

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 696 550**

51 Int. Cl.:

C23C 22/18	(2006.01)	C22C 38/14	(2006.01)
C23C 2/40	(2006.01)	C23C 28/00	(2006.01)
C23C 2/06	(2006.01)		
C23C 2/28	(2006.01)		
B32B 15/01	(2006.01)		
C22C 18/00	(2006.01)		
C22C 38/00	(2006.01)		
C22C 38/02	(2006.01)		
C22C 38/04	(2006.01)		
C22C 38/06	(2006.01)		

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **12.07.2010 PCT/JP2010/061797**
- 87 Fecha y número de publicación internacional: **05.05.2011 WO11052269**
- 96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **12.07.2010 E 10826404 (5)**
- 97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **10.10.2018 EP 2495347**

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

30 Prioridad:

26.10.2009 JP 2009245871

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

16.01.2019

73 Titular/es:

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

72 Inventor/es:

**HONDA KAZUHIKO;
SUZUKI NORIYUKI y
IKEMATSU YOICHI**

74 Agente/Representante:

ELZABURU, S.L.P

ES 2 696 550 T3

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

DESCRIPCIÓN

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

Campo de la invención

5 La presente invención se refiere a una chapa de acero galvarrecocido que tiene excelente conformabilidad y a un método para la producción de la misma. Particularmente, la presente invención se refiere a una chapa de acero galvarrecocido que tiene una capacidad de embutición profunda significativamente excelente y a un método para la producción de la misma.

Se reivindica la prioridad en la Solicitud de Patente Japonesa No. 2009-245871, registrada el 26 de octubre de 2009.

Descripción de la técnica relacionada

10 Una chapa de acero galvarrecocido tiene excelentes características, tales como adherencia a los recubrimientos, resistencia a la corrosión después del recubrimiento, soldabilidad y similares. Por lo tanto, las chapas de acero galvarrecocido son ampliamente utilizadas para automóviles, electrodomésticos, materiales de construcción y similares. La chapa de acero galvarrecocido se produce realizando una galvanización por inmersión en caliente de una chapa de acero en la superficie e inmediatamente después calentando y manteniendo la chapa de acero a una
15 temperatura igual o superior al punto de fusión del zinc. Como se describió anteriormente, a medida que la chapa de acero galvanizado se calienta y se mantiene, el Fe en la chapa de acero se difunde en la capa galvanizada, formando de este modo una aleación de Zn-Fe. Sin embargo, dado que la velocidad de aleación varía significativamente dependiendo de la composición y de la estructura de la chapa de acero, se requieren técnicas muy avanzadas con el fin de controlar la formación de la aleación de Zn-Fe. Además, una chapa de acero para un
20 automóvil que se preñe en una forma compleja requiere una conformabilidad muy alta. Particularmente, en los últimos años, a medida que ha aumentado la demanda de resistencia a la corrosión en los automóviles, ha aumentado el número de casos en los que el galvarrecocido se aplica a las chapas de acero de los automóviles.

A medida que las formas de las carrocerías de automóviles se han vuelto más complejas, la demanda sobre la conformabilidad de las chapas de acero se ha vuelto más estricta. Por consiguiente, se requieren chapas de acero galvarrecocido que tengan mejor conformabilidad, tal como la capacidad de embutición profunda, que las chapas de
25 acero existentes. Se sabe que con el fin de mejorar la conformabilidad, particularmente la capacidad de embutición profunda, es efectivo aumentar el valor r (valor r de Lankford) de una chapa de acero.

Con el fin de aumentar el valor r de la chapa de acero galvarrecocido, en general se utiliza como material base un acero IF de ultra bajo contenido en carbono fortificado con Ti producido añadiendo Ti después de reducir el
30 contenido de C a un valor extremadamente bajo, o un acero IF de ultra bajo contenido en carbono fortificado con Ti-Nb formado por la adición de Ti y Nb. Por ejemplo, en la citación de patente 1 y en la citación de patente 2, se describe un método para producir una chapa de acero galvanizada, para producir una chapa de acero que tiene alta ductilidad y un alto valor r , definiendo la composición de la chapa de acero, las condiciones de laminación en caliente, y las condiciones de recocido y realizando una galvanización por inmersión en caliente sobre la superficie
35 de la chapa de acero.

Sin embargo, tales chapas de acero tienen un contenido reducido de soluto C y soluto N para mejorar la conformabilidad, por lo que la velocidad de aleación durante la aleación de la capa de galvanización es muy rápida. Por lo tanto, existe el problema de que la aleación de la capa de galvanización avanza demasiado rápido y la fase Γ crece volviéndose gruesa, de modo que se degrada la resistencia a la pulverización de la chapa de acero galvarrecocido.
40

En el campo de los automóviles, con el fin de lograr tanto la función de proteger a los ocupantes durante una colisión como la reducción del peso para mejorar el ahorro de combustible, se necesita una chapa de acero galvarrecocido con alta resistencia. Con el fin de aumentar la resistencia de la chapa de acero es efectivo aumentar la cantidad de C que se añade. Sin embargo, la chapa de acero de alta resistencia que contiene C agregado no puede tener un
45 valor r aumentado a diferencia de una chapa de acero dulce.

Cita de patentes

[Cita de patente 1] Solicitud de patente japonesa no examinada, primera publicación No. S59-74231.

[Cita de patente 2] Solicitud de patente japonesa no examinada, primera publicación No. S59-190332.

50 El documento de patente US 5525431 A describe una chapa de acero galvanizada con base de zinc que comprende una chapa de acero enchapada a base de Zn y una capa de cobertura inorgánica formada sobre la superficie de la capa de enchapado. Dicho recubrimiento inorgánico contiene al menos un óxido inorgánico en una cantidad de 1-500 mg/m² en términos del peso de elementos metálicos exclusivos de oxígeno y al menos un oxoácido o coloide de óxido inorgánico en una cantidad de 1-500 mg/m² y, además, se formó una película de óxido de Zn entre la capa de cobertura inorgánica y la capa de chapado a base de zinc.

El documento de patente JP 2000328221 A proporciona una chapa de acero galvalume que tiene una película de enchapado que contiene 0,20 a 0,50% de Al, 8 a 15% de Fe y 0,01 a 0,20 de Mg y tiene microporos en el espesor del enchapado por debajo del 50% del espesor promedio a una proporción de longitud de sección transversal de 1 a 10%, y en la que la rugosidad de la superficie Ra de la misma es $\leq 1,2 \mu\text{m}$. A la capa superficial de la película de enchapado se incorporan óxidos de Al y Mg en una cantidad correspondiente a 1 a 50 mg/m² en peso total, además de óxidos de Zn y Fe.

El documento de patente JP 2003286556 A tiene como objetivo evitar las microproyecciones que tienden a ocurrir en la superficie de una película de pintura formada en una chapa de acero galvalume por inmersión en caliente, y mejorar la calidad de la película recubierta. Las microproyecciones se controlan evitando la trampa de humedad, a saber, controlando un índice de aleación I ($\leq 0,1$) de la capa galvalume por inmersión en caliente y su rugosidad superficial Ra (0,3 - 1,0 μm).

Sumario de la invención

Problema planteado

La conformación por prensado existente se enfoca en una reducción del coeficiente de fricción de la chapa de acero galvalume durante la conformación. Sin embargo, con el fin de mejorar el rendimiento del conformado por prensado de una forma más compleja, debe considerarse la conformabilidad bajo alta presión superficial.

Aquí, con el fin de resolver los problemas anteriores, la presente invención propone una chapa de acero galvalume que tiene una conformabilidad excelente y un método para la producción de la misma.

Métodos para resolver el problema

Los inventores examinaron varios métodos para mejorar la conformabilidad sin degradar la productividad y la adhesión de una chapa de acero galvanizada a los recubrimientos. Como resultado, los inventores encontraron que la conformabilidad de la chapa de acero galvalume puede mejorarse significativamente optimizando la proporción de área de una porción plana en la superficie de la capa galvalume y formar una capa de óxidos compuestos de Mn, Zn y P en la parte plana y así han realizado la presente invención.

Las características de la presente invención son las definidas en las reivindicaciones.

Efectos de la invención

La chapa de acero galvalume de la presente invención tiene una excelente capacidad de embutición profunda, y se puede realizar el conformado con un alto grado de deformación. Particularmente, dado que la chapa de acero galvalume de la presente invención tiene una alta conformabilidad bajo una presión superficial alta, se puede prensar para que tenga una forma compleja. Además, en el método de producción de la chapa de acero galvalume de la presente invención, se puede proporcionar la chapa de acero galvalume con excelente conformabilidad sin degradar la productividad y la adhesión a los enchapados de la chapa de acero galvalume.

Breve descripción de los dibujos

La FIG. 1 es un gráfico que muestra la relación entre la relación de estirado límite (LDR) y el valor r de una chapa de acero galvalume.

La FIG. 2A es un diagrama esquemático que muestra un ejemplo de la chapa de acero galvalume antes de que se forme una parte plana.

La FIG. 2B es un diagrama esquemático que muestra un ejemplo de la chapa de acero galvalume después de que se forme la porción plana.

La FIG. 2C es un diagrama esquemático que muestra la chapa de acero galvalume de acuerdo con una realización de la presente invención.

Descripción detallada de la invención

De aquí en adelante se describirá en detalle una realización de la presente invención. Además, en la presente invención, % significa % en masa, a menos que se especifique lo contrario.

Una chapa de acero galvalume de acuerdo con una realización de la presente invención incluye, como se ilustra en la FIG. 2C, una chapa de acero 1, una capa galvalume 2 formada en al menos una superficie de la chapa de acero 1, y una capa de óxido compuesto 5 formada sobre la superficie de la capa galvalume 2. La capa galvalume 2 contiene una cantidad igual o mayor que 0,05% e igual o menor que 0,5% de Al, una cantidad igual o mayor que 6% e igual o menor que 12% de Fe, otros elementos necesarios, y el resto hasta 100% compuesto de Zn e impurezas inevitables. Además, la capa de óxido compuesto 5 contiene una cantidad igual o superior a 0,1 mg/m² e igual o inferior a 100 mg/m² de Mn, una cantidad igual o superior a 1 mg/m² e igual o inferior a 100 mg/m²

de P, y Zn. Además, la relación P/Mn de la capa de óxido compuesto 5 es igual o superior a 0,3 e igual o inferior a 50 en términos de relación de masas. Sobre la capa 2 galvarrecocida en la interfase con la capa de óxido compuesto 5 se forman una parte plana 3, que tiene una proporción de área igual o superior al 10% e igual o inferior al 70%, y una parte rugosa 4 que se encuentra en una posición más cercana a la chapa de acero 1 que la parte plana 3. Además, la rugosidad de la superficie Ra de la parte áspera 4 es mayor que la rugosidad de la superficie Ra de la parte plana 3.

En esta realización, la composición de Al de la capa galvarrecocida 2 está limitada a 0,05 a 0,5%. Cuando la composición de Al es inferior al 0,05%, durante la aleación, la aleación de Zn-Fe avanza demasiado rápido, y en la interfase entre el sustrato de acero (chapa de acero 1) y la capa galvarrecocida (capa galvarrecocida 2) se desarrolla demasiado una capa de aleación frágil. En consecuencia, se deteriora la adhesión de la placa entre el sustrato de acero y la capa galvarrecocida. Por otro lado, cuando la composición de Al es superior al 0,5%, se forma una capa barrera muy espesa basada en Fe-Al-Zn, de modo que la aleación no se produce durante el aleado. Por consiguiente, la capa galvarrecocida no puede alcanzar el contenido objetivo de hierro. La composición de Al es preferiblemente de 0,1 a 0,4% y más preferiblemente de 0,15 a 0,35%.

La composición de Fe está limitada de 6 a 12%. Cuando la composición de Fe es inferior al 6%, la aleación de Zn-Fe no avanza suficientemente en la superficie galvarrecocida y la conformabilidad del prensado se degrada significativamente. Además, cuando la composición de Fe es superior al 12%, en la interfase entre la capa galvarrecocida y la chapa de acero 1 (sustrato de acero) se desarrolla demasiado una capa de aleación frágil y, por lo tanto, se deteriora la adherencia del enchapado. La composición de Fe es preferiblemente de 8 a 12% y más preferiblemente de 9 a 11,5%.

En la realización, en la capa galvarrecocida 2 existe una pluralidad de fases de aleación debido a las diferencias de contenido de Fe durante la aleación. Como fases de aleación, por ejemplo, hay fase η , fase ζ , fase δ_1 , fase Γ y fase Γ_1 . Puesto que la fase η es suave, la capa galvarrecocida se adhiere a una matriz y produce una exfoliación, llamada descamación, en la conformación por prensado. La descamación es un fenómeno en el que una fase blanda que tiene un alto coeficiente de fricción, y que por lo tanto tiene una mala propiedad de deslizamiento, se adhiere a una matriz y exfolia. Además, las fases Γ y Γ_1 son duras y quebradizas y, por lo tanto, durante el procesamiento producen una exfoliación llamada pulverización. La pulverización es un fenómeno en el que durante el procesamiento una fase dura y quebradiza se convierte en polvo y se exfolia. Por lo tanto, con el fin de obtener una capa galvarrecocida 2 con excelente conformabilidad y adherencia, la fase η , la fase Γ y la fase Γ_1 en la capa galvarrecocida se reducen tanto como sea posible, y al menos un tipo de la fase ζ y de la fase δ_1 necesita estar contenida como una fase de aleación principal.

En la realización, la fase η es una fase de Zn hexagonal que tiene constantes de red de $a = 2,66 \text{ \AA}$ y $c = 4,94 \text{ \AA}$. La fase ζ es un compuesto monoclinico intermetálico que tiene constantes de red de $a = 13,4 \text{ \AA}$, $b = 7,6 \text{ \AA}$, $c = 5,06 \text{ \AA}$ y $\beta = 127,3^\circ$. FeZn_{13} se considera como el compuesto intermetálico de la fase ζ . La fase δ_1 es un compuesto intermetálico hexagonal que tiene constantes de celosía de $a = 12,8 \text{ \AA}$ y $c = 57,4 \text{ \AA}$. FeZn_7 se considera como el compuesto intermetálico de la fase δ . La fase Γ_1 es un compuesto intermetálico cúbico centrado en las caras que tiene una constante de red de $a = 17,96 \text{ \AA}$. $\text{Fe}_5\text{Zn}_{21}$ o FeZn_4 se consideran como el compuesto intermetálico de la fase Γ_1 . La fase Γ es un compuesto intermetálico cúbico centrado en el cuerpo que tiene una constante de red de $a = 8,97 \text{ \AA}$. $\text{Fe}_3\text{Zn}_{10}$ se considera como el compuesto intermetálico de la fase Γ .

En la realización, la galvanización por inmersión en caliente se realiza sobre la chapa de acero 1 y luego se calienta y se somete a una aleación para difundir el Fe en la capa de galvanización, produciendo de este modo una chapa de acero galvarrecocido 10. Debido a la difusión de Fe, un compuesto intermetálico Fe-Zn se genera y crece en el orden de la fase ζ , la fase δ_1 , la fase Γ_1 y la fase Γ , y la fase η desaparece. Cuando se continúa con el proceso de aleación después de que la fase η desaparece, el Fe se difunde aún más, la fase ζ desaparece y la fase δ_1 , la fase Γ_1 y la fase ζ crecen.

Aquí, a medida que la fase Γ se engrosa, es más probable que durante el procesamiento ocurra la exfoliación llamada pulverización. Por lo tanto, es preferible que la aleación se realice para que la fase η desaparezca y la fase Γ no crezca.

Específicamente, como se describe más adelante, es preferible que se controle la relación (cantidad de cada fase de aleación) de la intensidad de difracción de rayos X de cada fase de aleación con respecto a la intensidad de difracción de rayos X de un espaciado interplanar d de $3,13 \text{ \AA}$ en un patrón de polvo de Si. Es decir, la relación I_η/I_{Si} de la intensidad de difracción de rayos X I_η de un espaciado interplanar d de $1,237 \text{ \AA}$ de la fase η a la intensidad de difracción de rayos X I_{Si} del patrón de polvo de Si es preferiblemente igual o inferior a 0,0006 (incluido 0), y más preferiblemente igual o inferior a 0,0004 (incluido 0). Además, la relación I_ζ/I_{Si} de la intensidad de difracción de rayos X I_ζ de una separación interplanar d de $1,26 \text{ \AA}$ de la fase ζ a la intensidad de difracción de rayos X I_{Si} del patrón de polvo de Si es preferiblemente igual o superior a 0,0005, y más preferiblemente igual o superior a 0,001. El límite superior de la relación I_ζ/I_{Si} de las intensidades de difracción de rayos X puede ser 0,1. Además, la relación I_Γ/I_{Si} de la intensidad de difracción de rayos X I_Γ de un espaciado interplanar d de $1,222 \text{ \AA}$ de la fase Γ a la intensidad de difracción de rayos X I_{Si} del patrón de polvo de Si es preferiblemente igual o inferior a 0,004 (incluido 0) y más preferiblemente igual o inferior a 0,002 (incluido 0). Además, es difícil distinguir entre la fase Γ y la fase Γ_1 en la

difractometría de rayos X, y tanto la fase Γ como la fase Γ_1 se tratan como la fase Γ .

Cuando $I\eta/ISi$ es igual o inferior a 0,0006, la cantidad de fase η es infinitesimal, por lo que no se observa una degradación de la adherencia del revestimiento debido a la descamación. Por consiguiente, $I\eta/ISi$ es preferiblemente igual o inferior a 0,0006 y más preferiblemente igual o inferior a 0,0004 (incluido 0).

- 5 Además, cuando $I\Gamma/ISi$ es igual o inferior a 0,004, la fase Γ es suficientemente delgada, por lo que no se observa una degradación de la adherencia del revestimiento debido a la pulverización. Por consiguiente, $I\Gamma/ISi$ es preferiblemente igual o inferior a 0,004 y más preferiblemente igual o inferior a 0,002 (incluido 0).

- 10 En particular, es preferible que una chapa de acero que tenga una alta tasa de aleación, tal como el acero IF de ultra bajo contenido en carbono, se someta adecuadamente a aleación de modo que la fase η casi desaparezca y la fase ζ permanezca con el fin de que $I\Gamma/ISi$ sea igual o inferior a 0,004. Además, cuando $I\zeta/ISi$ es igual o superior a 0,0005, la fase Γ no crece tanto durante el progreso de la aleación, por lo que se puede suprimir la degradación de la adherencia del enchapado debido a la pulverización. Por consiguiente, $I\zeta/ISi$ es preferiblemente igual o mayor que 0,0005 y más preferiblemente igual o mayor que 0,001.

- 15 En la realización, la cantidad de la fase δ_1 no está particularmente definida. Sin embargo, dado que la fase δ_1 muestra un mejor comportamiento que otras fases de aleación contra la descamación y la pulverización, es más preferible una mayor cantidad de la fase δ_1 . Específicamente, es preferible que la relación $I\delta_1/ISi$ de la intensidad de difracción de rayos X $I\delta_1$ de un espaciado interplanar d de 1,237 Å de la fase δ_1 a la intensidad de difracción de rayos X ISi de un espaciado interplanar d de 3,13 Å de polvo de Si patrón sea igual o superior a 0,001. El límite superior de la relación $I\delta_1/ISi$ de las intensidades de difracción de rayos X puede ser 0,1.

- 20 En la realización, el efecto de la presente invención no se degrada incluso cuando en la capa galvarrecocida están contenida o incorporada una cantidad igual o menor que 2% en masa de al menos uno de Pb, Sb, Si, Sn, Mg, Mn, Ni, Cr, Co, Ca, Cu, Li, Ti, Be, Bi y elementos de las tierras raras. Los elementos pueden ser útiles para la mejora de la resistencia a la corrosión o similares, dependiendo de la cantidad. La cantidad recubierta de la capa galvarrecocida no está particularmente limitada. Aquí, en vista de la resistencia a la corrosión, la cantidad recubierta de la capa galvarrecocida es preferiblemente igual o superior a 20 g/m², y más preferiblemente igual o superior a 25 g/m². Además, en vista de razones económicas, la cantidad recubierta de la capa galvarrecocida es preferiblemente igual o inferior a 150 g/m² y más preferiblemente igual o inferior a 100 g/m².

- 30 Además, en la realización, con el fin de mejorar la conformabilidad de la chapa de acero galvarrecocido 10, sobre la superficie de la capa galvarrecocida 2 se forma la capa de óxido compuesto 5 (película de óxido compuesto). La capa de óxido compuesto 5 contiene 0,1 a 100 mg/m² de Mn, 1 a 100 mg/m² de P y Zn, y la relación P/Mn en la capa de óxido compuesto 5 es de 0,3 a 50. La capa de óxido compuesto 5, como se describió anteriormente, puede formarse controlando la composición de la capa para hacer que la capa galvarrecocida 2 que tiene un bajo contenido de Fe reaccione directamente con Mn. Por lo tanto, la capa de óxido compuesto 5 contiene un compuesto amorfo, y la adhesión de la capa galvarrecocida sobre la superficie de la chapa de acero galvarrecocido es suprimida por el compuesto amorfo, mejorando así la lubricidad y el tratamiento de conversión química. Además, a diferencia de un óxido que tenga una estructura fuerte de cristal (cristalina), el compuesto amorfo tiene flexibilidad y, por lo tanto, sigue fácilmente la deformación. En consecuencia, incluso en una capa delgada de óxido compuesto, es menos probable que durante el procesamiento se forme una nueva superficie.

- 40 Es decir, cuando el contenido de Mn es inferior a 0,1 mg/m², la adhesión de la capa galvarrecocida a una matriz no se puede suprimir suficientemente, por lo que la conformabilidad se degrada. Cuando el contenido de Mn es superior a 100 mg/m², el efecto de suprimir la adhesión de la capa galvarrecocida se satura. Por consiguiente, el contenido de Mn en la capa de óxido compuesto 5 de Mn, Zn y P está limitado a 0,1 a 100 mg/m². Además, cuando el contenido de P es inferior a 1 mg/m², el efecto lubricante de la capa de óxido compuesto 5 no es suficiente, por lo que la conformabilidad se degrada. Cuando el contenido de P es más de 100 mg/m², el efecto lubricante de la capa de óxido compuesto 5 está saturado. En consecuencia, el contenido de P de la capa de óxido compuesto 5 de Mn, Zn y P está limitado a 1 a 100 mg/m². Cuando se necesita alta conformabilidad, es preferible que el contenido de Mn sea de 0,5 a 100 mg/m² y el contenido de P sea de 2 a 100 mg/m², y es más preferible que el contenido de Mn sea de 2 a 70 mg/m² y que el contenido de P sea de 10 a 70 mg/m².

