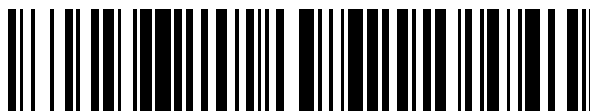


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 663 866**

51 Int. Cl.:

C22C 38/00 (2006.01)

C22C 38/06 (2006.01)

C22C 38/58 (2006.01)

C21D 9/46 (2006.01)

C23C 2/02 (2006.01)

C23C 2/06 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **28.02.2005 PCT/JP2005/003805**

87 Fecha y número de publicación internacional: **22.09.2005 WO05087965**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **28.02.2005 E 05720077 (6)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **07.02.2018 EP 1724371**

54 Título: **Placa de acero de elevada resistencia mecánica compuesta galvanizada por inmersión en zinc en caliente excelente en características de aptitud para su conformación y expansión de una perforación y método para la fabricación de la misma**

30 Prioridad:

11.03.2004 JP 2004069368

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

17.04.2018

73 Titular/es:

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

72 Inventor/es:

**TANIGUCHI, Hirokazu;
NONAKA, Toshiki;
MATSUMURA, K. y
YASUDA, Yuki**

74 Agente/Representante:

ELZABURU, S.L.P

ES 2 663 866 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

Placa de acero de elevada resistencia mecánica compuesta galvanizada por inmersión en zinc en caliente excelente en características de aptitud para su conformación y expansión de una perforación y método para la fabricación de la misma

CAMPO TÉCNICO

La presente invención se refiere a una chapa de acero de elevada resistencia mecánica compuesta galvanizada por inmersión en caliente excelente en aptitud para su conformación y en la capacidad para agrandamiento de una perforación y a un método para la fabricación de la misma.

TÉCNICA ANTECEDENTE

En los últimos años, se ha demandado de manera creciente una economía de combustible mejorada de automóviles y un peso reducido de los bastidores. Para reducir el peso, se ha hecho cada vez más creciente la necesidad de chapa de acero de elevada resistencia mecánica. Sin embargo, junto con el aumento de la resistencia mecánica, esta chapa de acero de elevada resistencia mecánica ha resultado difícil de conformar. En particular, los materiales de acero han perdido en elongación. En oposición a esto, recientemente, el acero TRIP (acero de austenita residual elevada) tanto de elevada resistencia mecánica como elongación ha llegado a ser usado para los miembros del bastidor de los automóviles.

Sin embargo, el acero TRIP convencional contiene más del 1% de Si, así ha habido problemas para que sea difícil que el recubrimiento posea un grosor uniforme y por ello el miembro al que puede ser aplicado está limitado. Además, para mantener una elevada resistencia mecánica en un acero de austenita residual, ha de añadirse una gran cantidad de C. Hubo por ello problemas en la soldadura tal como el agrietamiento de la pepita. Por esta razón, se ha propuesto chapa de acero de elevada resistencia mecánica galvanizada por inmersión en caliente con cantidad de Si reducida en la Patente de Japón N° 2962038 y en la Publicación (A) de Patente Japonesa N° 2000-345288. Sin embargo, con esta técnica, aunque puede esperarse una mejora en la formación de recubrimiento y en la ductilidad, no pueden esperarse mejoras en la soldabilidad antes mencionada. Además, con el acero TRIP de $TS \geq 980$ MPa, el límite elástico resulta extremadamente elevado, de modo que existía el problema del deterioro de la capacidad de congelación de forma en el momento de prensar, etc. Por ello, para resolver los problemas anteriores en el acero DP (acero de estructura compuesta), los inventores han propuesto previamente, en la Solicitud de Patente Japonesa N° 2003-239040, una técnica para ajustar el Si, Al y equilibrio de TS en un rango específico y permitir la fabricación industrial de chapa de acero de elevada resistencia mecánica galvanizada por inmersión en caliente que permita una elongación mayor que incluso antes ha de ser asegurada con el acero DP de límite elástico bajo. El documento JP-A- 2001 207 235 se refiere a una placa de acero galvanizada por inmersión en caliente de elevada resistencia mecánica excelente en su aptitud para su mecanización que contiene 0,05-0,15% en peso de C, 0,03-1,8% en peso de Si, 1-3% en peso de Mn en donde el Al está limitado a un máximo de 0,10% en peso. Además, recientemente hay también unos pocos miembros que son mecanizados por fresado para agrandar la parte del agujero mecanizada y formar una brida. También se está comenzando a demandar por esta razón chapa de acero con una gran capacidad de agrandamiento del agujero como una característica importante. Con respecto a esta demanda, en el acero de DP de ferrita + martensita propuesto en el Documento de Patente 2 antes mencionado, ya que la diferencia en resistencia mecánica entre la martensita y la ferrita es grande, existe el problema de que la capacidad de agrandamiento del agujero es inferior.

DESCRIPCIÓN DE LA INVENCION

La presente invención tiene como objeto resolver los problemas convencionales antes mencionados y realizar una chapa de acero de elevada resistencia mecánica compuesta galvanizada por inmersión en caliente excelente en aptitud para ser conformada y capacidad de agrandamiento de agujero y un método de fabricación de la misma a una escala industrial.

Los inventores se han involucrado en estudios intensivos sobre chapa de acero de elevada resistencia mecánica compuesta galvanizada por inmersión en caliente excelente en aptitud para su conformación, adhesión de recubrimiento, y capacidad de agrandamiento del agujero y en un método de fabricación de la misma y como resultado han descubierto que optimizando los ingredientes del acero, es decir, reduciendo la cantidad de Si y utilizando Al como un elemento alternativo, es posible mejorar la adhesión de galvanización por inmersión en caliente, que especificando la relación entre Si y Al y limitando las cantidades de adición de C y Mn, es posible proporcionar características superiores tanto de resistencia mecánica, de elongación, y que aplicando el tratamiento térmico necesario después de la operación de la galvanización por inmersión en caliente, puede obtenerse un material estable en capacidad de agrandamiento del agujero y en fragilización. Los inventores han descubierto que en una chapa de acero diseñada basándose en esta idea técnica, haciendo acero de DP de límite elástico bajo una estructura metálica comprende principalmente ferrita de acuerdo con el acero de austenita residual convencional y martensita templada con una tasa de área de 5% a 60%, es posible asegurar una elongación mayor que antes y obtener una estructura de DP excelente en capacidad de agrandamiento del agujero y óptima para la galvanización por inmersión en caliente.

Además, en la presente invención, para impedir que ocurran una fractura retardada y una fragilización secundaria u otros problemas, puede permitirse inevitablemente un 5% o menos (pero excluyendo 5%) de austenita residual incluida. La presente invención está basada en la idea técnica anterior.

El objeto anterior puede ser conseguido por las características definidas en las reivindicaciones.

