos, el pulido con papel de lija o el pulido mecánico. El método de prechapado de Ni puede ser cualquiera de entre electro chapado, chapado por inmersión y chapado por pulverización, y el peso del chapado es preferiblemente de aproximadamente 0,2 a 2 g / m<sup>2</sup>. Cuando el pulido y la cantidad eliminada de la capa superficial de la chapa de acero es de 0,1 µm o menos y no se realiza el prechapado de Ni, o cuando el peso del prechapado es de 0,2 g / m<sup>2</sup> o menos o 2 g / m<sup>2</sup>, no se obtiene el efecto de promoción de la aleación y la temperatura de aleación se eleva inevitablemente. Por lo tanto, como se describe a continuación, no se impide el deterioro de la capacidad de expansión de orificios. Con el fin de obtener adicionalmente el efecto de promoción de la aleación, la cantidad de pulido y eliminación de la capa superficial de la chapa de acero se ajusta preferiblemente a 0,5 µm o más.

50 Además, en el caso de fabricar la chapa de acero aleado galvanizado por inmersión en caliente, una concentración de Al efectiva en el baño de galvanización se controla preferiblemente en el intervalo de 0,05% a 0,500% en masa para controlar las propiedades de la capa galvanizada. Aquí, la concentración efectiva de Al en el baño de galvanización es un valor obtenido al restar una concentración de Fe en el baño de galvanización de la concentración de Al en el baño de galvanización.

55 Cuando la concentración efectiva de Al es inferior al 0,05% en masa, se produce una escoria significativa y no se puede obtener una buena apariencia. Por otro lado, si la concentración efectiva de Al es superior de 0,500 en masa, la aleación se retrasa y la productividad disminuye. Por esta razón, el límite superior de la concentración efectiva de Al en el baño de galvanización se establece preferiblemente en el 0,500% en masa.

60 Con el fin de mejorar la propiedad de recubrimiento y la soldabilidad, las superficies de la chapa de acero galvanizado por inmersión en caliente y la chapa de acero aleado galvanizado por inmersión en caliente de la presente invención pueden ser sometidas a chapado de la capa superior y a una variedad de tratamientos, por ejemplo, un tratamiento con cromato, un tratamiento con fosfato, un tratamiento que mejora la lubricidad, un  
65 tratamiento que mejora la soldabilidad u otros similares.

Después de la galvanización por inmersión en caliente y del tratamiento de aleación con calentamiento, el laminado se realiza preferiblemente con el fin de enderezar la forma final y la pérdida de la elongación del punto de fluencia. Cuando el porcentaje de elongación es inferior al 0,2%, el efecto no es suficiente. Por otro lado, cuando el porcentaje de elongación supera el 1%, la relación de rendimiento aumenta drásticamente y la elongación se deteriora. Por lo tanto, el porcentaje de elongación preferiblemente se establece que sea del 0,2% al 1%. Además, antes de sumergirla en el baño de galvanización, la chapa de acero puede someterse al decapado después del recocido para eliminar las escamas generadas durante el recocido.

[Ejemplos]

Los efectos de la presente invención se describirán a continuación con más detalle utilizando el Ejemplo. Incidentalmente, las condiciones de los ejemplos son ejemplos de condiciones empleadas para conformar la aplicabilidad y los efectos de la presente invención, y la presente invención no se limita a estos ejemplos de condiciones. La presente invención puede emplear diversas condiciones siempre que se consiga el objeto de la presente invención sin apartarse de la esencia de la presente invención.

Se fabricaron una chapa de acero galvanizado por inmersión en caliente y una chapa de acero aleado galvanizado por inmersión en caliente en las condiciones que se indican en las Tablas 2 y 3 colando acero que tiene las composiciones que se indican en la Tabla 1. En primer lugar, las chapas de acero que tenían cada composición fueron calentadas a una temperatura de calentamiento de la chapa (°C) y a continuación el laminado en caliente se terminó a una temperatura de laminado de acabado (°C). La chapa de acero laminado en caliente obtenida se bobinó a una temperatura de bobinado (°C) y a continuación se sometió al laminado en frío indicado por una relación de laminación en frío (%). Además, puesto que la forma de chapa es pobre cuando la chapa de acero se sometió con laminado en frío a una relación de laminación en frío del 30% (relación de laminación en frío menos del 40%) y la aparición de arañazos se produjo cuando la chapa pasó posteriormente a través de una instalación de recocido, el paso de la chapa fue abandonado. Además, cuando el laminado en frío se realizó con una relación de laminado en frío del 80% (relación de laminación en frío superior al 70%), la carga de laminado llegó a un valor máximo y no se obtuvo un grosor de chapa predeterminado, por lo que el laminado en frío con la relación de laminación del 80% fue abandonado.

Después del laminado en frío, la chapa de acero base se recoció a la temperatura de recocido (°C), se enfrió (enfriamiento primario) a una temperatura de enfriamiento primario (°C) a una velocidad de enfriamiento primario (°C / segundo), y a continuación se enfrió (enfriamiento secundario) a una temperatura de interrupción de enfriamiento (°C) a una velocidad de enfriamiento secundaria (°C / segundo). A continuación, la chapa de acero base se mantuvo a una temperatura de mantenimiento (°C) durante un tiempo de retención (segundo).

A partir de entonces, la chapa de acero base se enfrió a 70°C o menos con una velocidad de enfriamiento media de 5°C / segundo o más rápida y a continuación se laminó con una relación de laminación (porcentaje de elongación) (%). El grosor de la chapa fue de 1,4 mm. Posteriormente, la superficie de la chapa de acero base se pulió y se eliminó hasta una profundidad de una cantidad de pulido superficial ( $\mu\text{m}$ ) y a continuación se sometió al prechapado de Ni con el peso de prechapado de Ni ( $\text{g} / \text{m}^2$ ).

A continuación, la chapa de acero base se calentó a la temperatura de calentamiento (°C) a una velocidad de aumento de temperatura (°C / s) y a continuación se sometió a la galvanización por inmersión en caliente sumergiéndola en el baño de galvanización por inmersión en caliente. Además, la chapa de acero base se sometió al tratamiento de aleación por calentamiento durante un tiempo de aleación (segundo) a la temperatura de aleación (°C), de acuerdo con lo que fuese necesario. Además, la velocidad del flujo de chorro ( $\text{m} / \text{min}$ ) en el baño de galvanización se proporcionó en un tanque de galvanización por inmersión en caliente. Además, la temperatura del baño de galvanización se gestionó para que fuese de 440°C a 470°C.

A partir de entonces, la chapa de acero base se enfrió a 70°C o menos a una velocidad de enfriamiento media de 5°C / segundo o más rápida.

Se estimaron las propiedades mecánicas, la capacidad de expansión de orificios ( $\lambda$ ), una apariencia exterior galvanizada, un grado de aleación y la adhesión del chapado del acero galvanizado por inmersión en caliente obtenido y de la chapa de acero aleado galvanizado por inmersión en caliente (Tabla 4). Las propiedades mecánicas se estimaron por medio de un ensayo de tracción basado en JIS Z 2241. La resistencia a la tracción (TS) y la elongación total (EL) se calcularon a partir de una curva esfuerzo - deformación de la prueba de tracción. A continuación, se calcularon TS x EL y TS x  $\lambda$  como una indicación de viabilidad. La capacidad de expansión de orificios se estimó por la realización de una prueba de expansión de orificios basada en el Estándar JFS T 1001 de la Federación del Hierro y el Acero de Japón para medir la relación de expansión de orificios. Se determinó que la conformabilidad era buena cuando TS x EL era de 17000 MPa % o más y TS x  $\lambda$  era de 40000 MPa % o más. El aspecto externo galvanizado se estimó con las marcas O y X al determinar la presencia o ausencia de fallos de galvanización por medio de la observación visual. Aquí, la marca O indica que no hay fallo de galvanización, y la marca X indica que hay fallos de galvanización. La aleación de Fe% indica una masa% de Fe contenida en la capa galvanizada. En la chapa de acero aleado galvanizado por inmersión en caliente sometida al tratamiento de

aleación, el contenido de 7% a 15% de Fe indica que la aleación ha avanzado bien. En la chapa de acero galvanizado por inmersión en caliente que no está sujeta al tratamiento de aleación, el contenido de Fe puede ser del 7% o menos.

- 5 Los Experimentos números a, ba, bt, c, d, e, fa, g, ha, ht, i, j, k, l, m, n y o son ejemplos de la presente invención en los que todas las propiedades pasan y se obtiene la chapa de acero de la propiedad deseada. Por otro lado, en otros números de Experimentos en los que la composición o el método de fabricación están fuera del alcance de la presente invención, varias propiedades no se pudieron alcanzar.

[Tabla 1]

| Tipo acero núm. | C    | Si  | Mn  | P     | S      | N      | Al    | Al+Si | Otros                   | Nota                  |
|-----------------|------|-----|-----|-------|--------|--------|-------|-------|-------------------------|-----------------------|
| 1               | 0,13 | 1,5 | 2,7 | 0,01  | 0,002  | 0,004  | 0,015 | 1,515 | -                       | Acero de la invención |
| 2               | 0,18 | 1,5 | 2,4 | 0,012 | 0,003  | 0,0033 | 0,018 | 1,518 | -                       | Acero de la invención |
| 3               | 0,19 | 2,7 | 1,6 | 0,011 | 0,0041 | 0,0043 | 1,213 | 3,913 | Cr:0.96                 | Acero de la invención |
| 4               | 0,18 | 0,1 | 2,5 | 0,013 | 0,004  | 0,0022 | 0,51  | 0,61  | Ce:0.01,La:0.002, V:0.4 | Acero de la invención |
| 5               | 0,28 | 1,8 | 1,6 | 0,012 | 0,01   | 0,0022 | 0,576 | 2,376 | -                       | Acero de la invención |
| 6               | 0,27 | 0,6 | 2,4 | 0,01  | 0,0013 | 0,0024 | 1,751 | 2,351 | Mg:0,0008               | Acero de la invención |
| 7               | 0,23 | 1,7 | 2,5 | 0,02  | 0,0023 | 0,0029 | 0,019 | 1,719 | Ca:0.008                | Acero de la invención |
| 8               | 0,35 | 1,6 | 2,4 | 0,01  | 0,0014 | 0,0034 | 0,785 | 2,385 | -                       | Acero de la invención |

