

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 718 492**

51 Int. Cl.:

C22C 38/06 (2006.01)

C22C 38/38 (2006.01)

C21D 8/02 (2006.01)

C21D 9/46 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **15.12.2011 PCT/JP2011/079045**

87 Fecha y número de publicación internacional: **21.06.2012 WO12081666**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **15.12.2011 E 11847906 (2)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **30.01.2019 EP 2653582**

54 Título: **Lámina de acero galvanizado por inmersión en caliente y método para su fabricación**

30 Prioridad:

17.12.2010 JP 2010281690

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

02.07.2019

73 Titular/es:

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

72 Inventor/es:

**NONAKA TOSHIKI;
OGAWA TOSHIO y
FUJITA NOBUHIRO**

74 Agente/Representante:

ELZABURU, S.L.P

ES 2 718 492 T3

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

DESCRIPCIÓN

Lámina de acero galvanizado por inmersión en caliente y método para su fabricación

Campo técnico

5 La presente invención hace referencia a una lámina de acero de alta resistencia galvanizado por inmersión en caliente que tiene una aptitud al conformado mejorada, y a un método de fabricación de la misma. La lámina de acero de alta resistencia galvanizado por inmersión en caliente también incluye una lámina de acero de alta resistencia con recocido después de la galvanización.

Se reivindica prioridad sobre la Solicitud de Patente Japonesa N° 2010-281690, presentada el 17 de Diciembre de 2010.

Técnica anterior

10 El aumento de resistencia (tensión elevada) de una lámina de acero utilizada, es uno de los métodos más efectivos para lograr tanto el ahorro en el peso como la seguridad ante una colisión para la carrocería de un vehículo. Recientemente, el Reglamento con respecto a la seguridad ante una colisión, representado por la Euro-N-CAP (Programa Europeo de Evaluación de Automóviles Nuevos) se ha vuelto más estricta. Para corresponder a dicho
15 Reglamento, se requiere la adición de un elemento reforzado o similar, y por tanto, es inevitable un aumento del peso de la carrocería. El aumento en el peso de la carrocería tiene como resultado la disminución de la eficiencia del combustible. Por consiguiente, ha resultado más preferible el aumento en la utilización de un material de resistencia ultra-elevada, en el que el grosor puede ser reducido mientras que se mantiene la resistencia de una pieza. Por otro lado, para lograr el ahorro del peso de la pieza tanto como sea posible, la forma de dicha pieza se vuelve complicada. Por lo tanto, se requiere la mejora adicional de la capacidad de ser trabajado del conformado en la
20 lámina de acero. En particular, en la mayoría de los casos, se aplica una lámina de acero delgada de alta resistencia a una parte, en la que se realiza principalmente la deformación por doblado, tal como un estribo lateral. Por consiguiente, es importante calcular la capacidad de expansión de agujeros, que es un índice que indica una capacidad de doblado o ductilidad local, como la aptitud al conformado de la lámina de acero delgada de alta resistencia. Más aún, debido a que también se requiere resistencia a la corrosión en el elemento, se aplica
25 galvanizado por inmersión en caliente o recocido después de la galvanización a la lámina de acero de alta resistencia utilizada.

Sin embargo, en general, si la resistencia de la lámina de acero es incrementada, es conocido que se deteriora la capacidad de ser trabajado del conformado, tal como la capacidad de ser doblado o la capacidad de expansión de agujeros.

30 Por ejemplo, en la técnica relacionada, se sugieren láminas de acero que tengan una capacidad de expansión de agujeros mejorada en los documentos de Patente 1 a 3.

Debido a que la lámina de acero de alta resistencia tiene mucho contenido de un elemento de aleación y el elemento de aleación está concentrado en una parte central del grosor de una lámina, se deteriora la capacidad de expansión de agujeros. Sin embargo, no hay ninguna técnica relacionada que describa una diferencia de dureza entre una
35 parte de superficie de la lámina de acero y una parte central de la lámina de acero. Más aún, debido a que la MnS que tiene gran tamaño se convierte en el origen de una fractura en el momento del moldeado, se asume que un estado de precipitación de la MnS influye en la aptitud al conformado. La patente Japonesa JP 2003239040 hace referencia a la producción de una lámina de acero galvanizado de alta resistencia que muestra una excelente aptitud al conformado.

40 Documento de la técnica anterior

Documento de patente

[Documento de patente 1] Solicitud de Patente sin examinar, Primera publicación N° 2005-246141

[Documento de Patente 2] Solicitud de Patente sin examinar, Primera publicación N° 2006-274317

[Documento de Patente 3] Solicitud de Patente sin examinar, Primera publicación N° 2008-240123

45 **Descripción de la Invención**

Problema que la invención va a resolver

Un objeto de una realización de la invención es resolver los problemas de la técnica relacionada tal como se ha descrito anteriormente, y proporcionar una lámina de acero galvanizado por inmersión en caliente que tenga alta resistencia y una aptitud al conformado mejorada, y un proceso de fabricación de la misma.

50

Medios para resolver los problemas

Los inventores han examinado en detalle una lámina de acero galvanizado de alta resistencia por inmersión en caliente que tiene una aptitud al conformado mejorada.

5 Como resultado, con respecto a una lámina de acero que es un acero DP (de doble fase) que tiene un límite elástico relativamente bajo en láminas de acero de alta resistencia, y es un sustrato de una lámina de acero galvanizado por inmersión en caliente, controlando una cantidad total de Si y Al, que son componentes de la lámina de acero, en un intervalo específico y controlando una distribución de la dureza de la lámina de acero, los inventores observaron que podía fabricarse a nivel industrial una lámina de acero de alta resistencia galvanizado por inmersión en caliente que sea capaz de obtener más aptitud al conformado que la técnica relacionada.

10 Para evitar problemas tales como una fractura retardada o fragilidad de trabajo secundaria, es preferible que la lámina de acero será acero DP que sustancialmente no incluye austenita residual, excepto por la austenita residual de aproximadamente un 5% en volumen que se incluye inevitablemente.

Más aún, en la parte de superficie de la lámina de acero y la parte central de la lámina de acero, es importante controlar la dureza de la martensita o el estado de precipitación de la MnS en la lámina de acero.

15 El aspecto de la presente invención puede ser aplicado a una lámina de acero de alta resistencia galvanizado por inmersión que tiene una resistencia a la tracción de 590 MPa a 1500 MPa. Sin embargo, se ejercen efectos notables sobre la lámina de acero de alta resistencia galvanizado por inmersión que tiene la resistencia a la tracción de aproximadamente 980 MPa.

La esencia de la presente invención es la siguiente:

20 (1) De acuerdo con la presente invención, se proporciona una lámina de acero galvanizado por inmersión en caliente que incluye: una lámina de acero; y una capa galvanizada por inmersión dispuesta en la lámina de acero, en donde la lámina de acero incluye, en % en peso, C: 0,005 a 0,13%, Si: 0,2% a 0,8%, Mn: 1,5% a 3,1%, P: 0,001% a 0,06%, S: 0,001% a 0,01%, N: 0,0005% a 0,01%, y Al: 0,1% a 0,7%, en donde el resto consiste en Fe e impurezas inevitables, en donde el contenido en Si y el contenido en Al en % en peso satisface la siguiente Ecuación A, en donde una estructura metalográfica de la lámina de acero incluye una ferrita y una martensita, y en donde la estructura metalográfica satisface la siguiente Ecuación B cuando el número de MnS por 0,1 mm² en una parte de superficie de la lámina de acero, que es una región de 1/8 a 2/8 en una dirección del grosor de la lámina, es n₁, un diámetro medio equivalente del círculo de la MnS en la parte de superficie de la lámina de acero es d₁ μm, la dureza de la martensita de la parte de superficie de la lámina de acero es H₁ GPa, el número de MnS por 0,1 mm² en una parte central de la lámina de acero, que es una región de 3/8 a 5/8 en la dirección del grosor de la lámina de acero, es n₂, un diámetro medio equivalente del círculo de MnS en la parte central de la lámina de acero es d₂ μm, y la dureza de la martensita en la parte central de la lámina de acero es H₂ GPa.

$$0,5 < \text{Si} + \text{Al} < 1,0 \dots (\text{Ecuación A})$$

$$\{(n_2)^{2/3} \times d_2\} / \{(n_1)^{2/3} \times d_1\} \times \ln(H_2/H_1) < 0,3 \dots (\text{Ecuación B})$$

35 (2) En la lámina de acero galvanizado por inmersión de acuerdo con el punto (1), el componente de la lámina de acero puede además incluir, en % en peso, al menos uno de B: 0,0005% a 0,002%, Mo: 0,01% a 0,5%, Cr: 0,01% a 0,5%, V: 0,001% a 0,1%, Ti: 0,001% a 0,1%, Nb: 0,001% a 0,05%, Ca: 0,0005% a 0,005%, y metal de tierras raras: 0,0005 a 0,005%.