- 50 Además, cuando la relación P/Mn (relación en masa) es superior a 50, la resistencia de adhesión de la capa de óxido compuesto 5 se degrada. Cuando la relación P/Mn es inferior a 0,3, no se puede obtener una capa de óxido compuesto deseada. En consecuencia, la relación P/Mn se limita a 0,3 a 50. Con el fin de formar un área de reacción en la cual la capa galvarrecocida 2 reaccione directamente con Mn en la superficie de la capa de óxido compuesto 5, la relación P/Mn de la capa de óxido compuesto 5 es preferiblemente de 0,3 a 30 y más preferiblemente de 0,5 a 20. El área de reacción mejora la adhesión entre la capa galvarrecocida 2 y la capa de óxido compuesto 5 y, simultáneamente, aumenta la lubricidad tal como existe en la superficie de la capa de óxido compuesto 5.

El contenido de Zn de la capa de óxido compuesto 5 de Mn, Zn y P no tiene un efecto significativo sobre la conformabilidad de la chapa de acero galvarrecocido 10 y, por lo tanto, no está particularmente limitado. Con el fin

de suprimir los costos de producción de la chapa de acero galvalrecocido 10, es preferible que el contenido de Zn sea de 0,1 a 300 mg/m² y que la relación Zn/Mn sea igual o menor que 20.

Es preferible que el espesor de la capa de óxido compuesto 5 sea igual o mayor que 0,1 nm y menor que 100 nm. Cuando el espesor de la capa de óxido compuesto 5 es igual o superior a 0,1 nm, se puede obtener un efecto de supresión de la adhesión y un efecto lubricante suficientes, mejorando así la conformabilidad. Por otra parte, cuando el espesor de la capa de óxido compuesto 5 es menor que 100 nm, se hace que el área compuesta (área de reacción), en la que la capa galvalrecocida 2 y el Mn reaccionan directamente entre sí, permanezca con seguridad en la superficie de la capa de óxido compuesto 5. Por consiguiente, sin saturar el efecto de mejora de la conformabilidad, los costos pueden reducirse adecuadamente. Cuando se necesita una mayor capacidad de conformación, es preferible que el espesor de la capa de óxido compuesto 5 sea igual o mayor que 1 nm. Cuando el ahorro de costos es más importante, es más preferible que el espesor de la capa de óxido compuesto 5 sea igual o menor que 50 nm. A medida que aumenta el espesor de la capa de óxido compuesto 5, se mejora la lubricidad y, por lo tanto, se aumenta la cantidad de chapa de acero deformada en la conformación por presado. Sin embargo, una cantidad deformada demasiado grande da como resultado arrugas en la conformación por prensado. Por lo tanto, con el fin de exhibir el máximo efecto de lubricación usando un componente que se arruga fácilmente, es preferible que el espesor del óxido compuesto sea menor que 10 nm. Además, el espesor necesario para el óxido compuesto está influenciado por la proporción de áreas y la rugosidad de la superficie de la parte plana 3 de la capa galvanizada que se describirá más adelante. A medida que aumenta la proporción de áreas de la parte plana 3, el área en la que la capa galvalrecocida y la matriz entran en contacto entre sí aumenta, lo que mejora el efecto de aumento de la lubricidad de la capa de óxido compuesto 5. Por lo tanto, incluso aunque el espesor de la capa de óxido compuesto es igual o mayor que 0,1 nm y menor que 10 nm, se puede obtener un efecto lubricante suficiente.

El óxido compuesto de Mn, Zn y P en la capa de óxido compuesto 5 es un compuesto amorfo generado por reacción entre sí de Mn o iones de un óxido del mismo, Zn o iones de un óxido del mismo, y un compuesto que incluye un óxido de P. Es preferible que al menos uno de los grupos ácido fosfórico, grupo ácido fosforoso y grupo ácido hipofosforoso se incluya en el compuesto amorfo (capa de óxido compuesto 5). Como al menos uno de los grupos de ácido fosfórico, grupo de ácido fosforoso y grupo de ácido hipofosforoso se incluye en el óxido compuesto, se puede mejorar la adherencia y la conformabilidad de la película de una película de óxido compuesto, y se puede obtener una alta conformabilidad incluso con una película delgada igual o mayor que 0,1 nm y menor que 100 nm, como se describió anteriormente. Aquí, cuando la superficie más externa de la capa de óxido compuesto 5 incluye solo el grupo ácido fosfórico, el grupo ácido fosforoso y el grupo ácido hipofosforoso, puede darse el caso de que la adhesión de la capa galvalrecocida a la matriz no se pueda suprimir suficientemente. Por lo tanto, con el fin de mejorar la conformabilidad de la chapa de acero galvalrecocido 10, es preferible que la superficie más externa de la capa de óxido compuesto 5 incluya un compuesto generado haciendo reaccionar Mn con al menos uno de los grupos ácido fosfórico, ácido fosforoso y ácido hipofosforoso. Cuando se forma una película en la capa galvalrecocida, el Zn también reacciona con el Mn y al menos uno de los grupos ácido fosfórico, ácido fosforoso y ácido hipofosforoso, lo que reduce los costos de producción. El compuesto generado al reaccionar Mn con P y Zn tiene una lubricidad muy alta, por lo que es preferible que el compuesto se incluya en la superficie de la capa de óxido compuesto 5. Además, cuando se forma una capa mixta del óxido compuesto de Mn, Zn y P y un compuesto acuoso de P, se reduce la resistencia al flujo de entrada de una porción aplicada con alta presión superficial, de modo que se mejora la conformabilidad a una alta presión superficial. Por lo tanto, es preferible que el compuesto de P acuoso esté incluido en la capa de óxido compuesto 5.

Además, iones y compuestos tales como óxidos, hidróxidos, fosfatos, fosfitos, hipofosfitos, sulfatos y nitratos de uno o más tipos de elementos que incluyen Li, Be, C, F, Na, Mg, Si, Cl, K, Ca, Ni, Mo, V, W, Ti, Fe, Rb, Sr, Y, Al, Nb, Cs, Ba y lantánidos no tienen un efecto adverso sobre las propiedades de la capa de óxido compuesto 5, tales como la lubricidad, la capacidad de tratamiento por conversión química y la compatibilidad adhesiva (adherencia). Por lo tanto, dichos iones y compuestos pueden incorporarse en la capa de óxido compuesto 5 en cierto grado (10% o menos (incluido 0%) de la cantidad total de la película). Además, una pequeña cantidad de (igual o inferior al 10% (incluido el 0%) de la cantidad total de la película) Cr, Cd, Pb, Sn y As apenas tiene efectos adversos tales como la degradación de la capacidad de tratamiento por conversión química y la contaminación de un líquido de tratamiento por conversión química. Por lo tanto, en la capa de óxido compuesto 5 puede incluirse una pequeña cantidad de los elementos.

En la realización, la capa de óxido compuesto 5 de Mn, Zn y P suprime la adhesión de la capa galvalrecocida a la matriz e imparte lubricidad, mejorando así la conformabilidad de la chapa de acero galvalrecocido 10. Aquí, cuando la capa galvalrecocida se deforma significativamente en el conformado a presión para formar una nueva superficie y la nueva superficie entra en contacto con la matriz, no se puede exhibir el efecto de mejora de la conformabilidad de la capa de óxido compuesto 5. Como se ilustra en la FIG. 2A, dado que durante una reacción de aleación se produce irregularidad (superficie rugosa) en la capa galvalrecocida 2, cuando la capa galvalrecocida 2 entra en contacto con la matriz a alta presión superficial, la tensión se concentra en una parte sobresaliente 23 en el conformado a presión y la capa galvalrecocida se deforma significativamente. Por consiguiente, es difícil exhibir suficientemente el efecto de mejora de la conformabilidad de la capa de óxido compuesto 5 en el conformado a presión a alta presión superficial. Por lo tanto, de acuerdo con la realización, como se ilustra en la FIG. 2B, la porción sobresaliente se deforma para convertirse en la porción plana 3 por adelantado (por ejemplo, se somete a un laminado de endurecimiento correspondiente a la línea discontinua en la FIG. 2A) de manera que la capa de óxido compuesto 5

de Mn, Zn y P se forma en la capa galvarrecocida 2 deformada.

Específicamente, la superficie de la capa galvarrecocida 2 tiene la parte plana 3 y la parte rugosa 4 (parte rebajada) formada en una posición (posición relativamente baja) más cercana a la chapa de acero 1 que la parte plana 3. La proporción de área ocupada por la parte plana 3 es de 10 a 70%, y la capa de óxido compuesto 5 de Mn, Zn y P se forma en la parte plana 3. En el conformado a presión, la parte plana 3 entra en contacto con la matriz y se aplica con presión superficial de la matriz. Por consiguiente, cuando la proporción de área de la porción plana 3 es igual o superior al 10%, la presión superficial de la matriz puede reducirse, y simultáneamente, se puede exhibir suficientemente el efecto de mejora de la conformabilidad del óxido compuesto. Cuando la proporción de área de la porción plana 3 es inferior al 10%, la presión superficial aplicada a la porción plana 3 desde la matriz es demasiado grande, la capa galvarrecocida se deforma y, por lo tanto, la conformabilidad se degrada. Por lo tanto, la proporción de área de la porción plana 3 de la capa galvarrecocida 2 es igual o superior al 10%.

A medida que aumenta el área de la parte plana 3, se puede obtener el efecto de mejora de la conformabilidad de la chapa de acero galvarrecocido 10 a una presión superficial mayor (fuerza de procesamiento más fuerte). Por consiguiente, es más preferible una proporción de área más alta de la parte plana 3. Sin embargo, con el fin de obtener la porción plana 3 con una proporción de área superior al 70%, la chapa de acero galvarrecocido debe someterse a una deformación bastante significativa y, al mismo tiempo, la calidad de la propia chapa de acero se deteriora. Por lo tanto, teniendo en cuenta el rendimiento integral de la chapa de acero galvarrecocido 10, la proporción de área de la porción plana es igual o inferior al 70%. En particular, cuando el conformado por prensado se realiza en un alto grado de deformación con la matriz teniendo una presión superficial alta, con el fin de suprimir la formación de una nueva superficie, la proporción de área de la parte plana 3 es preferiblemente igual o superior al 20% y más preferiblemente igual o superior al 30%. Además, con el fin de garantizar de manera segura las propiedades del material base (chapa de acero base 1) de la chapa de acero galvarrecocido 10, la proporción de área de la parte plana 3 es preferiblemente igual o inferior al 50% y más preferiblemente igual o inferior al 40%.

Además, según la invención, la rugosidad de la superficie Ra de la parte plana 3 es inferior a 0,5 μm . Cuando la rugosidad de la superficie es inferior a 0,5 μm , el área en la que el área de reacción mencionada anteriormente y la matriz están en contacto entre sí puede agrandarse, suprimiendo de este modo la deformación de la capa galvarrecocida de la parte plana 3 en el conformado a presión. Por consiguiente, no hay ningún problema con el contacto entre la superficie recién formada y la matriz y, por lo tanto, se puede obtener un efecto de mejora suficiente de la conformabilidad del óxido compuesto. Además, con el fin de ampliar más el área de contacto del área de reacción antes mencionada y la matriz, es más preferible una menor rugosidad de la superficie de la parte plana 3. Particularmente, cuando el conformado a presión se forma con un alto grado de deformación teniendo la matriz una presión superficial alta, con el fin de ampliar aún más el área de contacto del área de reacción mencionada anteriormente y la matriz, la rugosidad de la superficie de la parte plana 3 es preferiblemente inferior a 0,35 μm , y más preferiblemente inferior a 0,15 μm . Sin embargo, la rugosidad de la superficie que puede ser fácilmente controlada industrialmente es igual o superior a 0,01 μm . Por consiguiente, el límite inferior de la rugosidad de la superficie es de 0,01 μm , y preferiblemente de 0,05 μm . A medida que se reduce la rugosidad de la superficie de la parte plana 3, la mayor parte del área de reacción del óxido compuesto entra directamente en contacto con la matriz. Por lo tanto, en tanto y cuanto la rugosidad de la superficie Ra de la parte plana 3 se controle para que sea inferior a 0,5 μm , se puede obtener un efecto lubricante suficiente de la capa de óxido compuesto incluso con un espesor pequeño.

Además, en la realización, la parte áspera 4 (parte rebajada) que se forma en una posición relativamente más baja que la parte plana 3 es una parte de la capa galvarrecocida que tiene un espesor relativamente menor que la parte plana 3 cuando se observa en la dirección perpendicular de la dirección del espesor de la chapa de acero. La rugosidad de la superficie Ra de la parte rugosa 4 es igual o superior a 0,5 μm e igual o inferior a 10 μm , y preferiblemente, igual o superior a 1 μm e igual o inferior a 5 μm . La rugosidad de la superficie de la porción rugosa 4 se determina por el estado de la aleación de la capa galvanizada. En un estado de la aleación en la que la rugosidad de la superficie de la parte rugosa 4 es superior a 10 μm , se desarrolla una capa de aleación frágil en la interfase entre la capa galvanizada y la chapa de acero 1, de modo que la adhesión del enchapado se degrada. Por consiguiente, la rugosidad de la superficie de la parte rugosa 4 es igual o inferior a 10 μm , y preferiblemente, igual o inferior a 5 μm . Además, bajo un estado de la aleación en el que la rugosidad de la superficie de la parte rugosa 4 es igual o superior a 0,5 μm , la aleación de Zn-Fe se realiza suficientemente sobre la superficie de la capa galvanizada y, por lo tanto, se puede garantizar una conformabilidad de la prensa suficiente. Por consiguiente, la rugosidad de la superficie de la porción rugosa 4 es igual o superior a 0,5 μm , y preferiblemente, igual o superior a 1 μm . Es preferible que la diferencia entre la rugosidad de la superficie de la parte plana 3 y la rugosidad de la superficie de la parte rugosa 4 sea igual o superior a 0,1 μm .

Como chapa de acero base, se puede usar una chapa de acero laminada en caliente o una chapa de acero laminada en frío. Independientemente del tipo de chapa de acero base, la parte plana 3 que garantiza una proporción de área igual o superior al 10% e igual o inferior al 70% se forma en la superficie de la capa galvarrecocida y la capa de óxido compuesto 5 de Mn, Zn y P se forma en la parte plana 3, de modo que es posible mejorar la conformabilidad. Específicamente, la relación entre el valor de Lankford r (valor r) de la chapa de acero y la relación de estirado límite R obtenida mediante un ensayo TZP puede satisfacer la fórmula (1) como sigue:

$$R \geq 0,2 \times r + 1,74 \quad (1)$$

Para una chapa de acero galvanneado no tratada y para la chapa de acero galvanneado 10 que tiene la capa de óxido compuesto 5 de Mn, Zn y P formada sobre la misma, los resultados de los ensayos de las relaciones entre el valor r y la relación de estirado límite R obtenidos mediante el ensayo TZP se muestra en la FIG. 1. Como se muestra en la FIG. 1 (cuadrados abiertos \square), las relaciones de estirado limitantes R de la chapa de acero galvanneado no tratada no satisfacen la fórmula (1) y están todas en el intervalo de la fórmula (2).

$$R < 0,3 \times r + 1,68 \quad (2)$$

La chapa de acero galvanneado que satisface la fórmula (2) no puede exhibir suficientemente la conformabilidad (valor de Lankford) de la chapa de acero galvanneado (o la chapa de acero base) y tiene una capacidad de embutición profunda insuficiente (conformabilidad en consideración del contacto con la matriz). Además, como se muestra en la FIG. 1 (círculos abiertos \bigcirc), la capa de óxido compuesto 5 de Mn, Zn y P se forma sobre la chapa de acero galvanneado para satisfacer la fórmula (1) y, por lo tanto, el valor r de la chapa de acero galvanneado se incrementa en 0,2 o más, asegurando así la capacidad de embutición profunda correspondiente al valor r . Como se describió anteriormente, al formar la capa de óxido compuesto 5 de acuerdo con la realización, se puede obtener el mismo efecto de mejora de la conformabilidad que en el caso en el que se use una chapa de acero galvanneado (o una chapa de acero base) que tenga un valor r más alto. En la realización, cuando un aumento en el efecto de mejora de la conformabilidad en términos de valor r es menor que 0,2, la mejora de la conformabilidad necesaria para el procesamiento a alta presión superficial es insuficiente, por lo que la fórmula (1) debe ser satisfecha. Como se muestra en la FIG. 1 (cruces \times), cuando no se cumple la condición de la parte plana 3 y la capa de óxido compuesto 5 formada descrita anteriormente, la relación de estirado limitante R de la chapa de acero galvanneado no satisface la fórmula (1) y está en el intervalo de la fórmula (3).

$$0,3 \times r + 1,68 \leq R \leq 0,3 \times r + 1,74 \quad (3)$$

Una chapa de acero galvanneado que satisface la fórmula (3) tiene una capacidad de embutición profunda insuficiente, como se describió anteriormente, considerando los costos necesarios para formar la capa de óxido.

Por lo tanto, en la realización, seleccionando la chapa de acero galvanneado 10 en la que se forma la capa de óxido compuesto 5 para satisfacer la fórmula (1), se puede proporcionar una chapa de acero galvanneado que tenga una excelente capacidad de embutición profunda. Además, con el fin de reducir los costos necesarios para formar la capa de óxido y aumentar los tipos de chapas de acero galvanneado seleccionables para el procesamiento bajo alta presión superficial, es preferible que la relación de estirado limitante R de la chapa de acero galvanneado satisfaga la fórmula (4).

$$R \geq 0,3 \times r + 1,77 \quad (4)$$

Cuando la capa de óxido compuesto 5 de Mn, Zn y P se forma sobre la superficie de la capa galvanneada 2, se mejora la capacidad de embutición profunda de la chapa de acero galvanneado 10. Se cree que esto se debe a que la resistencia al flujo de entrada del material chapa a la parte de la pared vertical de la matriz desde una parte de sujeción de la chapa en bruto se reduce por el efecto de la capa de óxido compuesto 5 de Mn, Zn y P (mejora de la lubricidad). En este caso, cuando la proporción de área de la parte plana 3 es pequeña, la presión superficial aplicada a la parte plana 3 desde la matriz es demasiado alta. En consecuencia, cuando la capa galvanneada se deforma y una superficie recién formada entra en contacto con la matriz debido a la deformación, no se puede exhibir el efecto de la capa de óxido compuesto 5 de Mn, Zn y P (aumento de la lubricidad). Por lo tanto, se piensa que la capacidad de embutición profunda bajo presión superficial alta se mejora significativamente formando la capa de óxido compuesto 5 de Mn, Zn y P sobre la superficie de la capa galvanneada 2 en la que la proporción de área de la porción plana 3 es 10 a 70%.

Además, a medida que aumenta la cantidad recubierta de la capa mixta del óxido compuesto de Mn, Zn y P y el compuesto acuoso de P, también aumenta el efecto de mejora de la conformabilidad. Por otro lado, un aumento de la cantidad recubierta del compuesto acuoso de P está vinculado a una reducción de la adhesión. Por lo tanto, en el caso de que se forme la capa mixta del óxido compuesto de Mn, Zn y P y el compuesto acuoso de P, con el fin de exhibir tanto alta conformabilidad como alta adhesión, es preferible que la proporción del área, en la que el contenido de P en la capa de óxido compuesto 5 de Mn, Zn y P es igual o mayor que 20 mg/m², respecto al área total (porcentaje de la capa de óxido compuesto 5 de Mn, Zn y P con respecto al área total de la superficie) sea igual o superior al 20% e igual o inferior al 80%.

Cuando la relación del área en la que el contenido de P es igual o superior a 20 mg/m² con respecto al área total es igual o superior al 20%, la conformabilidad se mejora aún más. Por consiguiente, es preferible que la proporción del área, en la que el contenido de P en la capa de óxido compuesto 5 de Mn, Zn y P es igual o mayor que 20 mg/m², respecto al área total sea igual o mayor que 20%. Por otro lado, cuando la relación del área, en la que el contenido de P es igual o mayor que 20 mg/m², al área total es superior al 80%, se degrada la resistencia de adhesión de la capa de óxido compuesto 5 de Mn, Zn, y P. Por consiguiente, es preferible que la proporción del área en la que el contenido de P en la capa de óxido compuesto 5 de Mn, Zn y P es igual o superior a 20 mg/m², con respecto al área total sea igual o inferior al 80%. En particular, cuando se usa un adhesivo que tiene baja adherencia, la proporción

del área, en la cual el contenido de P es igual o mayor que 20 mg/m², al área total es más preferiblemente igual o mayor que 20% e igual o menor que 60%, y lo más preferiblemente igual o superior al 30% e igual o inferior al 60%.

Además, el P tiene un gran efecto sobre la mejora de la lubricidad. Es decir, con el aumento en la relación P/Mn, se incrementa el efecto de mejora de la conformabilidad. Sin embargo, con la disminución de la relación P/Mn, se mejora la adhesión. Por lo tanto, con el fin de exhibir una alta conformabilidad y adherencia, la proporción del área, en la cual la relación P/Mn en el óxido compuesto de Mn, Zn y P es igual o mayor que 3, al área total (porcentaje de la capa de óxido compuesto 5 de Mn, Zn y P respecto al área de superficie total) es preferiblemente igual o superior a 1% e igual o inferior a 50%, más preferiblemente igual o superior a 2% e igual a o inferior al 40%, y lo más preferiblemente igual o superior al 5% e igual o inferior al 30%.

Cuando la proporción del área, en la que la relación P/Mn es igual o superior a 3 con respecto al área total, es igual o superior al 1%, la conformabilidad se mejora suficientemente. Por consiguiente, es preferible que la proporción del área, en la que la relación P/Mn en la capa de óxido compuesto 5 de Mn, Zn y P es igual o superior a 3, respecto al área total sea igual o superior a 1%. Además, cuando la proporción del área, en la que la relación P/Mn es igual o superior a 3, con respecto al área total es superior al 50%, no se puede garantizar una resistencia de adhesión suficiente. Por consiguiente, es preferible que la proporción del área, en la que la relación P/Mn en la capa de óxido compuesto 5 de Mn, Zn y P es igual o superior a 3, respecto al área total sea igual o inferior a 50%.

Como se describió anteriormente, al formar la capa mixta del óxido compuesto de Mn, Zn y P y el compuesto acuoso de P, se reduce la resistencia al flujo de entrada en una porción bajo una presión superficial alta y, por lo tanto, se mejora la conformabilidad a una presión superficial alta. Por lo tanto, es preferible que el compuesto de P acuoso se incluya en la capa de óxido compuesto 5.

Es preferible que la relación del compuesto de P acuoso a la capa de óxido compuesto 5 de Mn, Zn y P sea de 1 a 50%. Cuando la relación del compuesto de P acuoso es igual o superior al 1%, el efecto de mejora de la conformabilidad es suficiente. Además, cuando la relación del compuesto de P acuoso es igual o inferior al 50%, se puede asegurar una adhesión suficiente. Particularmente, cuando es necesario exhibir tanto una alta capacidad de conformación como una adhesión, la proporción del compuesto de P acuoso es preferiblemente igual o superior al 10% e igual o inferior al 45%, y más preferiblemente, igual o superior al 15% e igual o inferior al 40%.

El efecto de la capa de óxido compuesto 5 se ve incrementado por el efecto sinérgico de la conformabilidad a medida que aumenta la capacidad de embutición profunda de la chapa de acero base. Por consiguiente, es preferible un valor r más alto de la chapa de acero base. Por lo tanto, es preferible que el C de la chapa de acero base de un componente que tiene una forma compleja que requiere alta conformabilidad se reduzca a un nivel extremadamente bajo para aumentar el valor r de la chapa de acero base.