ES 2 670 893 T3

(continuación)

| Tipo acero<br>núm.   | C          | Si         | Mn         | P      | S      | N      | Al          | Al+Si        | Otros              | Nota                     |
|--|------------|------------|------------|--------|--------|--------|-------------|--------------|--------------------|--------------------------|
| 9  | 0,19       | 1,5        | 1,9        | 0,02   | 0,002  | 0,0041 | 0,58        | 2,08         | Ti:0.03            | Acero de la invención    |
| 10   | 0,19       | 1,4        | 1,7        | 0,03   | 0,001  | 0,002  | 0,46        | 1,86         | B:0.001            | Acero de la invención    |
| 11   | 0,18       | 1,3        | 1,8        | 0,02   | 0,002  | 0,0024 | 0           | 1,3          | Mo:0.1             | Acero de la invención    |
| 12   | 0,2        | 1,8        | 2,6        | 0,03   | 0,001  | 0,0033 | 0,08        | 1,88         | Cr:0.8             | Acero de la invención    |
| 13   | 0,19       | 1,7        | 2,5        | 0,013  | 0,0015 | 0,0012 | 0,023       | 1,723        | Nb:0.051           | Acero de la invención    |
| 14   | 0,21       | 1,5        | 2,4        | 0,006  | 0,0042 | 0,0043 | 0,033       | 1,533        | Ti:0.056, B:0.0053 | Acero de la invención    |
| 15   | 0,19       | 1,8        | 1,8        | 0,011  | 0,0032 | 0,0027 | 0,016       | 1,816        | Mo:0.33            | Acero de la invención    |
| 16   | <u>0,7</u> | 2,4        | 2,3        | 0,013  | 0,0047 | 0,0039 | 0,032       | 2,432        | -                  | <u>Acero comparativo</u> |
| 17   | 0,18       | <u>3,4</u> | 2,5        | 0,014  | 0,0037 | 0,0015 | 0,048       | 3,448        | -                  | <u>Acero comparativo</u> |
| 18   | 0,25       | 2          | <u>3,5</u> | 0,014  | 0,0049 | 0,0012 | 0,069       | 2,069        | Ca:0.015           | <u>Acero comparativo</u> |
| 22   | 0,19       | 1,75       | 2,64       | 0,08   | 0,0015 | 0,005  | <u>2,36</u> | 4,11         | Ca:0.003           | <u>Acero comparativo</u> |
| 23   | 0,35       | 0,1        | 2,4        | 0,08   | 0,0015 | 0,005  | 0,164       | <u>0,264</u> | -                  | <u>Acero comparativo</u> |
| 24   | 0,09       | 2,87       | 1,8        | 0,0022 | 0,0006 | 0,002  | 0,02        | 2,89         | <u>Cr:1.8</u>      | <u>Acero comparativo</u> |
| 25   | 0,11       | 1,7        | 2,9        | 0,0006 | 0,0007 | 0,0003 | 0,08        | 1,78         | <u>Ti:0.9</u>      | <u>Acero comparativo</u> |
| Los subrayados indican que un valor numérico se encuentra fuera del rango de la presente invención |            |            |            |        |        |        |             |              |                    |                          |

[Tabla 2]

| Núm. de Experimento | Tipo acero n <sup>úm</sup> | Temperatura calentamiento bloque [°C] | Temperatura laminado final [°C] | Temperatura bobinado [°C] | Relación bobinado en frío [%] | Temperatura de recocido [°C] | Temperatura enfriamiento primario [°C] | Velocidad enfriamiento primario [°C/seg] | Velocidad enfriamiento secundario [°C/seg] | Temperatura de parada de enfriamiento [°C] | Nota                     |
|---------------------|----------------------------|---------------------------------------|---------------------------------|---------------------------|-------------------------------|------------------------------|--|--|--|--|--------------------------|
| a                   | 1                          | 1230                                  | 900                             | 500                       | 50                            | 880                          | 690                                    | 1,2                                      | 120  | 370  | Acero presente invención |
| ba                  | 2                          | 1230                                  | 890                             | 640                       | 55                            | 820                          | 680                                    | 1,9                                      | 50   | 290  | Acero presente invención |
| bb                  | 2                          | 1220                                  | 890                             | 650                       | 55                            | <u>700</u>                   | 670                                    | 10,7                                     | 60   | 380  | <u>Acero comparativo</u> |
| be                  | 2                          | 1200                                  | 900                             | 590                       | 55                            | 790                          | <u>520</u>                             | 1,5                                      | 120  | 380  | <u>Acero comparativo</u> |
| bd                  | 2                          | 1180                                  | 920                             | 620                       | 55                            | 800                          | 650                                    | <u>0,03</u>                              | 180  | 370  | <u>Acero comparativo</u> |
| be                  | 2                          | 1200                                  | 910                             | 570                       | 55                            | 810                          | 670                                    | 1,2                                      | 8  | 400  | <u>Acero comparativo</u> |
| bf                  | 2                          | 1230                                  | 930                             | 630                       | 55                            | 810                          | 740                                    | 1,8                                      | 60   | 370  | <u>Acero comparativo</u> |
| bg                  | 2                          | 1200                                  | 890                             | 580                       | 55                            | 820                          | 710                                    | 1,2                                      | 50   | 350  | <u>Acero comparativo</u> |
| bh                  | 2                          | 1190                                  | 920                             | 600                       | 55                            | 810                          | 730                                    | 1,6                                      | 60   | 420  | <u>Acero comparativo</u> |
| bi                  | 2                          | 1210                                  | 890                             | 590                       | 55                            | 800                          | 740                                    | 1,5                                      | 50   | 400  | <u>Acero comparativo</u> |
| bi                  | 2                          | 1220                                  | 880                             | 580                       | 55                            | 820                          | 710                                    | 2,7                                      | 70   | 380  | <u>Acero comparativo</u> |
| bk                  | 2                          | 1210                                  | 890                             | 600                       | 55                            | 810                          | 720                                    | 2,3                                      | 80   | 390  | <u>Acero comparativo</u> |
| bl                  | 2                          | 1200                                  | 970                             | 600                       | 55                            | 820                          | 710                                    | 3,8                                      | 120  | 390  | <u>Acero comparativo</u> |
| bm                  | 2                          | 1230                                  | 930                             | 600                       | 55                            | 820                          | 710                                    | 3,8                                      | 100  | 400  | <u>Acero comparativo</u> |

(continuación)

| Núm. de Experimento | Tipo acero núm | Temperatura calentamiento bloque [°C] | Temperatura laminado final [°C] | Temperatura bobinado [°C] | Relación bobinado en frío [%] | Temperatura de recocido [°C] | Temperatura enfriamiento primario [°C] | Velocidad enfriamiento primario [°C/seg] | Velocidad enfriamiento secundario [°C/seg] | Temperatura de parada de enfriamiento [°C] | Nota                     |
|---------------------|----------------|---------------------------------------|---------------------------------|---------------------------|-------------------------------|------------------------------|--|--|--|--|--------------------------|
| bn                  | 2              | 1210                                  | 920                             | 610                       | 55                            | 830                          | 680                                    | 3,8                                      | 120  | 390  | Acero comparativo        |
| bo                  | 2              | 1200                                  | 900                             | 640                       | 55                            | 820                          | 680                                    | 4,5                                      | 60   | 420  | Acero comparativo        |
| bp                  | 2              | 1200                                  | 880                             | 530                       | 55                            | 820                          | 680                                    | 1,2                                      | 80   | 70   | Acero comparativo        |
| bq                  | 2              | 1250                                  | 920                             | 540                       | 55                            | 830                          | 690                                    | 1,2                                      | 80   | 50   | Acero comparativo        |
| br                  | 2              | 1240                                  | 920                             | 580                       | 55                            | 820                          | 680                                    | 1,2                                      | 80   | 500  | Acero comparativo        |
| bs                  | 2              | 1230                                  | 900                             | 600                       | 55                            | 820                          | 680                                    | 1,2                                      | 70   | 580  | Acero comparativo        |
| bt                  | 2              | 1230                                  | 920                             | 580                       | 55                            | 820                          | 690                                    | 1,2                                      | 120  | 320  | Acero presente invención |
| c                   | 3              | 1210                                  | 880                             | 550                       | 57                            | 880                          | 690                                    | 3,4                                      | 80   | 360  | Acero presente invención |
| d                   | 4              | 1230                                  | 930                             | 500                       | 49                            | 850                          | 690                                    | 1,8                                      | 70   | 430  | Acero presente invención |
| e                   | 5              | 1230                                  | 950                             | 500                       | 60                            | 870                          | 690                                    | 2,9                                      | 60   | 400  | Acero presente invención |
| fa                  | 6              | 1230                                  | 890                             | 500                       | 48                            | 880                          | 720                                    | 13,5                                     | 50   | 390  | Acero presente invención |
| fb                  | 6              | 1220                                  | 870                             | 600                       | 50                            | 680                          | 680                                    | 2,4                                      | 100  | 400  | Acero presente invención |
| fc                  | 6              | 1200                                  | 890                             | 540                       | 50                            | 820                          | 530                                    | 2,4                                      | 120  | 400  | Acero comparativo        |
| fd                  | 6              | 1190                                  | 900                             | 490                       | 50                            | 800                          | 650                                    | 0,06                                     | 140  | 410  | Acero comparativo        |

(continuación)

| Núm. de Experimento | Tipo acero núm | Temperatura calentamiento bloque [°C] | Temperatura laminado final [°C] | Temperatura bobinado [°C] | Relación bobinado en frío [%] | Temperatura de recocido [°C] | Temperatura enfriamiento primario [°C] | Velocidad enfriamiento primario [°C/seg] | Velocidad enfriamiento secundario [°C/seg] | Temperatura de parada de enfriamiento [°C] | Nota              |
|---------------------|----------------|---------------------------------------|---------------------------------|---------------------------|-------------------------------|------------------------------|--|--|--|--|-------------------|
| fe                  | 6              | 1200                                  | 930                             | 590                       | 50                            | 840                          | 670                                    | 1,6                                      | 6  | 390  | Acero comparativo |
| ff                  | 6              | 1230                                  | 890                             | 560                       | 50                            | 850                          | 720                                    | 2,4                                      | 80   | 430  | Acero comparativo |
| fg                  | 6              | 1200                                  | 900                             | 630                       | 50                            | 840                          | 700                                    | 1,6                                      | 60   | 450  | Acero comparativo |
| fh                  | 6              | 1220                                  | 960                             | 590                       | 50                            | 850                          | 720                                    | 2,2                                      | 50   | 370  | Acero comparativo |
| fi                  | 6              | 1220                                  | 950                             | 560                       | 50                            | 840                          | 710                                    | 1,6                                      | 70   | 390  | Acero comparativo |
| fj                  | 6              | 1200                                  | 920                             | 590                       | 50                            | 860                          | 690                                    | 2,8                                      | 100  | 400  | Acero comparativo |
| fk                  | 6              | 1210                                  | 900                             | 630                       | 50                            | 830                          | 720                                    | 2,4                                      | 130  | 400  | Acero comparativo |
| fl                  | 6              | 1240                                  | 960                             | 420                       | 50                            | 840                          | 700                                    | 5,6                                      | 120  | 390  | Acero comparativo |
| fin                 | 6              | 1180                                  | 890                             | 550                       | 50                            | 850                          | 690                                    | 2,4                                      | 90   | 390  | Acero comparativo |
| fn                  | 6              | 1200                                  | 900                             | 490                       | 50                            | 840                          | 710                                    | 6,2                                      | 80   | 390  | Acero comparativo |
| fo                  | 6              | 1210                                  | 910                             | 500                       | 50                            | 830                          | 710                                    | 2,4                                      | 60   | 400  | Acero comparativo |
| fp                  | 6              | 1230                                  | 930                             | 550                       | 50                            | 810                          | 700                                    | 2,4                                      | 70   | 70   | Acero comparativo |
| fq                  | 6              | 1210                                  | 880                             | 600                       | 50                            | 810                          | 680                                    | 2,4                                      | 70   | 50   | Acero comparativo |
| fr                  | 6              | 1240                                  | 900                             | 590                       | 50                            | 810                          | 680                                    | 2,4                                      | 60   | 520  | Acero comparativo |