40 (3) En la lámina de acero galvanizado por inmersión en caliente de acuerdo con el punto (2), la lámina de acero puede ser una lámina de acero laminada en frío.

(4) En la lámina de acero galvanizado por inmersión en frío de acuerdo con el punto (1), la lámina de acero puede ser una lámina de acero laminada en frío.

45 (5) En un método de fabricación de la lámina de acero galvanizado por inmersión en caliente de acuerdo con uno cualquiera de (1) a (4), cuando un número total de cajas en una laminación de acabado en caliente es un estadio n y r_i% es una reducción de laminado de la caja i^{ava}, la laminación de acabado en caliente puede satisfacer la siguiente Ecuación C.

$$(r_1 + r_2 + r_3) / (r_{n-2} + r_{n-1} + r_n) > 1,6 \dots (\text{Ecuación C})$$

Ventaja de la invención

50 De acuerdo con la lámina de acero galvanizado por inmersión en caliente relacionada con el aspecto de la presente invención y el método de facturación de la misma, controlando una cantidad total del Si y el Al que son componentes de la lámina de acero, en un intervalo específico, y además controlando la dureza de la martensita y el estado de precipitación de MnS de la lámina de acero en la lámina de acero que es un sustrato de la lámina de acero

galvanizado por inmersión en caliente, puede proporcionarse una lámina de acero galvanizado por inmersión en caliente que tenga alta resistencia y aptitud al conformado y un método de fabricación de la misma.

Breve descripción de los dibujos

5 La FIG. 1 es una vista que muestra una relación entre los contenidos de Al y Si en una lámina de acero y las características de la lámina de acero tal como la aptitud al conformado o una propiedad de chapado.

La FIG. 2 es una vista que muestra una relación entre un valor del lado izquierdo de una Ecuación B, que representa la dureza de una martensita, y un estado de precipitación de la MnS en una parte de superficie de la lámina de acero y en una parte central de la lámina de acero, y un valor de λ TS que estima la resistencia y la aptitud al conformado de la lámina de acero.

10 La FIG. 3 es una vista que muestra una relación entre un valor del lado izquierdo de una Ecuación C, que representa un estado de control de la reducción de laminado en el momento del comienzo y la finalización de una laminación de acabado en caliente, y el valor de λ TS que estima la resistencia y la aptitud al conformado de la lámina de acero.

15 La FIG. 4 es una vista que muestra una relación entre el valor del lado izquierdo de una Ecuación B, que representa la dureza de la martensita y el estado de precipitación de la MnS en la parte de superficie de la lámina de acero y la parte central de la lámina de acero, y el valor del lado izquierdo de una Ecuación C que representa el estado de control de la reducción de laminado en el momento del comienzo y la finalización de la laminación de acabado en caliente.

Realización de la invención

20 Una lámina de acero galvanizado por inmersión en caliente de acuerdo con la presente invención incluye una lámina de acero que es un sustrato y una capa galvanizada por inmersión en caliente dispuesta en dicha lámina de acero. Aquí, el galvanizado por inmersión en caliente también incluye un recocido después de la galvanización.

En primer lugar, se describirá el intervalo de límite numérico con respecto a los elementos base de la lámina de acero que es un sustrato y las razones para dicho límite. Aquí, el % descrito es % en peso.

C: 0,05% a 0,13%

25 El C (carbono) es un elemento esencial para asegurar una resistencia y estabilizar una martensita.

Cuando el contenido en C es menor que 0,05%, la resistencia no se satisface, y la martensita no se forma. Más aún, cuando el contenido en C excede el 0,13%, la dureza de la martensita se vuelve demasiado alta, la diferencia de la dureza entre una fase suave y la martensita se vuelve demasiado grande, y por tanto, se disminuye la capacidad de expansión de agujeros, y se deteriora la soldabilidad.

30 Por lo tanto, el contenido en C es 0,05% a 0,13%, y es preferiblemente 0,06% a 0,1%.

Si: 0,2% a 0,8%

Si (silicio) es un elemento que se añade para asegurar la resistencia y una ductilidad.

35 Cuando el contenido en Si excede el 0,8%, se deteriora la capacidad de ser fosfatado y la capacidad de ser galvanizado. Por consiguiente, el contenido en Si se ajusta a 0,8% o menos. Más aún, cuando se enfatiza la capacidad de ser galvanizado, el contenido en Si es preferiblemente 0,6% o menos. Además, la capacidad de expansión de agujeros es mejorada debido a la múltiple adición de Si y Al. Sin embargo, cuando el contenido en Si es menor que 0,2%, el efecto no aparece de forma notable.

Por lo tanto, el límite inferior de Si es 0,2%.

Mn: 1,5% a 3,1%

40 Mn (manganeso) es un elemento que retrasa la generación de un carburo y estabiliza la adición de ferrita para asegurar la resistencia.

45 Cuando el contenido en Mn es menor que 1,5%, la resistencia no se satisface, es insuficiente la formación de ferrita, y por tanto, se deteriora la ductilidad. Más aún, cuando se excede un contenido de Mn de 3,1%, la dureza es aumentada más de lo necesario, y por tanto, la calidad del producto no se estabiliza. Además, la ductilidad es también deficiente.

Por consiguiente, el contenido en Mn es de 1,5% a 3,1%, y es preferiblemente de 1,8% a 2,8%.

ES 2 718 492 T3

P: 0,001% a 0,06

El P (fósforo) se añade como un elemento que aumenta la resistencia de la lámina de acero, si fuera necesario. Sin embargo, si la cantidad adicional de P es incrementada, tiene lugar una segregación intergranular, y por tanto, se deteriora la ductilidad local y la soldabilidad.

- 5 Por consiguiente, el límite superior del contenido de P es 0,06%. Más aún, un límite inferior del contenido en P es 0,001% la razón es porque los costes se incrementan en el proceso de fabricación del acero, si el contenido en P es menor que 0,001%. Preferiblemente, el contenido en P es 0,003% a 0,03%.

Al: 0,1% a 0,7%

- 10 El Al (aluminio) es un elemento que promueve la generación de ferrita y actúa de forma efectiva sobre la mejora de la ductilidad. Además, el Al es un elemento que no deteriora la capacidad de ser fosfatado o la capacidad de ser galvanizado, incluso si la cantidad adicional de Al es grande.

- 15 Para mejorar la capacidad de expansión de agujeros por una adición múltiple de Si y Al, el contenido en Al es 0,1% o más. Sin embargo, si la cantidad adicional de Al es aumentada, y causa el aumento de inclusiones tales como una alúmina, por consiguiente, se deteriora la capacidad de ser trabajado. Por lo tanto, el límite superior del contenido en Al es 0,7%. Preferiblemente, el límite superior es 0,15% a 0,6%.

Además de los elementos base descritos anteriormente, la lámina de acero puede además incluir al menos uno de B, Mo, Cr, V, Ti, Nb, Ca, y Metal de tierras raras (REM) como elementos selectivos. De aquí en adelante, se describirá los intervalos del límite numérico de los elementos selectivos y las razones para el límite. Aquí, el % descrito es un % en peso.

- 20 B: 0,0005% a 0,002%

Puede añadirse B (boro) para asegurar la templabilidad y aumentar el Al efectivo debido a la formación de BN. Más aún, la fracción de ferrita del acero DP es aumentada, y por tanto, puede asegurarse una alta elongación. Sin embargo, la estructura metalográfica es una estructura laminada, y por tanto, la ductilidad local puede ser disminuida. Debido a la adición de B, puede evitarse el fenómeno mencionado anteriormente.

- 25 Cuando el contenido en B es menor que 0,0005%, no se ejercen dichos efectos. Cuando el contenido en B excede 0,002%, no se muestran los efectos que corresponden a la cantidad añadida.

Mo: 0,01% a 0,5%

Cr: 0,01% a 0,5%

Pueden añadirse Mo (molibdeno) y Cr (cromo) para asegurar la resistencia y la templabilidad.

- 30 Cuando el contenido en Mo y el contenido en Cr son menores que 0,01%, los efectos no se ejercen. Cuando el contenido en Mo y el contenido en Cr excede el 0,5%, se suprime la generación de ferrita en el acero DP, y por tanto, la ductilidad se deteriora. Más aún, se deteriora la capacidad de ser fosfatado o la capacidad de ser galvanizado.

V: 0,001% a 0,1%

- 35 Ti: 0,001% a 0,1%

Puede añadirse V (vanadio) y Ti (titanio) para asegurar la resistencia. Cuando el contenido en V y el contenido en Ti son menos que 0,001%, los efectos no se ejercen. Cuando el contenido en V y el contenido en Ti excede el 0,1%, se deteriora la soldabilidad o similar.