En particular, es preferible que se use una chapa de acero con contenido de carbono ultra bajo que contenga una cantidad igual o superior a 0,0001% e igual o inferior a 0,004% de C, una cantidad igual o superior a 0,001% e igual o inferior a 0,15% de Si, una cantidad igual o mayor que 0,01% e igual o menor que 1,0% de Mn, una cantidad igual o mayor que 0,001% e igual o menor que 0,1% de P, una cantidad igual o menor de 0,015% de S, una cantidad igual o mayor que 0,001% e igual o menor que 0,1% de Al, una cantidad igual o mayor que 0,002% e igual o menor que 0,10% de Ti, una cantidad igual o mayor que 0,0005% e igual o menor que 0,004% de N, y el resto hasta 100% compuesto de Fe e impurezas inevitables.

La razón por la cual el intervalo preferible de cada componente en la chapa de acero con ultra bajo contenido de carbono de acuerdo con la realización es limitado es la siguiente.

El C es un elemento para aumentar la resistencia del acero, y es preferible que contenga una cantidad igual o mayor que 0,0001% de C y que es más preferible que contenga una cantidad igual o mayor que 0,0005% de C. Sin embargo, con un aumento del contenido de C, la resistencia aumenta y la conformabilidad se degrada. Por consiguiente, con el fin de exhibir tanto una resistencia suficiente como una conformabilidad suficiente, es preferible que el límite superior del contenido de C sea de 0,004%. Cuando se necesita una conformabilidad particularmente alta, es más preferible que el contenido de C sea igual o inferior al 0,003%. Cuando se necesita una conformación por prensado particularmente compleja, es lo más preferible que el contenido de C sea igual o inferior al 0,002%.

El Si también es un elemento para aumentar la resistencia del acero, y está contenida una cantidad igual o superior al 0,001% de Si. Sin embargo, con un aumento en el contenido de Si, la conformabilidad y la propiedad de galvanización en caliente de la chapa de acero base se degradan. En consecuencia, con el fin de garantizar una resistencia suficiente, una conformabilidad suficiente y una propiedad suficiente de galvanización por inmersión en caliente, es preferible que el límite superior del contenido de Si sea del 0,15%. Cuando se necesita una conformabilidad particularmente alta, el contenido de Si es más preferiblemente igual o menor que 0,10%, y lo más preferiblemente igual o menor que 0,05%.

El Mn también es un elemento para aumentar la resistencia del acero y, por lo tanto, degrada la conformabilidad. Con el fin de garantizar una conformabilidad suficiente, el límite superior del contenido de Mn es preferiblemente del 1,0%, y más preferiblemente del 0,5%. Con una reducción de Mn, se mejora la conformabilidad de la chapa de acero. Sin embargo, con el fin de permitir que el contenido de Mn sea inferior al 0,01%, se necesitan altos costos de

refinado. Por consiguiente, el límite inferior del contenido de Mn es preferiblemente 0,01%, y más preferiblemente 0,03%.

El P es también un elemento para aumentar la resistencia del acero y, por lo tanto, degrada la conformabilidad. Con el fin de garantizar una conformabilidad suficiente, el límite superior del contenido de P es preferiblemente 0,1%. Con una reducción de P, se mejora la conformabilidad de la chapa de acero. Por lo tanto, cuando se necesita una conformabilidad particularmente alta, es más preferible que el contenido de P sea igual o inferior al 0,010%. Sin embargo, con el fin de permitir que el contenido de P sea inferior al 0,001%, se necesitan costos de refinado muy altos. Por consiguiente, el límite inferior del contenido de P es preferiblemente de 0,001%. Teniendo en cuenta el equilibrio entre resistencia, conformabilidad y costos, el contenido de P es más preferiblemente de 0,003 a 0,010%.

El S es un elemento que degrada el conformado en caliente y la resistencia a la corrosión del acero. Por consiguiente, es preferible un contenido de S más pequeño. Por lo tanto, es preferible que el límite superior del contenido de S sea 0,015%. Además, es más preferible que el contenido de S sea igual o inferior al 0,010%. En la presente memoria, con el fin de reducir el contenido de S en el acero de ultra bajo contenido de carbono, se necesitan altos costos de refinado. Además, en vista de la conformabilidad y la adhesión del enchapado, no hay necesidad de reducir excesivamente el S. Por consiguiente, el S puede reducirse a un contenido necesario para las propiedades de la chapa de acero, como el conformado en caliente y la resistencia a la corrosión. Dado que es difícil eliminar completamente el S, el intervalo de contenidos posibles de S no incluye 0.

El Al es un elemento desoxidante del acero y necesita estar contenido en una cantidad predeterminada o superior. Con el fin de realizar suficientemente la desoxidación del acero, el contenido de Al es preferiblemente igual o superior al 0,001%, y más preferentemente, igual o superior al 0,005%. Sin embargo, cuando está contenida una cantidad excesiva de Al, se genera una inclusión no metálica gruesa y, por lo tanto, se puede degradar la conformabilidad. Con el fin de evitar la generación de una inclusión no metálica gruesa, es preferible que el límite superior del contenido de Al sea 0,1%. Además, en vista de la buena calidad de la chapa de acero, es más preferible que el contenido de Al sea igual o inferior a 0,070%.

Con el fin de fijar el C y el N en el acero como carburo y nitruro, es preferible que se agregue una cantidad igual o superior al 0,002% de Ti. Dado que el Ti es un elemento para aumentar el valor r de la chapa de acero, es preferible una mayor cantidad de Ti agregado. Con el fin de aumentar suficientemente el valor r de la chapa de acero, es más preferible que contenga una cantidad igual o superior al 0,010% de Ti. Por otro lado, cuando se agrega más que 0,10% de Ti, se reduce el efecto de aumentar el valor r de la chapa de acero. Por consiguiente, con el fin de suprimir los costos necesarios para agregar aleaciones, es preferible que el límite superior del contenido de Ti sea del 0,10%. Con el fin de asegurar la conformabilidad de la chapa de acero y la calidad de la superficie limitando la cantidad de soluto Ti, es más preferible que el contenido de Ti sea igual o menor que 0,050%.

El N es un elemento para aumentar la resistencia del acero y, por lo tanto, degrada la conformabilidad. Con el fin de garantizar una conformabilidad suficiente, el límite superior del contenido de N es preferiblemente de 0,0045%. Cuando se necesita una conformabilidad particularmente alta, el contenido de N es más preferiblemente igual o menor que 0,003%, y más preferiblemente igual o menor que 0,002%. En vista de la conformabilidad de la chapa de acero es preferible una menor cantidad de N. Sin embargo, con el fin de reducir el contenido de N a menos que 0,0005%, se necesitan costos excesivos. Por consiguiente, el límite inferior del contenido de N es preferiblemente de 0,0005%.

En la realización, además de los componentes descritos anteriormente, como un componente adicional se puede agregar Nb después de agregar el Ti descrito anteriormente con el fin de fijar el C y el N en el acero como carburo y nitruro. Con el fin de exhibir suficientemente el efecto de fijación del C y del N debido a la adición de Nb, es preferible agregar una cantidad igual o superior al 0,002% de Nb, y es más preferible que contenga una cantidad igual o superior al 0,005% de Nb. Cuando se agrega más que 0,10% de Nb, el efecto de fijación del C y del N se reduce. Por consiguiente, con el fin de suprimir los costos de los aditivos de la aleación, es preferible que el límite superior del contenido de Nb sea del 0,10%. Con el fin de limitar el aumento en la temperatura de recristalización de la chapa de acero y asegurar la productividad de una línea de galvanización por inmersión en caliente, es más preferible que el contenido de Nb sea igual o inferior al 0,050%.

En la realización, como un componente adicional para mejorar la conformabilidad secundaria, B de 0,0001 a 0,003% puede estar contenido en la chapa de acero. Es decir, con el fin de mejorar suficientemente la conformabilidad secundaria, es preferible que el contenido de B sea igual o mayor que 0,0001%. Cuando se agrega más que 0,003% de B, puede darse el caso en el que el efecto de mejorar la conformabilidad secundaria se reduzca y, por lo tanto, la conformabilidad se degrade. Por consiguiente, cuando se agrega B, es preferible que el contenido de B sea igual o menor que 0,003%. En particular, cuando se necesita una alta capacidad de embutición profunda, es más preferible que el contenido de B sea igual o inferior al 0,0015%.

En la realización, el contenido de O (oxígeno) en la chapa de acero no está particularmente limitado. Sin embargo, puede darse el caso de que el O genere una inclusión a base de óxido y, por lo tanto, degrade la conformabilidad y la resistencia a la corrosión del acero. Por consiguiente, es preferible que el contenido de O sea igual o inferior al 0,007%. En vista de la conformabilidad y a la resistencia a la corrosión del acero es preferible una cantidad menor

del contenido de O.

Además, con el fin de mejorar aún más la resistencia a la corrosión y la conformado en caliente de la propia chapa de acero, o como impurezas inevitables de materiales auxiliares como la chatarra, la chapa de acero en la realización, así como los componentes mencionados anteriormente, puede contener otros elementos de aleación. Como elementos de aleación, están el Cu, Ni, Cr, Mo, W, Co, Ca, Y, Ce, La, Nd, Pr, Sm, V, Zr, Ta, Hf, Pb, Sn, Zn, Mg, As, Sb, y Bi. Por ejemplo, cuando el contenido total de dichos otros elementos de aleación es igual o inferior al 1% (incluido el 0%), la conformabilidad de la chapa de acero es suficiente. Por lo tanto, incluso aunque en la chapa de acero se incluya una cantidad igual o inferior al 1% de los otros elementos de aleación mencionados anteriormente, esto no se aparta del alcance de la presente invención.

10 Es preferible que el valor r de la chapa de acero de ultra bajo contenido de carbono sea de 1,6 a 2,2. Cuando el valor de r es igual o superior a 1,6, se exhibe suficiente anisotropía plástica y, por lo tanto, la capacidad de embutición profunda de la propia chapa de acero es buena. Por consiguiente, es preferible que el valor r sea igual o mayor que 1,6. Además, teniendo en cuenta los costos necesarios para la producción y la dificultad de la producción industrial, el valor r puede ser igual o inferior a 2,2.

15 Por otro lado, en una chapa de acero de alta resistencia, el contenido de C contenido en el acero es generalmente alto y, por lo tanto, la deformación alrededor de las fases duras incluidas en el acero no es homogénea, por lo que es difícil obtener un valor r alto. Como método para mejorar la capacidad de embutición profunda y la conformabilidad de una chapa de acero con un valor r tan bajo, la formación de la capa de óxido compuesto 5 de Mn, Zn y P en la capa galvarrecocida 2 es efectiva. Al formar la capa de óxido compuesto 5 de Mn, Zn y P en la chapa de acero galvarrecocido de alta resistencia, la chapa de acero de alta resistencia se puede usar para un componente que tenga una forma compleja que no se pudiera aplicar hasta ahora con una chapa de acero de alta resistencia.

20 Específicamente, es preferible que se use una chapa de acero que contenga en masa una cantidad superior al 0,004% e igual o inferior al 0,3% de C, una cantidad igual o superior al 0,001% e igual o inferior al 2% de Si, una cantidad igual o superior a 0,01% e igual o inferior a 4,0% de Mn, una cantidad igual o superior a 0,001% e igual o inferior a 0,15% de P, una cantidad igual o inferior a 0,015% de S, una cantidad igual o superior al 0,001% e igual o inferior al 2% de Al, una cantidad igual o superior al 0,0005% e igual o inferior al 0,004% de N, y el resto hasta 100% compuesto de Fe e impurezas inevitables.

Como se describió anteriormente, la razón por la cual el intervalo preferible de cada componente en la chapa de acero de alta resistencia esté limitado es la siguiente.

30 El C es un elemento para aumentar la resistencia del acero, y es preferible que esté contenido más que 0,004% de C con el propósito de aumentar la resistencia a la tracción de la chapa de acero. A medida que aumenta la cantidad de C agregada, aumenta la proporción de la estructura dura en la chapa de acero, y también aumenta la resistencia, de modo que es preferible una mayor cantidad de C añadida. Sin embargo, con el fin de asegurar la conformabilidad, el límite superior del contenido de C es preferiblemente del 0,3% y, más preferiblemente, del 0,2%.

35 El Si es un elemento para aumentar la resistencia sin degradar significativamente la conformabilidad de la chapa de acero y, en particular, la elongación, y es preferible que se agregue una cantidad igual o superior al 0,001% de Si. Además, con un aumento en el contenido de Si, la resistencia aumenta y, por lo tanto, la ductilidad se degrada. Particularmente, cuando el contenido de Si es mayor que 2,0%, el efecto de aumentar la resistencia se satura, y sólo se produce la degradación de la ductilidad. Por consiguiente, con el fin de aumentar la resistencia y asegurar la ductilidad, es preferible que el límite superior del contenido de Si sea 2,0%. Teniendo en cuenta el equilibrio entre resistencia y ductilidad, es preferible que el contenido de Si sea igual o superior al 0,1% e igual o inferior al 2,0%.

40 Para aumentar la fuerza de la chapa de acero se agrega Mn. Sin embargo, cuando el contenido de Mn es excesivo, se produce fácilmente agrietamiento en una plancha y la soldabilidad por puntos se deteriora. Por consiguiente, el límite superior del contenido de Mn es preferiblemente del 4,0%, y más preferiblemente del 3,0%. Además, a medida que se reduce el contenido de Mn, se exhibe una mejor conformabilidad. Sin embargo, con el fin de permitir que el contenido de Mn sea inferior al 0,01% se necesitan altos costos de refinado. Por consiguiente, es preferible que el límite inferior del contenido de Mn sea 0,01%. Además, con el fin de obtener una chapa de acero que tenga tanto resistencia como conformabilidad, tal como una chapa de acero de estructura compuesta, es preferible que el contenido de Mn sea igual o superior al 1,5%.

50 Como un elemento para aumentar la resistencia sin degradar significativamente la conformabilidad de la chapa de acero y, en particular, la elongación, se agrega P. En la presente memoria, cuando se agrega P excesivamente, se produce fragilidad intergranular debido a la segregación intergranular y al deterioro de la soldabilidad. Por consiguiente, es preferible que el intervalo adecuado del contenido de P sea igual o inferior al 0,15%. Con el fin de reducir el contenido de P para que sea inferior al 0,001%, se necesitan altos costos de refinado. Por consiguiente, es preferible que el límite inferior del contenido de P sea 0,001%. En términos del equilibrio entre resistencia, conformabilidad y costos, es más preferible que el contenido de P sea de 0,02 a 0,1%.

El S es un elemento que degrada la conformado en caliente y la resistencia a la corrosión del acero. Por consiguiente, es preferible un contenido de S más pequeño. Por lo tanto, es preferible que el límite superior del

contenido de S sea 0,015%. Además, es más preferible que el contenido de S sea igual o inferior al 0,010%. En la presente memoria, con el fin de reducir el contenido de S en el acero con bajo contenido de carbono (acero de alta resistencia), se necesitan altos costos de refinado. Además, en vista de la conformabilidad y la adhesión del enchapado, no hay ninguna necesidad de reducir excesivamente el S. Por consiguiente, el S puede reducirse a un contenido necesario para las propiedades de la chapa de acero, tales como la conformado en caliente y la resistencia a la corrosión.

El Al acelera la formación de ferrita en una estructura de acero y mejora la ductilidad. Sin embargo, cuando se agrega Al en exceso, el efecto descrito anteriormente se satura, y la cantidad de una inclusión se vuelve demasiado alta, por lo que la capacidad de expansión de los agujeros se deteriora. Por consiguiente, es preferible que el límite superior del contenido de Al sea del 2,0%. El límite inferior del contenido de Al no está particularmente limitado. Dado que es difícil permitir que el contenido de Al sea inferior al 0,0005%, el límite inferior del contenido de Al puede ser del 0,0005%. Además, con el fin de aplicar Al como un material desoxidante, el límite inferior del contenido de Al puede ser igual o superior al 0,001%.

El N forma nitruro grueso y deteriora la capacidad de doblado y la capacidad de expansión de los agujeros. Por consiguiente, hay una necesidad de suprimir el contenido de N. Específicamente, con el fin de suprimir la formación de nitruro grueso y asegurar la capacidad de doblado y la capacidad de expansión de los agujeros, es preferible que el intervalo del contenido de N sea igual o menor que 0,004%. Además, el N es una causa de generación de sopladuras en la soldadura, por lo que una menor cantidad de N es mejor. El límite inferior del contenido de N no influye en el efecto de la realización, y por lo tanto no está particularmente limitado. Cuando el contenido de N es inferior al 0,0005%, puede darse el caso de que los costos de producción aumenten significativamente. En consecuencia, el límite inferior del contenido de N puede ser del 0,0005%.

Además, con el fin de mejorar aún más la resistencia a la corrosión y el conformado en caliente de la propia chapa de acero, o como impurezas inevitables de materiales auxiliares como la chatarra, la chapa de acero en la realización, así como los componentes mencionados anteriormente, puede contener otros elementos de aleación. Como elementos de aleación están el Ti, Nb, B, Cu, Ni, Cr, Mo, W, Co, Ca, Y, Ce, La, Nd, Pr, Sm, V, Zr, Ta, Hf, Pb, Sn, Zn, Mg, As, Sb y Bi. Por ejemplo, cuando el contenido total de estos otros elementos de aleación es igual o inferior al 1% (incluido el 0%), la conformabilidad de la chapa de acero es suficiente. Por lo tanto, incluso aunque en la chapa de acero se incluya una cantidad igual o inferior al 1% de los otros elementos de aleación mencionados anteriormente, esto no se aparta del alcance de la presente invención.

La chapa de acero 1 (chapa de acero base) de acuerdo con la realización puede producirse aplicando un proceso típico de producción para una chapa de acero laminada en caliente (banda laminada en caliente) o una chapa de acero laminada en frío (banda laminada en frío). La chapa de acero 1 de acuerdo con la realización, la cual es la chapa de acero laminada en frío o la chapa de acero laminada en caliente, exhibe suficientemente el efecto de mejorar la capacidad de embutición profunda, y por lo tanto no es significativamente modificada por la historia (proceso de producción) de la chapa de acero. Además, en cuanto a las condiciones de producción tales como la condición de laminación en caliente, condición de laminación en frío y condición de recocido, se pueden seleccionar condiciones predeterminadas en respuesta a las dimensiones de la chapa de acero 1 y la resistencia necesaria. El efecto de mejorar la capacidad de embutición profunda o similar no se ve dañado por las condiciones de producción tales como la condición de laminación en caliente, la condición de laminación en frío y la condición de recocido.

Además, el grosor de la chapa de acero 1 no da lugar a limitaciones de la realización. Una chapa de acero que tenga un espesor que está típicamente permitido puede aplicar a la realización.

El método de conformación de la capa galvanizada no está particularmente limitado. Por ejemplo, con el fin de formar la capa galvanizada, se puede aplicar una galvanización típica por inmersión en caliente utilizando un sistema de horno no oxidante o un sistema totalmente radiante. Además, las condiciones de aleación no están particularmente determinadas. En las condiciones de aleación, por ejemplo, en operaciones prácticas son adecuados los intervalos de una temperatura de tratamiento de 460 a 600°C y un tiempo de tratamiento de 10 a 90 segundos.

La chapa de acero galvarrecocido después de ser sometida a aleación se somete a un laminado de endurecimiento con el fin de suprimir la generación de marcos de deformación. En el laminado de endurecimiento, la parte sobresaliente 23, la cual es una parte de la superficie galvarrecocida, se somete a una deformación por compresión mediante un rodillo de laminación, y como se ilustra en la FIG. 2B, la porción plana 3 se forma en la porción sobresaliente 23 que es una porción de la superficie galvarrecocida. Además, una parte deprimida que es una parte de la superficie galvarrecocida no está sujeta a deformación por compresión, y por lo tanto permanece sobre la superficie galvarrecocida como la parte rugosa 4. Con el fin de permitir la proporción de área de la parte plana 3 sobre la superficie galvarrecocida para que sea igual o superior al 10%, en el método de producción de la presente invención se utiliza un rodillo, que tiene un diámetro de rodillo de trabajo igual o menor a 700 mm, para realizar el laminado de endurecimiento a una velocidad de elongación igual o superior al 0,3%.