(continuación)

| Núm. de Experimento | Tipo acero n <sup>úm</sup> | Temperatura calentamiento bloque [°C] | Temperatura laminado final [°C] | Temperatura bobinado [°C] | Relación bobinado en frío [%] | Temperatura de recocido [°C] | Temperatura enfriamiento primario [°C] | Velocidad enfriamiento primario [°C/seg] | Velocidad enfriamiento secundario [°C/seg] | Temperatura de parada de enfriamiento [°C] | Nota                     |
|---------------------|----------------------------|---------------------------------------|---------------------------------|---------------------------|-------------------------------|------------------------------|--|--|--|--|--------------------------|
| fs                  | 6                          | 1220                                  | 910                             | 610                       | 50                            | 810                          | 680                                    | 2,4                                      | 60   | 590  | Acero comparativo        |
| g                   | 7                          | 1250                                  | 900                             | 600                       | 49                            | 830                          | 680                                    | 10,8                                     | 70   | 410  | Acero presente invención |
| ha                  | 8                          | 1250                                  | 980                             | 550                       | 50                            | 880                          | 740                                    | 16,4                                     | 100  | 420  | Acero presente invención |
| hb                  | 8                          | 1220                                  | 910                             | 560                       | 50                            | <u>650</u>                   | 680                                    | 1,6                                      | 120  | 380  | <u>Acero comparativo</u> |
| hc                  | 8                          | 1180                                  | 890                             | 600                       | 50                            | 840                          | 530                                    | 1,6                                      | 100  | 380  | Acero comparativo        |
| hd                  | 8                          | 1200                                  | 900                             | 620                       | 50                            | 830                          | 660                                    | <u>0,06</u>                              | 160  | 400  | <u>Acero comparativo</u> |
| he                  | 8                          | 1190                                  | 940                             | 550                       | 50                            | 800                          | 690                                    | 1,4                                      | <u>4</u>                                   | 400  | <u>Acero comparativo</u> |
| hf                  | 8                          | 1210                                  | 890                             | 590                       | 50                            | 780                          | 730                                    | 1,6                                      | 80   | 380  | <u>Acero comparativo</u> |
| hg                  | 8                          | 1200                                  | 920                             | 600                       | 50                            | 810                          | 680                                    | 1,8                                      | 50   | 370  | Acero comparativo        |
| hh                  | 8                          | 1190                                  | 910                             | 570                       | 50                            | 830                          | 710                                    | 2,4                                      | 60   | 410  | Acero comparativo        |
| hi                  | 8                          | 1200                                  | 900                             | 580                       | 50                            | 860                          | 720                                    | 2,8                                      | 190  | 400  | <u>Acero comparativo</u> |
| hj                  | 8                          | 1190                                  | 880                             | 480                       | 50                            | 780                          | 740                                    | 2,4                                      | 100  | 390  | Acero comparativo        |
| hk                  | 8                          | 1200                                  | 950                             | 550                       | 50                            | 810                          | 700                                    | 2,6                                      | 80   | 390  | <u>Acero comparativo</u> |
| hl                  | 8                          | 1210                                  | 920                             | 540                       | 50                            | 820                          | 710                                    | 4,8                                      | 60   | 380  | <u>Acero comparativo</u> |

(continuación)

| Núm. de Experimento | Tipo acero núm | Temperatura calentamiento bloque [°C] | Temperatura laminado final [°C] | Temperatura bobinado [°C] | Relación bobinado en frío [%] | Temperatura de recocido [°C] | Temperatura enfriamiento primario [°C] | Velocidad enfriamiento primario [°C/seg] | Velocidad enfriamiento secundario [°C/seg] | Temperatura de parada de enfriamiento [°C] | Nota                     |
|---------------------|----------------|---------------------------------------|---------------------------------|---------------------------|-------------------------------|------------------------------|--|--|--|--|--------------------------|
| hm                  | 8              | 1190                                  | 890                             | 600                       | 50                            | 830                          | 700                                    | 5,8                                      | 70   | 360  | Acero comparativo        |
| hn                  | 8              | 1200                                  | 960                             | 620                       | 50                            | 820                          | 730                                    | 2,6                                      | 70   | 430  | Acero comparativo        |
| bo                  | 8              | 1200                                  | 930                             | 580                       | 50                            | 830                          | 720                                    | 1,6                                      | 80   | 400  | Acero comparativo        |
| hp                  | 8              | 1230                                  | 900                             | 600                       | 50                            | 780                          | 680                                    | 1,6                                      | 80   | 70   | Acero comparativo        |
| hq                  | 8              | 1250                                  | 880                             | 610                       | 50                            | 780                          | 680                                    | 1,6                                      | 80   | 50   | Acero comparativo        |
| hr                  | 8              | 1200                                  | 930                             | 600                       | 50                            | 780                          | 690                                    | 1,2                                      | 60   | 520  | Acero comparativo        |
| hs                  | 8              | 1220                                  | 920                             | 590                       | 50                            | 780                          | 680                                    | 1,2                                      | 60   | 600  | Acero comparativo        |
| ht                  | 8              | 1200                                  | 880                             | 570                       | 50                            | 780                          | 660                                    | 2,1                                      | 80   | 200  | Acero presente invención |
| i                   | 9              | 1230                                  | 920                             | 630                       | 50                            | 840                          | 690                                    | 2,5                                      | 120  | 410  | Acero presente invención |
| j                   | 10             | 1210                                  | 890                             | 620                       | 50                            | 840                          | 680                                    | 2,4                                      | 90   | 400  | Acero presente invención |
| k                   | 11             | 1230                                  | 870                             | 650                       | 45                            | 850                          | 690                                    | 1,9                                      | 60   | 400  | Acero presente invención |
| l                   | 12             | 1250                                  | 930                             | 550                       | 60                            | 860                          | 690                                    | 10,9                                     | 80   | 390  | Acero presente invención |
| m                   | 13             | 1220                                  | 940                             | 530                       | 50                            | 840                          | 680                                    | 5,4                                      | 90   | 390  | Acero presente invención |
| n                   | 14             | 1230                                  | 910                             | 560                       | 50                            | 850                          | 680                                    | 8,2                                      | 100  | 380  | Acero presente invención |

(continuación)

| Núm. de Experimento | Tipo acero núm | Temperatura calentamiento bloque [°C] | Temperatura laminado final [°C] | Temperatura bobinado [°C] | Relación bobinado en frío [%] | Temperatura de recocido [°C] | Temperatura enfriamiento primario [°C] | Velocidad enfriamiento primario [°C/seg] | Velocidad enfriamiento secundario [°C/seg] | Temperatura de parada de enfriamiento [°C] | Nota                     |
|---------------------|----------------|---------------------------------------|---------------------------------|---------------------------|-------------------------------|------------------------------|--|--|--|--|--------------------------|
| o                   | 15             | 1240                                  | 950                             | 600                       | 50                            | 860                          | 690                                    | 6,2                                      | 90   | 430  | Acero presente invención |
| p                   | <u>16</u>      | 1250                                  | 950                             | 500                       | 60                            | 810                          | 730                                    | 1,9                                      | 60   | 430  | <u>Acero comparativo</u> |
| q                   | <u>17</u>      | 1230                                  | 960                             | 600                       | 50                            | 780                          | 700                                    | 1,8                                      | 120  | 400  | <u>Acero comparativo</u> |
| r                   | 18             | 1260                                  | 920                             | 550                       | 50                            | 840                          | 650                                    | 2,5                                      | 70   | 420  | <u>Acero comparativo</u> |
| v                   | 22             | 1200                                  | 890                             | 450                       | 50                            | 850                          | 680                                    | 10,9                                     | 80   | 410  | <u>Acero comparativo</u> |
| w                   | <u>23</u>      | 1260                                  | 910                             | 490                       | 50                            | 850                          | 630                                    | 11,3                                     | 80   | 390  | <u>Acero comparativo</u> |
| x                   | <u>24</u>      | 1240                                  | 900                             | 420                       | 50                            | 850                          | 670                                    | 15,4                                     | 120  | 370  | <u>Acero comparativo</u> |
| y                   | <u>25</u>      | 1230                                  | 900                             | 560                       | 50                            | 850                          | 620                                    | 13,5                                     | 100  | 380  | <u>Acero comparativo</u> |

Los subrayados indican que un valor numérico se encuentra fuera del rango de la presente invención

[Tabla 3]

| Núm. de Experimento | Tipo acero núm | Temperatura de mantenimiento [°C] | Tiempo mantenimiento 350°C a 450°C (seg) | Relación de reducción [%] | Cantidad de pulido superficial [µm] | Peso pre-chapado de Ni [g/m <sup>2</sup> ] | Velocidad de flujo en chorro en baño de galvanizado [m/min] | Velocidad elevación de temperatura [°C/seg] | Temperatura de calentamiento [°C] | Tiempo de aleado [seg] | Temperatura de aleado [°C] | Nota                     |
|---------------------|----------------|-----------------------------------|--|---------------------------|-------------------------------------|--|---|---|-----------------------------------|------------------------|----------------------------|--------------------------|
| a                   | 1              | 370                               | 150                                      | 0,4                       | 0,15                                | 0,21                                       | 20  | 12,4  | 435                               | 15                     | 475                        | Acero presente invención |
| ba                  | 2              | 400                               | 180                                      | 0,4                       | 0,16                                | 0,32                                       | 15  | 11,4  | 462                               | 24                     | 480                        | Acero presente invención |
| bb                  | 2              | 380                               | 178                                      | 0,6                       | 0,35                                | 1,4  | 10  | 16,8  | 495                               | 20                     | 490                        | Acero comparativo        |
| bc                  | 2              | 380                               | 162                                      | 0,2                       | 0,7                                 | 0,9  | 45  | 25,3  | 437                               | 35                     | 505                        | Acero comparativo        |
| bd                  | 2              | 370                               | 250                                      | 0,3                       | 0,15                                | 0,4  | 20  | 22,1  | 421                               | 30                     | 523                        | Acero comparativo        |
| be                  | 2              | 400                               | 420                                      | 0,4                       | 0,21                                | 0,3  | 20  | 24,5  | 460                               | 25                     | 510                        | Acero comparativo        |
| bf                  | 2              | 370                               | <u>10</u>                                | 0,2                       | 0,36                                | 0,2  | 25  | 26,5  | 468                               | 31                     | 545                        | Acero comparativo        |
| be                  | 2              | 350                               | 240                                      | 0                         | 0,21                                | 0,2  | 25  | 25,3  | 478                               | 24                     | 490                        | Acero comparativo        |
| bh                  | 2              | 420                               | 240                                      | 2,8                       | 0,22                                | 0,4  | 20  | 28,4  | 469                               | 19                     | 500                        | Acero comparativo        |
| bi                  | 2              | 400                               | 120                                      | 0,3                       | 0                                   | 1,3  | 20  | 22,2  | 458                               | 25                     | 510                        | Acero comparativo        |
| bj                  | 2              | 380                               | 150                                      | 0,2                       | 0,15                                | <u>0,08</u>                                | 20  | 24,6  | 423                               | 15                     | 520                        | Acero comparativo        |
| bk                  | 2              | 390                               | 240                                      | 0,3                       | 0,12                                | 0,8  | 4   | 17,6  | 485                               | 20                     | 500                        | Acero comparativo        |
| bl                  | 2              | 390                               | 150                                      | 0,2                       | 0,15                                | 1,5  | 20  | <u>3,2</u>                                  | 427                               | 19                     | 540                        | Acero comparativo        |