MEJOR MODO PARA PONER EN PRÁCTICA LA INVENCION

5 En primer lugar, se explicarán las razones para la limitación de los ingredientes y estructura metálica de la chapa de acero de elevada resistencia mecánica compuesta galvanizada por inmersión en caliente prescrita en la presente invención.

10 El C es un ingrediente esencial como elemento básico para asegurar la resistencia mecánica y estabilizar la estructura de martensita. Si el C es menos de 0,01%, la resistencia mecánica no puede ser asegurada y no se formará fase de martensita. Por otro lado, si supera el 0,3%, la resistencia mecánica se elevará demasiado, la ductilidad resultará insuficiente, y se deteriorará la soldabilidad. Por ello, el intervalo de C es de 0,01 a 0,3%, preferiblemente de 0,03 a 0,15%.

15 El Si es un elemento añadido para asegurar la resistencia mecánica y la ductilidad, pero si supera el 0,6%, se deteriora la capacidad de galvanización por inmersión en caliente. Por ello, el intervalo para el Si es fijado en 0,005 a 0,6%. Además, cuando se dificulta la capacidad de galvanización por inmersión en caliente, es más preferible que no sea mayor de 0,1%.

20 El Mn es un elemento que ha de ser añadido desde el punto de vista de asegurar la resistencia mecánica y además retarda la formación de carburos y es un elemento requerido para la formación de austenita. Si el contenido en Mn es menor de 0,1%, la resistencia mecánica no es satisfactoria. Además, con una adición superior al 3,3%, la martensita aumenta demasiado e invita a un aumento de la resistencia mecánica, aumenta la variación en la resistencia mecánica, y la ductilidad es insuficiente, así utilizarlo como un material industrial no es posible. Por esta razón, el intervalo de Mn se fijó en 0,1 a 3,3%.

25 El P es añadido de acuerdo con el nivel de resistencia mecánica requerida como un elemento que aumenta la resistencia mecánica de la chapa de acero, pero si la cantidad adicionada es grande, se segrega en el límite del grano, degrada así la ductilidad local y simultáneamente degrada la soldabilidad, de manera que el valor límite superior del P se fijó en 0,06%. Por otro lado, el límite inferior de P se fijó en 0,001% para evitar un incremento en coste de refinado.

30 Además, el S es un elemento que forma MnS y por ello degrada la ductilidad local y la soldabilidad. Es un elemento que preferiblemente no debe estar presente en el acero, así el límite superior se fijó en 0,01%. El límite inferior se fijó en 0,001% para evitar un aumento en coste de refinado.

35 El Al es un elemento requerido para promover la formación de ferrita y es efectivo para mejorar la ductilidad, incluso si se ha añadido una gran cantidad, no inhibe la capacidad de galvanización por inmersión en caliente. Además actúa como un elemento para eliminar impurezas. Incluso si se ha añadido Al de manera excesiva, su efecto resulta saturado e inversamente el acero resulta fragilizado. Simultáneamente, se reduce la capacidad de galvanización por inmersión en caliente. Por ello, el límite superior se fijó en 1,8%. Desde el punto de vista de asegurar la resistencia mecánica de la chapa de acero, es necesaria una adición de 0,25% a 1,8%.

40 El N es un elemento incluido de manera inevitable, pero cuando es incluido en una gran cantidad, no solamente se deteriora por efecto de envejecimiento, sino también la cantidad de deposición de AlN resulta mayor y el efecto de adición de Al es reducido, así se prefiere que contenga un 0,01% o menos. Además, reducir de manera innecesaria el N aumenta el coste en el proceso de fabricación de acero, así normalmente la cantidad de N es controlada a un 0,0005% o más.

45 En la presente invención, cuando se requiere una resistencia mecánica mayor además, para mejorar la adhesión del recubrimiento, si se añade una gran cantidad de Al en lugar de Si, en particular cuando $0,25\% \leq Al \leq 1,8\%$, haciendo el equilibrio de Al y Si con TS la siguiente ecuación 1 en rango, puede asegurarse suficiente ferrita y pueden asegurarse tanto una mayor capacidad de galvanización por inmersión en caliente como ductilidad.

$$(0,0012 \times [\text{valor objetivo de TS}] - 0,29 - [Si]) / 1,45 < Al < 1,5 - 3 \times [Si] \dots \dots \dots \text{ecuación 1}$$

55 Aquí, en la anterior ecuación 1, [valor objetivo TS] significa el valor de diseño de la resistencia mecánica a tracción de la chapa de acero [MPa], [Si] significa el % en masa de Si, y Al significa el % en masa de Al.

60 Además, en la presente invención, además de los anteriores ingredientes, es posible añadir adicionalmente uno o más de Mo: 0,05 a 0,5%, V: 0,01 a 0,1%, Ti: 0,01 a 0,2%, Nb: 0,005 a 0,05%, Cu: 1,0% o menos, Cr: 1,0% o menos, Ca: 0,003 a 0,005%, REM: 0,0003 a 0,005%, y B: 0,0003 a 0,002%.

65 El Mo tiene un efecto sobre la resistencia mecánica y la templabilidad de la chapa de acero. Si hay menos de 0,05%, el efecto de templabilidad distintivo del Mo no puede ser exhibido, no se formará suficiente martensita, y la resistencia mecánica será insuficiente. Por otro lado, la adición de un 0,5% o más suprime la formación de ferrita y degrada la ductilidad y simultáneamente degrada también la aptitud al recubrimiento, así, se ha fijado un 0,5% como el límite superior.

El V, Ti y Nb pueden ser añadidos para mejorar la resistencia mecánica en los siguientes intervalos de V: 0,01 a 0,1%, Ti: 0,01 a 0,2%, y Nb: 0,005 a 0,05%. Además también pueden añadirse Cr, Ni, y Cu como elementos para aumentar la resistencia mecánica, pero si hay más de 1%, la ductilidad y la convertibilidad química se deterioran. Además, el Ca y REM pueden mejorar el control de inclusión y la capacidad para el agrandamiento del agujero, así pueden añadirse Ca: 0,0003 a 0,005% y REM: 0,0003 0,005% en estos intervalos. Además, el B aumenta la templabilidad y el Al efectivo debido al depósito de BN, así puede añadirse B: en 0,0003 a 0,002%.

En la presente invención, la estructura de la chapa de acero es hecha una estructura compuesta de ferrita y martensita de modo que se obtenga una chapa de acero excelente en el equilibrio de resistencia mecánica y ductilidad. La "ferrita" indica ferrita poligonal y ferrita bainítica. Obsérvese que el enfriamiento después del recorrido puede causar una formación parcial de bainita. Obsérvese que si permanece la austenita, la fragilización a la mecanización secundaria y las propiedades de fractura retardada se deterioran, así mientras se permite una tasa residual inevitablemente de depósito del 5% o menos de austenita residual, se prefiere que sustancialmente no sea incluida austenita residual.