Nb: 0,001% a 0,05%

- 40 Puede añadirse Nb (niobio) para asegurar la resistencia.

Cuando el contenido en Nb es menor que 0,001%, los efectos no se ejercen. Cuando el contenido en Nb excede el 0,05%, los efectos se saturan.

Ca: 0,0005% a 0,005%

REM: 0,0005% a 0,005%

- 45 Puede añadirse Ca (calcio) y REM para suprimir la generación de inclusiones y mejorar la capacidad de expansión de agujeros.

Cuando el contenido en Ca y el contenido en REM son menores que 0,0005%, los efectos no se ejercen. Cuando el contenido en Ca y el contenido en REM excede el 0,005%, los efectos se saturan.

Además de los elementos, la lámina de acero incluye impurezas inevitables. Aquí, las impurezas inevitables muestran una materia prima auxiliar tal como chatarra de acero o elementos tales como S, N, Mg, Pb, Sb, Sn, Cd, Ni, o Cu que se mezclan inevitablemente en un proceso de chapado.

Por ejemplo, incluso cuando se incluye Sn o similar dentro de un intervalo de 0,01% o menos, los efectos de la presente invención no se reducen. Sin embargo, para ejercer suficientemente los efectos de la presente invención, es preferible que el contenido en S y el contenido en N se limite de la siguiente manera. Aquí, el % descrito es % en peso.

10 S: 0,001% a 0,01%

El S (azufre) es un elemento que no se desea que exista en el acero. El S genera MnS, y por tanto, la ductilidad local y la soldabilidad son deterioradas por el mismo.

15 Por consiguiente, el límite superior del contenido en S se limita a 0,01%. Más aún, debido a que se incrementan los costes en el proceso de producción del acero, si se disminuye el S de una forma innecesaria. Por tanto, el límite inferior del contenido en S es el 0,001%. Preferiblemente, el contenido en S es de 0,002% a 0,005%.

N: 0,0005% a 0,01%

El N (nitrógeno) es un elemento que se incluye inevitablemente. Sin embargo, si se incluye demasiado N, no solamente se deterioran las propiedades de envejecimiento sino que también se incrementa la cantidad de precipitación de AlN, y por tanto, los efectos de la adición de Al se reducen.

20 Por consiguiente, el límite superior del contenido en N se limita al 0,01% o menos. Más aún, si el contenido en N es reducido de forma innecesaria, debido a que se incrementan los costes en el proceso de producción del acero, el límite inferior del contenido en N es 0,0005% o más. Preferiblemente, el contenido en N es de 0,001% a 0,005%.

A continuación, se describirá el intervalo del límite numérico con respecto al contenido total de Si y Al.

25 Para incrementar la resistencia de la lámina de acero, la utilización del endurecimiento por solución sólida o endurecimiento por precipitación es insuficiente, generalmente, en muchos casos, también se utiliza endurecimiento por transformación. Además, debido a que el control de la producción de una estructura DP, se obtiene una alta elongación debido a una fase blanda de ferrita, y se asegura la resistencia debido a una fase dura de martensita.

30 Sin embargo, en un caso del acero DP, si se incrementa la diferencia de dureza entre la fase blanda y la fase dura, es conocido que se deteriora la capacidad de expansión de agujeros. Para mejorar esto, hay un método que produce la reducción de la dureza por revenido de la martensita. Sin embargo, el método no es suficiente. En particular, en el acero DP que requiere una resistencia a la tracción de 980 MPa o más, la resistencia puede ser deficiente debido al revenido.

35 Por tanto, los inventores han realizado un examen en detalle, y como resultado han observado que se obtiene una lámina de acero que tiene una alta resistencia y una capacidad de expansión de agujeros mejorada cuando la cantidad total de Si y Al en % en peso satisface la siguiente Ecuación A.

$$0,5 < Si + Al < 1,0 \dots (\text{Ecuación A})$$

40 En la evaluación de la resistencia y la aptitud al conformado, se utiliza un valor de $\lambda \times TS$, que es el producto de una relación de la expansión de agujeros: $\lambda(\%)$ y la resistencia a la tracción: TS (MPa). En general, el valor es de aproximadamente 40.000%MPa. Cuando el valor de $\lambda \times TS$ es 60.000%MPa o más, éste determina que la lámina de acero tiene alta resistencia y una aptitud al conformado mejorada. La FIG. 1 muestra una relación entre las cantidades de Al y de Si en % en peso, y las características de la lámina de acero tales como la aptitud al conformado o el rendimiento del revestimiento. En la FIG. 1, una lámina de acero en la que el valor de $\lambda \times TS$ es 60.000%MPa o más se representa por "O", una lámina de acero en la que el valor de $\lambda \times TS$ es menor que 60.000%MPa se representa por "X", y una lámina de acero en la que se deteriora el recocido después del galvanización se representa por "Δ". Además, el intervalo indicado por la Ecuación A se representa por una flecha "A". Tal como se muestra en la FIG. 1, si el valor de Si+Al en % en peso es 0,5% o menos, el valor de $\lambda \times TS$ no es suficiente, y si el valor de Si+Al es 1,0% o más, se deteriora el recocido después de la galvanización. De esta manera, se necesita que el valor de Si+Al en % en peso sea más que 0,5% y menor que 1,0%. Preferiblemente, el valor de Si+Al en % en peso es más que 0,6% y menor que 1,0%.

50 A continuación, se describirá la estructura metalográfica de la lámina de acero, que es un sustrato de la lámina de acero galvanizado por inmersión en caliente de acuerdo con la realización de la presente invención.

En la estructura metalográfica de la lámina de acero, se incluyen principalmente la ferrita y la martensita. Esto se debe a que la lámina de acero tiene un equilibrio mejorado entre la resistencia y la ductilidad. Aquí, la ferrita incluye

una ferrita poligonal y una ferrita bainítica, y la martensita también incluye una martensita obtenida realizando el revenido a una temperatura de 600°C o menos además de una martensita obtenida por templado general. Incluso cuando la lámina de acero sometida a revenido a la temperatura de 600°C o menos se utiliza como sustrato de la lámina de acero galvanizado por inmersión en caliente, los efectos de la presente invención no cambian.

5 La fracción de ferrita y la fracción de martensita se controlan de acuerdo con la resistencia de la lámina de acero. Cuando la TS es de 500 MPa a 800 MPa, es preferible que la fracción de la ferrita sea el 50% del área a un 90% del área y la fracción de martensita sea del 10% del área al 40% del área. Cuando la TS es de 800 MPa a 1100 MPa, es preferible que la fracción de la ferrita sea del 20% del área al 60% del área y la fracción de la martensita sea del 30% del área al 60% del área. Cuando la TS exceda 1100 MPa, es preferible que la fracción de la ferrita sea el 30% del área o menos y la fracción de la martensita sea el 40% del área o más.

10 La lámina de acero incluye una bainita como estructura, además de ferrita y martensita. Es preferible que la fracción de bainita sea del 10% del área al 40% del área. Más aún, si permanece austenita en la estructura, se deterioran la fragilidad de trabajo secundaria o las características de fractura retardada. Por consiguiente, es preferible que sustancialmente no se incluya austenita residual en la lámina de acero, excepto por la austenita residual de aproximadamente un 5% en volumen que existe inevitablemente.

15 Para obtener alta resistencia y la suficiente capacidad de expansión de agujeros (aptitud al conformado) en la lámina de acero, se necesita que la condición de la estructura metalográfica satisfaga la siguiente Ecuación B.

$$\{(n_2)^{2/3} \times d_2\} / \{(n_1)^{2/3} \times d_1\} \times 1n(H_2/H_1) < 0,3 \dots (\text{Ecuación B})$$

20 Aquí, el número de MnS por 0,1 mm² en la parte de superficie de la lámina de acero, que es una región de 1/8 a 2/8 en una dirección del grosor de la lámina, es n₁, un diámetro medio equivalente del círculo de la MnS en la parte de superficie de la lámina de acero es d₁ (µm) y la dureza de la martensita de la parte de superficie de la lámina de acero es H₁ (GPa). De forma similar, el número de MnS por 0,1 mm² en una parte central de la lámina de acero, que es una región de 3/8 a 5/8 en la dirección del grosor de la lámina de acero es n₂, el diámetro medio equivalente del círculo de MnS es d₂ (µm), y la dureza de la martensita en la parte central de la lámina de acero es H₂ (GPa).

25 El lado izquierdo de la Ecuación B que es menor que 0,3, muestra que la diferencia de los números de la MnS, la diferencia de los diámetros medios equivalentes del círculo de MnS, y la diferencia de la dureza de martensita en la parte de superficie de la lámina de acero y la parte central de la lámina de acero es cualitativamente pequeña. En general, los valores del número de MnS, el diámetro medio equivalente del círculo de la MnS, y la dureza de la martensita en la parte central de la lámina de acero son mayores que los de la parte de superficie de la lámina de acero, y por tanto, el lado izquierdo de la Ecuación B es 0,3 o más.