(continuación)

| Núm. de Experimento | Tipo acero núm | Temperatura de mantenimiento [°C] | Tiempo mantenimiento 350°C a 450°C (seg) | Relación de reducción [%] | Cantidad de pulido superficial [µm] | Peso pre-chapado de Ni [g/m <sup>2</sup> ] | Velocidad de flujo en chorro en baño de galvanizado [l/min] | Velocidad elevación de temperatura [°C/seg] | Temperatura de calentamiento [°C] | Tiempo de aleado [seg] | Temperatura de aleado [°C] | Nota                     |
|---------------------|----------------|-----------------------------------|--|---------------------------|-------------------------------------|--|---|---|-----------------------------------|------------------------|----------------------------|--------------------------|
| bm                  | 2              | 400                               | 150                                      | 0,3                       | 0,15                                | 1,5  | 25  | 20,5  | 390                               | 15                     | 520                        | Acero comparativo        |
| bn                  | 2              | 390                               | 150                                      | 0,4                       | 0,46                                | 1,5  | 20  | 224   | 456                               | 130                    | 520                        | Acero comparativo        |
| bo                  | 2              | 420                               | 150                                      | 0,3                       | 0,46                                | 1,5  | 20  | 10,5  | 450                               | 15                     | 620                        | Acero comparativo        |
| bp                  | 2              | 360                               | 150                                      | 0,4                       | 0,22                                | 0,4  | 15  | 12,4  | 450                               | 20                     | 510                        | Acero comparativo        |
| bq                  | 2              | 90                                | 150                                      | 0,4                       | 0,24                                | 0,4  | 15  | 20,3  | 460                               | 20                     | 500                        | Acero comparativo        |
| br                  | 1              | 450                               | 150                                      | 0,4                       | 0,18                                | 0,4  | 20  | 12,4  | 460                               | 20                     | 500                        | Acero comparativo        |
| bs                  | 2              | 520                               | 150                                      | 0,4                       | 0,21                                | 0,4  | 20  | 12,4  | 450                               | 20                     | 510                        | Acero comparativo        |
| bt                  | 2              | 380                               | 220                                      | 0,3                       | 0,24                                | 2,24                                       | 15  | 14,8  | 510                               | 25                     | 520                        | Acero presente invención |
| c                   | 3              | 360                               | 170                                      | 0,4                       | 0,17                                | 0,26                                       | 20  | 20,6  | 486                               | 35                     | 520                        | Acero presente invención |
| d                   | 4              | 430                               | 120                                      | 0,2                       | 0,26                                | 1,24                                       | 20  | 16,8  | 425                               | 21                     | 560                        | Acero presente invención |
| e                   | 5              | 400                               | 190                                      | 0,3                       | 0,13                                | 1,87                                       | 15  | 10,4  | 437                               | 13                     | 590                        | Acero presente invención |
| fa                  | 6              | 390                               | 400                                      | 0,3                       | 0,24                                | 1,44                                       | 25  | 16,5  | 480                               | 14                     | 490                        | Acero presente invención |
| fb                  | 6              | 400                               | 500                                      | 0,4                       | 0,22                                | 0,4  | 30  | 10,8  | 480                               | 20                     | 480                        | Acero comparativo        |

(continuación)

| Núm. de Experimento | Tipo acero núm | Temperatura de mantenimiento [°C] | Tiempo mantenimiento 350°C a 450°C (seg) | Relación de reducción [%] | Cantidad de pulido superficial [µm] | Peso pre - chapado de Ni [g/m <sup>2</sup> ] | Velocidad de flujo en chorro galvanizado [l/min] | Velocidad de elevación de temperatura [°C/seg] | Temperatura de calentamiento [°C] | Tiempo de aleado [seg] | Temperatura de aleado [°C] | Nota              |
|---------------------|----------------|-----------------------------------|--|---------------------------|-------------------------------------|--|--|--|-----------------------------------|------------------------|----------------------------|-------------------|
| fc                  | 6              | 400                               | 260                                      | 0,3                       | 0,23                                | 0,3  | 15   | 16,8   | 470                               | 16                     | 490                        | Acero comparativo |
| fd                  | 6              | 410                               | 500                                      | 0,4                       | 0,16                                | 0,6  | 10   | 16,8   | 460                               | 24                     | 480                        | Acero comparativo |
| fe                  | 6              | 390                               | 500                                      | 0,3                       | 0,26                                | 0,3  | 15   | 16,8   | 450                               | 30                     | 500                        | Acero comparativo |
| ff                  | 6              | 430                               | 0  | 0,3                       | 0,2                                 | 0,4  | 15   | 10,5   | 480                               | 16                     | 500                        | Acero comparativo |
| fg                  | 6              | 450                               | 180                                      | 0                         | 0,16                                | 0,3  | 20   | 16,8   | 480                               | 24                     | 490                        | Acero comparativo |
| fh                  | 6              | 370                               | 200                                      | 1,6                       | 0,12                                | 0,4  | 15   | 20,4   | 450                               | 30                     | 500                        | Acero comparativo |
| fi                  | 6              | 390                               | 500                                      | 0,8                       | 0,04                                | 0,3  | 25   | 12,4   | 460                               | 8                      | 540                        | Acero comparativo |
| fj                  | 6              | 400                               | 250                                      | 0,8                       | 0,16                                | 0  | 20   | 10,9   | 450                               | 16                     | 510                        | Acero comparativo |
| fk                  | 6              | 400                               | 125                                      | 0,7                       | 0,32                                | 0,3  | 7  | 20,4   | 460                               | 30                     | 490                        | Acero comparativo |
| fl                  | 6              | 390                               | 240                                      | 0,6                       | 0,18                                | 0,2  | 20   | 1,8  | 480                               | 24                     | 490                        | Acero comparativo |
| fm                  | 6              | 390                               | 330                                      | 0,9                       | 0,2                                 | 0,4  | 45   | 16,8   | 370                               | 30                     | 480                        | Acero comparativo |
| fn                  | 6              | 390                               | 500                                      | 0,7                       | 0,16                                | 0,5  | 20   | 20,5   | 490                               | 200                    | 540                        | Acero comparativo |
| fo                  | 6              | 400                               | 330                                      | 0,8                       | 0,22                                | 0,5  | 20   | 30,7   | 500                               | 28                     | 650                        | Acero comparativo |

(continuación)

| Núm. de Experimento | Tipo acero n.º | Temperatura de mantenimiento [°C] | Tiempo mantenimiento 350°C a 450°C (seg) | Relación de reducción [%] | Cantidad de pulido superficial [µm] | Peso pre-chapado de Ni [g/m <sup>2</sup> ] | Velocidad de flujo en chorro en baño de galvanizado [l/min] | Velocidad elevación de temperatura [°C/seg] | Temperatura de calentamiento [°C] | Tiempo de aleado [seg] | Temperatura de aleado [°C] | Nota                     |
|---------------------|----------------|-----------------------------------|--|---------------------------|-------------------------------------|--|---|---|-----------------------------------|------------------------|----------------------------|--------------------------|
| fp                  | 6              | 370                               | 200                                      | 0,2                       | 0,43                                | 0,22                                       | 20  | 10,6  | 520                               | 28                     | 500                        | Acero comparativo        |
| fq                  | 6              | <u>80</u>                         | 200                                      | 0,6                       | 0,62                                | 0,45                                       | 20  | 20,8  | 510                               | 28                     | 500                        | Acero comparativo        |
| fr                  | 6              | 450                               | 200                                      | 0,4                       | 0,26                                | 0,25                                       | 20  | 25,4  | 500                               | 28                     | 490                        | Acero comparativo        |
| fs                  | 6              | <u>540</u>                        | 200                                      | 0,3                       | 0,14                                | 0,31                                       | 20  | 20,4  | 500                               | 24                     | 500                        | Acero comparativo        |
| g                   | 7              | 410                               | 300                                      | 0,2                       | 0,34                                | 0,58                                       | 30  | 18,4  | 470                               | 30                     | -                          | Acero presente invención |
| ha                  | 8              | 420                               | 260                                      | 0,2                       | 0,16                                | 0,24                                       | 20  | 19,3  | 459                               | -                      | -                          | Acero presente invención |
| hb                  | 8              | 380                               | 250                                      | 0,4                       | 0,12                                | 0,6  | 20  | 20,3  | 455                               | 20                     | 490                        | Acero comparativo        |
| hc                  | 8              | 380                               | 260                                      | 0,3                       | 0,18                                | 0,3  | 15  | 19,6  | 460                               | 30                     | 500                        | Acero comparativo        |
| hd                  | 8              | 400                               | 180                                      | 1                         | 0,22                                | 0,4  | 30  | 14,5  | 470                               | 20                     | 510                        | Acero comparativo        |
| he                  | 8              | 400                               | 470                                      | 0,4                       | 0,18                                | 0,3  | 25  | 20,5  | 480                               | 28                     | 520                        | Acero comparativo        |
| hf                  | 8              | 380                               | <u>0</u>                                 | 0,9                       | 0,24                                | 0,3  | 25  | 10,8  | 455                               | 24                     | 490                        | Acero comparativo        |
| hg                  | 8              | 370                               | 190                                      | <u>0</u>                  | 0,24                                | 0,4  | 20  | 15,6  | 480                               | 20                     | 480                        | Acero comparativo        |
| hh                  | 8              | 410                               | 320                                      | <u>2,2</u>                | 0,16                                | 0,3  | 15  | 16,8  | 500                               | 24                     | 490                        | Acero comparativo        |