Además, en la presente invención, la mayor característica en la estructura metálica de la chapa de acero de elevada resistencia mecánica compuesta galvanizada por inmersión en caliente es que el acero contiene, por tasa de área, un 5% a un 60% de martensita revenida. La martensita revenida es la estructura de martensita revenida resultante de la martensita producida en el proceso de enfriamiento después de que la galvanización por inmersión en caliente es enfriada al punto de transformación de martensita o menor, siendo revenida a continuación por tratamiento térmico a 200 a 500 °C. Aquí, si la tasa de área de la martensita revenida es menos del 5%, la diferencia de dureza entre estructuras resulta demasiado grande y no se ve una mejora en la tasa de agrandamiento del agujero, mientras que si es mayor del 60%, la resistencia mecánica de la chapa de acero cae demasiado, así la tasa de área de la martensita revenida se ha fijado en 5% a 60%. Además, la austenita residual se fija en el 5% o menor para impedir los problemas de fractura retardada y fragilización por mecanización secundaria. Esto da como resultado sustancialmente ferrita, martensita, y una estructura de martensita revenida que forma la fase principal. La presencia equilibrada de éstas en la chapa de acero se cree que hace que la aptitud para su mecanización y la tasa de agrandamiento del agujero sean mejoradas. Obsérvese que la chapa es enfriada a la temperatura del punto de transformación de martensita o menor después de la galvanización por inmersión en caliente, a continuación es calentada y revenida porque si se realiza antes del recubrimiento, la operación de recubrimiento dará entonces como resultado un revenido adicional y no se obtendrá la cantidad deseada de martensita revenida.

A continuación, se explicará el método de fabricación de una chapa de acero de elevada resistencia mecánica compuesta galvanizada por inmersión en caliente según la presente invención. El material de base de la chapa de acero de elevada resistencia mecánica compuesta galvanizada por inmersión en caliente según la presente invención es una placa que contiene los ingredientes de acero anteriores que es laminada en caliente por el proceso usual para producir chapa de acero laminada en caliente que a su vez es limpiada de impurezas, laminada en frío, y luego hecha discurrir a través de una línea continua de galvanización por inmersión en caliente. En el proceso de calentamiento, la chapa es recocida a un intervalo de temperatura de Ac_1 a $Ac_3 + 100$ °C. En este caso, con una temperatura de recocido menor que la temperatura de Ac_1 , la estructura de la chapa de acero resultaría no homogénea, mientras que si está por encima de la temperatura de $Ac_3 + 100$ °C, la austenita resultaría más rugosa, la formación de ferrita sería suprimida, y la ductilidad caería. Desde el punto de vista económico, la temperatura límite superior es preferiblemente de 900 °C o menos. Además, el tiempo de mantenimiento en el recocido es preferiblemente de 30 segundos a 30 minutos para separar la estructura en capas. Con un tiempo de mantenimiento superior a 30 segundos, el efecto se satura y la productividad cae. La chapa de acero así recocida es a continuación enfriada. En el momento del enfriamiento, la chapa es enfriada por una tasa de enfriamiento de 1 °C/s o mayor, preferiblemente una tasa de enfriamiento de 20 °C/s o mayor a 450 a 600 °C. Con una temperatura de enfriamiento superior a 600 °C, la austenita permanecería fácilmente en la chapa de acero y la aptitud para su mecanización secundaria y la propiedad de fractura retardada se deteriorarían. Por otro lado, si es menor de 450 °C, la temperatura resultaría demasiado baja para la galvanización por inmersión en caliente posterior y se obstruiría el recubrimiento. Obsérvese que la tasa de enfriamiento es fijada a 1 °C/s o más, preferiblemente a 20 °C/s o más.

La chapa de acero así recocida y enfriada puede, durante la galvanización por inmersión en caliente, ser también mantenida a 300 a 500 °C de temperatura durante 60 segundos a 20 minutos como tratamiento de envejecimiento acelerado. Este tratamiento de envejecimiento acelerado no se aplica de manera preferible, pero el tratamiento de envejecimiento acelerado de magnitud de las condiciones antes mencionadas no tiene un gran efecto sobre la calidad del material.

La chapa de acero así tratada es a continuación galvanizada por inmersión en caliente. Este revestimiento puede ser realizado bajo las condiciones de recubrimiento usualmente puestas en práctica. La temperatura del baño de galvanización por inmersión en caliente puede ser una utilizada en el pasado. Por ejemplo, puede aplicarse la condición de 440 a 500 °C. Además, en tanto en cuanto el metal de inmersión en caliente comprenda principalmente zinc, puede también contener elementos inevitables tales como Pb, Cd, Ni, Fe, Al, Ti, Nb, Mn, etc. Además, para mejorar la calidad de la capa de recubrimiento etc., la capa de recubrimiento puede también contener cantidades predeterminadas de Mg, Ti, Mn, Fe, Ni, Co y Al. Además, haciendo que la cantidad de galvanización por inmersión en caliente sea de 30 a 200 g/m² por lado de la chapa de acero, posibilita su uso para distintas aplicaciones. Obsérvese que en la presente invención,

después de la galvanización por inmersión en caliente anterior, es también posible realizar una formación de aleación para obtener una chapa de acero galvanizada por inmersión en caliente y recocida. En este caso, como condiciones de formación de aleación, el uso de 470 a 600 °C permite una concentración adecuada de Fe en la capa galvanizada por inmersión en caliente y recocida. Por ejemplo, el Fe puede ser controlado a un 7 a 15% en % en masa.

Después de la galvanización por inmersión en caliente o después de la galvanización por inmersión en caliente y recocido, la chapa de acero es enfriada hasta la temperatura del punto de transformación de martensita, o menor para recocido que se forme una estructura de martensita en la chapa de acero. El punto de transformación de martensita M_s es encontrado por $M_s (°C) = 561 - 471 \times C(\%) - 33 \times Mn(\%) - 17 \times Ni(\%) - 17 \times Cr(\%) - 21 \times Mo(\%)$, pero a $M_s(°C)$ o más, no se forma martensita. Además, la tasa de enfriamiento en el enfriamiento es preferiblemente de 1 °C/s o más. Para obtener fiablemente una estructura de martensita, es preferible una tasa de enfriamiento de 3 °C/s o mayor.