30 Tal como se muestra en la FIG. 2, hay una correlación entre el valor del lado izquierdo de la Ecuación B y el valor λxTS. Cuando el valor del lado izquierdo de la Ecuación B es menor que 0,3, el valor de λxTS es 60.000%MPa o más. De esta manera, para obtener una alta resistencia y una aptitud al conformado mejorada en la lámina de acero, se necesita que el valor del lado izquierdo de la Ecuación B sea menor que 0,3. Más aún, el límite inferior de la Ecuación B, que se asume que está en condiciones generales, es 0,01.

35 La dureza de la martensita y el estado de precipitación de la MnS en la lámina de acero pueden ser controladas por un método de fabricación descrito más adelante. Además, para controlar de forma más precisa la dureza de la martensita y el estado de precipitación de la MnS en la lámina de acero, es preferible que la lámina de acero sea una lámina de acero laminada en frío, en la que se realiza también laminación en frío después de la laminación en caliente.

40 Más aún, si un valor de ELxTS, que es el producto de la elongación (EL) y la TS, es 16.000%MPa o más, debido a que la aptitud al conformado es mejorada adicionalmente, es preferible que el valor sea 16.000%MPa o más.

45 Tal como se ha descrito anteriormente, controlando el componente y la estructura metalográfica de la lámina de acero en la lámina de acero que es el sustrato de la lámina de acero galvanizado por inmersión en caliente, puede obtenerse la lámina de acero de alta resistencia galvanizado por inmersión en caliente que tiene alta resistencia y aptitud al conformado mejorada.

A continuación, se describirá un método de fabricación de la lámina de acero galvanizado por inmersión en caliente de acuerdo con la realización de la presente invención.

50 El método de fabricación puede ser realizado mediante procesos de laminación en caliente de una lámina de acero, laminación en frío de una lámina de acero, y chapado de una lámina de acero que se realizan de forma habitual.

En procesos de colada, los productos de acero se fabrican por colada de acero fundido que satisface los elementos base, los elementos selectivos, y las inevitables impurezas descritas anteriormente. El método de colada no está particularmente limitado, y puede utilizarse un método de colada en vacío, un método de colada continua, o similar.

En el proceso de laminación en caliente, dicha laminación en caliente se realiza calentando los productos de acero. Para evitar una disminución de la capacidad de ser trabajado debido a la aplicación excesiva de deformación/alargamiento a los granos de ferrita, se realiza preferiblemente una laminación de acabado en la laminación en caliente a una temperatura de A_{r3} (la temperatura a la que comienza la transformación de la ferrita en el momento de enfriamiento) o más. Más aún, debido a que el diámetro de un grano recristalizado después del recocido se engrosa más de lo necesario a una temperatura demasiado elevada, la laminación de acabado en la laminación en caliente se realiza preferiblemente a una temperatura de 940°C o menos.

En el momento de la laminación de acabado en la laminación en caliente, cuando la reducción del laminado en cada caja satisface la siguiente Ecuación C, se obtiene un valor de λ_{xTS} elevado.

$$(r_1+r_2+r_3) / (r_{n-2}+r_{n-1}+r_n) > 1,6 \dots (\text{Ecuación C})$$

Aquí, el número total de cajas de laminación de acabado en caliente es un estadio n y $r_i\%$ es la reducción de laminado de la caja i^{ava} .

Tal como se muestra en la FIG. 3, hay una correlación entre un valor del lado izquierdo de la Ecuación C y un valor de λ_{xTS} . Cuando el valor del lado izquierdo de la Ecuación C excede 1,6, el valor de λ_{xTS} es 60.000%MPa o más. Por consiguiente, el valor del lado izquierdo de la Ecuación C excede preferiblemente 1,6. Esto es debido a que se asume que la temperatura del material que va a ser procesado es alta en el momento de comenzar la laminación de acabado, y si la reducción del laminado es elevada en esta etapa, los granos son uniformes. Por otro lado, debido a que la temperatura del material a ser procesado es baja en el momento de terminar la laminación de acabado, si la reducción del laminado es elevada en esta etapa, se incrementa la carga al material que va a ser procesado, y ocurre una alteración en la forma. Además, en esta etapa, debido a que la parte interna del material que va a ser procesado presenta una distribución irregular de la temperatura, se incrementa la dispersión en el procesamiento, y se deterioran las características del material.

Para obtener, de forma segura, una alta resistencia y una aptitud al conformado mejorada, es preferible que se satisfaga $(r_1+r_2+r_3) / (r_{n-2}+r_{n-1}+r_n) > 1,9$. Más aún, es más preferible que se satisfaga $(r_1+r_2+r_3) / (r_{n-2}+r_{n-1}+r_n) > 2,0$. Por otro lado, debido a las limitaciones de la capacidad de una planta, el límite superior del valor $(r_1+r_2+r_3) / (r_{n-2}+r_{n-1}+r_n)$ es 3,0.

Más aún, tal como se muestra en la FIG. 4, hay una correlación entre el valor del lado izquierdo de la Ecuación B y el valor del lado izquierdo de la Ecuación C. En la FIG. 4, una lámina de acero en la que el valor de λ_{xTS} es 60.000%MPa o más, está representada por "O" y una lámina de acero en la que el valor de λ_{xTS} es menor que 60.000%MPa está representado por "X". Cuando tanto la Ecuación B como la Ecuación C satisfacen respectivas condiciones, el valor de λ_{xTS} es 60.000 %MPa o más. Es decir, cuando se utilizan los productos de acero que satisfacen los componentes descritos anteriormente, y se satisfacen las condiciones de laminación representadas por la Ecuación C, se satisface la estructura metalografía de la lámina de acero, y como resultado, el valor de λ_{xTS} es 60.000 %MPa o más.

Además, si el valor de EL_{xTS} de la lámina de acero es 16.000 %MPa o más, debido a que la lámina de acero galvanizado en caliente puede ser aplicada a elementos automovilísticos o similares, en los que se requiere una capacidad para ser trabajado, resulta más preferible que el valor de EL_{xTS} sea 16.000%MPa o más.

Como se incrementa la temperatura de bobinado de la lámina de acero después de la laminación en caliente, se promueve la recristalización o el crecimiento del grano, y puede mejorarse la capacidad de ser trabajada. Sin embargo, a medida que aumenta la temperatura de bobinado, se generan escamas, y se reduce la propiedad de decapado. De manera que se generan ferrita y perlita en capas, y por tanto, se segrega C de manera no uniforme. Por consiguiente, la temperatura de bobinado se ajusta a 650°C o menos. Por otro lado, si la temperatura de bobinado es demasiado baja, la lámina de acero se endurece, y por tanto, la carga en el momento de la laminación en frío se vuelve elevada. Por lo tanto, la temperatura de bobinado se ajusta a 400°C o más. Más aún, si fuera necesario, la lámina de acero después de la laminación en caliente puede mantenerse a la temperatura de bobinado dentro de un intervalo de 1 hora o más y 24 horas o menos. La lámina de acero se mantiene durante el tiempo, y por tanto, la estructura metalográfica de la lámina de acero de laminación en caliente puede ser controlada de forma apropiada.

Si fuera necesario, en un proceso de desbastado, para retirar las escamas, puede realizarse desbastado de la superficie a la lámina de acero después del proceso de laminación en caliente. El método de desbastado no está particularmente limitado, y por ejemplo, puede utilizarse un cepillo circular de alambre, una cinta abrasiva, chorreo con granalla, o similar.

En un proceso de decapado, la lámina de acero es decapada después del proceso de laminación en caliente o después del proceso de desbastado. El método de decapado no está particularmente limitado, y puede utilizarse un método de decapado establecido que utiliza ácido sulfúrico, ácido nítrico, o similar.

En un proceso de laminación en frío, la lámina de acero es laminada en frío después del proceso de decapado. El método de laminación en frío no está particularmente limitado. En la laminación en frío, debido a que la corrección

de la forma de la lámina de acero es difícil si la reducción del laminado es baja, el límite inferior de la reducción de laminado es preferiblemente el 30%. Más aún, si se realiza la laminación a una reducción del laminado que exceda el 70%, debido a la aparición de grietas en una parte de borde de la lámina de acero y a una deformación en la forma, el límite superior de la reducción del laminado es preferiblemente 70%.

5 En la lámina de acero laminada en frío que es fabricada mediante el proceso de laminación en caliente y el proceso de laminación en frío descrita anteriormente, la dureza de la martensita y el estado de precipitación de MnS en la lámina de acero se controla de forma más precisa. Por consiguiente, la lámina de acero se utiliza preferiblemente como el sustrato de la lámina de acero galvanizado por inmersión en caliente.