La proporción de área de la parte plana se determina de acuerdo con la reducción por laminado por unidad de área. Sin embargo, la reducción por laminado por unidad de área se reduce a medida que el diámetro del rodillo de trabajo

- aumenta con una fuerza de laminación constante. En consecuencia, cuando el diámetro del rodillo de trabajo es mayor que 700 mm, se necesita una alta fuerza de laminado para obtener una proporción de área objetivo y, por lo tanto, la calidad de la chapa de acero galvanneal se deteriora. Por lo tanto, de acuerdo con el método de producción de la presente invención, el diámetro del rodillo de trabajo es igual o menor que 700 mm. Además, a medida que se reduce el diámetro del rodillo de trabajo, se incrementa la reducción por laminación por unidad de área, y así la porción plana 3 que tiene una proporción de área más grande se puede obtener bajo la misma fuerza de laminación. Por consiguiente, es preferible un diámetro de rodillo de trabajo más pequeño, y es más preferible un diámetro de rodillo de trabajo igual o inferior a 600 mm.
- De la misma manera, con el fin de obtener la parte plana 3 que tiene una proporción de área igual o superior al 10%, en el método de producción de la presente invención, la relación de elongación (en el laminado de endurecimiento, con el fin de aumentar la precisión del grosor de la chapa, como grado de deformación se utiliza la relación de elongación en lugar de la relación de reducción por laminación) es igual o superior al 0,3%.
- Por otro lado, cuando la relación $2R/t$ del diámetro del rodillo de trabajo ($2R$) al espesor (t) de una banda de acero (la chapa de acero galvanneal) es inferior a 400, no se puede obtener el perfil de superficie deseado. Por lo tanto, el diámetro del rodillo de trabajo se establece para que sea igual o mayor que 300 mm.
- Además, cuando la relación de elongación es demasiado alta, la calidad de la chapa de acero galvanneal se deteriora, de modo que, en el método de producción de la presente invención, la relación de elongación es igual o inferior al 2,0%.
- El tipo de rodillo no está particularmente prescrito. Con el fin de obtener fácilmente una superficie plana galvanneal, se utiliza un rodillo brillante en lugar de un rodillo embotado. Particularmente, cuando se usa un rodillo brillante que tiene una rugosidad menor que $0,5\ \mu\text{m}$, puede producirse fácilmente la parte plana 3 que tiene una rugosidad superficial R_a menor que $0,5\ \mu\text{m}$. Por consiguiente, se usa el rodillo brillante que tiene una rugosidad menor que $0,5\ \mu\text{m}$.
- Seguidamente, la capa de óxido compuesto 5 de Mn, Zn y P se forma sobre la superficie (una superficie o todas las superficies) de la capa galvanneal. Con el fin de formar la capa de óxido compuesto 5 de acuerdo con la invención, se combinan con el líquido de tratamiento permanganato de potasio y al menos uno de ácido fosfórico, ácido fosforoso y ácido hipofosforoso, y al líquido de tratamiento resultante se le puede hacer reaccionar con la chapa de acero galvanneal. Debido a la reacción entre la chapa de acero galvanneal y el líquido de tratamiento, se produce la disolución de Zn y la reducción de los iones permanganato, y por lo tanto el pH en la interfase de la reacción aumenta rápidamente. En la interfase de reacción se forma una película que principalmente contiene óxido de Mn o hidróxido de Mn, el pH en la interfase de reacción disminuye debido a la formación de la película y la película formada se hidroliza. Debido a la hidrólisis, el óxido de Mn o el hidróxido de Mn se transforman en fosfato, fosfito o hipofosfito que tienen una solubilidad más baja y se vuelve a formar una película. Esta repetición (ciclo de reacción de disolución, reducción e hidrólisis) ocurre en poco tiempo, obteniendo así la capa de óxido compuesto 5 de Mn, Zn y P. Además, con el fin de aplicar el líquido de tratamiento, puede usarse un revestidor (rodillo de recubrimiento). En este caso, con el fin de controlar la cantidad de líquido de tratamiento aplicada el revestidor se puede facilitar, por ejemplo, con ranuras y se puede ajustar un espacio entre ellas (ancho de ranura, relación de ranura). En el método descrito anteriormente, por ejemplo, controlando la cantidad del líquido de tratamiento puede controlarse el espesor de la capa de óxido compuesto 5 de Mn, Zn y P.
- Además, la capa de óxido compuesto 5 de Mn, Zn y P se puede formar en la superficie de la chapa de acero galvanneal por un método de contacto, tal como inmersión o aplicación o un método electroquímico tal como la electrólisis realizada a una densidad de corriente de 5 a $60\ \text{A/dm}^2$. Además, según sea necesario, antes de formar un óxido inorgánico (óxido compuesto), la chapa de acero galvanneal puede someterse a preprocesamiento mediante un método químico utilizando un álcali o ácido o un método físico utilizando un cepillo.
- Con el fin de exhibir una alta capacidad de conformación y adhesión, la proporción (porcentaje de la capa de óxido compuesto 5 de Mn, Zn y P al área de superficie total) del área en la que el contenido de P en la capa de óxido compuesto 5 de Mn, Zn y P es igual o superior a $20\ \text{mg/m}^2$, respecto al área total puede ser igual o superior al 20% e igual o inferior al 80%. En este caso, por ejemplo, con el fin de permitir que una cantidad adecuada del compuesto de fósforo acuoso permanezca en la capa de óxido compuesto 5, se puede usar un revestidor tipo rodillo que tiene un ancho de ranura igual o mayor que $0,1\ \text{mm}$ e igual o menor de $5\ \text{mm}$ y una proporción de ranura igual o superior a 1% e igual o inferior a 50%. Dado que se suministra una gran cantidad de líquido de tratamiento a la porción de ranura del revestidor tipo rodillo, se incrementa el espesor de la capa de óxido compuesto 5 de Mn, Zn y P en la parte de superficie de la capa galvanneal 2 correspondiente a la porción de ranura.
- Además, después de formar la capa de óxido compuesto 5 de Mn, Zn y P, se puede realizar nuevamente el laminado de endurecimiento.
- En conjunto, la chapa de acero galvanneal 10 puede producirse mediante el siguiente método. Es decir, la chapa de acero 1 se somete a galvanización por inmersión en caliente y se alea para formar la capa galvanneal 2, que incluye una cantidad igual o superior a 0,05% e igual o inferior a 0,5% de Al y una cantidad igual o superior al 6% e

igual o menor que el 12% de Fe. Después del laminado de endurecimiento, la capa de óxido compuesto 5 de Mn, Zn y P se forma en la superficie de la capa galvarrecocida 2 mediante el control del líquido de tratamiento para que la capa de óxido compuesto 5 de Mn, Zn y P incluya un cantidad igual o superior a 0,1 mg/m² e igual o inferior a 100 mg/m² de Mn, una cantidad igual o superior a 1 mg/m² e igual o inferior a 100 mg/m² de P y la relación P/Mn es de 0,3 a 50. En la presente memoria es preferible que el laminado de endurecimiento se realice para lograr una relación de elongación igual o superior a 0,3% e igual o inferior a 2,0% utilizando un rodillo que tenga un diámetro de rodillo de trabajo igual o superior a 300 mm e igual o inferior a 700 mm. Además, es preferible que en el laminado de endurecimiento se use un rodillo brillante que tenga una rugosidad más pequeña que 0,5 µm. Es preferible que el líquido de tratamiento incluya permanganato de potasio y al menos uno de ácido fosfórico, ácido fosforoso y ácido hipofosforoso. Además, es preferible que el líquido de tratamiento se aplique sobre la superficie de la capa galvarrecocida 2 utilizando el revestidor tipo rodillo.

Ejemplos

De aquí en adelante, la chapa de acero galvarrecocido 10 de acuerdo con la realización se describirá en detalle usando ejemplos.

Ejemplo 1

Una chapa gruesa de acero que tiene la composición de la Tabla 1 (acero con contenido de carbono ultra bajo) se calentó a 1150°C y se sometió a laminación en caliente a una temperatura de acabado de 910 a 930°C para producir una banda de acero laminada en caliente de 4 mm, y la banda de acero laminada en caliente se enrolló a 680 a 720°C. Después de realizar un lavado con ácido, se realizó un laminado en frío sobre la banda de acero laminada en caliente para producir una banda de acero laminada en frío de 0,8 mm. Además, utilizando un equipo de galvanizado continuo por inmersión en caliente en un sistema de recocido en línea, se realizaron el recocido, el galvanizado y la aleación en la banda de acero laminado en frío, produciendo de este modo una chapa de acero galvarrecocido. En el procedimiento de galvarrecocido, la atmósfera de recocido fue un gas mixto de 5% en volumen de hidrógeno y 95% en volumen de nitrógeno, la temperatura de recocido fue de 800 a 840°C, y el tiempo de recocido fue de 90 segundos. Como baño de galvanización por inmersión en caliente, se usó un baño de galvanización por inmersión en caliente con una concentración efectiva de Al de 0,105% (concentración de Al que puede usarse como metal), y la cantidad de zinc se controló en 50 g/m² utilizando un limpiador de gas. Durante el calentamiento en el aleado, se usó el equipo de calefacción en un sistema de calentamiento por inducción para realizar la aleación de 440 a 550°C. En el laminado de endurecimiento, se utilizó un rodillo brillante que tenía un diámetro de rodillo de trabajo de 480 mm. Además, se realizó un laminado de endurecimiento sobre cada chapa de acero galvarrecocido para lograr las proporciones de elongación que se muestran en las Tablas 3, 5, 7, 9, 11, 13 y 15.

Además, a las chapas de acero galvarrecocido se aplicaron líquidos de tratamiento en los cuales la concentración de permanganato de potasio y la concentración de ácido fosfórico fueron diferentes, para permitir que la capa galvarrecocida sobre la superficie galvarrecocida reaccionara con los líquidos de tratamiento, produciendo de este modo capas de óxido compuesto de Mn, Zn y P. La cantidad recubierta del líquido de tratamiento se controló cambiando la cantidad de líquido de tratamiento aplicada.

La concentración de Fe, %Fe, y la concentración de Al, %Al, en la capa galvarrecocida, y el contenido de P y el contenido de Mn en la capa de óxido compuesto de Mn, Zn y P se obtuvieron disolviendo la capa galvarrecocida utilizando clorhidrato que incluye un agente inhibidor del análisis y midiendo los componentes en la capa galvarrecocida utilizando un método ICP (Plasma Inductivamente Acoplado).

El espesor de la capa de óxido compuesto de Mn, Zn y P se obtuvo midiendo el perfil en la dirección de la profundidad (espectro electrónico Auger de Mn, P y O) utilizando la pulverización con Ar y AES (espectroscopia electrónica Auger) y convirtiendo el tiempo de pulverización en el que los picos de Mn, P y O son todos iguales o menores que la mitad de los valores máximos en la distancia de pulverización.

Con respecto a los tipos de compuestos de P en la capa de óxido compuesto de Mn, Zn y P, la existencia de PO₄³⁻ se confirmó utilizando un método de azul de fósforo molibdeno.

La cantidad de cada fase (fase η, fase ζ, fase Γ) en la capa galvarrecocida de la chapa de acero galvarrecocido se evaluó midiendo la intensidad de difracción de rayos X de cada fase mediante difractometría de rayos X y utilizando la relación (I_η/I_{Si}, I_ζ/I_{Si}, e I_Γ/I_{Si}) de la intensidad de difracción de rayos X de cada fase a la intensidad I_{Si} de difracción de rayos X de un espaciado interplanar d de 3,13 Å de un patrón de polvo de Si.

Además, como se describió anteriormente, para la fase η se utilizó la intensidad I_η de difracción de rayos X de un espaciado interplanar d de 1,237 Å, para la fase ζ se usó la intensidad I_ζ de difracción de rayos X de un espaciado interplanar d de 1,6 Å, y para la fase Γ se usó la intensidad I_Γ de difracción de rayos X de una separación interplanar d de 1,222 Å.

Además, al realizar un ensayo de tracción en cada chapa de acero galvarrecocido, como índices de conformabilidad se midieron la resistencia (resistencia a la tracción), la elongación (alargamiento a la tracción) y valor r de Lankford (como el valor r se usó el promedio (promedio en cada dirección de muestreo) de un valor r de 0°, un valor r de 45°,

y un valor r de 90°).

La proporción de área de la parte plana en la superficie galvarrecocida se obtuvo tomando la imagen de la superficie galvarrecocida utilizando un SEM (microscopio electrónico de barrido) y calculando la proporción de área de la parte plana utilizando un aparato de procesamiento de imágenes. Se tomaron extensiones de $500 \times 400 \mu\text{m}$ en 5 puntos desde posiciones arbitrarias utilizando el SEM, y el promedio de las proporciones de área de las imágenes de SEM se usó como un valor representativo.

La rugosidad de la superficie R_a de la parte plana y la rugosidad de la superficie R_a de la parte rugosa (parte rebajada) pudieron obtenerse midiendo la rugosidad media aritmética R_a (JIS B0601:1994) de una extensión de $10 \mu\text{m} \times 10 \mu\text{m}$ utilizando un microscopio láser (VK-9700 producido por KEYENCE) en 10 puntos y promediando los valores medidos. Con respecto a la parte plana, cuando el promedio de las rugosidades promedio aritméticas R_a fue igual o mayor que $0,01 \mu\text{m}$ y menor que $0,35 \mu\text{m}$, la rugosidad de la superficie se evaluó como G (Buena). Además, cuando el promedio de las rugosidades promedio aritméticas R_a no fue igual o mayor que $0,01 \mu\text{m}$ y menor que $0,35 \mu\text{m}$, la rugosidad de la superficie se evaluó como B (Mala). Con respecto a la porción rugosa, cuando el promedio de las rugosidades promedio aritméticas R_a fue igual o mayor que $0,5 \mu\text{m}$ e igual o menor que $10 \mu\text{m}$, la rugosidad de la superficie se evaluó como G (Buena). Además, cuando el promedio de las rugosidades promedio aritméticas R_a no fue igual o mayor que $0,5 \mu\text{m}$ e igual o menor que $10 \mu\text{m}$, la rugosidad de la superficie se evaluó como B (Mala).

Con respecto a la capacidad de embutición profunda, al realizar un ensayo TZP que tenga las siguientes condiciones, el diámetro de la chapa en bruto en el que la tolerancia de formación de la fórmula (5) se convirtió en 0 se evaluó como la relación de estirado limitante (LDR) R.

Diámetro de la chapa en bruto (D_0): $\phi 90$ a $\phi 125$ mm

Tamaño de la herramienta:

Diámetro del punzón (D_0): $\phi 50$ mm, radio del hombro del punzón r : 5 mm

Diámetro del orificio de la matriz: $\phi 51,6$ mm, radio del hombro de la matriz r : 5 mm

BHF (fuerza de sujeción de la chapa en bruto):

En la medida de la carga de conformación (P): 25 kN

En la medida de la carga de fractura (P_f): 200 kN

Aceite lubricante: aceite resistente a la herrumbre

Valor evaluado: tolerancia de conformación T

$$T = (P_f - P) / P_f \quad (5)$$

Los resultados se muestran en las Tablas 2 a 15. En los ejemplos comparativos Nos. 1, 16, 31, 46, 61, 76, 91, 106 y 121, se utilizaron chapas de acero galvarrecocido en las que no se formaron óxidos compuestos de Mn, Zn y P. Por consiguiente, tales ejemplos comparativos no satisfacían la fórmula (1). En los ejemplos comparativos Nos. 4, 19, 34, 49, 64, 79, 94, 109, 113 y 124, los contenidos de P en la capa de óxidos compuestos fueron menores que 1 mg/m^2 o más que 100 mg/m^2 , por lo que no se satisfizo la Fórmula (1). En los ejemplos comparativos Nos. 8, 23, 38, 53, 68, 83, 98, 113 y 128, los contenidos de Mn en la capa de óxidos compuestos fueron inferiores a $0,1 \text{ mg/m}^2$ o más que 100 mg/m^2 , por lo que la fórmula (1) no se satisfizo. En los ejemplos comparativos Nos. 11, 26, 41, 56, 71, 86, 101, 116 y 131, las proporciones de área de las partes planas fueron inferiores al 10%, por lo que la fórmula (1) no se satisfizo.

En los ejemplos que excluyen los números mencionados anteriormente (ejemplos comparativos), se usaron chapas de acero galvarrecocido que tenían capas galvarrecocidas que tenían proporciones de área suficientes de partes planas y capas de óxido compuesto que tenían suficientes contenidos de Mn y de P. Por consiguiente, las chapas de acero galvarrecocido de acuerdo con la realización cumplieron con la fórmula (1) y tuvieron una excelente capacidad de embutición profunda. En los ejemplos, en comparación con los ejemplos comparativos en los que los óxidos compuestos de Mn, Zn y P no se aplicaron a las capas superficiales galvarrecocidas, la relación de estirado limitante R se incrementó en 0,06 a 0,3. En comparación con los resultados de las tablas 2 a 15 con referencia a la FIG. 1, el incremento en la relación de estirado limitante R corresponde al hecho de que el incremento (efecto de mejora de la capacidad de embutición profunda) en el valor r fue de 0,2 a 1,0.

ES 2 696 550 T3

Tabla 1

Símbolo	Composición química (% en masa)									
	C	Si	Mn	P	S	Al	Ti	Nb	N	B
A	0,0018	0,002	0,06	0,011	0,007	0,027	0,033	-	0,0022	0,0002
B	0,0006	0,002	0,06	0,010	0,004	0,048	0,024	-	0,0016	-
C	0,0010	0,003	0,07	0,004	0,007	0,028	0,032	0,009	0,0017	-
D	0,0009	0,006	0,03	0,005	0,004	0,032	0,011	0,027	0,0014	0,0004
E	0,0005	0,009	0,02	0,004	0,006	0,026	0,025	0,009	0,0018	-
F	0,0025	0,004	0,11	0,010	0,006	0,031	0,029	0,010	0,0039	-
G	0,0014	0,008	0,16	0,016	0,005	0,027	0,027	0,029	0,0014	-
H	0,0018	0,130	0,05	0,009	0,006	0,027	0,021	0,038	0,0022	-
I	0,0032	0,009	0,08	0,013	0,007	0,033	0,012	0,007	0,0042	-

Tabla 2

Nº	Tipo de chapa de acero	Fe, % en la capa galvarrecocida (% en masa)	Al, % en la capa galvarrecocida (% en masa)	Intensidad de la difracción de rayos X en la capa galvarrecocida			Rugosidad superficial de la parte rugosa	Rugosidad superficial de la parte plana	Óxido compuesto de Mn, Zn, P				
				I _q /I _{Si} (-)	I _Z /I _{Si} (-)	I _T /I _{Si} (-)			Contenido de P (mg/m ²)	Contenido de Mn (mg/m ²)	P/Mn (-)	Espesor (nm)	Tipo de compuesto de P
1	Chapa de acero A	10,6	0,25	0	0,0015	0,0005	G	G	-	-	-	-	-
2	Chapa de acero A	10,6	0,25	0	0,0015	0,0005	G	G	14	12	1,17	4	PO ₄ ³⁻
3	Chapa de acero A	10,6	0,25	0	0,0015	0,0005	G	G	25	16	1,56	7	PO ₄ ³⁻
4	Chapa de acero A	10,6	0,25	0	0,0015	0,0005	G	G	0,5	1	0,50	0,3	PO ₄ ³⁻
5	Chapa de acero A	10,6	0,25	0	0,0015	0,0005	G	G	1	1	1,00	0,3	PO ₄ ³⁻
6	Chapa de acero A	10,6	0,25	0	0,0015	0,0005	G	G	5	3	1,67	1,5	PO ₄ ³⁻
7	Chapa de acero A	10,6	0,25	0	0,0015	0,0005	G	G	90	50	1,80	26	PO ₄ ³⁻
8	Chapa de acero A	10,6	0,25	0	0,0015	0,0005	G	G	1	0,05	20	0,2	PO ₄ ³⁻

Tabla 2 (continuación)

Nº	Tipo de chapa de acero	Fe, % en la capa galvarrecocida (% en masa)	Al, % en la capa galvarrecocida (% en masa)	Intensidad de la difracción de rayos X en la capa galvarrecocida			Rugosidad superficial de la parte rugosa	Rugosidad superficial de la parte plana	Óxido compuesto de Mn, Zn, P				
				I _η /I _{Si} (-)	I _ζ /I _{Si} (-)	I _Γ /I _{Si} (-)			Contenido de P (mg/m ²)	Contenido de Mn (mg/m ²)	P/Mn (-)	Espesor (nm)	Tipo de compuesto de P
9	Chapa de acero A	10,6	0,25	0	0,0015	0,0005	G	G	2	0,1	20	0,4	PO ₄ ³⁻
10	Chapa de acero A	10,6	0,25	0	0,0015	0,0005	G	G	5	1	5	1,5	PO ₄ ³⁻
11	Chapa de acero A	10,6	0,25	0	0,0015	0,0005	G	G	32	22	1,45	9	PO ₄ ³⁻
12	Chapa de acero A	10,6	0,25	0	0,0015	0,0005	G	G	21	27	0,78	6	PO ₄ ³⁻
13	Chapa de acero A	10,6	0,25	0	0,0015	0,0005	G	G	10	7	1,43	3	PO ₄ ³⁻
14	Chapa de acero A	10,6	0,25	0	0,0015	0,0005	G	G	28	13	2,15	8	PO ₄ ³⁻
15	Chapa de acero A	10,6	0,25	0	0,0015	0,0005	G	G	17	15	1,13	5	PO ₄ ³⁻
16	Chapa de acero B	9,6	0,24	0	0,0025	0,0004	G	G	-	-	-	-	-
17	Chapa de acero B	9,6	0,24	0	0,0025	0,0004	G	G	14	10	1,40	4	PO ₄ ³⁻
18	Chapa de acero B	9,6	0,24	0	0,0025	0,0004	G	G	24	16	1,50	7	PO ₄ ³⁻
19	Chapa de acero B	9,6	0,24	0	0,0025	0,0004	G	G	0,4	0,9	0,44	0,3	PO ₄ ³⁻
20	Chapa de acero B	9,6	0,24	0	0,0025	0,0004	G	G	1,2	1	1,20	0,3	PO ₄ ³⁻

ES 2 696 550 T3

Tabla 3

Nº	Resistencia (MPa)	Elongación (%)	Valor r (-)	Proporción de elongación en el laminado de endurecimiento (%)	Proporción de área de la parte plana (%)	LDR	Nota
1	307	49	1,89	1	36	2,23	Ejemplo comparativo
2	307	49	1,89	1	37	2,4	Ejemplo
3	307	49	1,89	1	37	2,37	Ejemplo
4	307	49	1,89	1	35	2,27	Ejemplo comparativo
5	307	49	1,89	1	36	2,31	Ejemplo
6	307	49	1,89	1	36	2,35	Ejemplo
7	307	49	1,89	1	37	2,41	Ejemplo
8	307	49	1,89	1	36	2,29	Ejemplo comparativo
9	307	49	1,89	1	35	2,32	Ejemplo
10	307	49	1,89	1	36	2,34	Ejemplo
11	307	49	1,89	0,2	8	2,28	Ejemplo comparativo
12	307	49	1,89	0,3	10	2,31	Ejemplo
13	307	49	1,89	0,6	20	2,36	Ejemplo
14	307	48	1,89	1,5	50	2,38	Ejemplo
15	307	47	1,89	2	70	2,39	Ejemplo
16	299	50	1,94	1	36	2,25	Ejemplo comparativo
17	299	50	1,94		36	2,41	Ejemplo
18	299	50	1,94	1	36	2,39	Ejemplo
19	299	50	1,94	1	36	2,29	Ejemplo comparativo
20	299	50	1,94	1	36	2,33	Ejemplo

Tabla 4

No.	Tipo de chapa de acero	Fe, % en la capa galvarrecocida (% en masa)	Al, % en la capa galvarrecocida (% en masa)	Intensidad de la difracción de rayos X en la capa galvarrecocida			Rugosidad superficial de la parte rugosa	Rugosidad superficial de la parte plana	Óxido compuesto de Mn, Zn, P				
				I _h /I _{Si} (-)	I _Z /I _{Si} (-)	I _P /I _{Si} (-)			Contenido de P (mg/m ²)	Contenido de Mn (mg/m ²)	P/Mn (-)	Espesor (nm)	Tipo de compuesto de P
21	Chapa de acero B	9,6	0,24	0	0,0025	0,0004	G	G	5,2	3,1	1,68	1,5	PO ₄ ³⁻
22	Chapa de acero B	9,6	0,24	0	0,0025	0,0004	G	G	93	48	1,94	26	PO ₄ ³⁻
23	Chapa de acero B	9,6	0,24	0	0,0025	0,0004	G	G	1,1	0,08	13,75	0,2	PO ₄ ³⁻

Tabla 4 (continuación)