La chapa de acero así tratada es a continuación mantenida a 200 °C a 500 °C de temperatura durante 1 segundo a 5 minutos, a continuación es enfriada a una tasa de enfriamiento de 5 °C/s o mayor a 100 °C o menos de temperatura. En este tratamiento térmico, a menos de 200 °C de temperatura, no ocurren deudas de revenido, la diferencia de dureza entre estructuras resulta grande, y no puede observarse una mejora en la tasa de agrandamiento del agujero, mientras que si está por encima de 500 °C, la chapa es revenida en exceso y la resistencia mecánica falla. Este proceso de calentamiento está conectado a la línea continua de galvanización por inmersión en caliente. Es también posible proporcionar esto en una línea separada, pero una línea conectada a la línea continua de galvanización por inmersión en caliente es preferible desde el punto de vista de la productividad. Además, si dicho tiempo de mantenimiento es menor de 1 segundo, no hay casi progreso en el revenido o el revenido resulta incompleto y no puede observarse una mejora en la tasa de agrandamiento del agujero. Además, si supera los 5 minutos, el revenido es casi completamente terminado, así el efecto resulta saturado excediendo de ese tiempo. Además, el enfriamiento después del calentamiento es realizado con una tasa de enfriamiento de 5 °C/s o más, preferiblemente de 15 °C/s o más, con el fin de mantener una cantidad predeterminada de martensita templada.

Obsérvese que en la presente invención, para mejorar la resistencia a la corrosión, la chapa de acero galvanizada por inmersión en caliente o chapa de acero galvanizada por inmersión en caliente y recocida producida por el proceso anterior puede ser tratada superficialmente por uno o más de los tratamientos de cromato, tratamiento con película de revestimiento inorgánica, tratamiento de conversión, y el tratamiento de película de revestimiento de resina.

Además, la realización de la eliminación de impurezas en el proceso de recocido continuo de modo que se eliminen el Si, Mn, y otros óxidos formados sobre la superficie de la chapa de acero es también un medio efectivo para mejorar la adhesión del revestimiento. La eliminación de impurezas puede ser realizada utilizando ácido clorhídrico, ácido sulfúrico, u otros ácidos utilizados en el pasado. Por ejemplo, pueden utilizarse condiciones de eliminación de impurezas de un 2 a 20% de concentración de solución de eliminación de impurezas y una temperatura de 20 a 90 °C. Además, pueden utilizarse la inmersión, electrólisis, pulverización, u otro método de eliminación de impurezas confeccionado a medida para la instalación. El tiempo de eliminación de impurezas depende de la concentración de ácido también, pero preferiblemente es de 1 a 20 segundos.

Además, para mejorar la adhesión del revestimiento, es preferible formar una capa de óxido interna u óxidos de límite de grano cerca de la superficie de la chapa de acero antes de su recubrimiento de modo que se impida la concentración de Mn o Si en la superficie o lijar la superficie mediante un cepillo de lijado por una instalación de limpieza en el lado de entrada al proceso de calentamiento de galvanización por inmersión en caliente.

Ejemplo 1

Placas de acero obtenidas fundiendo y colando acero que tiene las composiciones de ingredientes mostradas en la Tabla 1 en un horno de fusión al vacío fueron recalentadas a 1200 °C, a continuación laminadas en caliente a una temperatura de 880 °C y finalmente laminadas para producir chapas de acero laminadas en caliente. Estas fueron a continuación enfriadas, enrolladas a una temperatura de enrollamiento de 600 °C, y mantenidas a esa temperatura durante 1 hora para reproducir el tratamiento térmico de enrollado de laminación en caliente. Las chapas de acero laminadas en caliente obtenidas fueron lijadas para retirar las incrustaciones, laminadas en frío mediante una tasa de reducción de 70%, a continuación calentadas a una temperatura de 800 °C utilizando un simulador de recocido continuo, calentadas a una temperatura de 800 °C, luego mantenidas a esa temperatura durante 100 segundos para un recocido continuo. A continuación las chapas fueron enfriadas mediante una tasa de enfriamiento de 5 °C/s a 650 °C, luego fueron galvanizadas por inmersión en caliente a 460 °C y aleadas a una temperatura de 520 °C. A continuación fueron tratadas por dos métodos de fabricación, es decir, el método convencional y el método de la invención, para producir chapas de acero galvanizadas.

(1) Método convencional: Después de esto, enfriamiento a 10 °C/s a temperatura ordinaria.

(2) Ejemplo de la invención: Después de esto, enfriamiento 10 °C/s al punto de transformación de martensita o menos, luego calentamiento a 300 °C de temperatura durante 60 segundos, a continuación enfriamiento a una tasa de enfriamiento de 20 °C/s a 100 °C o menos.

Los resultados están mostrados en la Tabla 2 y en la Tabla 3,

ES 2 663 866 T3

Obsérvese que la resistencia mecánica a la tracción (TS), la tasa de agrandamiento de agujero, la estructura metálica, la adhesión del recubrimiento, la apariencia del recubrimiento, y el juicio de aprobación mostrados en la Tabla 2 y en la Tabla 3 fueron los siguientes:

- 5
- Resistencia mecánica a tracción: Evaluada por tensión en la dirección L de JIS. Pieza de ensayo a tracción nº 5,
 - Tasa de agrandamiento de agujero: Se empleó el método de ensayo de agrandamiento de agujero de la norma de la Federación de Hierro y del Acero de Japón, JFS T1001-1996. Un agujero perforado de 10 mm de diámetro (diámetro interior de la matriz de 10,3 mm, holgura de 12,5%) fue agrandado por un punzón cónico de 60° en el vértice en la dirección con la fresa del agujero perforado en el exterior a una tasa de 20 mm/minuto
- 10

$$\text{Tasa de agrandamiento de agujero: } \lambda (\%) = ((D-Do)/Do) \times 100$$

- 15
- D: Diámetro del agujero cuando la grieta pasa a través del grosor de la chapa (milímetros)
Do: Diámetro inicial del agujero (mm)

- Estructura metálica: Observada bajo microscopio óptico y, para ferrita, observada mediante ataque químico por Nital y, para martensita, mediante ataque químico por repelente.

20 La relación de área de martensita revenida fue cuantificada puliendo una muestra mediante ataque químico con repelente (acabado de alúmina), inmersión en una solución corrosiva (solución mezclada de agua pura, pirofosfito de sodio, alcohol etílico, y ácido cítrico) durante 10 segundos, a continuación puliéndola de nuevo, lavándola, y luego secando la muestra mediante aire frío. La estructura de la muestra secada fue observada bajo un aumento de 1000X y se midió un área de 100 µm x 100 µm mediante un aparato Luzex para determinar el porcentaje de área de la martensita revenida. La Tabla 2 y la Tabla 3 muestran el porcentaje de área de esta martensita revenida como el "% de área de martensita revenida".

25

- Adhesión del recubrimiento: Evaluada a partir del estado de despegado del recubrimiento de una parte curvada en un ensayo de curvado de 60° en el V.
- 30

Muy buena: Pequeño despegado del recubrimiento (anchura de despegado menor de 3 mm).

Buena: Ligero despegado de magnitud que no plantea problema práctico (anchura de despegado de 3 mm a menos de 7 mm).

35 Regular: Cantidad considerable de despegado observada (anchura de despegado de 7 mm a menos de 10 mm).

Pobre: Despegado extremo (anchura de despegado de 10 mm o más).

Una adherencia de revestimiento de "muy buena" o "buena" se ha considerado satisfactoria.