10 En un proceso de recocido, la lámina de acero después del proceso de laminación en frío es recocida a la temperatura de Ac1 (una temperatura en la que una austenita comienza a ser generada en el momento de calentamiento) o más y Ac3 (una temperatura en la que la transformación de una ferrita a una austenita se completa en el momento de calentamiento) +100°C o menos. A la temperatura menor que Ac1, la estructura no es uniforme. Por otro lado, a la temperatura que excede Ac3+100°C, se suprime la generación de ferrita debido al engrosamiento de la austenita, y se deterioran las características de elongación. Más aún, desde un aspecto económico, la temperatura de recocido es preferiblemente de 900°C o menos. Más aún, durante el proceso de recocido, para hacer desaparecer las estructuras a capas, se necesita que la lámina de acero se mantenga durante más de 30 minutos, los efectos se saturan, y por tanto, la productividad es reducida. Por consiguiente, la duración del mantenimiento se ajusta a 30 segundos o más y 30 minutos o menos.

20 En un proceso de enfriamiento, se enfría la lámina de acero, que se calienta dentro del intervalo de temperatura en el proceso de recocido. Una temperatura final de enfriamiento se ajusta a 600°C o menos. Si la temperatura final de enfriamiento excede 600°C, la austenita permanece fácilmente, pueden ocurrir fácilmente problemas relacionados con la capacidad de ser trabajada y la fractura retardada. Además, si fuera necesario, a la temperatura final de enfriamiento, la lámina de acero después del proceso de recocido puede mantenerse dentro de un intervalo de 10 segundos o más y 1000 segundos o menos. De acuerdo con el mantenimiento en el tiempo, la estructura metalográfica de la lámina de acero después del proceso de recocido puede ser controlada de forma adecuada.

25 Más aún, para mejorar la capacidad de expansión de agujeros y la fragilidad, puede realizarse un tratamiento de revenido a la lámina de acero a una temperatura de 600°C o menos, después del proceso de enfriamiento, si fuera necesario. Incluso cuando se realiza el tratamiento de revenido, no cambian los efectos de la presente invención.

30 En un proceso de chapado, se realiza galvanización por inmersión en caliente a la lámina de acero después del proceso de enfriamiento o del tratamiento de revenido. Un método de galvanización por inmersión en caliente no está particularmente limitado. Más aún, si fuera necesario, se realiza un tratamiento de aleación, y por tanto, puede utilizarse recocido después de la galvanización.

[Ejemplo 1]

35 El acero que tiene la composición de componentes que se muestra en la Tabla 1 fue fundido en un horno de fusión al vacío. En la Tabla 1, los valores numéricos subrayados indican valores fuera del intervalo de la presente invención. Los productos de acero se calentaron a 1200°C y se realizó la laminación en caliente. La laminación de acabado se realizó a 880°C en la laminación en caliente. Más aún, en la laminación de acabado en caliente, se controló la reducción del laminado en cada caja. Después de que termina la laminación de acabado en caliente, la lámina de acero de laminación se enfrió a 500°C y se mantuvo durante 1 hora a dicha temperatura, y se realizó el tratamiento de calor del bobinado de la laminación en caliente. Se retiraron las escamas de la superficie de la lámina de acero laminada en caliente obtenida mediante desbastado y decapado. Después de eso, se realizó la laminación en frío a la lámina de acero. Se realizó el recocido a la lámina de acero después de la laminación en frío durante 60 segundos a 800°C utilizando un simulador de recocido continuo. Después de eso, la lámina de acero se enfrió a un intervalo de temperatura de 400°C a 600°C y se mantuvo durante 10 segundos a 600 segundos a la temperatura. Se realizó la galvanización por inmersión en caliente a la lámina de acero, y si fue necesario, se enfriaron las láminas de acero hasta la temperatura ambiente después de ser tratada con el tratamiento de aleación.

40 Se realizaron un ensayo de tracción y un ensayo de expansión de agujeros utilizando la lámina de acero galvanizado por inmersión en caliente fabricada, descrita anteriormente. Cuando el producto de la relación de expansión de agujeros $\lambda(\%) \times$ la resistencia a la tracción TS (MPa) fue 60.000%MPa o más, se determinó que la lámina de acero presentaba una alta resistencia y una aptitud al conformado mejorada. El ensayo de tracción se realizó mediante una pieza JIS No.5. El ensayo de expansión de agujeros se realizó introduciendo un punzón cónico con un ángulo de vértice de 60° en un orificio perforado que está provisto en la pieza y que tiene un diámetro inicial del orificio d_0 : 10 (mm), y expandiendo dicho orificio de perforación. Más aún, el diámetro del orificio d (mm) se midió en el momento en que las grietas generadas en una circunferencia del orificio perforado penetran en la dirección del grosor de la lámina de la pieza, y se obtuvo la relación de expansión de agujeros λ por la siguiente Ecuación D.

$$\lambda = [(d-d_0) / d_0] \times 100(\%) \dots(\text{Ecuación D})$$

Aquí, $d_0 = 10$ mm.

La estructura metalográfica de la lámina de acero galvanizado por inmersión en caliente fabricada según se describe anteriormente fue observada por microscopio óptico. La superficie observada fue una sección de corte que se cortó en una cara plana a lo largo de la dirección del grosor de la lámina de manera que la superficie observada fue la dirección del ancho de la lámina perpendicular a la dirección de laminación de la lámina de acero galvanizado por inmersión en caliente. La ferrita fue observada por ataque químico con NITAL y la martensita fue observada mediante el método de ataque químico con reactivo Le Pera. Se observó una posición de 1/4 del grosor de la lámina de acero, que se posicionó en el lado de la lámina de acero desde una interfaz que se mostró en la sección de corte y estaba entre la lámina de acero y la capa galvanizada por inmersión en caliente, y se obtuvieron fracciones de área de ferrita y martensita. Después de que se desbastara la superficie de la lámina de acero galvanizado por inmersión en caliente de forma paralela a la profundidad que era 1/4 del grosor de lámina de la lámina de acero, la superficie pulida se midió por difractómetro de rayos X, y por tanto, se obtuvo la fracción volumétrica de la austenita.

Se estimó la propiedad de galvanización realizando galvanización por inmersión en caliente a la lámina de acero de laminación, que fue sometida a recocido bajo condiciones de recocido similares a las condiciones descritas anteriormente, utilizando un simulador de galvanización por inmersión en caliente, y confirmando visualmente la situación de la adhesión del chapado. Un caso en el que la superficie chapada fue el 90% del área o más y la adherencia de la galvanización fue uniforme, se representó como "Bueno", y un caso en el que la superficie chapada fue más del 10% del área y existieron defectos se representó como "Malo". Los resultados se muestran en la Tabla 2.

Se realizó una observación del estado de precipitación de MnS utilizando un microscopio electrónico de barrido de emisión de campo (FESEM). La observación se realizó en la parte de superficie de la lámina de acero que era de 1/8 a 2/8 en la dirección del grosor de lámina de la lámina de acero desde la interfaz, que se muestra en la sección de corte y entre la lámina de acero y la capa galvanizada por inmersión en caliente, hasta el lado de la lámina de acero, y en la parte central de la lámina de acero que era de 3/8 a 5/8 en la dirección del grosor de lámina de la lámina de acero. El aumento de la observación se ajustó a 1.000 veces, y se ajustó un área de 0,12 mm x 0,09 mm=0,01 mm² a un campo visual de observación. Se observaron un total de 10 campos visuales, y se midió el número de MnS. Aquí, se observaron un total de 10 campos visuales para cada área de 0,01 mm², se midió el número total, y por tanto, el número de MnS fue representado por el número por 0,1 mm². Un diámetro (μm) equivalente de círculo de la MnS se calculó mediante un software de análisis de imagen en el que los diámetros equivalentes de círculo en los 10 campos visuales fueron incorporados en el Fe-SEM, se obtuvo el valor medio en los 10 campos visuales, y por tanto, el valor medio se ajustó al diámetro (μm) equivalente de círculo.

La dureza de la martensita se midió utilizando un nanoindentador. Se midieron los granos de la martensita, que se encontraban en la parte de la superficie de la lámina de acero y la parte central de la lámina de acero, se midieron en total 30 puntos con intervalos de 100 μm, y se obtuvo el valor medio. Los resultados se mostraron en la Tabla 3. En la Tabla 3, los valores numéricos subrayados indican valores fuera del intervalo de la presente invención.

Tal como se muestra en las Tablas 1 a 3, N° 1 a 27, que son Ejemplos, son láminas de acero galvanizado por inmersión en caliente que tienen aptitud para la galvanización mejorada, alta resistencia, y la suficiente capacidad de expansión de agujeros (aptitud al conformado).