(continuación)

| Núm. de Experimento | Tipo acero núm | Temperatura de mantenimiento [°C] | Tiempo mantenimiento 350°C a 450°C (seg) | Relación de reducción [%] | Cantidad de pulido superficial [µm] | Peso pre-chapado de Ni [g/m <sup>2</sup> ] | Velocidad de flujo en chorro en baño de galvanizado [l/min] | Velocidad elevación de temperatura [°C/seg] | Temperatura de calentamiento [°C] | Tiempo de aleado [seg] | Temperatura de aleado [°C] | Nota                     |
|---------------------|----------------|-----------------------------------|--|---------------------------|-------------------------------------|--|---|---|-----------------------------------|------------------------|----------------------------|--------------------------|
| hi                  | 8              | 400                               | 450                                      | 0,8                       | 0,06                                | 0,4  | 30  | 30,8  | 460                               | 45                     | 500                        | Acero comparativo        |
| hj                  | 8              | 390                               | 260                                      | 0,7                       | 0,18                                | 0,05                                       | 40  | 20,4  | 460                               | 20                     | 510                        | Acero comparativo        |
| hk                  | 8              | 390                               | 180                                      | 0,8                       | 0,24                                | 0,4  | 5   | 18,6  | 480                               | 30                     | 480                        | Acero comparativo        |
| hl                  | 8              | 380                               | 220                                      | 0,5                       | 0,16                                | 0,8  | 20  | 0,8   | 500                               | 20                     | 470                        | Acero comparativo        |
| hm                  | 8              | 360                               | 180                                      | 0,6                       | 0,12                                | 1,6  | 50  | 18,2  | 290                               | 24                     | 480                        | Acero comparativo        |
| hn                  | 8              | 430                               | 460                                      | 0,8                       | 0,16                                | 0,8  | 25  | 20,8  | 460                               | 200                    | 510                        | Acero comparativo        |
| ho                  | 8              | 400                               | 280                                      | 0,3                       | 0,16                                | 0,6  | 10  | 26,8  | 480                               | 30                     | 630                        | Acero comparativo        |
| hp                  | 8              | 350                               | 330                                      | 0,4                       | 0,22                                | 0,4  | 15  | 10,8  | 470                               | 30                     | 480                        | Acero comparativo        |
| hq                  | 8              | 80                                | 330                                      | 0,5                       | 0,14                                | 0,3  | 20  | 20,5  | 450                               | 24                     | 480                        | Acero comparativo        |
| hr                  | 8              | 450                               | 330                                      | 0,4                       | 0,32                                | 0,2  | 15  | 14,6  | 470                               | 45                     | 480                        | Acero comparativo        |
| hs                  | 8              | 550                               | 330                                      | 0,3                       | 0,28                                | 0,6  | 20  | 14,9  | 460                               | 30                     | 480                        | Acero comparativo        |
| ht                  | 8              | 380                               | 640                                      | 0,4                       | 0,62                                | 0,2  | 30  | 16,8  | 460                               | 30                     | 510                        | Acero presente invención |
| i                   | 9              | 410                               | 180                                      | 0,4                       | 0,15                                | 0,32                                       | 20  | 11,4  | 460                               | 24                     | 480                        | Acero presente invención |

(continuación)

| Núm. de Experimento | Tipo acero núm | Temperatura de mantenimiento [°C] | Tiempo mantenimiento 350°C a 450°C (seg) | Relación de reducción [%] | Cantidad de pulido superficial [µm] | Peso pre-chapado de Ni [g/m <sup>2</sup> ] | Velocidad de flujo en chorro en baño de galvanizado [l/min] | Velocidad elevación de temperatura [°C/seg] | Temperatura de calentamiento [°C] | Tiempo de aleado [seg] | Temperatura de aleado [°C] | Nota                     |
|---------------------|----------------|-----------------------------------|--|---------------------------|-------------------------------------|--|---|---|-----------------------------------|------------------------|----------------------------|--------------------------|
| j                   | 10             | 400                               | 190                                      | 0,2                       | 0,19                                | 0,22                                       | 20  | 25,5  | 450                               | 35                     | 490                        | Acero presente invención |
| k                   | 11             | 400                               | 250                                      | 0,3                       | 0,26                                | 0,99                                       | 20  | 36,5  | 455                               | 21                     | 550                        | Acero presente invención |
| l                   | 12             | 390                               | 280                                      | 0,5                       | 0,24                                | 1,5  | 20  | 19,7  | 449                               | -                      | -                          | Acero presente invención |
| m                   | 13             | 390                               | 800                                      | 0,4                       | 0,18                                | 0,23                                       | 20  | 20,8  | 460                               | -                      | -                          | Acero presente invención |
| n                   | 14             | 380                               | 260                                      | 0,3                       | 0,11                                | 0,33                                       | 20  | 8,8   | 450                               | 16                     | 530                        | Acero presente invención |
| o                   | 15             | 430                               | 300                                      | 0,6                       | 0,06                                | 0,27                                       | 20  | 30,9  | 455                               | 9                      | -                          | Acero presente invención |
| p                   | 16             | 430                               | 120                                      | 0,3                       | 0,16                                | 1,55                                       | 40  | 10,6  | 462                               | 15                     | 480                        | Acero comparativo        |
| q                   | 17             | 400                               | 130                                      | 0,4                       | 0,24                                | 1,24                                       | 20  | 10,8  | 435                               | 16                     | 479                        | Acero comparativo        |
| r                   | 18             | 420                               | 250                                      | 0,5                       | 0,52                                | 1,5  | 20  | 12,5  | 458                               | 17                     | 510                        | Acero comparativo        |
| v                   | 22             | 410                               | 250                                      | 0,2                       | 0,12                                | 0,24                                       | 10  | 10,8  | 428                               | 30                     | 490                        | Acero comparativo        |
| w                   | 23             | 390                               | 260                                      | 0,7                       | 0,12                                | 0,26                                       | 15  | 15,5  | 437                               | 25                     | 475                        | Acero comparativo        |
| x                   | 24             | 370                               | 200                                      | 0,6                       | 0,15                                | 0,35                                       | 25  | 18,6  | 461                               | 19                     | 480                        | Acero comparativo        |

(continuación)

| Núm. de Experimento | Tipo acero núm | Temperatura de mantenimiento [°C] | Tiempo mantenimiento 350°C a 450°C (seg) | Relación de reducción [%] | Cantidad de pulido superficial [µm] | Peso pre-chapado de Ni [g/m <sup>2</sup> ] | Velocidad de flujo en chorro en baño de galvanizado [m/min] | Velocidad elevación de temperatura [°C/seg] | Temperatura de calentamiento [°C] | Tiempo de aleado [seg] | Temperatura de aleado [°C] | Nota                     |
|---------------------|----------------|-----------------------------------|--|---------------------------|-------------------------------------|--|---|---|-----------------------------------|------------------------|----------------------------|--------------------------|
| y                   | <u>25</u>      | 380                               | 120                                      | 0,4                       | 0,15                                | 0,45                                       | 30  | 14,6  | 478                               | -                      | -                          | <u>Acero comparativo</u> |

Los subrayados indican que un valor numérico se encuentra fuera del rango de la presente invención

[Tabla 4]

| Núm. Experi-mento | Bainita [%] | Martensita ① [%] | Martensita ② [%] | Martensita ③ [%] | Bainita Martensita [%] | Austenita residual [%] | Ferrita [%] | Perlita [%] | TS [MPa] | EL [%] | $\lambda$ [%&] | TSxEL | TSx $\lambda$ | Apariencia externa galvanizada | Aleación Fe [%] | Nota                    |
|-------------------|-------------|------------------|------------------|------------------|------------------------|------------------------|-------------|-------------|----------|--------|----------------|-------|---------------|--------------------------------|-----------------|-------------------------|
| a                 | 47          | 14               | 3                | 0                | 64                     | 8                      | 28          | 0           | 987      | 23     | 59             | 22701 | 58233         | ○                              | 7,8             | Acero pre-sente invenc. |
| ba                | 32          | 4                | 4                | 3                | 43                     | 9                      | 38          | 10          | 1013     | 25     | 48             | 25325 | 48624         | ○                              | 10,4            | Acero pre-sente invenc. |
| bb                | 0           | 0                | 0                | 0                | 0                      | 0                      | 100         | 0           | 683      | 21     | 67             | 14343 | 45761         | ○                              | 10,5            | Acero comparativo       |
| bc                | 23          | 0                | 0                | 0                | 21                     | 0                      | 62          | 15          | 743      | 18     | 29             | 13374 | 21547         | ○                              | 11,1            | Acero comparativo       |
| bd                | 23          | 0                | 0                | 0                | 23                     | 0                      | 55          | 22          | 789      | 15     | 25             | 11835 | 19725         | ○                              | 11,9            | Acero comparativo       |
| be                | 38          | 0                | 0                | 0                | 38                     | 0                      | 49          | 13          | 824      | 16     | 29             | 13184 | 23896         | ○                              | 11,2            | Acero comparativo       |
| bf                | 11          | 33               | 14               | 2                | 60                     | 2                      | 38          | 0           | 1139     | 11     | 24             | 12529 | 27336         | ○                              | 10,9            | Acero comparativo       |
| bg                | 35          | 10               | 0                | 0                | 45                     | 16                     | 39          | 0           | 1037     | 26     | 24             | 26962 | 24888         | ○                              | 8,9             | Acero comparativo       |
| bh                | 34          | 6                | 12               | 0                | 52                     | 3                      | 37          | 8           | 923      | 16     | 55             | 14768 | 50765         | ○                              | 9,3             | Acero comparativo       |
| bi                | 40          | 6                | 4                | 3                | 53                     | 8                      | 39          | 0           | 984      | 25     | 45             | 24600 | 44280         | ×                              | 11,3            | Acero comparativo       |
| bj                | 38          | 5                | 4                | 3                | 50                     | 9                      | 41          | 0           | 989      | 23     | 43             | 22747 | 42527         | ×                              | 11,5            | Acero comparativo       |
| bk                | 40          | 5                | 4                | 3                | 52                     | 10                     | 38          | 0           | 982      | 23     | 51             | 22586 | 50082         | ×                              | 9,4             | Acero comparativo       |
| bl                | 41          | 5                | 4                | 2                | 52                     | 8                      | 39          | 1           | 981      | 21     | 41             | 20601 | 40221         | ×                              | 12,3            | Acero comparativo       |
| bm                | 43          | 4                | 5                | 3                | 55                     | 9                      | 36          | 0           | 989      | 23     | 44             | 22747 | 43516         | ×                              | 11,9            | Acero comparativo       |