- Apariencia de recubrimiento: Observación visual
- 40

Muy buena: Apariencia uniforme, sin partes sin recubrir o desigualdades

Buena: Sin partes sin recubrir, apariencia desigual de magnitud que no plantea problema práctico

45 Regular: Apariencia desigual notable

Pobre: Partes sin recubrir y apariencia desigual notable

Una apariencia de revestimiento de "muy buena" o "buena" se ha considerado satisfactoria.

- Satisfactorio: TS≥540 MPa, TSxEl≥18.000
- 50

Tasa de agrandamiento de agujero: TS<980 MPa... 50% o más se considera satisfactoria

TSx980 MPa... 40% o más se considera satisfactoria

ES 2 663 866 T3

Tabla 1/Ingredientes

Tipo de acero	TS objetivo	C	Si	Mn	P	S	N	Al	Mo	V
C	480	0,018	0,176	1,31	0,032	0,005	0,0070	0,810		
D	500	0,018	0,112	2,35	0,043	0,006	0,0100	0,990		
E	540	0,027	0,074	2,87	0,016	0,003	0,0050	0,430		
F	550	0,030	0,177	1,11	0,016	0,009	0,0050	0,950		
G	560	0,032	0,186	2,78	0,029	0,006	0,0030	0,930		
H	570	0,044	0,100	2,34	0,039	0,002	0,0080	0,300		
I	580	0,058	0,171	2,06	0,056	0,007	0,0030	0,970		
J	580	0,058	0,160	0,17	0,033	0,002	0,0080	0,900	0,180	
K	590	0,071	0,196	1,42	0,037	0,003	0,0050	0,550		
L	640	0,082	0,089	1,15	0,016	0,004	0,0050	1,140		
M	680	0,082	0,081	2,93	0,040	0,001	0,0030	1,050		
N	700	0,093	0,055	1,84	0,007	0,006	0,0070	0,500		
O	760	0,100	0,013	0,70	0,002	0,080	0,0040	0,810		
P	780	0,110	0,122	2,64	0,057	0,009	0,0020	0,730		
Q	800	0,120	0,084	0,17	0,010	0,010	0,0040	0,870		
R	840	0,120	0,148	0,19	0,016	0,008	0,0060	1,000		
S	900	0,134	0,047	0,19	0,042	0,010	0,0070	1,110		
T	920	0,140	0,042	1,71	0,021	0,006	0,0050	0,780		
U	950	0,144	0,076	0,89	0,033	0,011	0,0060	0,580	0,190	
V	950	0,142	0,116	0,27	0,046	0,007	0,0060	0,850	0,250	
W	980	0,147	0,122	0,92	0,035	0,009	0,0070	0,680	0,270	
X	980	0,150	0,107	1,76	0,059	0,006	0,0090	0,880		
Y	1280	0,210	0,153	1,20	0,025	0,005	0,0020	0,780		
Z	1320	0,235	0,176	2,73	0,051	0,008	0,0040	0,850		
AA	950	0,122	0,275	0,27	0,046	0,007	0,0060	0,650		
AB	1180	0,152	0,118	1,95	0,055	0,008	0,0090	0,720	0,280	
AC	1180	0,150	0,107	2,99	0,059	0,006	0,0090	0,880		
AD	1200	0,210	0,299	1,20	0,025	0,005	0,0020	0,600		0,050
AE	1350	0,250	0,233	1,36	0,039	0,009	0,0080	0,750	0,270	
AF	1480	0,289	0,186	2,06	0,052	0,004	0,0080	0,910		
AG	780	0,095	0,247	2,09	0,008	0,007	0,0029	0,892		
AH	780	0,101	0,226	2,68	0,006	0,008	0,0080	1,712		
AI	1130	0,261	0,276	0,43	0,043	0,009	0,0090	0,815		0,050
AJ	1470	0,300	0,289	0,47	0,038	0,005	0,0005	1,391		
AM	310	0,009	0,202	0,43	0,007	0,010	0,0063	1,778		
AN	1570	0,320	0,113	2,92	0,003	0,006	0,0007	0,462		
AO	980	0,166	0,607	2,64	0,056	0,009	0,0049	0,422		0,050
AP	880	0,112	0,083	0,09	0,049	0,001	0,0006	0,527		
AQ	1180	0,164	0,285	3,44	0,020	0,004	0,0041	1,247	0,072	
AR	780	0,125	0,267	2,06	0,070	0,003	0,0009	0,337		
AS	540	0,058	0,131	2,50	0,002	0,020	0,0059	0,377		
AT	540	0,026	0,145	0,15	0,011	0,010	0,0200	0,273		
AU	720	0,099	0,188	0,45	0,046	0,002	0,0030	0,009		
AV	880	0,130	0,186	2,39	0,051	0,006	0,0030	2,010		

ES 2 663 866 T3

Tabla 1 (continuación)

Tipo de acero	Ti	Nb	Cu	Ni	Cr	Ca	B	REM	Clase
C		0,040							Inv. ingr.
D	0,040								Inv. ingr.
E									Inv. ingr.
F									Inv. ingr.
G									Inv. ingr.
H									Inv. ingr.
I									Inv. ingr.
J									Inv. ingr.
K									Inv. ingr.
L								0,0020	Inv. ingr.
M							0,0010		Inv. ingr.
N									Inv. ingr.
O						0,0030			Inv. ingr.
P									Inv. ingr.
Q					0,060				Inv. ingr.
R									Inv. ingr.
S			0,010	0,010					Inv. ingr.
T									Inv. ingr.
U									Inv. ingr.
V									Inv. ingr.
W									Inv. ingr.
X									Inv. ingr.
Y									Inv. ingr.
Z		0,020							Inv. ingr.
AA									Inv. ingr.
AB									Inv. ingr.
AC	0,060								Inv. ingr.
AD									Inv. ingr.
AE									Inv. ingr.
AF									Inv. ingr.
AG									Inv. ingr.
AH									Inv. ingr.
AI									Inv. ingr.
AJ									Inv. ingr.
AM									Comp. ingr.
AN			0,020	0,025				0,0030	Comp. ingr.
AO						0,0030			Comp. ingr.
AP	0,022	0,027					0,0010		Comp. ingr.
AQ									Comp. ingr.
AR									Comp. ingr.
AS		0,023			0,025				Comp. ingr.
AT									Comp. ingr.
AU									Comp. ingr.
AV									Comp. ingr.