Por otro lado, los Nos. 28 a 45, que son Ejemplos Comparativos, son láminas de acero galvanizado por inmersión en caliente fuera del intervalo de la presente invención.

En los Ejemplos comparativos 28 y 29, debido a que el contenido en C está fuera del intervalo de la presente invención, el valor de λxTS es menor que 60.000%MPa.

En el Ejemplo comparativo 30, debido a que el contenido en Si está fuera del intervalo de la presente invención, el valor de Si+Al en % en peso también está fuera del intervalo de la presente invención, y por tanto, el valor de λxTS es menor que 60.000%MPa, y la propiedad de galvanización tampoco es buena.

En el Ejemplo comparativo 31, debido a que el contenido en Si y el contenido en Mn están fuera del intervalo de la presente invención, el valor de Si+Al en % en peso también está fuera del intervalo de la presente invención, el valor de λxTS es menor que 60.000%MPa, y la propiedad de galvanización tampoco es buena.

En el Ejemplo comparativo 32, debido a que el contenido en Mn está fuera del intervalo de la presente invención, el valor de λxTS es menor que 60.000%MPa.

En el Ejemplo comparativo 33, debido a que el contenido en P está fuera del intervalo de la presente invención, el valor de λxTS es menor que 60.000%MPa.

En el Ejemplo comparativo 34, debido a que el contenido en S está fuera del intervalo de la presente invención, el valor de λxTS es menor que 60.000%MPa.

En el Ejemplo comparativo 35, debido a que el contenido en N está fuera del intervalo de la presente invención, el valor de λxTS es menor que 60.000%MPa.

En el Ejemplo comparativo 36, debido a que el contenido en Al está fuera del intervalo de la presente invención, el valor de λ_{TS} es menor que 60.000%MPa.

En los Ejemplos comparativos 37 a 41, debido a que el valor de Si+Al en % en peso está fuera del intervalo de la presente invención, el valor de λ_{TS} es menor que 60.000%MPa.

- 5 En los Ejemplos comparativos 42 a 45, debido a que la Ecuación B y la Ecuación C no se satisfacen, el valor de λ_{TS} es menor que 60.000%MPa.

	C	Mn	P	S	N	Al	Cr	Mo	V	Ti	Nb	Ca	B	REM	Si+Al
Ejemplo	1	0,051	0,250	1,65	0,005	0,008	0,0035	0,625	-	-	-	-	-	-	0,875
	2	0,052	0,202	2,02	0,023	0,006	0,0064	0,555	-	-	-	-	-	-	0,757
	3	0,055	0,288	2,50	0,008	0,009	0,0055	0,512	0,15	-	-	-	-	-	0,800
	4	0,061	0,421	1,52	0,007	0,007	0,0035	0,444	-	-	-	-	-	-	0,865
	5	0,052	0,256	1,55	0,008	0,008	0,0033	0,210	0,11	-	-	-	-	-	0,782
	6	0,111	0,222	1,69	0,006	0,009	0,0087	-	-	-	-	-	0,004	-	0,845
	7	0,125	0,650	1,52	0,032	0,005	0,0042	-	0,15	-	-	-	-	-	0,900
	8	0,079	0,256	1,53	0,044	0,001	0,0040	0,320	0,05	-	-	-	0,003	-	0,922
	9	0,095	0,475	1,62	0,008	0,002	0,0065	-	-	-	-	-	-	-	0,710
	10	0,077	0,245	1,77	0,007	0,009	0,0022	-	0,25	-	-	-	-	-	0,566
	11	0,091	0,321	1,56	0,006	0,007	0,0015	-	0,11	-	-	-	-	-	0,543
	12	0,095	0,356	2,09	0,012	0,006	0,0035	-	0,21	-	-	-	-	-	0,921
	13	0,105	0,215	1,82	0,011	0,005	0,0022	0,390	-	-	-	-	-	-	0,838
	14	0,101	0,235	2,68	0,009	0,008	0,0035	-	0,23	-	-	-	-	0,0015	0,656
	15	0,128	0,625	1,92	0,023	0,007	0,0034	-	-	-	-	-	-	-	0,993
	16	0,069	0,568	2,99	0,005	0,001	0,0024	-	0,05	-	-	-	-	-	0,819
	17	0,125	0,515	1,66	0,011	0,003	0,0037	-	0,11	-	-	0,01	0,002	0,0010	0,636
	18	0,111	0,458	2,03	0,016	0,004	0,0041	-	-	-	-	0,03	-	-	0,781
	19	0,124	0,256	1,93	0,013	0,007	0,0034	-	0,12	-	-	-	-	-	0,391
	20	0,115	0,689	2,95	0,018	0,003	0,0025	-	0,21	-	0,03	-	-	-	0,912
	21	0,123	0,468	2,41	0,016	0,003	0,0064	-	-	-	-	-	-	0,0008	0,824
	22	0,115	0,452	2,19	0,014	0,005	0,0007	-	-	-	-	-	-	-	0,690
	23	0,125	0,264	1,54	0,013	0,003	0,0087	0,150	0,11	-	0,05	-	-	-	0,597
	24	0,126	0,521	2,35	0,022	0,007	0,0090	-	-	-	-	-	-	0,0015	0,842
	25	0,128	0,777	2,66	0,050	0,008	0,0069	-	0,15	0,03	-	-	-	-	0,992
	26	0,129	0,352	2,85	0,041	0,005	0,0065	-	0,22	-	-	-	-	-	0,708
	27	0,126	0,450	3,00	0,038	0,003	0,0034	-	0,31	-	-	0,02	-	-	0,819

(continuación)

	Componente químico (% en peso)														
	C	Mn	P	S	N	Al	Cr	Mo	V	Ti	Nb	Ca	B	REM	Si+Al
Ejemplo Comparativo	28	<u>0,040</u>	0,235	0,007	0,008	0,0035	0,521	-	-	-	-	-	-	-	0,756
	29	0,250	0,225	0,003	0,006	0,0007	0,512	-	-	-	-	-	-	-	0,737
	30	0,125	1,523	0,007	0,009	0,0035	0,356	-	0,15	-	-	-	0,0006	-	1,879
	31	0,116	<u>1,498</u>	0,009	0,003	0,0032	0,621	0,280	0,32	-	-	-	-	-	2,119
	32	0,112	0,235	0,009	0,004	0,0034	0,678	-	-	-	-	-	-	-	0,913
	33	0,099	0,321	<u>0,075</u>	0,003	0,0021	0,325	0,300	0,16	-	-	0,01	-	-	0,646
	34	0,062	0,455	0,002	<u>0,020</u>	0,0059	0,412	-	-	-	-	-	-	-	0,867
	35	0,055	0,356	0,011	0,010	<u>0,0210</u>	0,253	-	-	-	-	0,02	-	-	0,609
	36	0,125	0,500	0,018	0,004	0,0093	0,003	-	0,15	-	-	-	-	-	0,503
	37	0,126	0,210	0,005	0,003	0,0022	<u>1,923</u>	-	0,22	-	-	-	-	-	2,133
	38	0,078	<u>0,120</u>	0,008	0,003	0,0021	0,150	-	-	-	-	-	-	-	<u>0,270</u>
	39	0,128	<u>0,920</u>	0,008	0,003	0,0021	<u>0,150</u>	-	0,35	-	0,01	-	-	-	<u>0,270</u>
	40	0,122	0,220	0,007	0,003	0,0025	0,180	-	-	-	-	-	-	-	<u>0,400</u>
	41	0,115	0,650	0,008	0,002	0,0033	0,520	-	-	-	-	-	-	-	1,170
	42	0,110	0,350	0,056	0,003	0,0021	0,250	-	0,11	-	-	-	0,002	-	0,600
43	0,078	0,520	0,046	0,002	0,0030	0,110	-	-	-	-	-	-	-	0,630	
44	0,130	0,620	0,051	0,006	0,0030	0,250	-	0,02	-	-	0,01	-	-	0,870	
45	0,121	0,220	0,005	0,003	0,0030	0,680	0,210	0,03	-	-	-	-	0,0010	-	0,900

*Los valores numéricos subrayados indican valores fuera del intervalo de la presente invención.