No.	Tipo de chapa de acero	Fe, % en la capa galvarrecocida (% en masa)	Al, % en la capa galvarrecocida (% en masa)	Intensidad de la difracción de rayos X en la capa galvarrecocida			Rugosidad superficial de la parte rugosa	Rugosidad superficial de la parte plana	Óxido compuesto de Mn, Zn, P				
				In/ISI (-)	I _Z /ISI (-)	I _T /ISI (-)			Contenido de P (mg/m ²)	Contenido de Mn (mg/m ²)	P/Mn (-)	Espesor (nm)	Tipo de compuesto de P
24	Chapa de acero B	9,6	0,24	0	0,0025	0,0004	G	G	2,1	0,1	21	0,4	PO ₄ ³⁻
25	Chapa de acero B	9,6	0,24	0	0,0025	0,0004	G	G	5,5	1,1	5	1,5	PO ₄ ³⁻
26	Chapa de acero B	9,6	0,24	0	0,0025	0,0004	G	G	31	23	1,35	9	PO ₄ ³⁻
27	Chapa de acero B	9,6	0,24	0	0,0025	0,0004	G	G	15	15	1	6	PO ₄ ³⁻
28	Chapa de acero B	9,6	0,24	0	0,0025	0,0004	G	G	10	8	1,25	3	PO ₄ ³⁻
29	Chapa de acero B	9,6	0,24	0	0,0025	0,0004	G	G	26	6	4,33	8	PO ₄ ³⁻
30	Chapa de acero B	9,6	0,24	0	0,0025	0,0004	G	G	18	9	2	5	PO ₄ ³⁻
31	Chapa de acero C	11,8	0,25	0	0,0005	0,002	G	G	-	-	-	-	PO ₄ ³⁻ -
32	Chapa de acero C	11,8	0,25	0	0,0005	0,002	G	G	13	10	1,30	4	PO ₄ ³⁻
33	Chapa de acero C	11,8	0,25	0	0,0005	0,002	G	G	27	15	1,80	7	PO ₄ ³⁻
34	Chapa de acero C	11,8	0,25	0	0,0005	0,002	G	G	0,5	0,8	0,63	0,3	PO ₄ ³⁻
35	Chapa de acero C	11,8	0,25	0	0,0005	0,002	G	G	1,3	0,9	1,44	0,3	PO ₄ ³⁻
36	Chapa de acero C	11,8	0,25	0	0,0005	0,002	G	G	5,3	2,9	1,83	1,5	PO ₄ ³⁻
37	Chapa de acero C	11,8	0,25	0	0,0005	0,002	G	G	89	53	1,68	26	PO ₄ ³⁻
38	Chapa de acero C	11,8	0,25	0	0,0005	0,002	G	G	1,1	0,04	27,5	0,2	PO ₄ ³⁻
39	Chapa de acero C	11,8	0,25	0	0,0005	0,002	G	G	1,9	0,1	19	0,4	PO ₄ ³⁻
40	Chapa de acero C	11,8	0,25	0	0,0005	0,002	G	G	4,8	0,9	5,33	1,5	PO ₄ ³⁻

ES 2 696 550 T3

Tabla 5

No.	Resistencia (MPa)	Elongación (%)	Valor r (-)	Proporción de elongación en el laminado de endurecimiento (%)	Proporción de área de la parte plana (%)	LDR	Nota
21	299	50	1,94	1	36	2,37	Ejemplo
22	299	50	1,94	1	36	2,43	Ejemplo
23	299	50	1,94	1	36	2,31	Ejemplo comparativo
24	299	50	1,94	1	36	2,34	Ejemplo
25	299	50	1,94	1	36	2,36	Ejemplo
26	299	50	1,94	0,2	9	2,28	Ejemplo comparativo
27	299	50	1,94	0,3	11	2,33	Ejemplo
28	299	50	1,94	0,6	19	2,38	Ejemplo
29	299	50	1,94	1,5	49	2,4	Ejemplo
30	299	50	1,94	2	68	2,41	Ejemplo
31	282	52	2,05	1	36	2,29	Ejemplo comparativo
32	282	52	2,05	1	36	2,44	Ejemplo
33	282	52	2,05	1	36	2,42	Ejemplo
34	282	52	2,05	1	38	2,31	Ejemplo comparativo
35	282	52	2,05	1	38	2,36	Ejemplo
36	282	52	2,05	1	35	2,4	Ejemplo
37	282	52	2,05	1	36	2,47	Ejemplo
38	282	52	2,05	1	36	2,34	Ejemplo comparativo
39	282	52	2,05	1	37	2,37	Ejemplo
40	282	52	2,05	1	36	2,39	Ejemplo

Tabla 6

No.	Tipo de chapa de acero	Fe, % en la capa galvarrecocida (% en masa)	Al, % en la capa galvarrecocida (% en masa)	Intensidad de la difracción de rayos X en la capa galvarrecocida			Rugosidad superficial de la parte rugosa	Rugosidad superficial de la parte plana	Óxido compuesto de Mn, Zn, P				
				In/ISi (-)	I _Z /ISi (-)	IF/ISi (-)			Contenido de P (mg/m ²)	Contenido de Mn (mg/m ²)	P/Mn (-)	Espe-sor (nm)	Tipo de compuesto de P
41	Chapa de acero C	11,8	0,25	0	0,0005	0,002	G	G	31	21	1,48	9	PO ₄ ³⁻
42	Chapa de acero C	11,8	0,25	0	0,0005	0,002	G	G	17	13	1,31	6	PO ₄ ³⁻
43	Chapa de acero C	11,8	0,25	0	0,0005	0,002	G	G	10	8	1,25	3	PO ₄ ³⁻
44	Chapa de acero C	11,8	0,25	0	0,0005	0,002	G	G	27	6	4,5	8	PO ₄ ³⁻
45	Chapa de acero C	11,8	0,25	0	0,0005	0,002	G	G	18	9	2	5	PO ₄ ³⁻

Tabla 6 (continuación)

No.	Tipo de chapa de acero	Fe, % en la capa galvarrecocida (% en masa)	Al, % en la capa galvarrecocida (% en masa)	Intensidad de la difracción de rayos X en la capa galvarrecocida			Rugosidad superficial de la parte rugosa	Rugosidad superficial de la parte plana	Óxido compuesto de Mn, Zn, P				
				In/I _{Si} (-)	I _Z /I _{Si} (-)	I _T /I _{Si} (-)			Contenido de P (mg/m ²)	Contenido de Mn (mg/m ²)	P/Mn (-)	Espe-sor (nm)	Tipo de compuesto de P
46	Chapa de acero D	9,1	0,24	0	0,0075	0,0003	G	G	-	-	-	-	-
47	Chapa de acero D	9,1	0,24	0	0,0075	0,0003	G	G	13	11	1,18	4	PO ₄ ³⁻
48	Chapa de acero D	9,1	0,24	0	0,0075	0,0003	G	G	25	18	1,39	7	PO ₄ ³⁻
49	Chapa de acero D	9,1	0,24	0	0,0075	0,0003	G	G	0,3	0,9	0,33	0,3	PO ₄ ³⁻
50	Chapa de acero D	9,1	0,24	0	0,0075	0,0003	G	G	1	1	1,00	0,3	PO ₄ ³⁻
51	Chapa de acero D	9,1	0,24	0	0,0075	0,0003	G	G	4,8	3,1	1,55	1,5	PO ₄ ³⁻
52	Chapa de acero D	9,1	0,24	0	0,0075	0,0003	G	G	85	52	1,63	26	PO ₄ ³⁻
53	Chapa de acero D	9,1	0,24	0	0,0075	0,0003	G	G	1,3	0,05	26	0,2	PO ₄ ³⁻
54	Chapa de acero D	9,1	0,24	0	0,0075	0,0003	G	G	2,2	0,11	20	0,4	PO ₄ ³⁻
55	Chapa de acero D	9,1	0,24	0	0,0075	0,0003	G	G	5,2	1,1	4,73	1,5	PO ₄ ³⁻
56	Chapa de acero D	9,1	0,24	0	0,0075	0,0003	G	G	30	22	1,36	9	PO ₄ ³⁻
57	Chapa de acero D	9,1	0,24	0	0,0075	0,0003	G	G	16	14	1,14	6	PO ₄ ³⁻
58	Chapa de acero D	9,1	0,24	0	0,0075	0,0003	G	G	10	9	1,11	3	PO ₄ ³⁻
59	Chapa de acero D	9,1	0,24	0	0,0075	0,0003	G	G	27	6	4,5	8	PO ₄ ³⁻
60	Chapa de acero D	9,1	0,24	0	0,0075	0,0003	G	G	16	10	1,6	5	PO ₄ ³⁻

ES 2 696 550 T3

Tabla 7

No.	Resistencia (MPa)	Elongación (%)	Valor r (-)	Proporción de elongación en el laminado de endurecimiento (%)	Proporción de área de la parte plana (%)	LDR	Nota
41	282	52	2,05	0,2	8	2,33	Ejemplo comparativo
42	282	52	2,05	0,3	10	2,36	Ejemplo
43	282	52	2,05	0,6	21	2,42	Ejemplo
44	282	52	2,05	1,5	53	2,43	Ejemplo
45	282	52	2,05	2	70	2,44	Ejemplo
46	295	51	1,98	1	35	2,25	Ejemplo comparativo
47	295	51	1,98	1	35	2,42	Ejemplo
48	295	51	1,98	1	35	2,4	Ejemplo
49	295	51	1,98	1	36	2,3	Ejemplo comparativo
50	295	51	1,98	1	37	2,34	Ejemplo
51	295	51	1,98	1	36	2,38	Ejemplo
52	295	51	1,98	1	37	2,42	Ejemplo
53	295	51	1,98	1	36	2,31	Ejemplo comparativo
54	295	51	1,98	1	36	2,34	Ejemplo
55	295	51	1,98	1	35	2,37	Ejemplo
56	295	51	1,98	0,2	8	2,29	Ejemplo comparativo
57	295	51	1,98	0,3	12	2,35	Ejemplo
58	295	51	1,98	0,6	20	2,39	Ejemplo
59	295	51	1,98	1,5	52	2,4	Ejemplo
60	295	51	1,98	2	69	2,41	Ejemplo

Tabla 8

Nº	Tipo de chapa de acero	Fe, % en la capa galvarrecocida (% en masa)	Al, % en la capa galvarrecocida (% en masa)	Intensidad de la difracción de rayos X en la capa galvarrecocida			Rugosidad superficial de la parte rugosa	Rugosidad superficial de la parte plana	Óxido compuesto de Mn, Zn, P				
				I _η /I _{Si} (-)	I _Z /I _{Si} (-)	I _Γ /I _{Si} (-)			Contenido de P (mg/m ²)	Contenido de Mn (mg/m ²)	P/Mn (-)	Espe-sor (nm)	Tipo de compues-to de P
61	Chapa de acero E	10,3	0,24	0	0,0019	0,0005	G	G	-	-	-	-	-
62	Chapa de acero E	10,3	0,24	0	0,0019	0,0005	G	G	14	10	1,4	4	PO ₄ ³⁻
63	Chapa de acero E	10,3	0,24	0	0,0019	0,0005	G	G	26	16	1,63	7	PO ₄ ³⁻
64	Chapa de acero E	10,3	0,24	0	0,0019	0,0005	G	G	0,6	1	0,60	0,3	PO ₄ ³⁻
65	Chapa de acero E	10,3	0,24	0	0,0019	0,0005	G	G	1,3	1	1,30	0,3	PO ₄ ³⁻
66	Chapa de acero E	10,3	0,24	0	0,0019	0,0005	G	G	6	3	2,00	1,5	PO ₄ ³⁻
67	Chapa de acero E	10,3	0,24	0	0,0019	0,0005	G	G	91	50	1,82	26	PO ₄ ³⁻

Tabla 8 (continuación)

Nº	Tipo de chapa de acero	Fe, % en la capa galvarrecocida (% en masa)	Al, % en la capa galvarrecocida (% en masa)	Intensidad de la difracción de rayos X en la capa galvarrecocida			Rugosidad superficial de la parte rugosa	Rugosidad superficial de la parte plana	Óxido compuesto de Mn, Zn, P				
				I _η /I _{Si} (-)	I _ζ /I _{Si} (-)	I _Γ /I _{Si} (-)			Contenido de P (mg/m ²)	Contenido de Mn (mg/m ²)	P/Mn (-)	Espe-sor (nm)	Tipo de compues-to de P
68	Chapa de acero E	10,3	0,24	0	0,0019	0,0005	G	G	1	0,04	25	0,2	PO ₄ ³⁻
69	Chapa de acero E	10,3	0,24	0	0,0019	0,0005	G	G	2	0,2	10	0,4	PO ₄ ³⁻
70	Chapa de acero E	10,3	0,24	0	0,0019	0,0005	G	G	6	1	6	1,5	PO ₄ ³⁻
71	Chapa de acero E	10,3	0,24	0	0,0019	0,0005	G	G	31	23	1,35	9	PO ₄ ³⁻
72	Chapa de acero E	10,3	0,24	0	0,0019	0,0005	G	G	15	15	1	6	PO ₄ ³⁻
73	Chapa de acero E	10,3	0,24	0	0,0019	0,0005	G	G	10	8	1,25	3	PO ₄ ³⁻
74	Chapa de acero E	10,3	0,24	0	0,0019	0,0005	G	G	29	5	5,8	8	PO ₄ ³⁻
75	Chapa de acero E	10,3	0,24	0	0,0019	0,0005	G	G	17	10	1,7	5	PO ₄ ³⁻
76	Chapa de acero F	11,2	0,25	0	0,001	0,0014	G	G	-	-	-	-	-
77	Chapa de acero F	11,2	0,25	0	0,001	0,0014	G	G	13	11	1,18	4	PO ₄ ³⁻
78	Chapa de acero F	11,2	0,25	0	0,001	0,0014	G	G	23	16	1,44	7	PO ₄ ³⁻
79	Chapa de acero F	11,2	0,25	0	0,001	0,0014	G	G	0,7	1	0,70	0,3	PO ₄ ³⁻
80	Chapa de acero F	11,2	0,25	0	0,001	0,0014	G	G	1,2	1	1,20	0,3	PO ₄ ³⁻

Tabla 9

No.	Resistencia (MPa)	Elongación (%)	Valor r (-)	Proporción de elongación en el laminado de endurecimiento (%)	Proporción de área de la parte plana (%)	LDR	Nota
61	274	54	2,2	1	37	2,33	Ejemplo comparativo
62	274	54	2,2	1	37	2,49	Ejemplo
63	274	54	2,2	1	37	2,47	Ejemplo
64	274	54	2,2	1	37	2,36	Ejemplo comparativo
65	274	54	2,2	1	36	2,41	Ejemplo
66	274	54	2,2	1	36	2,45	Ejemplo
67	274	54	2,2	1	36	2,52	Ejemplo
68	274	54	2,2	1	35	2,39	Ejemplo comparativo
69	274	54	2,2	1	35	2,42	Ejemplo
70	274	54	2,2	1	36	2,44	Ejemplo
71	274	54	2,2	0,2	7	2,37	Ejemplo comparativo
72	274	54	2,2	0,3	11	2,42	Ejemplo

Tabla 9 (continuación)

No.	Resistencia (MPa)	Elongación (%)	Valor r (-)	Proporción de elongación en el laminado de endurecimiento (%)	Proporción de área de la parte plana (%)	LDR	Nota
73	274	54	2,2	0,6	18	2,46	Ejemplo
74	274	54	2,2	1,5	54	2,48	Ejemplo
75	274	54	2,2	2	70	2,49	Ejemplo
76	315	48	1,61	1	36	2,16	Ejemplo comparativo
77	315	48	1,61	1	36	2,3	Ejemplo
78	315	48	1,61	1	36	2,28	Ejemplo
79	315	48	1,61	1	36	2,18	Ejemplo comparativo
80	315	48	1,61	1	35	253	Ejemplo

Tabla 10

No.	Tipo de chapa de acero	Fe, % en la capa galvarrecocida (% en masa)	Al, % en la capa galvarrecocida (% en masa)	Intensidad de la difracción de rayos X en la capa galvarrecocida			Rugosidad superficial de la parte rugosa	Rugosidad superficial de la parte plana	Óxido compuesto de Mn, Zn, P				
				In/I _{Si} (-)	I _Z /I _{Si} (-)	I _F /I _{Si} (-)			Contenido de P (mg/m ²)	Contenido de Mn (mg/m ²)	P/Mn (-)	Espesor (nm)	Tipo de compuesto de P
81	Chapa de acero F	11,2	0,25	0	0,001	0,0014	G	G	4,8	3,1	1,55	1,5	PO ₄ ³⁻
82	Chapa de acero F	11,2	0,25	0	0,001	0,0014	G	G	95	53	1,79	26	PO ₄ ³⁻
83	Chapa de acero F	11,2	0,25	0	0,001	0,0014	G	G	1,3	0,06	22	0,2	PO ₄ ³⁻
84	Chapa de acero F	11,2	0,25	0	0,001	0,0014	G	G	1,8	0,15	12	0,4	PO ₄ ³⁻
85	Chapa de acero F	11,2	0,25	0	0,001	0,0014	G	G	5,3	1	5,3	1,5	PO ₄ ³⁻
86	Chapa de acero F	11,2	0,25	0	0,001	0,0014	G	G	33	23	1,43	9	PO ₄ ³⁻
87	Chapa de acero F	11,2	0,25	0	0,001	0,0014	G	G	16	15	1,07	6	PO ₄ ³⁻
88	Chapa de acero F	11,2	0,25	0	0,001	0,0014	G	G	10	8	1,25	3	PO ₄ ³⁻
89	Chapa de acero F	11,2	0,25	0	0,001	0,0014	G	G	25	6	4,17	8	PO ₄ ³⁻
90	Chapa de acero F	11,2	0,25	0	0,001	0,0014	G	G	16	10	1,6	5	PO ₄ ³⁻
91	Chapa de acero G	10,9	0,24	0	0,0013	0,001	G	G	-	-	-	-	-

Tabla 10 (continuación)

No.	Tipo de chapa de acero	Fe, % en la capa galvarrecocida (% en masa)	Al, % en la capa galvarrecocida (% en masa)	Intensidad de la difracción de rayos X en la capa galvarrecocida			Rugosidad superficial de la parte rugosa	Rugosidad superficial de la parte plana	Óxido compuesto de Mn, Zn, P				
				I _η /I _{Si} (-)	I _ζ /I _{Si} (-)	I _Γ /I _{Si} (-)			Contenido de P (mg/m ²)	Contenido de Mn (mg/m ²)	P/Mn (-)	Espesor (nm)	Tipo de compuesto de P
92	Chapa de acero G	10,9	0,24	0	0,0013	0,001	G	G	14	10	1,4	4	PO ₄ ³⁻
93	Chapa de acero G	10,9	0,24	0	0,0013	0,001	G	G	28	17	1,65	7	PO ₄ ³⁻
94	Chapa de acero G	10,9	0,24	0	0,0013	0,001	G	G	0,4	0,9	0,44	0,3	PO ₄ ³⁻
95	Chapa de acero G	10,9	0,24	0	0,0013	0,001	G	G	1,5	1	1,50	0,3	PO ₄ ³⁻
96	Chapa de acero G	10,9	0,24	0	0,0013	0,001	G	G	7	4	1,75	1,5	PO ₄ ³⁻
97	Chapa de acero G	10,9	0,24	0	0,0013	0,001	G	G	92	49	1,88	26	PO ₄ ³⁻
98	Chapa de acero G	10,9	0,24	0	0,0013	0,001	G	G	1,3	0,05	26	0,2	PO ₄ ³⁻
99	Chapa de acero G	10,9	0,24	0	0,0013	0,001	G	G	2,2	0,13	17	0,4	PO ₄ ³⁻
100	Chapa de acero G	10,9	0,24	0	0,0013	0,001	G	G	4,9	1	4,9	1,5	PO ₄ ³⁻

Tabla 11

No.	Resistencia (MPa)	Elongación (%)	Valor r (-)	Proporción de elongación en el laminado de endurecimiento (%)	Proporción de área de la parte plana (%)	LDR	Nota
81	315	48	1,61	1	35	2,26	Ejemplo
82	315	48	1,61	1	35	2,33	Ejemplo
83	315	48	1,61	1	36	2,2	Ejemplo comparativo
84	315	48	1,61	1	36	2,23	Ejemplo
85	315	48	1,61	1	35	2,25	Ejemplo
86	315	48	1,61	0,2	8	2,19	Ejemplo comparativo
87	315	48	1,61	0,3	10	2,24	Ejemplo
88	315	48	1,61	0,6	20	2,27	Ejemplo
89	315	48	1,61	1,5	50	2,29	Ejemplo
90	315	48	1,61	2	68	2,31	Ejemplo
91	341	41	1,6	1	36	2,15	Ejemplo comparativo
92	341	41	1,6	1	35	2,3	Ejemplo

Tabla 11 (continuación)

No.	Resistencia (MPa)	Elongación (%)	Valor r (-)	Proporción de elongación en el laminado de endurecimiento (%)	Proporción de área de la parte plana (%)	LDR	Nota
93	341	41	1,6	1	35	2,28	Ejemplo
94	341	41	1,6	1	35	2,18	Ejemplo comparativo
95	341	41	1,6	1	36	2,22	Ejemplo
96	341	41	1,6	1	36	2,26	Ejemplo
97	341	41	1,6	1	37	2,34	Ejemplo
98	341	41	1,6	1	37	2,2	Ejemplo comparativo
99	341	41	1,6	1	36	2,23	Ejemplo
100	341	41	1,6	1	36	2,27	Ejemplo

Tabla 12

No.	Tipo de chapa de acero	Fe, % en la capa galvarrecocida (% en masa)	Al, % en la capa galvarrecocida (% en masa)	Intensidad de la difracción de rayos X en la capa galvarrecocida			Rugosidad superficial al de la parte rugosa	Rugosidad superficial de la parte plana	Óxido compuesto de Mn, Zn, P				
				I _h /I _{Si} (-)	I _z /I _{Si} (-)	I _Γ /I _{Si} (-)			Contenido de P (mg/m ²)	Contenido de Mn (mg/m ²)	P/Mn (-)	Espesor (nm)	Tipo de compuesto de P
101	Chapa de acero G	10,9	0,24	0	0,0013	0,001	G	G	30	23	1,30	9	PO ₄ ³⁻
102	Chapa de acero G	10,9	0,24	0	0,0013	0,001	G	G	16	13	1,23	6	PO ₄ ³⁻
103	Chapa de acero G	10,9	0,24	0	0,0013	0,001	G	G	9	9	1	3	PO ₄ ³⁻
104	Chapa de acero G	10,9	0,24	0	0,0013	0,001	G	G	27	6	4,5	8	PO ₄ ³⁻
105	Chapa de acero G	10,9	0,24	0	0,0013	0,001	G	G	19	9	2,11	5	PO ₄ ³⁻
106	Chapa de acero H	9,4	0,25	0	0,0038	0,0004	G	G	-	-	-	-	-
107	Chapa de acero H	9,4	0,25	0	0,0038	0,0004	G	G	14	10	1,4	4	PO ₄ ³⁻
108	Chapa de acero H	9,4	0,25	0	0,0038	0,0004	G	G	28	17	1,65	7	PO ₄ ³⁻
109	Chapa de acero H	9,4	0,25	0	0,0038	0,0004	G	G	0,4	0,9	0,44	0,3	PO ₄ ³⁻
110	Chapa de acero H	9,4	0,25	0	0,0038	0,0004	G	G	1,1	1,2	0,92	0,3	PO ₄ ³⁻
111	Chapa de acero H	9,4	0,25	0	0,0038	0,0004	G	G	5,3	3	1,77	1,5	PO ₄ ³⁻
112	Chapa de acero H	9,4	0,25	0	0,0038	0,0004	G	G	91	52	1,75	26	PO ₄ ³⁻
113	Chapa de acero H	9,4	0,25	0	0,0038	0,0004	G	G	0,8	0,07	11	0,2	PO ₄ ³⁻
114	Chapa de acero H	9,4	0,25	0	0,0038	0,0004	G	G	1,9	0,1	19	0,4	PO ₄ ³⁻