ES 2 663 866 T3

Tabla 2 /Método de Fabricación (1)

Experim. nº	Tipo de acero	TS (MPa)	EL (%)	TSxEL	(A) ecuación				(A) juicio ecuación
					TS valor objetivo (MPa)	(A) ecuación lado izquierdo	A1	(A) ecuación lado derecho	
3	C	476	37,9	18040	480	0,076	0,810	0,972	Buena
4	D	508	36,9	18745	500	0,137	0,990	1,164	Buena
5	E	551	33,0	18383	540	0,196	0,430	1,278	Buena
6	F	549	33,1	18172	550	0,133	0,950	0,969	Buena
7	G	568	32,5	18460	560	0,135	0,930	0,942	Buena
8	H	582	31,9	18566	570	0,203	0,300	1,200	Buena
9	I	591	30,9	18262	580	0,162	0,970	0,987	Buena
10	J	584	31,2	18221	580	0,170	0,900	1,020	Buena
11	K	605	29,9	18090	590	0,153	0,550	0,912	Buena
12	L	632	30,1	19023	640	0,268	1,140	1,233	Buena
13	M	688	28,7	19746	680	0,307	1,050	1,257	Buena
14	N	695	27,2	18904	700	0,341	0,500	1,335	Buena
15	O	743	24,8	18426	760	0,420	0,810	1,461	Buena
16	P	812	23,2	18838	780	0,361	0,730	1,134	Buena
17	Q	825	22,8	18810	800	0,404	0,870	1,248	Buena
18	R	852	21,5	18318	840	0,393	1,000	1,056	Buena
19	S	905	20,1	18191	900	0,512	1,110	1,359	Buena
20	T	899	20,5	18430	920	0,532	0,780	1,374	Buena
21	U	952	19,0	18088	950	0,534	0,580	1,272	Buena
22	V	934	19,5	18213	950	0,506	0,850	1,152	Buena
23	W	987	19,1	18852	980	0,527	0,680	1,134	Buena
24	X	1024	18,2	18637	980	0,537	0,880	1,179	Buena
25	Y	1320	14,9	19668	1280	0,754	0,780	1,041	Buena
26	Z	1400	13,5	18900	1320	0,771	0,850	0,972	Buena
27	AA	965	19,9	19204	950	0,397	0,650	0,675	Buena
28	AB	1206	15,2	18331	1180	0,695	0,720	1,146	Buena
29	AC	1230	15,8	19434	1180	0,703	0,880	1,179	Buena
30	AD	1220	15,3	18666	1200	0,587	0,600	0,603	Buena
31	AE	1364	13,4	18278	1350	0,757	0,750	0,801	Pobre
32	AF	1520	12,2	18544	1480	0,897	0,910	0,942	Buena
33	AG	795	22,5	17888	780	0,275	0,892	0,759	Pobre
34	AH	825	20,9	17243	780	0,290	1,712	0,822	Pobre
35	AI	1158	15,1	17486	1130	0,545	0,815	0,672	Pobre
36	AJ	1476	12,2	18007	1470	0,817	1,391	0,633	Pobre
39	AM	335	33,2	11122	310	-0,083	1,778	0,894	Pobre
40	AN	1623	7,8	12659	1570	1,021	0,462	1,161	Pobre
41	AO	985	17,5	17238	980	0,192	0,422	-0,321	Pobre
42	AP	885	18,5	16373	880	0,471	0,527	1,251	Buena
43	AQ	1235	10,2	12597	1180	0,580	1,247	0,645	Pobre
44	AR	795	20,1	15980	780	0,261	0,337	0,699	Buena
45	AS	587	26,5	15556	540	0,157	0,377	1,107	Buena
46	AT	557	31,2	17378	540	0,147	0,273	1,065	Buena
47	AU	750	22,2	16650	720	0,266	0,009	0,936	Pobre
48	AV	899	18,6	16721	880	0,400	2,010	0,942	Pobre

Tabla 2 (continuación)

Experimento Nº	Área de martensita revenida (%)	Tasa de agrandamiento del agujero (%)	Adhesión del revestimiento	Apariencia del revestimiento	Clase
3	<5%	73	Buena	Muy buena	Comp. ex.
4	<5%	70	Muy buena	Muy buena	Comp. ex.
5	<5%	66	Muy buena	Muy buena	Comp. ex.
6	<5%	65	Buena	Muy buena	Comp. ex.
7	<5%	63	Buena	Muy buena	Comp. ex.
8	<5%	61	Muy buena	Muy buena	Comp. ex.
9	<5%	60	Buena	Buena	Comp. ex.
10	<5%	62	Buena	Buena	Comp. ex.
11	<5%	58	Buena	Muy buena	Comp. ex.
12	<5%	60	Muy buena	Muy buena	Comp. ex.
13	<5%	58	Muy buena	Muy buena	Comp. ex.
14	<5%	56	Muy buena	Muy buena	Comp. ex.
15	<5%	55	Muy buena	Muy buena	Comp. ex.
16	<5%	54	Buena	Muy buena	Comp. ex.
17	<5%	53	Muy buena	Muy buena	Comp. ex.
18	<5%	51	Buena	Muy buena	Comp. ex.
19	<5%	50	Muy buena	Muy buena	Comp. ex.
20	<5%	49	Muy buena	Muy buena	Comp. ex.
21	<5%	44	Buena	Muy buena	Comp. ex.
22	<5%	47	Buena	Muy buena	Comp. ex.
23	<5%	46	Buena	Muy buena	Comp. ex.
24	<5%	45	Buena	Muy buena	Comp. ex.
25	<5%	38	Buena	Buena	Comp. ex.
26	<5%	37	Buena	Buena	Comp. ex.
27	<5%	48	Buena	Buena	Comp. ex.
28	<5%	39	Buena	Buena	Comp. ex.
29	<5%	41	Muy buena	Muy buena	Comp. ex.
30	<5%	40	Buena	Buena	Comp. ex.
31	<5%	37	Buena	Buena	Comp. ex.
32	<5%	35	Buena	Buena	Comp. ex.
33	<5%	54	Buena	Buena	Comp. ex.
34	<5%	52	Buena	Buena	Comp. ex.
35	<5%	41	Buena	Buena	Comp. ex.
36	<5%	35	Buena	Buena	Comp. ex.
39	<5%	64	Buena	Buena	Comp. ex.
40	<5%	27	Buena	Muy buena	Comp. ex.
41	<5%	47	Regular	Regular	Comp. ex.
42	<5%	45	Muy buena	Muy buena	Comp. ex.
43	<5%	30	Regular	Regular	Comp. ex.
44	<5%	50	Buena	Buena	Comp. ex.
45	<5%	56	Buena	Muy buena	Comp. ex.
46	<5%	60	Buena	Muy buena	Comp. ex.
47	<5%	50	Buena	Buena	Comp. ex.
48	<5%	49	Pobre	Buena	Comp. ex.