(continuación)

| Núm. Experi-mento | Bainita [%] | Martensita ① [%] | Martensita ② [%] | Martensita ③ [%] | Bainita Martensita [%] | Austenita residual [%] | Ferrita [%] | Perilita [%] | TS [MPa] | EL [%] | $\lambda_1$ [%&] | TSxEL | TSx $\lambda_1$ | Apariencia externa galvanizada | Aleación Fe [%] | Nota                    |
|-------------------|-------------|------------------|------------------|------------------|------------------------|------------------------|-------------|--------------|----------|--------|------------------|-------|-----------------|--------------------------------|-----------------|-------------------------|
| bn                | 40          | 4                | 4                | 0                | 48                     | 4                      | 37          | 11           | 923      | 14     | 51               | 12922 | 47073           | ○                              | 13,9            | Acero comparativo       |
| bo                | 38          | 5                | 0                | 0                | 43                     | 0                      | 39          | 18           | 886      | 18     | 39               | 15948 | 34554           | ○                              | 16,3            | Acero comparativo       |
| bp                | 8           | 52               | 0                | 0                | 60                     | 0                      | 40          | 0            | 1033     | 11     | 23               | 11363 | 23759           | ○                              | 10,7            | Acero comparativo       |
| bq                | 7           | 55               | 0                | 0                | 62                     | 2                      | 36          | 0            | 1078     | 9      | 32               | 9702  | 34496           | ○                              | 10,2            | Acero comparativo       |
| br                | 33          | 5                | 0                | 0                | 38                     | 0                      | 39          | 23           | 834      | 17     | 42               | 14179 | 35028           | ○                              | 9,9             | Acero comparativo       |
| bs                | 22          | 0                | 0                | 0                | 22                     | 0                      | 46          | 32           | 753      | 16     | 46               | 12048 | 34638           | ○                              | 10,6            | Acero comparativo       |
| bt                | 29          | 10               | 7                | 6                | 52                     | 9                      | 39          | 0            | 1001     | 22     | 65               | 22022 | 65065           | ○                              | 12,8            | Acero pre-sente invenc. |
| c                 | 53          | 6                | 3                | 3                | 65                     | 11                     | 24          | 0            | 1108     | 21     | 49               | 23268 | 54292           | ○                              | 11,6            | Acero pre-sente invenc. |
| d                 | 55          | 8                | 4                | 0                | 67                     | 10                     | 23          | 0            | 1239     | 20     | 45               | 24780 | 55755           | ○                              | 12,4            | Acero pre-sente invenc. |
| e                 | 48          | 8                | 7                | 3                | 66                     | 13                     | 21          | 0            | 1249     | 16     | 30               | 19984 | 37470           | ○                              | 8,7             | Acero pre-sente invenc. |
| fa                | 45          | 11               | 11               | 9                | 76                     | 14                     | 10          | 0            | 1280     | 16     | 32               | 20480 | 40960           | ○                              | 7,9             | Acero pre-sente invenc. |
| fb                | 0           | 0                | 0                | 0                | 0                      | 0                      | 100         | 0            | 712      | 20     | 72               | 14240 | 51264           | ○                              | 8,6             | Acero comparativo       |
| fc                | 28          | 0                | 0                | 0                | 28                     | 0                      | 54          | 18           | 775      | 19     | 42               | 14725 | 32550           | ○                              | 8,8             | Acero comparativo       |
| fd                | 24          | 0                | 0                | 0                | 24                     | 0                      | 49          | 27           | 793      | 17     | 38               | 13491 | 30134           | ○                              | 8,3             | Acero comparativo       |

(continuación)

| Núm. Experimento | Bainita [%] | Martensita ① [%] | Martensita ② [%] | Martensita ③ [%] | Bainita Martensita [%] | Austenita residual [%] | Ferrita [%] | Perilita [%] | TS [MPa] | EL [%] | $\lambda$ [%&] | TSxEL | TSx $\lambda$ | Apariencia externa galvanizada | Aleación Fe [%] | Nota              |
|------------------|-------------|------------------|------------------|------------------|------------------------|------------------------|-------------|--------------|----------|--------|----------------|-------|---------------|--------------------------------|-----------------|-------------------|
| fe               | 42          | 0                | 0                | 0                | 42                     | 0                      | 33          | 25           | 843      | 15     | 32             | 12645 | 26976         | ○                              | 9,5             | Acero comparativo |
| ff               | 10          | 65               | 3                | 0                | 78                     | 4                      | 18          | 0            | 1298     | 9      | 24             | 11682 | 31152         | ○                              | 9,7             | Acero comparativo |
| fg               | 47          | 11               | 0                | 0                | 58                     | 23                     | 19          | 0            | 1345     | 15     | 14             | 20175 | 18830         | ○                              | 8,9             | Acero comparativo |
| fh               | 45          | 11               | 27               | 0                | 83                     | 2                      | 15          | 0            | 1019     | 8      | 40             | 8152  | 40760         | ○                              | 11,3            | Acero comparativo |
| fi               | 42          | 12               | 9                | 6                | 69                     | 12                     | 19          | 0            | 1216     | 15     | 35             | 18240 | 42560         | ⊗                              | 12,1            | Acero comparativo |
| fj               | 43          | 11               | 9                | 6                | 69                     | 13                     | 18          | 0            | 1224     | 14     | 40             | 17136 | 48960         | ⊗                              | 11,4            | Acero comparativo |
| fk               | 44          | 11               | 10               | 0                | 65                     | 14                     | 11          | 10           | 1265     | 13     | 33             | 16445 | 41745         | ⊗                              | 10,9            | Acero comparativo |
| fl               | 41          | 12               | 11               | 6                | 70                     | 11                     | 19          | 0            | 1274     | 16     | 34             | 20384 | 43316         | ⊗                              | 9,6             | Acero comparativo |
| fm               | 42          | 12               | 12               | 5                | 71                     | 12                     | 17          | 0            | 1293     | 15     | 38             | 19395 | 49134         | ⊗                              | 9,7             | Acero comparativo |
| fn               | 41          | 13               | 8                | 6                | 68                     | 0                      | 16          | 16           | 805      | 18     | 41             | 14490 | 33005         | ○                              | 14,7            | Acero comparativo |
| fo               | 41          | 11               | 0                | 0                | 52                     | 0                      | 16          | 32           | 785      | 19     | 42             | 14915 | 32970         | ○                              | 17,2            | Acero comparativo |
| fp               | 11          | 58               | 0                | 0                | 69                     | 3                      | 28          | 0            | 1352     | 7      | 9              | 9464  | 12168         | ○                              | 9,2             | Acero comparativo |
| fq               | 9           | 60               | 0                | 0                | 69                     | 1                      | 30          | 0            | 1397     | 6      | 4              | 8382  | 5588          | ○                              | 9,6             | Acero comparativo |
| fr               | 39          | 0                | 6                | 0                | 39                     | 0                      | 38          | 23           | 821      | 17     | 30             | 13957 | 24630         | ○                              | 9,6             | Acero comparativo |

(continuación)

| Núm. Experimento | Bainita [%] | Martensita ① [%] | Martensita ② [%] | Martensita ③ [%] | Bainita Martensita [%] | Austenita residual [%] | Ferrita [%] | Perlita [%] | TS [MPa] | EL [%] | $\lambda$ [%&] | TSxEL | TSx $\lambda$ | Apariencia externa galvanizada | Aleación Fe [%] | Nota                    |
|------------------|-------------|------------------|------------------|------------------|------------------------|------------------------|-------------|-------------|----------|--------|----------------|-------|---------------|--------------------------------|-----------------|-------------------------|
| fs               | 28          | 0                | 0                | 0                | 28                     | 0                      | 40          | 32          | 782      | 18     | 24             | 14076 | 18768         | ○                              | 9,9             | Acero comparativo       |
| g                | 49          | 11               | 6                | 0                | 66                     | 12                     | 22          | 0           | 1021     | 24     | 51             | 24504 | 52071         | ○                              | 2,8             | Acero pre-sente invenc. |
| ha               | 52          | 13               | 10               | 7                | 82                     | 18                     | 0           | 0           | 1450     | 14     | 31             | 20300 | 44950         | ○                              | 2,7             | Acero pre-sente invenc. |
| hb               | 0           | 0                | 0                | 0                | 0                      | 0                      | 100         | 0           | 759      | 20     | 59             | 15180 | 44781         | ○                              | 9,6             | Acero comparativo       |
| hc               | 26          | 0                | 0                | 0                | 26                     | 0                      | 37          | 37          | 824      | 18     | 37             | 14832 | 30488         | ○                              | 10,2            | Acero comparativo       |
| hd               | 19          | 0                | 0                | 0                | 19                     | 0                      | 34          | 47          | 793      | 16     | 32             | 12688 | 25376         | ○                              | 10,5            | Acero comparativo       |
| he               | 37          | 0                | 0                | 0                | 37                     | 0                      | 32          | 31          | 857      | 13     | 30             | 11141 | 25710         | ○                              | 10,9            | Acero comparativo       |
| hf               | 0           | 55               | 12               | 0                | 67                     | 15                     | 18          | 0           | 1652     | 4      | 7              | 6608  | 11564         | ○                              | 9,9             | Acero comparativo       |
| hg               | 34          | 15               | 0                | 0                | 49                     | 29                     | 22          | 0           | 1523     | 13     | 7              | 19799 | 10661         | ○                              | 9,8             | Acero comparativo       |
| hh               | 52          | 14               | 29               | 0                | 95                     | 5                      | 0           | 0           | 1221     | 10     | 36             | 12210 | 43956         | ○                              | 10,2            | Acero comparativo       |
| hi               | 54          | 11               | 9                | 8                | 82                     | 18                     | 0           | 0           | 1434     | 13     | 32             | 18642 | 45888         | ×                              | 11,4            | Acero comparativo       |
| hj               | 42          | 11               | 8                | 6                | 67                     | 15                     | 18          | 0           | 1426     | 13     | 33             | 18538 | 47058         | ×                              | 10,7            | Acero comparativo       |
| hk               | 53          | 13               | 11               | 8                | 85                     | 15                     | 0           | 0           | 1462     | 14     | 34             | 20468 | 49708         | ×                              | 10              | Acero comparativo       |
| hl               | 57          | 12               | 10               | 8                | 82                     | 18                     | 0           | 0           | 1489     | 14     | 11             | 20846 | 46159         | ×                              | 8,6             | Acero comparativo       |