Tabla 12 (continuación)

No.	Tipo de chapa de acero	Fe, % en la capa galvarrecocida (% en masa)	Al, % en la capa galvarrecocida (% en masa)	Intensidad de la difracción de rayos X en la capa galvarrecocida			Rugosidad superficial de la parte rugosa	Rugosidad superficial de la parte plana	Óxido compuesto de Mn, Zn, P				
				I _η /I _{Si} (-)	I _ζ /I _{Si} (-)	I _Γ /I _{Si} (-)			Contenido de P (mg/m ²)	Contenido de Mn (mg/m ²)	P/Mn (-)	Espesor (nm)	Tipo de compuesto de P
115	Chapa de acero H	9,4	0,25	0	0,0038	0,0004	G	G	4,8	1	4,8	1,5	PO ₄ ³⁻
116	Chapa de acero H	9,4	0,25	0	0,0038	0,0004	G	G	33	22	1,50	9	PO ₄ ³⁻
117	Chapa de acero H	9,4	0,25	0	0,0038	0,0004	G	G	15	15	1	6	PO ₄ ³⁻
118	Chapa de acero H	9,4	0,25	0	0,0038	0,0004	G	G	10	8	1,25	3	PO ₄ ³⁻
119	Chapa de acero H	9,4	0,25	0	0,0038	0,0004	G	G	27	6	4,5	8	PO ₄ ³⁻
120	Chapa de acero H	9,4	0,25	0	0,0038	0,0004	G	G	17	10	1,7	5	PO ₄ ³⁻

Tabla 13

No.	Resistencia (MPa)	Elongación (%)	Valor r (-)	Proporción de elongación en el laminado de endurecimiento (%)	Proporción de área de la parte plana (%)	LDR	Nota
101	341	41	1,6	0,2	7	2,19	Ejemplo comparativo
102	341	41	1,6	0,3	13	2,23	Ejemplo
103	341	41	1,6	0,6	23	2,27	Ejemplo
104	341	41	1,6	1,5	47	2,29	Ejemplo
105	341	41	1,6	2	67	2,3	Ejemplo
106	341	41	1,6	1	36	2,14	Ejemplo comparativo
107	341	41	1,6	1	36	2,29	Ejemplo
108	341	41	1,6	1	35	2,27	Ejemplo
109	341	41	1,6	1	35	2,17	Ejemplo comparativo
110	341	41	1,6	1	35	2,23	Ejemplo
111	341	41	1,6	1	36	2,26	Ejemplo
112	341	41	1,6	1	36	2,33	Ejemplo
113	341	41	1,6	1	36	2,21	Ejemplo comparativo
114	341	41	1,6	1	36	2,24	Ejemplo
115	341	41	1,6	1	37	2,25	Ejemplo
116	341	41	1,6	0,2	8	2,19	Ejemplo comparativo
117	341	41	1,6	0,3	14	2,23	Ejemplo
118	341	41	1,6	0,6	21	2,27	Ejemplo
119	341	41	1,6	1,5	49	2,3	Ejemplo
120	341	41	1,6	2	68	2,32	Ejemplo

Tabla 14

No.	Tipo de chapa de acero	Fe, % en la capa galvarrecocida (% en masa)	Al, % en la capa galvarrecocida (% en masa)	Intensidad de la difracción de rayos X en la capa galvarrecocida			Rugosidad superficial de la parte rugosa	Rugosidad superficial de la parte plana	Óxido compuesto de Mn, Zn, P				
				I _η /I _{Si} (-)	I _Z /I _{Si} (-)	I _Γ /I _{Si} (-)			Contenido de P (mg/m ²)	Contenido de Mn (mg/m ²)	P/Mn (-)	Espesor (nm)	Tipo de compuesto de P
121	Chapa de acero I	11,5	0,24	0	0,0008	0,0016	G	G	-	-	-	-	-
122	Chapa de acero I	11,5	0,24	0	0,0008	0,0016	G	G	15	9	1,67	4	PO ₄ ³⁻
123	Chapa de acero I	11,5	0,24	0	0,0008	0,0016	G	G	22	16	1,38	7	PO ₄ ³⁻
124	Chapa de acero I	11,5	0,24	0	0,0008	0,0016	G	G	0,5	1,1	0,45	0,3	PO ₄ ³⁻
125	Chapa de acero I	11,5	0,24	0	0,0008	0,0016	G	G	1	0,8	1,25	0,3	PO ₄ ³⁻
126	Chapa de acero I	11,5	0,24	0	0,0008	0,0016	G	G	5,2	2,9	1,79	1,5	PO ₄ ³⁻
127	Chapa de acero I	11,5	0,24	0	0,0008	0,0016	G	G	94	49	1,92	26	PO ₄ ³⁻
128	Chapa de acero I	11,5	0,24	0	0,0008	0,0016	G	G	1	0,05	20	0,2	PO ₄ ³⁻
129	Chapa de acero I	11,5	0,24	0	0,0008	0,0016	G	G	2,2	0,1	22	0,4	PO ₄ ³⁻
130	Chapa de acero I	11,5	0,24	0	0,0008	0,0016	G	G	5	1,3	3,8	1,5	PO ₄ ³⁻
131	Chapa de acero I	11,5	0,24	0	0,0008	0,0016	G	G	33	22	1,50	9	PO ₄ ³⁻
132	Chapa de acero I	11,5	0,24	0	0,0008	0,0016	G	G	16	14	1,14	6	PO ₄ ³⁻
133	Chapa de acero I	11,5	0,24	0	0,0008	0,0016	G	G	10	8	1,25	3	PO ₄ ³⁻
134	Chapa de acero I	11,5	0,24	0	0,0008	0,0016	G	G	27	6	4,5	8	PO ₄ ³⁻
135	Chapa de acero I	11,5	0,24	0	0,0008	0,0016	G	G	19	9	2,11	5	PO ₄ ³⁻

Tabla 15

No.	Resistencia (MPa)	Elongación (%)	Valor r (-)	Proporción de elongación en el laminado de endurecimiento (%)	Proporción de área de la parte plana (%)	LDR	Nota
121	330	45	1,45	1	36	2,08	Ejemplo comparativo
122	330	45	1,45	1	36	2,25	Ejemplo
123	330	45	1,45	1	35	2,23	Ejemplo
124	330	45	1,45	1	37	2,13	Ejemplo comparativo
125	330	45	1,45	1	35	2,18	Ejemplo
126	330	45	1,45	1	36	2,21	Ejemplo
127	330	45	1,45	1	37	2,28	Ejemplo
128	330	45	1,45	1	36	2,16	Ejemplo comparativo

Tabla 15 (continuación)

No.	Resistencia (MPa)	Elongación (%)	Valor r (-)	Proporción de elongación en el laminado de endurecimiento (%)	Proporción de área de la parte plana (%)	LDR	Nota
129	330	45	1,45	1	36	2,19	Ejemplo
130	330	45	1,45	1	36	2,22	Ejemplo
131	330	45	1,45	0,2	8	2,15	Ejemplo comparativo
132	330	45	1,45	0,3	12	2,19	Ejemplo
133	330	45	1,45	0,6	20	2,22	Ejemplo
134	330	45	1,45	1,5	51	2,23	Ejemplo
135	330	45	1,45	2	70	2,25	Ejemplo

Ejemplo 2

- 5 Se calentó a 1150°C una chapa gruesa de acero que tenía la composición del símbolo C de la Tabla 1 y se sometió a laminación en caliente a una temperatura de acabado de 910 a 930°C para producir una banda de acero laminado en caliente de 4 mm, y la banda de acero laminada en caliente se enrolló a 680 a 720°C. Después de realizar un lavado con ácido, se realizó un laminado en frío sobre la banda de acero laminada en caliente para producir una
- 10 banda de acero laminada en frío de 0,8 mm. Además, utilizando un equipo continuo de galvanizado por inmersión en caliente en un sistema de recocido en línea se realizaron el recocido, el galvanizado y la aleación en la banda de acero laminado en frío, produciendo así una chapa de acero galvarrecocido. En el procedimiento de galvarrecocido, la atmósfera de recocido fue un gas mixto de 5% en volumen de hidrógeno y 95% en volumen de nitrógeno, la temperatura de recocido fue de 800 a 840°C, y el tiempo de recocido fue de 90 segundos. Como baño de
- 15 galvanización por inmersión en caliente, se utilizó un baño de galvanización por inmersión en caliente con una concentración efectiva de Al de 0,105%, y la cantidad de zinc se controló en 50 g/m² utilizando un limpiador de gases. Durante el calentamiento en el aleado, para realizar la aleación a 440 a 550°C se usó el equipo de calefacción en un sistema de calentamiento por inducción. En el laminado de endurecimiento, se utilizó el rodillo brillante con un diámetro de rodillo de trabajo de 480 mm. Además, se realizó un laminado de endurecimiento en cada chapa de acero galvarrecocido para lograr las relaciones de elongación que se muestran en la Tabla 17.
- 20 Además, a las chapas de acero galvarrecocido se aplicaron líquidos de tratamiento en los que la concentración de permanganato de potasio y la concentración de al menos uno de ácido fosfórico, ácido fosforoso y ácido hipofosforoso fueron diferentes, para dejar que la capa galvarrecocida en la superficie galvarrecocida reaccionara con los líquidos de tratamiento, produciendo así capas de óxido compuesto de Mn, Zn y P. La cantidad recubierta del líquido de tratamiento se controló cambiando la cantidad de líquido de tratamiento aplicado.
- 25 La concentración de Fe, Fe %, y la concentración de Al, Al %, en la capa galvarrecocida, el contenido de P y el contenido de Mn en la capa de óxido compuesto de Mn, Zn y P, y el espesor de la capa de óxido compuesto de Mn, Zn y P se midieron utilizando los mismos métodos que en el Ejemplo 1.

- 30 Con respecto a los tipos de compuestos de P en la capa de óxido compuesto de Mn, Zn y P, se confirmó la existencia de PO₄³⁻ utilizando un método de azul de fósforo y molibdeno. Cuando no se confirmó PO₄³⁻ por el método del azul de fósforo y molibdeno, se confirmó la existencia de un oxoácido de fósforo utilizando TOF-SIMS (Espectrometría de masas de iones secundarios con tiempo de vuelo). Con respecto a los tipos de compuestos P, cuando se confirmó PO₄³⁻ utilizando el método del azul de fósforo y molibdeno, los compuestos P se determinaron como PO₄³⁻. Además, cuando en lugar de PO₄³⁻ se confirmó un oxoácido de fósforo, los compuestos P se determinaron como PO₃²⁻ y PO₂⁻.

- 35 Las relaciones de intensidades de difracción de rayos X (I_η/I_{Si}, I_ζ/I_{Si} e I_Γ/I_{Si}) de las fases se midieron mediante los mismos métodos que en el ejemplo 1.

Además, como índices de conformabilidad, se midieron la resistencia, elongación y valor r de Lankford (como el valor r, se usó el promedio del valor r de 0°, el valor r de 45° y el valor r de 90°) utilizando los mismos métodos que en el ejemplo 1.

- 40 La proporción de área de la parte plana en la superficie galvarrecocida, la rugosidad de la superficie Ra de la parte plana y la rugosidad de la superficie Ra de la parte rugosa se midieron utilizando los mismos métodos que en el ejemplo 1. El método de evaluación de la rugosidad de la superficie fue el mismo que en ejemplo 1.

De la misma manera, se evaluó la capacidad de embutición profunda en las mismas condiciones que en el ejemplo 1.

Los resultados se muestran en las Tablas 16 y 17. En el ejemplo comparativo No. 201, no se formó una película de

una capa de óxido compuesto sobre la superficie de la capa galvarrecocida, por lo que no se cumplió con la fórmula (1). En el ejemplo comparativo No. 204, el contenido de P en la capa de óxido compuesto fue inferior a 1 mg/m² o superior a 100 mg/m², por lo que no se satisfizo la fórmula (1). En el Ejemplo comparativo No. 208, el contenido de Mn en la capa de óxido compuesto fue inferior a 0,1 mg/m² o superior a 100 mg/m², por lo que no se satisfizo la fórmula (1). En el ejemplo comparativo No. 211, la proporción de área de la parte plana fue inferior al 10% o superior al 70%, por lo que no se cumplió con la fórmula (1).

En los ejemplos que excluyen los números mencionados anteriormente (ejemplos comparativos), se usaron chapas de acero galvarrecocido con capas galvarrecocidas que tenían suficientes proporciones de área de partes planas y capas de óxido compuesto que tenían suficientes contenidos de Mn y contenidos de P. En consecuencia, las chapas de acero galvarrecocido de acuerdo con los ejemplos cumplieron con la fórmula (1) y tuvieron una excelente capacidad de embutición profunda.

Tabla 16

N°	Fe, % en capa galvarrecocida (% en masa)	Al, % en la capa galvarrecocida (% en masa)	Intensidad de difracción de rayos X en capa galvarrecocida			Rugosidad superficial de la parte rugosa	Rugosidad superficial de la parte plana	Concentración del líquido de tratamiento			Óxido compuesto de Mn, Zn, P				
			I _η /I _{Si} (-)	I _ζ /I _{Si} (-)	I _Γ /I _{Si} (-)			KMnO ₄ (g/l)	H ₃ PO ₄ (g/l)	H ₂ PO ₃ (g/l)	Contenido de P (mg/m ²)	Contenido de Mn (mg/m ²)	P/Mn (-)	Espe-sor (nm)	Tipo de compuesto de P
201	10,6	0,25	0	0,0015	0,0005	G	G	-	-	-	-	-	-	-	-
202	10,6	0,25	0	0,0015	0,0005	G	G	14	6	-	14	10	1,4	4	PO ₄ ³⁻
203	10,6	0,25	0	0,0015	0,0005	G	G	12	-	6	25	17	1,47	7	PO ₃ ²⁻ , PO ₂ ⁻
204	10,6	0,25	0	0,0015	0,0005	G	G	6	-	10	0,6	1	0,60	0,3	PO ₃ ²⁻ , PO ₂ ⁻
205	10,6	0,25	0	0,0015	0,0005	G	G	10	-	10	1,1	1	1,10	0,3	PO ₃ ²⁻ , PO ₂ ⁻
206	10,6	0,25	0	0,0015	0,0005	G	G	12	-	6	5	3,2	1,56	1,5	PO ₃ ²⁻ , PO ₂ ⁻
207	10,6	0,25	0	0,0015	0,0005	G	G	30	-	15	85	50	1,70	26	PO ₃ ²⁻ , PO ₂ ⁻
208	10,6	0,25	0	0,0015	0,0005	G	G	12	-	6	1	0,05	20	0,2	PO ₃ ²⁻ , PO ₂ ⁻
209	10,6	0,25	0	0,0015	0,0005	G	G	12	-	6	1,9	0,1	19	0,4	PO ₃ ²⁻ , PO ₂ ⁻
210	10,6	0,25	0	0,0015	0,0005	G	G	12	-	3	5	1	5	1,5	PO ₃ ²⁻ , PO ₂ ⁻
211	10,6	0,25	0	0,0015	0,0005	G	G	15	-	10	32	23	1,39	9	PO ₃ ²⁻ , PO ₂ ⁻
212	10,6	0,25	0	0,0015	0,0005	G	G	15	-	10	16	15	1,07	6	PO ₃ ²⁻ , PO ₂ ⁻
213	10,6	0,25	0	0,0015	0,0005	G	G	15	-	10	10	8	1,25	3	PO ₃ ²⁻ , PO ₂ ⁻
214	10,6	0,25	0	0,0015	0,0005	G	G	15	-	10	27	6	4,5	8	PO ₃ ²⁻ , PO ₂ ⁻
215	10,6	0,25	0	0,0015	0,0005	G	G	15	-	10	17	9	1,89	5	PO ₃ ²⁻ , PO ₂ ⁻

Tabla 17

No,	Resistencia (MPa)	Elongación (%)	Valor r (-)	Proporción de elongación en el laminado de endurecimiento (%)	Proporción de área de la parte plana (%)	LDR	Nota
201	282	52	2,05	1	37	2,29	Ejemplo comparativo
202	282	52	2,05	1	36	2,44	Ejemplo
203	282	52	2,05	1	37	2,4	Ejemplo
204	282	52	2,05	1	37	2,3	Ejemplo comparativo
205	282	52	2,05	1	36	2,36	Ejemplo
206	282	52	2,05	1	36	2,39	Ejemplo
207	282	52	2,05	1	35	2,45	Ejemplo
208	282	52	2,05	1	35	2,33	Ejemplo comparativo
209	282	52	2,05	1	36	2,36	Ejemplo
210	282	52	2,05	1	36	2,39	Ejemplo
211	282	52	2,05	0,2	8	2,32	Ejemplo comparativo
212	282	52	2,05	0,3	10	2,36	Ejemplo
213	282	52	2,05	0,6	20	2,41	Ejemplo
214	282	52	2,05	1,5	55	2,42	Ejemplo
215	282	52	2,05	2	70	2,43	Ejemplo

Ejemplo 3

- 5 Se calentó a 1150°C una chapa gruesa de acero que tenía la composición del símbolo D de la Tabla 1 y se sometió a laminación en caliente a una temperatura de acabado de 910 a 930°C para producir una banda de acero laminado en caliente de 4 mm, y la banda de acero laminada en caliente se enrolló a 680 a 720°C. Después de realizar un lavado con ácido, se realizó un laminado en frío sobre la banda de acero laminada en caliente para producir una banda de acero laminada en frío de 0,8 mm. Además, utilizando un equipo continuo de galvanizado por inmersión en caliente en un sistema de recocido en línea se realizaron el recocido, el galvanizado y la aleación en la banda de
- 10 acero laminado en frío, produciendo así una chapa de acero galvarrecocido. En el procedimiento de galvarrecocido, la atmósfera de recocido fue un gas mixto de 5% en volumen de hidrógeno y 95% en volumen de nitrógeno, la temperatura de recocido fue de 800 a 840°C, y el tiempo de recocido fue de 90 segundos. Como baño de galvanización por inmersión en caliente, se utilizó un baño de galvanización por inmersión en caliente con una concentración efectiva de Al de 0,105%, y la cantidad de zinc se controló en 50 g/m² utilizando un limpiador de gases. Durante el calentamiento en el aleado, para realizar la aleación a 440 a 600°C se usó el equipo de calefacción en un sistema de calentamiento por inducción. En el laminado de endurecimiento, se utilizó el rodillo brillante con un diámetro de rodillo de trabajo de 480 mm o un rodillo embotado con irregularidades sobre la superficie. Además, se realizó un laminado de endurecimiento en cada chapa de acero galvarrecocido para lograr relaciones de elongación de 0,8% a 1,2%.
- 15
- 20 Además, a las chapas de acero galvarrecocido se aplicaron líquidos de tratamiento en los que la concentración de permanganato de potasio y la concentración de ácido fosfórico fueron diferentes, para dejar que la capa galvarrecocida en la superficie galvarrecocida reaccionara con los líquidos de tratamiento, produciendo así capas de óxido compuesto de Mn, Zn y P. La cantidad recubierta del líquido de tratamiento se controló cambiando la cantidad de líquido de tratamiento aplicado.
- 25 La concentración de Fe, Fe %, y la concentración de Al, Al %, en la capa galvarrecocida, el contenido de P y el contenido de Mn en la capa de óxido compuesto de Mn, Zn y P, y el espesor de la capa de óxido compuesto de Mn, Zn y P se midieron utilizando los mismos métodos que en el ejemplo 1.
- Con respecto a los tipos de compuestos de P en la capa de óxido compuesto de Mn, Zn y P, se confirmó la existencia de PO₄³⁻ utilizando un método de azul de fósforo y molibdeno.
- 30 Las relaciones de intensidades de difracción de rayos X (I_η/I_{Si}, I_ζ/I_{Si} e I_Γ/I_{Si}) de las fases se midieron mediante los mismos métodos que en el ejemplo 1.
- Además, como índices de conformabilidad, se midieron la resistencia, la elongación y el valor r de Lankford (como el valor r, se usó el promedio del valor r de 0°, el valor r de 45° y el valor r de 90°) utilizando los mismos métodos que en el ejemplo 1.

La proporción de área de la parte plana en la superficie galvarrecocida, la rugosidad de la superficie Ra de la parte plana y la rugosidad de la superficie Ra de la parte rugosa se midieron utilizando los mismos métodos que en el ejemplo 1. El método de evaluación de la rugosidad de la superficie fue el mismo que en ejemplo 1.

5 La capacidad de embutición profunda se evaluó midiendo la relación de estirado limitante (LDR) R usando el mismo ensayo TZP que en el ejemplo 1.

Con respecto a la adherencia, se realizaron un ensayo de embutición de la chapa y un ensayo de embutición de bola para evaluar la resistencia a la descamación y la resistencia a la pulverización.

Las condiciones de ensayo se muestran a continuación.

El ensayo de embutición de la chapa se realizó en las siguientes condiciones:

10 Anchura de embutición de la muestra: 30 mm

Matriz: chapa plana

Carga de prensado: 8830 N

Velocidad de embutición: 200 mm/min

Aplicación de aceite: aplicación de aceite resistente a la herrumbre

15 El ensayo de embutición de bola se realizó en las siguientes condiciones:

Anchura de embutición de la muestra: 30 mm

Matriz: una matriz con forma convexa de una bola angular (porción sobresaliente de 4×4 mm) de un radio de hombro de R1 mm y una matriz cóncava de un radio de hombro de R1 mm

Carga de prensado: 11800 N

20 Velocidad de embutición: 200 mm/min

Aplicación de aceite: aplicación de aceite resistente a la herrumbre.

25 Con respecto a la resistencia a la descamación, la evaluación se realizó de la siguiente manera. Es decir, cuando se realizó la embutición a un coeficiente de fricción igual o inferior a 0,15 mediante el ensayo de embutición de la chapa, la resistencia a la descamación se evaluó como excelente. Además, cuando el valor medido de la carga de embutición aumentó los bordes dentados y, por lo tanto, no se pudo medir el coeficiente de fricción, la resistencia a la descamación se evaluó como mala. En los casos distintos a los casos anteriores, la resistencia a la descamación se evaluó como buena.

30 Además, con respecto a la resistencia a la pulverización, la evaluación se realizó de la siguiente manera. Es decir, se unió una cinta adhesiva (cinta de celofán) a una muestra sometida al ensayo de embutición con bola, se desprendió, y se observó a simple vista la cantidad de exfoliación de la capa galvarrecocida adherida a la cinta adhesiva. Cuando la capa galvarrecocida no se exfolió en absoluto, la resistencia a la pulverización se evaluó como excelente. Cuando una cantidad significativa de la capa galvarrecocida fue exfoliada, la resistencia a la pulverización se evaluó como mala. En los casos distintos a los casos anteriores, la resistencia a la pulverización se evaluó como buena.