ES 2 663 866 T3

Tabla 3 /Método de Fabricación (2)

Experim. nº	Tipo de acero	TS (MPa)	EL (%)	TSxEL	(A) ecuación				(A) juicio ecuación
					TS valor objetivo (*) (MPa)	(A) ecuación lado izquierdo	A1	(A) ecuación lado derecho	
3	C	443	42,4	18791	440	0,043	0,810	0,972	Buena
4	D	467	40,2	18798	460	0,103	0,990	1,164	Buena
5	E	501	36,3	18201	500	0,163	0,430	1,278	Buena
6	F	511	37,1	18928	510	0,100	0,950	0,969	Buena
7	G	523	35,4	18512	520	0,102	0,930	0,942	Buena
8	H	530	35,1	18584	530	0,170	0,300	1,200	Buena
9	I	550	34,6	19022	540	0,129	0,970	0,987	Buena
10	J	537	34,0	18272	530	0,128	0,900	1,020	Buena
11	K	551	32,9	18108	550	0,120	0,550	0,912	Buena
12	L	594	33,7	20028	590	0,227	1,140	1,233	Buena
13	M	633	31,3	19801	630	0,266	1,050	1,257	Buena
14	N	653	29,9	19547	650	0,300	0,500	1,335	Buena
15	O	706	27,8	19606	700	0,370	0,810	1,461	Buena
16	P	747	25,3	18891	740	0,328	0,730	1,134	Buena
17	Q	767	25,1	19243	760	0,371	0,870	1,248	Buena
18	R	809	24,1	19490	800	0,360	1,000	1,056	Buena
19	S	860	22,3	19182	860	0,479	1,110	1,359	Buena
20	T	863	23,2	19992	860	0,483	0,780	1,374	Buena
21	U	895	21,1	18873	890	0,484	0,580	1,272	Buena
22	V	897	22,4	20107	890	0,457	0,850	1,152	Buena
23	W	928	21,2	19670	920	0,477	0,680	1,134	Buena
24	X	922	20,2	18618	920	0,488	0,880	1,179	Buena
25	Y	1228	16,8	20669	1220	0,704	0,780	1,041	Buena
26	Z	1274	15,5	19779	1260	0,721	0,850	0,972	Buena
27	AA	907	22,1	20037	890	0,347	0,650	0,675	Buena
28	AB	1134	16,9	19127	1120	0,646	0,720	1,146	Buena
29	AC	1132	17,9	20204	1120	0,653	0,880	1,179	Buena
30	AD	1147	17,6	20178	1140	0,537	0,600	0,603	Buena
31	AE	1296	14,9	19274	1290	0,707	0,750	0,801	Pobre
32	AF	1429	13,5	19349	1420	0,847	0,910	0,942	Buena
33	AG	731	25,4	18596	730	0,234	0,892	0,759	Pobre
34	AH	751	24,0	18044	740	0,257	1,712	0,822	Pobre
35	AI	1077	17,4	18701	1070	0,495	0,815	0,672	Pobre
36	AJ	1402	13,8	19331	1400	0,759	1,391	0,633	Pobre
39	AM	312	37,2	11585	300	-0,091	1,778	0,894	Pobre
40	AN	1493	8,5	12695	1490	0,955	0,462	1,161	Pobre
41	AO	896	19,3	17255	890	0,118	0,422	-0,321	Pobre
42	AP	823	20,7	17054	820	0,421	0,527	1,251	Buena
43	AQ	1136	11,1	12632	1120	0,530	1,247	0,645	Pobre
44	AR	723	22,1	15995	720	0,212	0,337	0,699	Buena
45	AS	546	29,7	16203	540	0,157	0,377	1,107	Buena
46	AT	512	34,0	17427	510	0,122	0,273	1,065	Buena
47	AU	683	24,4	16667	680	0,233	0,009	0,936	Pobre
48	AV	809	20,3	16404	800	0,334	2,010	0,942	Pobre

*: valor objetivo de TS corregido considerando el revenido

Tabla 3 (continuación)

Experimento Nº	Área de martensita revenida (%)	Tasa de agrandamiento del agujero (%)	Adhesión del revestimiento	Apariencia del revestimiento	Clase
3	6,4	86	Buena	Muy buena	Inv. ex.
4	6,7	82	Muy buena	Muy buena	Inv. ex.
5	7,8	77	Muy buena	Muy buena	Inv. ex.
6	9,0	76	Buena	Muy buena	Inv. ex.
7	9,7	74	Buena	Muy buena	Inv. ex.
8	11,4	72	Muy buena	Muy buena	Inv. ex.
9	14,6	71	Buena	Buena	Inv. ex.
10	13,5	72	Buena	Buena	Inv. ex.
11	17,2	68	Buena	Muy buena	Inv. ex.
12	20,3	71	Muy buena	Muy buena	Inv. ex.
13	21,1	67	Muy buena	Muy buena	Inv. ex.
14	21,5	66	Muy buena	Muy buena	Inv. ex.
15	22,3	65	Muy buena	Muy buena	Inv. ex.
16	24,6	63	Buena	Muy buena	Inv. ex.
17	21,1	61	Muy buena	Muy buena	Inv. ex.
18	21,6	60	Buena	Muy buena	Inv. ex.
19	22,8	59	Muy buena	Muy buena	Inv. ex.
20	24,3	58	Muy buena	Muy buena	Inv. ex.
21	25,2	52	Buena	Muy buena	Inv. ex.
22	25,0	56	Buena	Muy buena	Inv. ex.
23	26,2	55	Buena	Muy buena	Inv. ex.
24	25,9	54	Buena	Muy buena	Inv. ex.
25	42,7	45	Buena	Buena	Inv. ex.
26	45,5	45	Buena	Buena	Inv. ex.
27	22,3	57	Buena	Buena	Inv. ex.
28	26,9	46	Buena	Buena	Inv. ex.
29	26,7	49	Muy buena	Muy buena	Inv. ex.
30	43,0	47	Buena	Buena	Inv. ex.
31	47,6	45	Buena	Buena	Inv. ex.
32	50,4	41	Buena	Buena	Inv. ex.
33	20,9	64	Buena	Buena	Inv. ex.
34	22,5	62	Buena	Buena	Inv. ex.
35	47,6	49	Buena	Buena	Inv. ex.
36	55,3	42	Buena	Buena	Inv. ex.
39	<5%	75	Buena	Buena	Inv. ex.
40	65,3	36	Buena	Muy buena	Inv. ex.
41	31,2	57	Regular	Regular	Inv. ex.
42	25,1	54	Muy buena	Muy buena	Inv. ex.
43	38,0	37	Regular	Regular	Inv. ex.
44	21,4	59	Buena	Buena	Inv. ex.
45	12,1	66	Buena	Muy buena	Inv. ex.
46	8,5	71	Buena	Muy buena	Inv. ex.
47	22,2	59	Buena	Buena	Inv. ex.
48	22,4	57	Pobre	Buena	Inv. ex.

5 Como se comprenderá a partir del Ejemplo 1, los ejemplos de la invención descritos en la Tabla 3 son incrementados en cantidad de martensita revenida sobre los ejemplos comparativos de los mismos números de experimento descritos en la Tabla 2 y por ello son mejorados en capacidad de agrandamiento del agujero. Además, cuando no se satisface la ecuación 1, aunque se satisfaga la condición de aprobación, comparados con los tipos de acero con el mismo grado de TS, la elongación es pobre y, como resultado, el TSxEl tiende a fallar.