(continuación)

| Núm. Experimento | Bainita [%] | Martensita ① [%] | Martensita ② [%] | Martensita ③ [%] | Bainita Martensita [%] | Austenita residual [%] | Ferrita [%] | Perlita [%] | TS [MPa] | EL [%] | $\lambda$ [%&] | TSxEL | TSx $\lambda$ | Apariencia externa galvanizada | Aleación Fe [%] | Nota                    |
|------------------|-------------|------------------|------------------|------------------|------------------------|------------------------|-------------|-------------|----------|--------|----------------|-------|---------------|--------------------------------|-----------------|-------------------------|
| hm               | 55          | 14               | 10               | 6                | 85                     | 15                     | 0           | 0           | 1482     | 13     | 38             | 19266 | 56316         | X                              | 8,1             | Acero comparativo       |
| hn               | 62          | 13               | 11               | 9                | 95                     | 5                      | 0           | 0           | 1162     | 11     | 29             | 12782 | 33698         | O                              | 13,8            | Acero comparativo       |
| ho               | 52          | 24               | 0                | 0                | 76                     | 0                      | 0           | 24          | 1125     | 7      | 32             | 7875  | 36000         | O                              | 16,8            | Acero comparativo       |
| hp               | 12          | 61               | 0                | 0                | 73                     | 3                      | 24          | 0           | 1589     | 6      | 4              | 9534  | 6356          | O                              | 10,1            | Acero comparativo       |
| hg               | 13          | 60               | 0                | 0                | 73                     | 0                      | 27          | 0           | 1601     | 5      | 1              | 8005  | 1601          | O                              | 9,7             | Acero comparativo       |
| hr               | 35          | 7                | 0                | 0                | 42                     | 0                      | 39          | 19          | 923      | 16     | 28             | 14768 | 25844         | O                              | 11,9            | Acero comparativo       |
| hs               | 33          | 0                | 0                | 0                | 33                     | 0                      | 43          | 24          | 885      | 16     | 25             | 14160 | 21125         | O                              | 9,9             | Acero comparativo       |
| ht               | 20          | 21               | 6                | 4                | 51                     | 21                     | 28          | 0           | 1356     | 15     | 35             | 20340 | 47460         | O                              | 10,3            | Acero pre-sente invenc. |
| i                | 52          | 4                | 4                | 3                | 63                     | 10                     | 27          | 0           | 1185     | 17     | 45             | 20145 | 53325         | O                              | 10,4            | Acero present.          |
| j                | 51          | 9                | 4                | 0                | 64                     | 10                     | 26          | 0           | 1205     | 16     | 46             | 19280 | 55430         | O                              | 11,6            | Acero pre-sente invenc. |
| k                | 54          | 4                | 3                | 4                | 65                     | 9                      | 26          | 0           | 989      | 23     | 50             | 22947 | 49450         | O                              | 12,4            | Acero pre-sente invenc. |
| l                | 50          | 8                | 4                | 4                | 66                     | 8                      | 26          | 0           | 1201     | 17     | 35             | 20417 | 42035         | O                              | 2,7             | Acero pre-sente invenc. |
| m                | 55          | 5                | 3                | 4                | 67                     | 9                      | 24          | 0           | 1186     | 19     | 39             | 22534 | 46254         | O                              | 1,6             | Acero pre-sente invenc. |
| n                | 44          | 8                | 6                | 5                | 63                     | 10                     | 27          | 0           | 1208     | 17     | 34             | 20536 | 41072         | O                              | 11,6            | Acero pre-sente invenc. |

(continuación)

| Núm. Experimento | Bainita [%] | Martensita ① [%] | Martensita ② [%] | Martensita ③ [%] | Bainita Martensita [%] | Austenita residual [%] | Ferrita [%] | Perlita [%] | TS [MPa]   | EL [%] | $\lambda$ [%&] | TSxEL        | TSx $\lambda$ | Apariencia externa galvanizada | Aleación Fe [%] | Nota                     |
|------------------|-------------|------------------|------------------|------------------|------------------------|------------------------|-------------|-------------|------------|--------|----------------|--------------|---------------|--------------------------------|-----------------|--------------------------|
| o                | 51          | 6                | 7                | 7                | 71                     | 9                      | 20          | 0           | 1226       | 16     | 36             | 19616        | 44136         | ○                              | 1,7             | Acero presente invenc.   |
| p                | 0           | <u>63</u>        | 22               | 0                | 85                     | 15                     | 0           | 0           | 1950       | 5      | 3              | <u>9750</u>  | <u>5850</u>   | ○                              | 10,5            | <u>Acero comparativo</u> |
| q                | 16          | 5                | 5                | 3                | <u>29</u>              | 10                     | 61          | 0           | <u>945</u> | 18     | 26             | <u>17010</u> | <u>24570</u>  | ×                              | 6,8             | <u>Acero comparativo</u> |
| r                | 10          | 75               | 13               | 0                | 98                     | 2                      | 0           | 0           | 1523       | 9      | 29             | <u>13707</u> | <u>44167</u>  | ○                              | 8,9             | <u>Acero comparativo</u> |
| v                | 16          | 0                | 0                | 0                | <u>16</u>              | 13                     | 71          | 0           | 894        | 17     | 24             | <u>15198</u> | <u>21456</u>  | ○                              | 10,7            | <u>Acero comparativo</u> |
| w                | 92          | 8                | 0                | 0                | 100                    | 0                      | 0           | 0           | 927        | 11     | 62             | <u>10197</u> | <u>57474</u>  | ○                              | 12,5            | <u>Acero comparativo</u> |
| x                | 62          | 21               | 11               | 3                | 97                     | 3                      | 0           | 0           | <u>862</u> | 18     | 24             | <u>15516</u> | <u>20688</u>  | ○                              | 11,8            | <u>Acero comparativo</u> |
| y                | 5           | 0                | 0                | 0                | 5                      | 0                      | 95          | 0           | 1342       | 7      | 16             | <u>9394</u>  | <u>21472</u>  | ○                              | 2,1             | <u>Acero comparativo</u> |

Los subrayados indican que un valor numérico se encuentra fuera del rango de la presente invención

[Aplicabilidad industrial]

5 La presente invención proporciona la chapa de acero galvanizado de alta resistencia que tiene una conformabilidad excelente con una resistencia a la tracción final de 980 MPa o más, que es adecuada para los miembros estructurales, los miembros de refuerzo y los miembros de suspensión de los automóviles. En consecuencia, se puede esperar que la presente invención contribuya en gran medida al peso más ligero de los automóviles y tenga un efecto extremadamente alto en la industria.

10

REIVINDICACIONES

1. Una chapa de acero galvanizado por inmersión en caliente de alta resistencia que tiene una excelente adherencia de chapado, conformabilidad y capacidad de expansión de orificios con una resistencia máxima a la tracción de 980 MPa o más, comprendiendo la chapa de acero galvanizado por inmersión en caliente una capa galvanizada por inmersión en caliente formada sobre una superficie de una chapa de acero base,

en el que la chapa de acero base contiene: en % en masa,

C: de 0,05% a 0,4%;

Si: de 0,01% a 3,0%;

Mn: de 0,1% a 3,0%;

Al: de 0,01 a 2,0%; en el que Si + Al > 0,5%

P: limitado al 0,04% o menos;

S: limitado al 0,05% o menos;

N: limitado al 0,01% o menos; y

opcionalmente uno o dos o más de: en % en masa,

Cr: de 0,05% a 1,0%;

Mo: de 0,05% a 1,0%;

Ni: de 0,05% a 1,0%;

Cu: de 0,05% a 1,0%;

Nb: de 0,005% a 0,3%;

Ti: de 0,005% a 0,3%;

V: de 0,01% a 0,5%;

B: de 0,0001% a 0,1%;

Ca: de 0,0005% a 0,01%;

Mg: de 0,0005% a 0,01%;

REM: de 0,0005% a 0,01%; y

un saldo de balance que incluye Fe e impurezas inevitables,

una microestructura de la chapa de acero base contiene un 40% o más por fracción de volumen total de

martensita y bainita, 8% o más por fracción de volumen de austenita residual, y un saldo de balance de la

microestructura es ferrita o ferrita y 10% o menos por fracción de volumen de perlita,

la martensita contiene el 10% o más por fracción de volumen total de dos o más tipos de tres clases de

martensitas (1), (2) y (3), y

la capa galvanizada por inmersión en caliente contiene menos del 7% en masa de Fe,

martensita (1): concentración de C (cuando hay una precipitación de cementita, que también incluye el C

en la cementita); CM1, es inferior al 0,8% en masa, y la dureza de prueba de nano - indentación Hit1

satisface la Expresión 1:

$$\text{Hit1}/\{-982,1 \times (\text{CM1})^2 + 1676 \times \text{CM1} + 189\} \leq 0,50 \dots \text{Expresión 1}$$

martensita (2): concentración de C (cuando hay una precipitación de cementita, que también incluye el C

en la cementita); CM2, es del 0,8% en masa o más, y la dureza de prueba de nano - indentación Hit2

satisface la Expresión 2:

$$\text{Hit2}/\{-982,1 \times (\text{CM2})^2 + 1676 \times \text{CM2} + 189\} \leq 0,50 \dots \text{Expresión 2}$$

martensita (3): concentración de C (cuando hay una precipitación de cementita, que también incluye el C

en la cementita); CM3, es del 0,8% en masa o más, y la dureza de la prueba de nano - indentación Hit3

satisface la Expresión 3:

$$0,5 < \text{Hit3}/\{-982,1 \times (\text{CM3})^2 + 1676 \times \text{CM3} + 189\} \leq 0,80 \dots \text{Expresión 3}$$

2. Una chapa de acero aleado galvanizado por inmersión en caliente de alta resistencia que tiene una excelente adherencia, conformabilidad y capacidad de expansión de orificios con una resistencia máxima a la tracción de 980 MPa o más, comprendiendo la chapa de acero aleado galvanizado por inmersión en caliente una capa aleada galvanizada por inmersión en caliente formada en una superficie de una chapa de acero base,

en el que la chapa de acero base contiene: en % en masa,

C: de 0,05% a 0,4%;

Si: de 0,01% a 3,0%;

Mn: de 0,1% a 3,0%;

Al: de 0,01% a 2,0%; en el que Si + Al > 0,5%

P: limitado al 0,04% o menos;

S: limitado al 0,05% o menos;

N: limitado al 0,01% o menos; y  
opcionalmente uno o dos o más de: en % en masa,

Cr: de 0,05% a 1,0%;

Mo: de 0,05% a 1,0%;

Ni: de 0,05% a 1,0%;

Cu: de 0,05% a 1,0%;

Nb: de 0,005% a 0,3%;

Ti: de 0,005% a 0,3%;

V: de 0,01% a 0,5%;

B: de 0,0001% a 0,1%;

Ca: de 0,0005% a 0,01%;

Mg: de 0,0005% a 0,01%;