Tabla 2

Resultado de la Evaluación		Ensayo de Tracción y Ensayo de Capacidad de Expansión de agujeros										Estructura Metalográfica				Propiedad de galvanización
		Ensayo De tracción (MPa)	Elongación (%)	Capacidad de Expansión de Agujeros (%)	ELxTS (%MPa)	AXTS (%MPa)	Fracción de Ferrita (% de área)	Fracción de Martensita (% de área)	Fracción Austenita Residual (% volumen)							
1	577	33,2	105	19156	60585	68	22	2				Bueno				
2	576	32,5	125	18720	72000	68	23	3				Bueno				
3	585	31,2	110	18252	64350	69	22	4				Bueno				
4	622	28,0	106	17416	65932	65	25	3				Bueno				
5	777	22,3	95	17327	73815	64	26	4				Bueno				
6	798	23,2	86	18514	68628	59	33	3				Bueno				
7	802	22,3	77	17885	61754	58	31	5				Bueno				
8	832	20,5	74	17056	61568	59	30	3				Bueno				
9	845	20,0	72	16900	60840	55	31	4				Bueno				
10	855	21,0	75	17955	64125	52	31	3				Bueno				
11	901	20,0	71	18020	63971	52	36	4				Bueno				
12	978	18,5	70	18093	68460	52	32	2				Bueno				
13	985	16,5	66	16253	65010	51	35	3				Bueno				
14	990	16,5	62	16335	61380	50	34	4				Bueno				
15	995	17,1	62	17015	61690	52	36	3				Bueno				
16	1000	16,3	65	16300	65000	55	38	3				Bueno				
17	1002	16,4	66	16433	66132	52	41	3				Bueno				
18	1005	16,3	68	16382	68340	51	36	4				Bueno				
19	1008	16,4	61	16531	61488	48	38	4				Bueno				
20	1012	19,2	65	19430	65780	44	41	3				Bueno				
21	1022	18,5	60	18907	61320	42	42	5				Bueno				
22	1023	17,2	67	17596	68541	37	44	4				Bueno				
23	1045	16,5	62	17243	64790	36	46	2				Bueno				
24	1055	18,3	59	19307	62245	41	41	2				Bueno				

Emplo

(continuación)

		Resultado de la Evaluación											Propiedad de galvanización
		Ensayo de Tracción y Ensayo de Capacidad de Expansión de Agujeros					Estructura Metalográfica				Fracción Austenita Residual (% volumen)		
Ensayo De tracción (MPa)	Elongación (%)	Capacidad de Expansión de Agujeros (%)	ELxTS (%MPa)	λxTS (%MPa)	Fracción de Ferrita (% de área)	Fracción de Martensita (% de área)	Fracción de Ferrita (% de área)	Fracción de Martensita (% de área)	Fracción de Ferrita (% de área)	Fracción de Austenita Residual (% volumen)		Fracción de Austenita Residual (% volumen)	Fracción de Austenita Residual (% volumen)
											25		
26	1356	12,3	51	16679	69156	15	62	15	62	2	2	Bueno	
27	1512	11,3	50	17086	75600	12	75	12	75	2	2	Bueno	
28	405	32,1	65	13001	26325	92	0	92	0	3	3	Bueno	
29	1589	8,5	21	13507	33369	5	90	5	90	4	4	Bueno	
30	985	18,9	52	18617	51220	44	42	44	42	2	2	Malo	
31	901	21,5	55	19372	49555	55	32	55	32	2	2	Malo	
32	1215	11,0	25	13365	30375	30	52	30	52	3	3	Bueno	
33	804	21,3	45	17125	36180	51	37	51	37	3	3	Bueno	
34	602	24,6	74	14809	44548	68	21	68	21	4	4	Bueno	
35	596	21,3	58	12695	34568	69	21	69	21	4	4	Bueno	
36	1352	10,5	33	14196	44616	21	68	21	68	4	4	Bueno	
37	1367	10,3	32	14080	43744	22	69	22	69	3	3	Malo	
38	877	16,5	45	14471	39465	25	65	25	65	3	3	Bueno	
39	985	17,2	45	16942	44325	72	11	72	11	4	4	Malo	
40	1025	14,5	52	14863	53300	32	21	32	21	3	3	Bueno	
41	1052	17,6	41	18515	43132	56	12	56	12	5	5	Malo	
42	1002	17,5	32	17535	32064	42	30	42	30	3	3	Bueno	
43	765	23,2	35	17748	26775	52	36	52	36	4	4	Bueno	
44	885	10,2	42	9027	37170	48	38	48	38	3	3	Bueno	
45	987	13,2	40	13028	39480	45	42	45	42	4	4	Bueno	

Templo Comparativo

Tabla 3

Tiempo	Estru... de la lámina de acero										Laminación en caliente							Valor del lado izquierdo de la Ecuación C
	Parte de Superficie de la lámina de acero					Parte central de la lámina de acero					Valor del lado izquierdo de la Ecuación B	r ₁	r ₂	r ₃	r _{n-2}	r _{n-1}	r _n	
	Número de MnS n ₁ (0,1 mm ²)	Díametro medio equivalente de círculo d ₁ (µm)	Dureza de la martensita H ₁ (GPa)	Número de MnS n ₂ (0,1 mm ²)	Díametro medio equivalente de círculo d ₂ (µm)	Dureza de la martensita H ₂ (GPa)	Valor del lado izquierdo de la Ecuación B	%	%	%								
1	6	3	250	8	4	270	0,12	51	40	38	30	29	12	1,82				
2	4	2	270	7	4	290	0,21	50	40	38	30	25	20	1,71				
3	4	1	260	6	2	280	0,19	51	38	30	29	28	4	1,95				
4	5	2	280	7	3	310	0,19	42	37	33	30	27	7	1,75				
5	7	2	290	8	2	300	0,04	49	39	35	29	22	8	2,08				
6	7	1	320	7	1	330	0,03	45	39	45	25	23	4	2,48				
7	6	3	320	9	3	330	0,04	49	39	35	23	21	7	2,41				
8	6	4	340	7	5	360	0,08	49	38	36	30	21	8	2,08				
9	6	3	400	10	7	430	0,24	43	40	36	27	24	8	2,02				
10	6	4	400	8	5	420	0,07	45	16	34	28	24	7	1,61				
11	6	3	410	9	3	420	0,03	43	40	36	28	25	6	2,02				
12	8	4	410	9	6	460	0,19	46	45	33	25	23	4	2,38				
13	8	2	420	10	3	450	0,12	48	40	35	23	20	8	2,41				
14	9	4	420	13	5	440	0,07	47	41	35	28	23	8	2,08				
15	11	2	430	12	3	440	0,04	51	40	38	30	25	16	1,82				
16	7	2	410	10	5	430	0,15	42	36	34	30	26	8	1,75				
17	6	1	440	8	3	460	0,16	42	36	34	32	26	6	1,75				
18	8	2	430	10	2	440	0,03	50	40	39	30	27	14	1,82				
19	9	4	420	10	6	440	0,07	51	38	30	29	27	5	1,95				
20	7	3	420	8	3	450	0,08	47	41	35	29	23	7	2,08				
21	8	2	440	9	2	470	0,07	43	41	36	27	24	8	2,03				
22	6	4	440	10	4	480	0,12	43	41	36	24	27	8	2,03				
23	10	2	440	12	2	460	0,05	49	41	35	28	23	8	2,12				
24	10	5	450	14	6	470	0,07	46	45	33	25	23	4	2,38				
25	12	3	450	14	4	470	0,06	47	41	35	29	23	7	2,08				

(continuación)

	Resultado de la Evaluación Estructura Metalográfica										Condición de fabricación Reducción del laminado en Laminación en caliente							Valor del lado izquierdo de la Ecuación C
	Parte de Superficie de la lámina de acero					Parte central de la lámina de acero					Valor del lado izquierdo de la Ecuación B	r ₁	r ₂	r ₃	r _{n-2}	r _{n-1}	r _n	
	Número de MnS n ₁ (/0,1 mm ²)	Diámetro medio equivalente de círculo d ₁ (µm)	Dureza de la martensita H ₁ (GPa)	Número de MnS n ₂ (/0,1 mm ²)	Diámetro medio equivalente de círculo d ₂ (µm)	Dureza de la martensita H ₂ (GPa)												
26	14	5	460	16	7	480	0,07	51	38	30	29	28	4	1,95				
27	16	6	470	20	10	500	0,12	43	41	36	24	27	8	2,03				
28	6	3	240	8	4	270	0,19	47	41	35	28	23	8	2,08				
29	12	7	510	14	8	520	0,02	49	39	35	26	22	8	2,20				
30	7	3	400	8	5	420	0,09	49	39	35	24	22	8	2,28				
31	8	4	410	9	5	430	0,06	49	39	35	26	22	8	2,20				
32	6	3	430	10	6	460	0,19	43	41	36	24	27	8	2,03				
33	4	3	380	6	6	400	0,13	51	38	40	30	29	12	1,82				
34	6	4	300	8	6	320	0,12	51	38	30	29	28	4	1,95				
35	7	4	300	9	5	330	0,14	42	37	33	27	30	7	1,75				
35	10	5	450	12	7	480	0,10	51	40	38	30	29	12	1,82				
37	10	3	460	13	5	500	0,17	43	41	36	27	24	8	2,03				
38	20	9	400	24	13	420	0,08	49	39	35	26	20	10	2,20				
39	10	7	420	12	9	440	0,07	49	39	35	24	22	8	2,28				
40	12	6	420	15	8	480	0,21	48	40	35	24	22	8	2,28				
41	11	6	420	13	9	460	0,15	43	41	36	27	22	10	2,03				
42	10	7	420	16	14	470	0,31	45	22	43	30	34	13	1,43				
43	9	8	380	15	15	430	0,33	38	30	29	43	33	7	1,17				
44	8	8	390	10	15	450	0,31	45	43	22	34	30	13	1,43				
45	8	7	410	14	15	460	0,36	48	36	18	40	35	7	1,24				

*Los valores numéricos subrayados indican valores fuera del intervalo de la presente invención.