35 Los resultados se muestran en las Tablas 18 y 19. En el ejemplo No. 306, la rugosidad de la superficie de la porción rugosa fue inferior a 0,5 μm . En el ejemplo comparativo No. 309, la concentración de Fe, Fe %, en la capa galvarrecocida fue superior al 12%, por lo que la adhesión de la capa galvarrecocida fue mala.

40 En los ejemplos, excluyendo los números mencionados anteriormente (números 306 y 309), la capa galvarrecocida se aleó adecuadamente. Por consiguiente, las chapas de acero galvarrecocido en estos ejemplos cumplieron con la fórmula (1) y, por lo tanto, mostraron una excelente capacidad de embutición profunda y una excelente adherencia al enchapado. Además, en los ejemplos, la resistencia a la descamación fue excelente en comparación con el ejemplo No. 306.

Tabla 18

No.	Fe, % en la capa galvarrecocida (% en masa)	Al, % en la capa galvarrecocida (% en masa)	Intensidad de difracción de rayos X en capa galvarrecocida			Rugosidad superficial de la parte rugosa	Rugosidad superficial de la parte plana	Óxido compuesto de Mn, Zn, P				
			I _η /I _{Si} (-)	I _ζ /I _{Si} (-)	I _Γ /I _{Si} (-)			Contenido de P (mg/m ²)	Contenido de Mn (mg/m ²)	P/Mn (-)	Espesor (nm)	Tipo de compuesto de P
301	10,4	0,25	0	0,0015	0,0005	2,3	0,05	25	16	1,56	7	PO ₄ ³⁻
302	10,4	0,25	0	0,0015	0,0005	2,2	0,07	27	9	3	7	PO ₄ ³⁻
303	10,4	0,25	0	0,0015	0,0005	2,3	0,1	22	10	2,2	6	PO ₄ ³⁻
304	10,4	0,25	0	0,0015	0,0005	2,4	0,2	25	10	2,5	7	PO ₄ ³⁻
305	10,4	0,25	0	0,0015	0,0005	2,2	0,3	28	9	3,11	7	PO ₄ ³⁻
306	7,6	0,23	0,001	0,014	0	0,4	0,07	26	9	2,89	7	PO ₄ ³⁻
307	9,5	0,24	0	0,0025	0,0004	1,3	0,06	22	9	2,44	6	PO ₄ ³⁻
308	11,1	0,25	0	0,001	0,0014	4,7	0,08	26	9	2,89	7	PO ₄ ³⁻
309	19	0,25	0	0	0,015	12	0,05	27	10	2,7	7	PO ₄ ³⁻

Tabla 19

No.	Resistencia (MPa)	Elongación (%)	valor r (-)	Proporción de área de la parte plana (%)	LDR	Adhesión		Nota
						Resistencia a la descamación	Resistencia a la pulverización	
301	295	51	1,98	34	2,42	Excelente	Excelente	Ejemplo
302	295	51	1,98	36	2,42	Excelente	Excelente	Ejemplo
303	295	51	1,98	38	2,42	Excelente	Excelente	Ejemplo
304	295	51	1,98	35	2,41	Excelente	Excelente	Ejemplo
305	295	51	1,98	37	2,4	Excelente	Excelente	Ejemplo
306	295	52	2,05	67	1,86	Buena	Excelente	Ejemplo
307	295	51	1,98	35	2,42	Excelente	Excelente	Ejemplo
308	295	51	1,98	40	2,43	Excelente	Excelente	Ejemplo
309	295	51	1,98	39	2,4	Excelente	Mala	Ejemplo comparativo

* Ejemplo comparativo

5 Ejemplo 4

Se calentó a 1150°C una chapa gruesa de acero que tenía la composición del símbolo D de la Tabla 1 y se sometió a laminación en caliente a una temperatura de acabado de 910 a 930°C para producir una banda de acero laminado en caliente de 4 mm, y la banda de acero laminada en caliente se enrolló a 680 a 720°C. Después de realizar un lavado con ácido, se realizó un laminado en frío sobre la banda de acero laminada en caliente para producir una banda de acero laminada en frío de 0,8 mm. Además, utilizando un equipo continuo de galvanizado por inmersión en caliente en un sistema de recocido en línea se realizaron el recocido, el galvanizado y la aleación en la banda de acero laminado en frío, produciendo así una chapa de acero galvarrecocido. En el procedimiento de galvarrecocido, la atmósfera de recocido fue un gas mixto de 5% en volumen de hidrógeno y 95% en volumen de nitrógeno, la temperatura de recocido fue de 800 a 840°C, y el tiempo de recocido fue de 90 segundos. Como baño de galvanización por inmersión en caliente, se utilizó un baño de galvanización por inmersión en caliente con una concentración efectiva de Al de 0,105%, y la cantidad de zinc se controló en 50 g/m² utilizando un limpiador de gases. Durante el calentamiento en el aleado, para realizar la aleación a 420 a 600°C se usó el equipo de calefacción en un sistema de calentamiento por inducción. Además, como ejemplos comparativos se produjeron chapas de acero galvarrecocido que no se sometieron a aleación, aunque se sometieron a galvanización por inmersión en caliente.

En el laminado de endurecimiento, se utilizó el rodillo brillante con un diámetro de rodillo de trabajo de 480 mm. Además, se realizó un laminado de endurecimiento en cada chapa de acero galvarrecocido para lograr relaciones de

elongación de 0,8 a 1,2%.

Además, a las chapas de acero galvarrecocido se aplicaron líquidos de tratamiento en los que la concentración de permanganato de potasio y la concentración de ácido fosfórico fueron diferentes, para dejar que la capa galvarrecocida en la superficie galvarrecocida reaccionara con los líquidos de tratamiento, produciendo así capas de óxido compuesto de Mn, Zn y P. La cantidad recubierta del líquido de tratamiento se controló cambiando la cantidad de líquido de tratamiento aplicado.

La concentración de Fe, Fe %, y la concentración de Al, Al %, en la capa galvarrecocida, el contenido de P y el contenido de Mn en la capa de óxido compuesto de Mn, Zn y P, y el espesor de la capa de óxido compuesto de Mn, Zn y P se midieron utilizando los mismos métodos que en el ejemplo 1.

Con respecto a los tipos de compuestos de P en la capa de óxido compuesto de Mn, Zn y P, se confirmó la existencia de PO_4^{3-} utilizando un método de azul de fósforo y molibdeno.

Las relaciones de intensidades de difracción de rayos X (I_{η}/I_{Si} , I_{ζ}/I_{Si} e I_{Γ}/I_{Si}) de las fases se midieron mediante los mismos métodos que en el Ejemplo 1.

Además, como índices de conformabilidad, se midieron la resistencia, la elongación y el valor r de Lankford (como el valor r, se usó el promedio del valor r de 0°, el valor r de 45° y el valor r de 90°) utilizando los mismos métodos que en el Ejemplo 1.

La proporción de área de la parte plana en la superficie galvarrecocida, la rugosidad de la superficie Ra de la parte plana y la rugosidad de la superficie Ra de la parte rugosa se midieron utilizando los mismos métodos que en el Ejemplo 1. El método de evaluación de la rugosidad de la superficie fue el mismo que en Ejemplo 1.

En la presente memoria, con respecto a las chapas de acero galvanizadas que son ejemplos comparativos, no se midieron las rugosidades de la superficie puesto que no se produjo la irregularidad (superficie rugosa) formada debido a la aleación (no existían partes rugosas).

La capacidad de embutición profunda se evaluó midiendo la relación de estirado limitante (LDR) R usando el mismo ensayo TZP que en el ejemplo 1.

Además, la adhesión, la resistencia a la descamación y la resistencia a la pulverización se evaluaron utilizando los mismos métodos que en el ejemplo 3.

Los resultados se muestran en las Tablas 20 y 21. En el ejemplo comparativo No. 405, la concentración de Fe, Fe %, en la capa galvarrecocida fue superior al 12% e I_{Γ}/I_{Si} fue mayor que 0,004, por lo que la adhesión de la capa galvarrecocida fue mala. Además, en la chapa de acero galvanizada de No. 406 (ejemplo comparativo), no se confirmaron una parte plana y una parte rugosa, y como I_{η}/I_{Si} fue superior a 0,0006, la adhesión de la capa galvarrecocida fue mala.

En los ejemplos que excluyen los números mencionados anteriormente (ejemplos comparativos), la capa galvarrecocida fue adecuadamente aleada. En consecuencia, las chapas de acero galvarrecocido en estos ejemplos cumplieron con la fórmula (1) y, por lo tanto, exhibían excelente capacidad de embutición profunda y adhesión al enchapado.

Tabla 20

No.	Fe, % en la capa galvarrecocida (% en masa)	Al, % en la capa galvarrecocida (% en masa)	Intensidad de difracción de rayos X en capa galvarrecocida			Rugosidad superficial de la parte rugosa	Rugosidad superficial de la parte plana	Óxido compuesto de Mn, Zn, P				
			I_{η}/I_{Si} (-)	I_{ζ}/I_{Si} (-)	I_{Γ}/I_{Si} (-)			Contenido de P (mg/m ²)	Contenido de Mn (mg/m ²)	P/Mn (-)	Espesor (nm)	Tipo de compuesto de P
401	10,4	0,25	0	0,0015	0,0005	G	G	25	16	1,56	7	PO_4^{3-}
402	9,5	0,24	0	0,0025	0,0004	G	G	25	8	3,13	6	PO_4^{3-}
403	11,1	0,25	0	0,001	0,0014	G	G	27	9	3	7	PO_4^{3-}
404	12	0,25	0	0,001	0,004	G	G	28	11	2,55	9	PO_4^{3-}
405	15	0,25	0	0	0,005	G	G	27	8	3,38	7	PO_4^{3-}
406	0,5	0,24	0,025	0	0	G	G	24	8	3	6	PO_4^{3-}

Tabla 21

No.	Resistencia (MPa)	Elongación (%)	valor r (-)	Proporción de área de la parte plana (%)	LDR	Adhesión		Nota
						Resistencia a la descamación	Resistencia a la pulverización	
401	295	51	1,98	38	2,42	Excelente	Excelente	Ejemplo
402	295	51	1,98	35	2,42	Excelente	Excelente	Ejemplo
403	295	51	1,98	37	2,42	Excelente	Excelente	Ejemplo
404	295	51	1,98	36	2,42	Excelente	Excelente	Ejemplo
405	295	51	1,98	36	2,42	Excelente	Mala	Ejemplo comparativo
406	295	53	2,06	-	2,42	Mala	Excelente	Ejemplo comparativo

Ejemplo 5

- 5 Se calentó a 1150°C una chapa gruesa de acero (acero de alta resistencia, acero bajo en carbono) que tenía la composición de la Tabla 1 22 y se sometió a laminación en caliente a una temperatura de acabado de 910 a 930°C para producir una banda de acero laminado en caliente de 4 mm, y la banda de acero laminada en caliente se enrolló a 500 a 600°C. Después de realizar un lavado con ácido, se realizó un laminado en frío sobre la banda de acero laminada en caliente para producir una banda de acero laminada en frío de 0,8 mm. Además, utilizando un equipo continuo de galvanizado por inmersión en caliente en un sistema de recocido en línea se realizaron el
- 10 recocido, el galvanizado y la aleación en la banda de acero laminado en frío, produciendo así una chapa de acero galvarrecocido. En el procedimiento de galvarrecocido, la atmósfera de recocido fue un gas mixto de 5% en volumen de hidrógeno y 95% en volumen de nitrógeno, la temperatura de recocido fue de 800 a 840°C, y el tiempo de recocido fue de 90 segundos. Como baño de galvanización por inmersión en caliente, se utilizó un baño de galvanización por inmersión en caliente con una concentración efectiva de Al de 0,102%, y la cantidad de zinc se controló en 50 g/m² utilizando un limpiador de gases. Durante el calentamiento en el aleado, para realizar la aleación a 440 a 550°C se usó el equipo de calefacción en un sistema de calentamiento por inducción. En el laminado de endurecimiento, se utilizó el rodillo brillante con un diámetro de rodillo de trabajo de 480 mm. Además, se realizó un laminado de endurecimiento en cada chapa de acero galvarrecocido para lograr las relaciones de elongación que se muestran en las Tablas 24 y 26.
- 20 Además, a las chapas de acero galvarrecocido se aplicaron líquidos de tratamiento en los que la concentración de permanganato de potasio y la concentración de ácido fosfórico fueron diferentes, para dejar que la capa galvarrecocida en la superficie galvarrecocida reaccionara con los líquidos de tratamiento, produciendo así capas de óxido compuesto de Mn, Zn y P. La cantidad recubierta del líquido de tratamiento se controló cambiando la cantidad de líquido de tratamiento aplicado.
- 25 La concentración de Fe, Fe %, y la concentración de Al, Al %, en la capa galvarrecocida, el contenido de P y el contenido de Mn en la capa de óxido compuesto de Mn, Zn y P, y el espesor de la capa de óxido compuesto de Mn, Zn y P se midieron utilizando los mismos métodos que en el ejemplo 1.
- Con respecto a los tipos de compuestos de P en la capa de óxido compuesto de Mn, Zn y P, se confirmó la existencia de PO₄³⁻ utilizando un método de azul de fósforo y molibdeno.
- 30 Las relaciones de intensidades de difracción de rayos X (I_h/I_{Si}, I_z/I_{Si} e I_P/I_{Si}) de las fases se midieron mediante los mismos métodos que en el ejemplo 1.
- Además, como índices de conformabilidad, se midieron la resistencia, la elongación y el valor r de Lankford (como el valor r, se usó el promedio del valor r de 0°, el valor r de 45° y el valor r de 90°) utilizando los mismos métodos que en el ejemplo 1.
- 35 La proporción de área de la parte plana en la superficie galvarrecocida, la rugosidad de la superficie Ra de la parte plana y la rugosidad de la superficie Ra de la parte rugosa se midieron utilizando los mismos métodos que en el ejemplo 1. El método de evaluación de la rugosidad de la superficie fue el mismo que en ejemplo 1.
- La capacidad de embutición profunda se evaluó midiendo la relación de estirado limitante (LDR) R usando el mismo ensayo TZP que en el ejemplo 1.
- 40 Los resultados se muestran en las Tablas 23 y 26. En los ejemplos comparativos Nos. 501, 516, 519, 522, 525 y 528, se usaron chapas de acero galvarrecocido en las que no se formaron los óxidos compuestos de Mn, Zn y P. En consecuencia, en estos ejemplos comparativos, no se cumplió con la fórmula (1). En el ejemplo comparativo No.

504, el contenido de P en la capa de óxido compuesto fue menor a 1 mg/m², por lo que no se cumplió con la fórmula (1). En el ejemplo comparativo No. 508, el contenido de Mn en la capa de óxido compuesto fue menor que 0,1 mg/m², por lo que no se cumplió con la fórmula (1). En el ejemplo comparativo No. 511, la proporción de área de la porción plana fue menor que 10%, por lo que no se cumplió con la fórmula (1).

- 5 En los ejemplos, que excluyen los números mencionados anteriormente (ejemplos comparativos), se utilizaron chapas de acero galvalumecocido con capa galvalumecocidas que tenían relaciones de área suficientes de porciones planas y capas de óxido compuesto que tenían suficiente contenido de Mn y contenido de P. Por consiguiente, las chapas de acero galvalumecocido de acuerdo con estos ejemplos cumplieron con la fórmula (1) y tuvieron una excelente capacidad de embutición profunda. En estos ejemplos, en comparación con los ejemplos comparativos en los que los óxidos compuestos de Mn, Zn y P no se aplicaron a las capas de superficie galvalumecocida, la relación de estirado limitante R se incrementó en 0,06 a 0,3. En comparación con los resultados de las Tablas 23 a 26 con referencia a la FIG. 1, el incremento en la relación de estirado limitante R corresponde al hecho de que el incremento (efecto de mejora de la capacidad de embutición profundo) en el valor r fue de 0,2 a 1,0.

Tabla 22

Símbolo	Composición química (% en masa)							Resistencia a la tracción (MPa)	Elongación (%)
	C	Si	Mn	P	S	Al	N		
J	0,07	0,43	2,18	0,011	0,002	0,035	0,0028	597	33
K	0,07	0,71	2,08	0,004	0,002	0,031	0,0030	711	29
L	0,07	1,14	1,95	0,007	0,003	0,037	0,0027	610	34
M	0,08	1,65	1,80	0,008	0,003	0,027	0,0035	620	33
N	0,18	0,94	2,77	0,018	0,004	0,037	0,0039	1120	8
O	0,08	1,83	2,35	0,004	0,005	0,063	0,0030	875	26

15

Tabla 23

No.	Tipo de chapa de acero	Fe, % en la capa galvalumecocida (% en masa)	Al, % en la capa galvalumecocida (% en masa)	Intensidad de difracción de rayos X en capa galvalumecocida			Rugosidad superficial de la parte rugosa	Rugosidad superficial de la parte plana	Óxido compuesto de Mn, Zn, P				
				In/ISI (-)	Iz/ISI (-)	If/ISI (-)			Contenido de P (mg/m ²)	Contenido de Mn (mg/m ²)	P/Mn (-)	Espesor (nm)	Tipo de compuesto de P
501	Chapa de acero J	10,7	0,25	0	0,0015	0,0005	G	G	-	-	-	-	-
502	Chapa de acero J	10,7	0,25	0	0,0015	0,0005	G	G	13	11	1,18	4	PO ₄ ³⁻
503	Chapa de acero J	10,7	0,25	0	0,0015	0,0005	G	G	24	16	1,50	7	PO ₄ ³⁻
504	Chapa de acero J	10,7	0,25	0	0,0015	0,0005	G	G	0,5	1,1	0,45	0,3	PO ₄ ³⁻
505	Chapa de acero J	10,7	0,25	0	0,0015	0,0005	G	G	1,2	1	1,20	0,3	PO ₄ ³⁻
506	Chapa de acero J	10,7	0,25	0	0,0015	0,0005	G	G	5,3	3	1,77	1,5	PO ₄ ³⁻

Tabla 23 (continuación)

No.	Tipo de chapa de acero	Fe, % en la capa galvarrecocida (% en masa)	Al, % en la capa galvarrecocida (% en masa)	Intensidad de difracción de rayos X en capa galvarrecocida			Rugosidad superficial de la parte rugosa	Rugosidad superficial de la parte plana	Óxido compuesto de Mn, Zn, P				
				In/I _{Si} (-)	I _Z /I _{Si} (-)	I _Γ /I _{Si} (-)			Contenido de P (mg/m ²)	Contenido de Mn (mg/m ²)	P/Mn (-)	Espesor (nm)	Tipo de compuesto de P
507	Chapa de acero J	10,7	0,25	0	0,0015	0,0005	G	G	88	50	1,76	26	PO ₄ ³⁻
508	Chapa de acero J	10,7	0,25	0	0,0015	0,0005	G	G	1,2	0,05	24	0,2	PO ₄ ³⁻
509	Chapa de acero J	10,7	0,25	0	0,0015	0,0005	G	G	2,1	0,1	21	0,4	PO ₄ ³⁻
510	Chapa de acero J	10,7	0,25	0	0,0015	0,0005	G	G	5	1	5	1,5	PO ₄ ³⁻
511	Chapa de acero J	10,7	0,25	0	0,0015	0,0005	G	G	33	22	1,50	9	PO ₄ ³⁻
512	Chapa de acero J	10,7	0,25	0	0,0015	0,0005	G	G	16	14	1,14	6	PO ₄ ³⁻
513	Chapa de acero J	10,7	0,25	0	0,0015	0,0005	G	G	10	9	1,11	3	PO ₄ ³⁻
514	Chapa de acero J	10,7	0,25	0	0,0015	0,0005	G	G	27	6	4,5	8	PO ₄ ³⁻
515	Chapa de acero J	10,7	0,25	0	0,0015	0,0005	G	G	17	10	1,7	5	PO ₄ ³⁻

Tabla 24

No.	Resistencia (MPa)	Elongación (%)	valor r (-)	Proporción de elongación en el laminado de endurecimiento (%)	Proporción de área de la parte plana (%)	LDR	Nota
501	597	33	0,96	1	36	1,94	Ejemplo comparativo
502	597	33	0,96	1	35	2,11	Ejemplo
503	597	33	0,96	1	36	2,09	Ejemplo
504	597	33	0,96	1	35	1,99	Ejemplo comparativo
505	597	33	0,96	1	36	2,03	Ejemplo
506	597	33	0,96	1	35	2,07	Ejemplo
507	597	33	0,96	1	36	2,13	Ejemplo
508	597	33	0,96	1	36	2	Ejemplo comparativo

ES 2 696 550 T3

Tabla 24 (continuación)

No.	Resistencia (MPa)	Elongación (%)	valor r (-)	Proporción de elongación en el laminado de endurecimiento (%)	Proporción de área de la parte plana (%)	LDR	Nota
509	597	33	0,96	1	37	2,04	Ejemplo
510	597	33	0,96	1	36	2,06	Ejemplo
511	597	33	0,96	0,2	8	1,98	Ejemplo comparativo
512	597	33	0,96	0,3	11	2,04	Ejemplo
513	597	33	0,96	0,6	20	2,07	Ejemplo
514	597	33	0,96	1,5	55	20,9	Ejemplo
515	597	33	0,96	2	70	2,1	Ejemplo

Tabla 25

No.	Tipo de chapa de acero	Fe, % en la capa galvarrecocida (% en masa)	Al, % en la capa galvarrecocida (% en masa)	Intensidad de difracción de rayos X en capa galvarrecocida			Rugosidad superficial de la parte rugosa	Rugosidad superficial de la parte plana	Óxido compuesto de Mn, Zn, P				
				In/ISI (-)	I _Z /ISI (-)	I _T /ISI (-)			Contenido de P (mg/m ²)	Contenido de Mn (mg/m ²)	P/Mn (-)	Espesor (nm)	Tipo de compuesto de P
516	Chapa de acero K	9,5	0,25	0	0,0038	0,0004	G	G	-	-	-	-	-
517	Chapa de acero K	9,5	0,25	0	0,0038	0,0004	G	G	13	11	1,18	4	PO ₄ ³⁻
518	Chapa de acero K	9,5	0,25	0	0,0038	0,0004	G	G	25	16	1,56	7	PO ₄ ³⁻
519	Chapa de acero L	11,6	0,24	0	0,0008	0,0016	G	G	-	-	-	-	-
520	Chapa de acero L	11,6	0,24	0	0,0008	0,0016	G	G	23	9	2,56	6	PO ₄ ³⁻
521	Chapa de acero L	11,6	0,24	0	0,0008	0,0016	G	G	25	17	1,47	8	PO ₄ ³⁻
522	Chapa de acero M	10,4	0,24	0	0,0019	0,0005	G	G	-	-	-	-	-
523	Chapa de acero M	10,4	0,24	0	0,0019	0,0005	G	G	23	11	2,09	7	PO ₄ ³⁻
524	Chapa de acero M	10,4	0,24	0	0,0019	0,0005	G	G	26	16	1,63	8	PO ₄ ³⁻

Tabla 25 (continuación)