REM: de 0,0005% a 0,01%, y

un saldo de balance que incluye Fe e impurezas inevitables,

una microestructura de la chapa de acero base contiene 40% o más por fracción de volumen total de martensita y bainita, 8% o más por fracción de volumen de austenita residual, y un saldo de balance de la microestructura es ferrita o ferrita y 10% o menos por fracción de volumen de perlita,

la martensita contiene 10% o más por fracción de volumen total de dos o más tipos de tres clases de martensitas (1), (2) y (3), y

la capa aleada galvanizado por inmersión en caliente contiene del 7 al 15% en masa de Fe, martensita (1): concentración de C (cuando hay una precipitación de cementita, que también incluye el C en la cementita); CM1 es inferior al 0,8% en masa, y la dureza de prueba de nano - indentación Hit1 satisface la Expresión 1,

$$\text{Hit1}/\{-982,1 \times (\text{CM1})^2 + 1676 \times \text{CM1} + 189\} \leq 0,50 \dots \text{Expresión 1}$$

martensita (2): concentración de C (cuando hay una precipitación de cementita, que también incluye el C en la cementita); CM2 es 0,8% en masa o más, y la dureza de prueba de nano - indentación Hit2 satisface la Expresión 2,

$$\text{Hit2}/\{-982,1 \times (\text{CM2})^2 + 1676 \times \text{CM2} + 189\} \leq 0,50 \dots \text{Expresión 2}$$

martensita (3): concentración de C (cuando hay una precipitación de cementita, que también incluye el C en la cementita); CM3 es 0,8% en masa o más, y la dureza de prueba de nano - indentación Hit3 satisface la Expresión 3,

$$0,5 < \text{Hit3}/\{-982,1 \times (\text{CM3})^2 + 1676 \times \text{CM3} + 189\} \leq 0,80 \dots \text{Expresión 3}$$

3. La chapa de acero galvanizado por inmersión en caliente de alta resistencia de acuerdo con la reivindicación 1 o la chapa de acero aleado galvanizado por inmersión en caliente de alta resistencia de acuerdo con la reivindicación 2, en la que la chapa de acero base contiene además uno o dos o más de: en % en masa

Cr: de 0,05% a 1,0%;

Mo: de 0,05% a 1,0%;

Ni: de 0,05% a 1,0%; y

Cu: de 0,05% a 1,0%.

4. La chapa de acero galvanizado por inmersión en caliente de alta resistencia de acuerdo con la reivindicación 1 o la chapa de acero aleado galvanizado por inmersión en caliente de alta resistencia de acuerdo con la reivindicación 2, en la que la chapa de acero base contiene además uno o dos o más de: en % en masa

Nb: de 0,005% a 0,3%;

Ti: de 0,005% a 0,3%; y

V: de 0,01% a 0,5%.

5. La chapa de acero galvanizado por inmersión en caliente de alta resistencia de acuerdo con la reivindicación 1 o la chapa de acero aleado galvanizado por inmersión en caliente de alta resistencia de acuerdo con la reivindicación 2, en el que la chapa de acero base contiene además B: de 0,0001% a 0,1% en masa%.

6. La chapa de acero galvanizado por inmersión en caliente de alta resistencia de acuerdo con la reivindicación 1 o la chapa de acero aleado galvanizado por inmersión en caliente de alta resistencia de acuerdo con la reivindicación 2, en la que la chapa de acero base contiene además uno o dos o más de: en % en masa

Ca: de 0,0005% a 0,01%;  
 Mg: de 0,0005% a 0,01%; y  
 REM: de 0,0005% a 0,01%.

- 5 7. Un método de fabricación de una chapa de acero galvanizado por inmersión en caliente de alta resistencia que tiene una excelente adherencia, conformabilidad y capacidad de expansión de orificios con una resistencia máxima a la tracción de 980 MPa o más, comprendiendo el método de fabricación :

10 con respecto a una palanquilla de acero que contiene: en % en masa,  
 C: de 0,05% a 0,4%;  
 Si: de 0,01% a 3,0%;  
 Mn: de 0,1% a 3,0%;  
 Al: de 0,01% a 2,0%; en el que Si + Al > 0,5%  
 P: limitado a 0,04% o menos;  
 15 S: limitado a 0,05% o menos;  
 N: limitado a 0,01% o menos;  
 opcionalmente uno o dos o más de: en % en masa,  
 Cr: de 0,05% a 1,0%;  
 Mo: de 0,05% a 1,0%;  
 20 Ni: 0,05% a 1,0%;  
 Cu: de 0,05% a 1,0%;  
 Nb: de 0,005% a 0,3%;  
 Ti: de 0,005% a 0,3%;  
 V: de 0,01% a 0,5%;  
 25 B: de 0,0001% a 0,1%;  
 Ca: de 0,0005% a 0,01%;  
 Mg: de 0,0005% a 0,01%;  
 REM: de 0,0005% a 0,01%; y  
 un saldo de balance que incluye Fe e impurezas inevitables,  
 30 calentar a 1200°C o más y realizar el laminado en caliente a una temperatura de transformación Ar3 o más; realizar el laminado en frío sobre una chapa de acero base después del laminado en caliente a una relación de reducción de 40% a 70%; recocer la chapa de acero base después del laminado en frío a de 730°C a 900°C;  
 35 enfriar la chapa de acero base después del recocido a una temperatura de 650°C a 750°C a una velocidad de enfriamiento media de 0,1°C a 200°C / segundo, y enfriar la chapa de acero base a 450°C o menos desde la temperatura de 650°C a 750°C a una velocidad de enfriamiento media de 20°C / segundo o más rápida;  
 mantener la chapa de acero base enfriada a 450°C o menos en un rango de 350°C a 450°C durante 120 segundo o más;  
 40 enfriar la chapa de acero base mantenida en el rango de 350°C a 450°C, a 70°C o menos a una velocidad de enfriamiento media de 5°C / segundo o más rápida;  
 laminar la chapa de acero base enfriada a la temperatura ambiente a un porcentaje de elongación de 0,2% a 2%;  
 45 calentar la chapa de acero laminado a la temperatura del baño de galvanizado por inmersión en caliente - 40°C a la temperatura del baño de galvanizado por inmersión en caliente + 50°C a una temperatura media de aumento de 10°C / segundo o más rápida;  
 sumergir y galvanizar en caliente la chapa de acero base calentada a la temperatura del baño de galvanizado por inmersión en caliente - 40°C a la temperatura del baño de galvanizado por inmersión en caliente + 50°C en un baño de galvanizado por inmersión en caliente; y  
 50 enfriar la chapa de acero galvanizado por inmersión en caliente, que está galvanizado por inmersión en caliente, a 70°C o menos a una velocidad de enfriamiento media de 5°C / segundo o más rápida.

- 55 8. Un método de fabricación de una chapa de acero galvanizado por inmersión en caliente de alta resistencia que tiene una excelente adherencia, conformabilidad y capacidad de expansión de orificios con una resistencia máxima a la tracción de 980 MPa o más, comprendiendo el método de fabricación :

con respecto a una palanquilla de acero que contiene: en % en masa,  
 C: de 0,05% a 0,4%;  
 Si: de 0,01% a 3,0%;  
 60 Mn: de 0,1% a 3,0%;  
 Al: de 0,01% a 2,0%; en el que Si + Al > 0,5%  
 P: limitado a 0,04% o menos;  
 S: limitado a 0,05% o menos;  
 N: limitado a 0,01% o menos;  
 65 opcionalmente uno o dos o más de: en % en masa,  
 Cr: de 0,05% a 1,0%;

- Mo: de 0,05% a 1,0%;  
 Ni: de 0,05% a 1,0%;  
 Cu: 0,05% a 1,0%;  
 Nb: de 0,005% a 0,3%;  
 5 Ti: de 0,005% a 0,3%;  
 V: de 0,01% a 0,5%;  
 B: de 0,0001% a 0,1%;  
 Ca: de 0,0005% a 0,01%;  
 10 Mg: de 0,0005% a 0,01%;  
 REM: de 0,0005% a 0,01%; y  
 un saldo de balance que incluye Fe e impurezas inevitables,  
 calentar a 1200°C o más y realizar el laminado en caliente a una temperatura de transformación Ar3 o  
 más;  
 15 realizar el laminado en frío sobre una chapa de acero base después del laminado en caliente a una  
 relación de reducción del 40% a 70%;  
 recocer la chapa de acero base después del laminado en frío a una temperatura de 730°C a 900°C;  
 enfriar la chapa de acero base después del recocido a una temperatura de 650°C a 750°C a una  
 velocidad de enfriamiento media de 0,1 a 200°C / segundo, y enfriar la chapa de acero base a 450°C o  
 20 o menos desde la temperatura de 650°C a 750°C a una velocidad de enfriamiento media de 20°C / segundo  
 o más rápida;  
 mantener la chapa de acero base enfriada a 450°C o menos en un rango de 350°C a 450°C durante 120  
 segundos o más;  
 enfriar la chapa de acero base mantenida en el rango de 350°C a 450°C, a 70°C o menos a una velocidad  
 de enfriamiento media de 5°C / segundo o más rápida;  
 25 laminar la chapa de acero base enfriada a la temperatura ambiente a un porcentaje de elongación de  
 0,2% a 2%;  
 calentar la chapa de acero laminado a la temperatura del baño de galvanizado por inmersión en caliente -  
 40°C a la temperatura del baño de galvanizado por inmersión en caliente + 50°C a una velocidad de de  
 aumento de la temperatura media de 10°C / segundo o más rápida;  
 30 realizar la inmersión y el galvanizado por inmersión en caliente de la chapa de acero base calentada a la  
 temperatura del baño de galvanizado por inmersión en caliente de 40°C a la temperatura del baño de  
 galvanización por inmersión en caliente de 50°C en un baño de galvanización por inmersión en caliente y  
 realizar el tratamiento térmico de aleación a la temperatura del baño de galvanización por inmersión en  
 caliente de 40°C o más y de 560°C o menos en 40 segundos; y  
 35 enfriar la chapa de acero aleado galvanizado por inmersión en caliente, que se ha sometido al tratamiento  
 de aleación por calentamiento a 70°C o menos a una velocidad de enfriamiento media de 5°C / segundo o  
 más rápida.
9. El método de fabricación de una chapa de acero galvanizado por inmersión en caliente de alta resistencia de  
 40 acuerdo con la reivindicación 7 o el método de fabricación de la chapa de acero aleado galvanizado por  
 inmersión en caliente de alta resistencia de acuerdo con la reivindicación 8, en el que un baño de galvanización  
 por inmersión en caliente fluye a un caudal de 10 m / min o más y 50 m / min o menos en el momento de la  
 galvanización por inmersión en caliente.
- 45 10. El método de fabricación de una chapa de acero galvanizado por inmersión en caliente de alta resistencia de  
 acuerdo con la reivindicación 7 o el método de fabricación de la chapa de acero aleado galvanizado por  
 inmersión en caliente de alta resistencia de acuerdo con la reivindicación 8, en el que antes de ser calentado a  
 la temperatura del baño de galvanizado por inmersión en caliente - 40°C a la temperatura de baño de  
 galvanizado por inmersión en caliente + 50°C, la chapa de acero base se somete a decapado, y a continuación  
 50 se pule y se elimina una superficie de la chapa de acero base a una profundidad de 0,1 µm o más y es  
 prechapada con 0,2 a 2 g / m<sup>2</sup> de Ni.

55