Aplicabilidad Industrial

5 De acuerdo con la lámina de acero galvanizado por inmersión en caliente y al método de fabricación del mismo de los aspectos de la presente invención, en la lámina de acero que es el sustrato de la lámina de acero galvanizado por inmersión en caliente, controlando la cantidad total de Si y Al, que son componentes de la lámina de acero, en un intervalo específico, y controlando la dureza de la martensita y el estado de precipitación de la MnS de la lámina de acero, se puede proveer una lámina de acero galvanizado por inmersión en caliente que tenga alta resistencia y una aptitud al conformado mejorada y un método de fabricación de la misma.

REIVINDICACIONES

1. Una lámina de acero galvanizado por inmersión en caliente que comprende:

una lámina de acero; y

una capa galvanizada por inmersión en caliente dispuesta en la lámina de acero,

5 en donde la lámina de acero incluye, en % en peso,

C: 0,05% a 0,13%,

Si: 0,2% a 0,8%,

Mn: 1,5% a 3,1%,

P: 0,001% a 0,06%,

10 S: 0,001% a 0,01%,

N: 0,0005% a 0,01%,

A1: 0,1% a 0,7%, y opcionalmente uno o más de

B: 0,0005% a 0,002%,

Mo: 0,01% a 0,5%,

15 Cr: 0,01% a 0,5%,

V: 0,001% a 0,1%,

Ti: 0,001% a 0,1%,

Nb: 0,001% a 0,05%,

Ca: 0,0005% a 0,005%, y

20 Metal de tierras raras: 0,0005% a 0,005%,

y el resto que consiste en Fe e impurezas inevitables,

en donde el contenido de Si y el contenido de Al en % en peso satisfacen la siguiente Ecuación A,

en donde la estructura metalográfica de la lámina de acero incluye ferrita y martensita, y

25 en donde la estructura metalográfica satisface la siguiente Ecuación B cuando el número de MnS por 0,1 mm² en la parte de superficie de la lámina de acero, que es una región de 1/8 a 2/8 en la dirección del grosor de la lámina, es n₁, el diámetro medio equivalente del círculo de MnS en la parte de superficie de la lámina de acero es d₁ μm, la dureza de la martensita de la parte de superficie de la lámina de acero es H₁ GPa, el número de MnS por 0,1 mm² en la parte central de la lámina de acero, que es una región de 3/8 a 5/8 en la dirección del grosor de la lámina, es n₂, el diámetro medio equivalente del círculo de MnS en la parte central de la lámina de acero es d₂ μm, y la dureza de la martensita de la parte central de la lámina de acero es H₂ GPa.

30

$$0,5 < \text{Si} + \text{Al} < 1,0 \dots (\text{Ecuación A})$$

$$\{(n_2)^{2/3} \times d_2\} / \{(n_1)^{2/3} \times d_1\} \times 1n(H_2/H_1) < 0,3 \dots (\text{Ecuación B})$$

2. La lámina de acero galvanizado por inmersión en caliente según la reivindicación 1, en donde la lámina de acero es una lámina de acero laminado en frío.

35 3. Un método de fabricación de la lámina de acero galvanizado por inmersión en caliente según la reivindicación 1 o 2, en donde, cuando el número total de cajas de la laminación de acabado en caliente es n, y r_i% es la reducción de laminación en la caja i^{ava}, la laminación de acabado en caliente satisface la siguiente Ecuación C.

$$(r_1 + r_2 + r_3) / (r_{n-2} + r_{n-1} + r_n) > 1,6 \dots (\text{Ecuación C})$$

FIG. 1

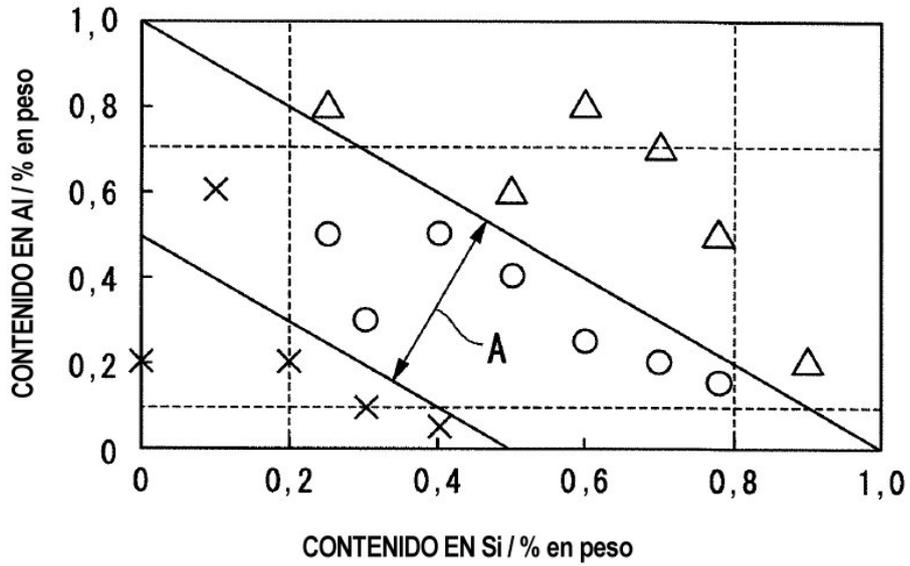


FIG. 2

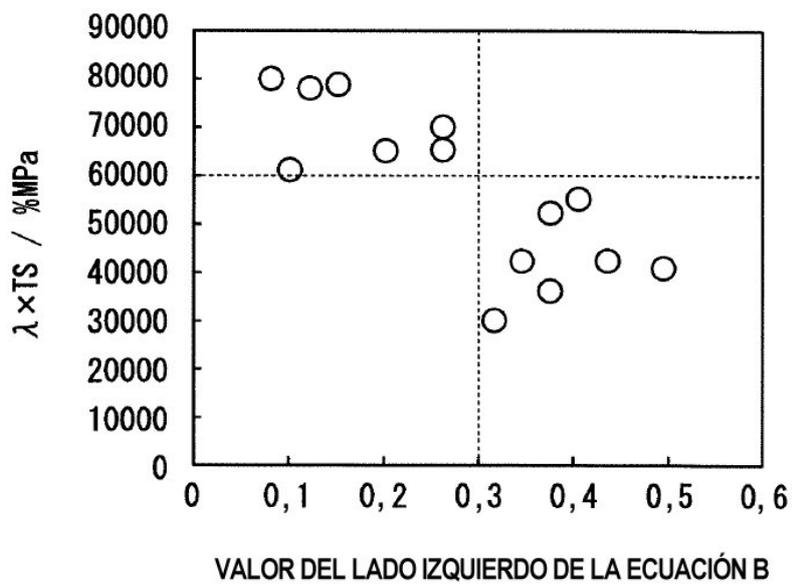


FIG. 3

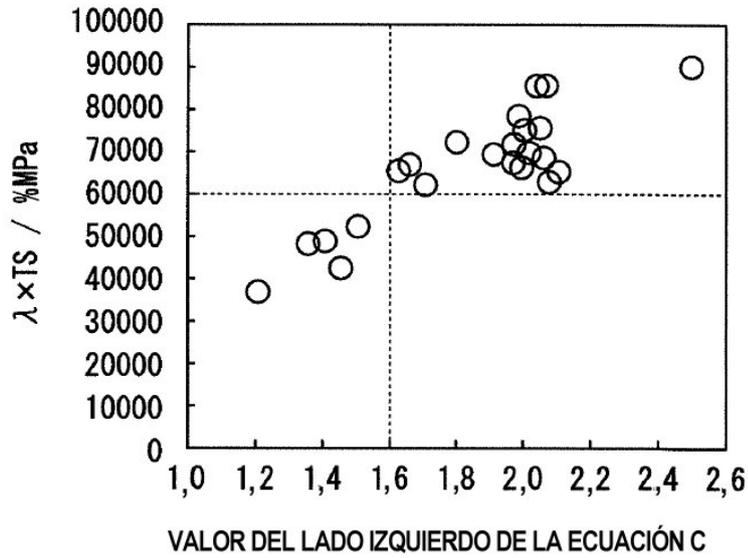


FIG. 4