No.	Tipo de chapa de acero	Fe, % en la capa galvarrecocida (% en masa)	Al, % en la capa galvarrecocida (% en masa)	Intensidad de difracción de rayos X en capa galvarrecocida			Rugosidad superficial de la parte rugosa	Rugosidad superficial de la parte plana	Óxido compuesto de Mn, Zn, P				
				I η /I α (-)	I ζ /I α (-)	I γ /I α (-)			Contenido de P (mg/m ²)	Contenido de Mn (mg/m ²)	P/Mn (-)	Espesor (nm)	Tipo de compuesto de P
525	Chapa de acero N	11,1	0,24	0	0,0013	0,001	G	G	-	-	-	-	-
526	Chapa de acero N	11,1	0,24	0	0,0013	0,001	G	G	26	11	2,36	8	PO ₄ ³⁻
527	Chapa de acero N	11,1	0,24	0	0,0013	0,001	G	G	26	15	1,73	7	PO ₄ ³⁻
528	Chapa de acero O	9,9	0,24	0	0,0025	0,0004	G	G	-	-	-	-	-
529	Chapa de acero O	9,9	0,24	0	0,0025	0,0004	G	G	21	10	2,1	6	PO ₄ ³⁻
530	Chapa de acero O	9,9	0,24	0	0,0025	0,0004	G	G	24	16	1,50	8	PO ₄ ³⁻

Tabla 26

No.	Resistencia (MPa)	Elongación (%)	valor r (-)	Proporción de elongación en el laminado de endurecimiento (%)	Proporción de área de la parte plana (%)	LDR	Nota
516	711	29	0,92	1	36	1,93	Ejemplo comparativo
517	711	29	0,92	1	37	2,08	Ejemplo
518	711	29	0,92	1	37	2,07	Ejemplo
519	610	34	0,94	1	37	1,94	Ejemplo comparativo
520	610	34	0,94	1	36	2,1	Ejemplo
521	610	34	0,94	1	36	2,08	Ejemplo
522	620	33	1,01	1	36	1,97	Ejemplo comparativo
523	620	33	1,01	1	35	2,12	Ejemplo
524	620	33	1,01	1	35	2,1	Ejemplo
525	1120	8	0,89	1	36	1,92	Ejemplo comparativo
526	1120	8	0,89	1	36	2,1	Ejemplo
527	1120	8	0,89	1	36	2,07	Ejemplo
528	875	26	0,95	1	35	1,95	Ejemplo comparativo
529	875	26	0,95	1	37	2,12	Ejemplo
530	875	26	0,95	1	36	2,09	Ejemplo

Ejemplo 6

Una chapa gruesa de acero que tiene la composición del símbolo F de la Tabla 1 se calentó a 1150°C y se sometió a laminación en caliente a una temperatura de acabado de 910 a 930°C para producir una banda de acero laminada en caliente de 4 mm, y la banda de acero laminada en caliente se enrolló a 680 a 720°C. Después de realizar un lavado con ácido, se realizó un laminado en frío sobre la banda de acero laminada en caliente para producir una banda de acero laminada en frío de 0,8 mm. Además, utilizando un equipo de galvanizado continuo por inmersión en caliente en un sistema de recocido en línea, se realizaron el recocido, el galvanizado y la aleación en la banda de acero laminado en frío, produciendo de este modo una chapa de acero galvarrecocido. En el procedimiento de galvarrecocido, la atmósfera de recocido fue un gas mixto de 5% en volumen de hidrógeno y 95% en volumen de nitrógeno, la temperatura de recocido fue de 800 a 840°C, y el tiempo de recocido fue de 90 segundos. Como baño de galvanización por inmersión en caliente, se usó un baño de galvanización por inmersión en caliente con una concentración efectiva de Al de 0,105%, y la cantidad de zinc se controló en 50 g/m² utilizando un limpiador de gas. Durante el calentamiento en el aleado, se usó el equipo de calefacción en un sistema de calentamiento por inducción para realizar la aleación de 440 a 550°C. En el laminado de endurecimiento, se utilizó un rodillo brillante que tenía un diámetro de rodillo de trabajo de 480 mm.

Además, a las chapas de acero galvarrecocido se aplicaron líquidos de tratamiento en los cuales la concentración de permanganato de potasio y la concentración de ácido fosfórico fueron diferentes, para permitir que la capa galvarrecocida sobre la superficie galvarrecocida reaccionara con los líquidos de tratamiento, produciendo de este modo capas de óxido compuesto de Mn, Zn y P. La cantidad recubierta del líquido de tratamiento se controló cambiando la cantidad de líquido de tratamiento aplicada.

La concentración de Fe, %Fe, y la concentración de Al, %Al, en la capa galvarrecocida, el contenido de P y el contenido de Mn en la capa de óxido compuesto de Mn, Zn y P, y el espesor de la capa de óxido compuesto de Mn, Zn y P se midieron usando los mismos métodos que el ejemplo 1.

Con respecto a los tipos de compuestos de P en la capa de óxido compuesto de Mn, Zn y P, la existencia de PO₄³⁻ se confirmó utilizando un método de azul de fósforo molibdeno.

Las relaciones de intensidades de difracción de rayos X (I_γ/I_{Si}, I_ζ/I_{Si} e I_Γ/I_{Si}) de las fases se midieron mediante los mismos métodos que en el ejemplo 1.

Además, como índices de conformabilidad, se midieron la resistencia, la elongación y el valor r de Lankford (como el valor r, se usó el promedio del valor r de 0°, el valor r de 45° y el valor r de 90°) utilizando los mismos métodos que en el ejemplo 1.

La proporción de área de la parte plana en la superficie galvarrecocida, la rugosidad de la superficie Ra de la parte plana y la rugosidad de la superficie Ra de la parte rugosa se midieron utilizando los mismos métodos que en el ejemplo 1. El método de evaluación de la rugosidad de la superficie fue el mismo que en ejemplo 1.

Con respecto a la conformabilidad, se realizó un ensayo de conformación de una copa cónica en las siguientes condiciones y se evaluó el intervalo de formación de BHF disponible.

Diámetro de la chapa en bruto (D₀): φ 215 mm

Tamaño de la herramienta:

Diámetro del punzón (D_o): φ 78 mm, radio del hombro del punzón r: 8 mm

Diámetro del orificio de la matriz: φ 140 mm, radio del hombro de la matriz r: 10 mm

BHF (fuerza de sujeción de la chapa en bruto): 10 a 200 kN

Altura de conformación: 45 mm

Evaluación: el intervalo de formación de BHF en el que no se producen arrugas ni fracturas.

La evaluación de las arrugas se realizó utilizando un dispositivo de medición de forma tridimensional. Se midió una pared vertical con una altura de 15 mm desde la superficie de la brida, y la generación de arrugas se evaluó como el caso en el que la diferencia entre el máximo y el mínimo de un arco aproximado fue mayor que 0,8 mm.

Los resultados se muestran en las Tablas 27 y 28. En el ejemplo comparativo No. 601, se usaron chapas de acero galvarrecocido en las cuales no se formaron óxidos compuestos de Mn, Zn y P.

En los ejemplos, excluyendo el No. 601 (ejemplo comparativo), se produjo la capa de óxidos compuestos en los cuales el contenido de Mn y el contenido de P fueron suficientes, y así se mejoró la lubricidad, de modo que se

observó un aumento en la carga límite de fractura. Además, en los números 603 a 607 en los que las capas de óxido compuesto tienen espesores de 0,1 a 10 nm, la carga límite de formación de arrugas apenas cambió y la carga límite de fractura se incrementó, de modo que se amplió el intervalo permisible de conformación.

Tabla 27

No.	Fe, % en la capa galvarrecocida (% en masa)	Al, % en la capa galvarrecocida (% en masa)	Intensidad de difracción de rayos X en capa galvarrecocida			Rugosidad superficial de la parte rugosa	Rugosidad superficial de la parte plana	Óxido compuesto de Mn, Zn, P				
			I _η /I _{Si} (-)	I _ζ /I _{Si} (-)	I _Γ /I _{Si} (-)			Contenido de P (mg/m ²)	Contenido de Mn (mg/m ²)	P/Mn (-)	Espesor (nm)	Tipo de compuesto de P
601	10,3	0,24	0	0,0019	0,0005	G	G	-	-	-	-	-
602	10,3	0,24	0	0,0019	0,0005	G	G	40	35	1,14	12	PO ₄ ³⁻
603	10,3	0,24	0	0,0019	0,0005	G	G	31	27	1,15	9	PO ₄ ³⁻
604	10,3	0,24	0	0,0019	0,0005	G	G	25	16	1,56	7	PO ₄ ³⁻
605	10,3	0,24	0	0,0019	0,0005	G	G	1	1	1,00	0,3	PO ₄ ³⁻
606	10,3	0,24	0	0,0019	0,0005	G	G	5	1	5	1,5	PO ₄ ³⁻
607	10,3	0,24	0	0,0019	0,0005	G	G	14	11	1,27	4	PO ₄ ³⁻
608	10,3	0,24	0	0,0019	0,0005	G	G	90	50	1,80	26	PO ₄ ³⁻

5

Tabla 28

No.	Resistencia (MPa)	Elongación (%)	valor r (-)	Proporción de área de la parte plana (%)	Carga límite de formación de arrugas (kN)	Carga límite de fractura (kN)	Intervalo de conformación permisible	Nota
601	315	48	1,61	36	40	100	70	Ejemplo comparativo
602	315	48	1,61	36	70	130	70	Ejemplo
603	315	48	1,61	36	50	130	90	Ejemplo
604	315	48	1,61	36	40	120	90	Ejemplo
605	315	48	1,61	36	40	110	80	Ejemplo
606	315	48	1,61	36	40	110	80	Ejemplo
607	315	48	1,61	36	40	120	90	Ejemplo
608	315	48	1,61	36	90	150	70	Ejemplo

Aplicabilidad industrial

- 10 Es posible proporcionar una chapa de acero galvarrecocido que tenga una excelente adherencia al enchapado con capacidad de embutición profunda. Aunque las realizaciones preferidas de la invención se han descrito e ilustrado anteriormente, debe entenderse que estos son ejemplos de la invención y no deben ser considerados como limitantes. Por consiguiente, no debe considerarse que la invención esté limitada por la descripción precedente, y está solamente limitada por el alcance de las reivindicaciones adjuntas.

Lista de símbolos de referencia

- 15 1 chapa de acero,
2 capa galvarrecocida,
3 parte plana,
4 parte rugosa (parte rebajada),
5 capa de óxido compuesto,
20 10 chapa de acero galvarrecocido,
23 parte sobresaliente,
24 parte rebajada.

REIVINDICACIONES

1. A chapa de acero galvarrecocido, que comprende:
una chapa de acero;
una capa galvarrecocida que se forma sobre al menos una superficie de la chapa de acero e incluye una
cantidad igual o superior a 0,05% en masa e igual o inferior a 0,5% en masa de Al, una cantidad igual o
superior a 6% en masa e igual o inferior al 12% en masa de Fe, una cantidad igual o inferior al 2% en masa
de al menos uno de Pb, Sb, Si, Sn, Mg, Mn, Ni, Cr, Co, Ca, Cu, Li, Ti, Be, Bi y elementos de tierras raras
según sea necesario, y el resto hasta 100% compuesto de Zn e impurezas inevitables; y
una capa de óxido compuesto de Mn, Zn y P que se forma en una superficie de la capa galvarrecocida,
incluye una cantidad igual o superior a 0,1 mg/m² e igual o inferior a 100 mg/m² de Mn, una cantidad igual o
superior a 1 mg/m² e igual o inferior a 100 mg/m² de P, y Zn, tiene una relación P/Mn igual o superior a 0,3
e igual o inferior a 50,
en donde la capa galvarrecocida consiste en una parte plana que tiene una proporción de área igual o
superior al 10% e igual o inferior al 70% y una parte rugosa que está en una posición más cercana a la
chapa de acero que la parte plana en una interfase de la capa galvarrecocida y la capa de óxido
compuesto,
la capa de óxido compuesto de Mn, Zn y P contiene un compuesto amorfo,
la rugosidad de la superficie Ra de la parte rugosa es igual o superior a 0,5 µm e igual o inferior a 10 µm,
la rugosidad de la superficie Ra de la parte plana es igual o mayor que 0,01 µm y menor que 0,5 µm, y
la rugosidad Ra de la superficie de la parte plana y la rugosidad Ra de la superficie de la parte rugosa se
obtienen midiendo en 10 puntos la rugosidad Ra media aritmética especificada en JIS B0601:1994 de un
intervalo de 10 µm × 10 µm utilizando un microscopio láser y promediando los valores medidos.
2. La chapa de acero galvarrecocido según la reivindicación 1, en donde el espesor de la capa de óxido
compuesto de Mn, Zn y P es igual o mayor que 0,1 nm y menor que 100 nm.
3. La chapa de acero galvarrecocido según la reivindicación 1, en donde el espesor de la capa de óxido
compuesto de Mn, Zn y P es igual o mayor que 0,1 nm y menor que 10 nm.
4. La chapa de acero galvarrecocido según la reivindicación 1 ó 2, en donde la capa de óxido compuesto de
Mn, Zn y P incluye al menos uno de los grupos ácido fosfórico, ácido fosforoso y ácido hipofosforoso.
5. La chapa de acero galvarrecocido según la reivindicación 1 ó 2,
en donde una relación I_{η}/I_{Si} de una intensidad I_{η} de difracción de rayos X de un espaciado interplanar d de
la capa galvarrecocida de 1,237 Å a una intensidad I_{Si} de difracción de rayos X de un espaciado interplanar
d de un patrón en polvo de Si de 3,13 Å es igual a o inferior a 0,0006,
una relación I_{ζ}/I_{Si} de una intensidad I_{ζ} de difracción de rayos X de un espaciado interplanar d de la capa
galvarrecocida de 1,26 Å a la intensidad I_{Si} de difracción de rayos X del espaciado interplanar d del patrón
de polvo de Si de 3,13 Å es igual o superior a 0,0005, y
una relación I_{Γ}/I_{Si} de una intensidad I_{Γ} de difracción de rayos X de un espaciado interplanar d de la capa
galvarrecocida de 1,222 Å a la intensidad I_{Si} de difracción de rayos X del espaciado interplanar d del patrón
de polvo de Si de 3,13 Å es igual o inferior a 0,004.
6. La chapa de acero galvarrecocido según la reivindicación 1 ó 2, donde la chapa de acero incluye en masa
una cantidad igual o superior a 0,0001% e igual o inferior a 0,004% de C, una cantidad igual o superior a 0,001 % e
igual o menor que 0,15% de Si, una cantidad igual o mayor que 0,01% e igual o menor que 1,0% de Mn, una
cantidad igual o mayor que 0,001% e igual o menor que 0,1% de P, una cantidad igual o menor que 0,015% de S,
una cantidad igual o mayor que 0,001% e igual o menor que 0,1% de Al, una cantidad igual o mayor que 0,002% e
igual o menor que 0,10 % de Ti, una cantidad igual o superior a 0,0005% e igual o inferior a 0,0045% de N, una
cantidad igual o superior a 0,002% e igual o inferior a 0,10% de Nb, una cantidad en masa igual o mayor que
0,0001% e igual o menor que 0,003% de B y el resto hasta 100% compuesto de Fe e impurezas inevitables.
7. La chapa de acero galvarrecocido según la reivindicación 6, en donde el valor r de la chapa de acero es
igual o superior a 1,6 e igual o inferior a 2,2.
8. La chapa de acero galvarrecocido según la reivindicación 1 ó 2, en donde la chapa de acero incluye en
masa una cantidad superior al 0,004% e igual o inferior al 0,3% de C, una cantidad igual o superior al 0,001% e igual

o menor que 2% de Si, una cantidad igual o mayor que 0,01% e igual o menor que 4,0% de Mn, una cantidad igual o mayor que 0,001% e igual o menor que 0,15% de P, una cantidad igual o menor que 0,015% de S, una cantidad igual o menor que 2% de Al, una cantidad igual o mayor que 0,0005% e igual o menor que 0,004% de N, y el resto hasta 100% compuesto de Fe e impurezas inevitables.

- 5 **9.** Un método de producción de una chapa de acero galvarrecocido según la reivindicación 1, método que comprende:

realizar una galvanización por inmersión en caliente de una chapa de acero;

- 10 formar una capa galvarrecocida que incluye una cantidad igual o superior a 0,05% e igual o inferior a 0,5% de Al y una cantidad igual o superior a 6% e igual o inferior al 12% de Fe por aleación, una cantidad igual o inferior al 2% en masa de al menos uno de Pb, Sb, Si, Sn, Mg, Mn, Ni, Cr, Co, Ca, Cu, Li, Ti, Be, Bi y elementos de tierras raras según sea necesario, y el resto hasta 100% compuesto de Zn e impurezas inevitables; y

- 15 después de realizar un laminado de endurecimiento, formando una capa de óxido compuesto de Mn, Zn y P sobre una superficie de la capa galvarrecocida controlando un líquido de tratamiento para que estén incluídas una cantidad igual o superior a 0,1 mg/m² e igual o inferior a 100 mg/m² de Mn y una cantidad igual o superior a 1 mg/m² e igual o inferior a 100 mg/m² de P y la relación P/Mn sea de 0,3 a 50,

combinar dicho líquido de tratamiento con permanganato de potasio y al menos uno de ácido fosfórico, ácido fosforoso y ácido hipofosforoso, y permitirles reaccionar con la chapa de acero galvarrecocido,

- 20 en donde el laminado de endurecimiento se realiza utilizando un rodillo que tiene un diámetro de rodillo de trabajo de 300 a 700 mm para lograr una relación de elongación igual o superior a 0,3% e igual o inferior a 2,0%, teniendo dicho rodillo una rugosidad superficial de menor tamaño que 0,5 µm.

- 10.** El método de producción de una chapa de acero galvarrecocido según la reivindicación 9, en donde el líquido de tratamiento se aplica a la superficie de la capa galvarrecocida utilizando un equipo revestidor de recubrimientos.

25

FIG. 1

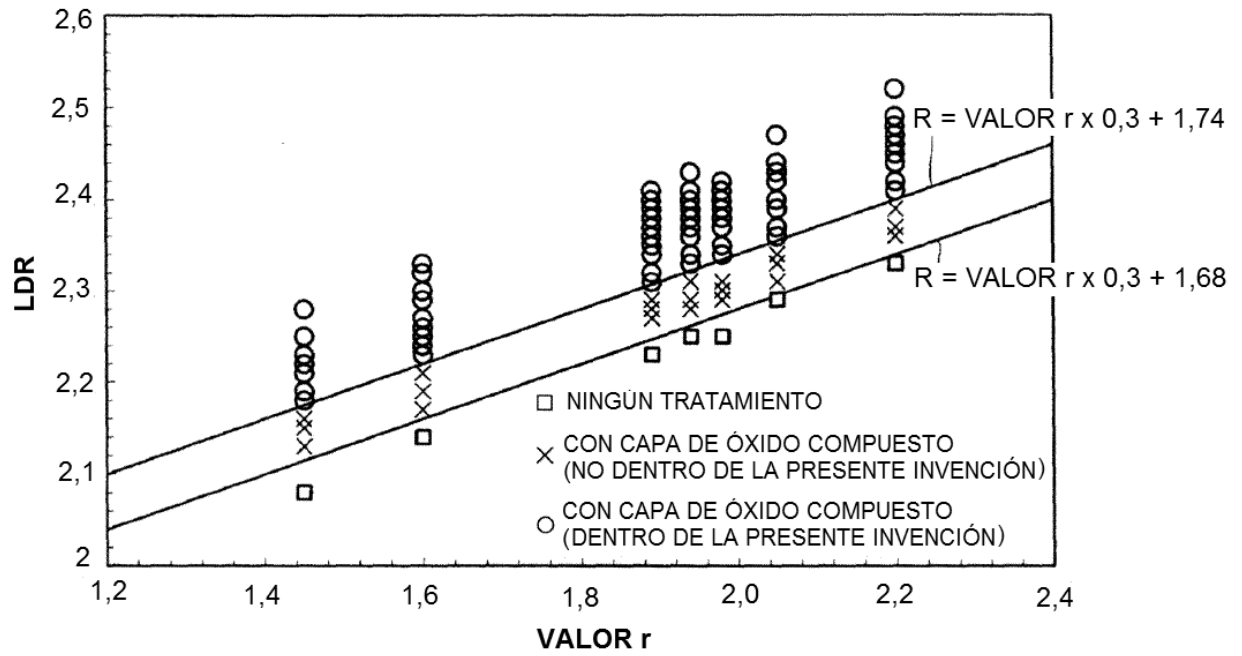


FIG. 2A

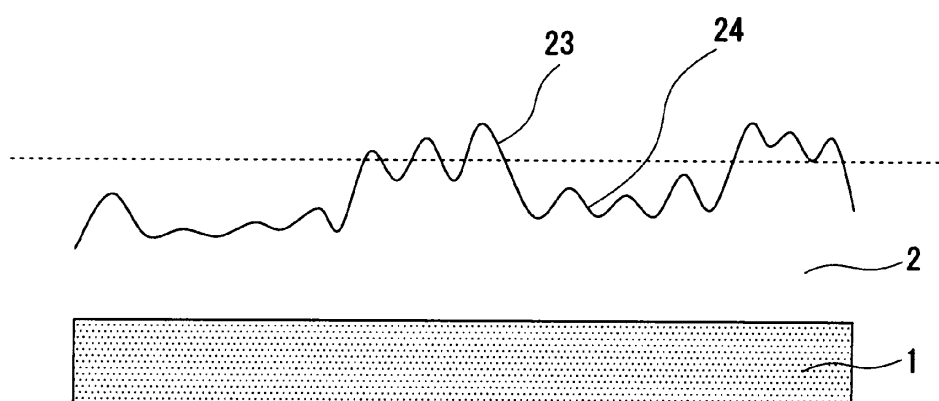


FIG. 2B

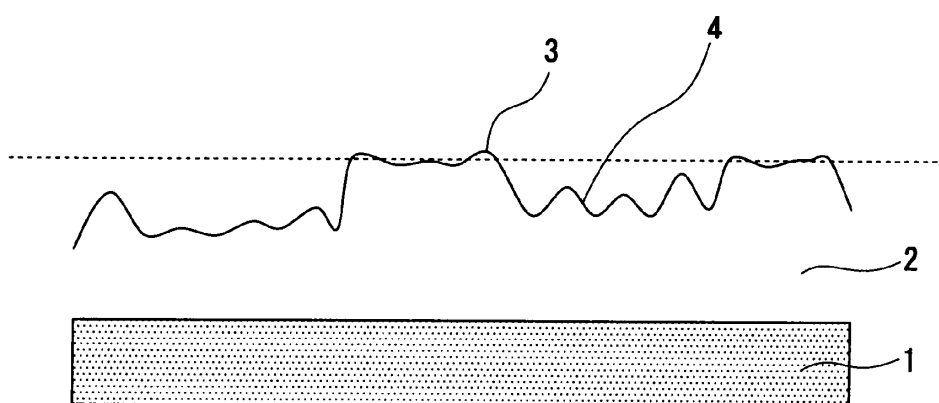


FIG. 2C