Ejemplo 2

10 Las placas de acero obtenidas fundiendo y colando el acero de AJ del rango de ingredientes de la presente invención descritos en la Tabla 1 fueron recalentadas a 1200 °C, a continuación laminadas en caliente a una temperatura de 880 °C para laminación final para obtener chapas de acero laminadas en caliente. Las chapas de acero fueron enfriadas y mantenidas a una temperatura de 600 °C durante 1 hora para reproducir el tratamiento térmico por enrollamiento. Las chapas de acero laminadas en caliente obtenidas fueron desincrustadas lijando y fueron laminadas en frío mediante una tasa de reducción del 70%, a continuación se recubrieron previamente y se eliminaron impurezas bajo las condiciones del siguiente experimento 1):

15

Experimento 1 (ejemplo de la invención): ni eliminación de impurezas, ni recubrimiento previo con Ni

5 Después de esto, se utilizó un simulador de recocido en continuo para recocer a 800 °C de temperatura durante 100 segundos, a continuación las chapas fueron enfriadas a una tasa de enfriamiento de 5 °C/s a 650 °C, a continuación se galvanizaron por inmersión en caliente a 460 °C y se alearon a 520 °C de temperatura, luego se enfriaron a una tasa de enfriamiento de 10 °C/s al punto de transformación de martensita o menos, luego fueron calentadas a 300 °C de temperatura durante 60 segundos, luego fueron enfriadas a una tasa de enfriamiento de 20 °C/s a temperatura ordinaria. Después de esto, las chapas fueron laminadas por laminación con pasada superficial por una tasa de reducción del 1%. Los resultados están mostrados en la Tabla 4,

10

Tabla 4

Experimento número	Tipo de acero	Adhesión de recubrimiento	Apariencia	Clase
1	AJ	Buena	Buena	Inv. ex.

APLICABILIDAD INDUSTRIAL

15 De acuerdo con la presente invención, resulta posible proporcionar una chapa de acero de elevada resistencia mecánica compuesta galvanizada por inmersión en caliente excelente en aptitud para su conformación y capacidad de agrandamiento de agujero para utilizar para piezas de automóvil, etc.

REIVINDICACIONES

1, Una chapa de acero de elevada resistencia mecánica compuesta galvanizada por inmersión en caliente excelente en aptitud para su conformación y capacidad para agrandamiento del agujero **caracterizada por** contener en % en masa, C: 0,01 a 0,3%, Si: 0,005 a 0,6%, Mn: 0,1 a 3,3%, P: 0,001 a 0,06%, S: 0,001% a 0,01%, Al: 0,25 a 1,8%, y N: 0,0005 a 0,01%, opcionalmente uno o más de Mo: 0,05 a 0,5%, V: 0,01 a 0,1%, Ti: 0,01 a 0,2%, Nb: 0,005 a 0,05%, Cu: 1,0% o menos, Ni: 1,0% o menos, Cr: 1,0% o menos, Ca: 0,0003 a 0,005%, REM: 0,0003 a 0,005%, y B: 0,0003 a 0,002%, y que tiene un resto de Fe e impurezas inevitables, en donde la estructura metálica comprende ferrita y, por relación de área, 5% a 60% de martensita templada, y 5% o menos de austenita residual, en donde la chapa de acero de elevada resistencia mecánica compuesta galvanizada por inmersión en caliente tiene una resistencia mecánica a la tracción (TS) x elongación (EI) ≥ 18.000 y sin capa recubierta previamente.

2, Una chapa de acero de elevada resistencia mecánica compuesta galvanizada por inmersión en caliente excelente en aptitud para su conformación y capacidad para agrandamiento del agujero **caracterizada por que** dicha chapa de acero de elevada resistencia mecánica compuesta galvanizada por inmersión en caliente satisface la siguiente ecuación 1:

$$(0,0012x[\text{valor objetivo de TS}] - 0,29 - [\text{Si}]) / 1,45 < \text{Al} < 1,5 - 3x[\text{Si}] \dots \dots \quad \text{ecuación 1}$$

[valor objetivo de TS]: Valor de diseño de resistencia mecánica a tracción de chapa metálica (MPa), [Si]: % en masa de Si, Al: % en masa de Al.

3, Un método de fabricación de una chapa de acero de elevada resistencia mecánica compuesta galvanizada por inmersión en caliente excelente en aptitud para su conformación y capacidad para agrandamiento del agujero **caracterizada por que** se realiza una laminación en caliente, luego laminación en frío de una placa que contiene, en % en masa, C: 0,01 a 0,3%, Si: 0,005 a 0,6%, Mn: 0,1 a 3,3%, P: 0,001 a 0,06%, S: 0,001% a 0,01%, Al: 0,25 a 1,8%, y N: 0,0005 a 0,01%, opcionalmente uno o más de Mo: 0,05 a 0,5%, V: 0,01 a 0,1%, Ti: 0,01 a 0,2%, Nb: 0,005 a 0,05%, Cu: 1,0% o menos, Ni: 1,0% o menos, Cr: 1,0% o menos, Ca: 0,0003 a 0,005%, REM: 0,0003 a 0,005%, y B: 0,0003 a 0,002%, y que tiene un resto de Fe e impurezas inevitables, calentamiento de la chapa en una línea de galvanización por inmersión en caliente a una temperatura de Ac_1 a $\text{Ac}_3 + 100^\circ \text{C}$, manteniéndola allí durante 30 segundos a 30 minutos, luego enfriándola a una tasa de enfriamiento de 1°C/s o mayor a una temperatura de 450 a 600°C , luego galvanizándola por inmersión en caliente a esa temperatura, a continuación enfriándola a una tasa de enfriamiento de 1°C/s o mayor hasta la temperatura del punto de transformación de martensita o menos, luego manteniéndola a una temperatura de 200°C a 500°C durante 1 segundo a 5 minutos, luego enfriándola a una tasa de enfriamiento de 5°C/s o mayor a 100°C o menos de modo que se obtenga una estructura metálica que comprende ferrita y martensita revenida de una relación de área a 5% a 60%, y 5% o menos de austenita residual, y teniendo la chapa de acero de elevada resistencia mecánica compuesta galvanizada por inmersión en caliente una resistencia mecánica a tracción (TS) x elongación (EI) ≥ 18.000 , donde no se realiza ningún recubrimiento previo durante el período desde después de la laminación en frío a dicho calentamiento en la línea de galvanización por inmersión en caliente.

4, Un método de fabricación de una chapa de acero de elevada resistencia mecánica compuesta galvanizada por inmersión en caliente excelente en aptitud para su conformación y capacidad para agrandamiento del agujero según la reivindicación 3, **caracterizado por** la realización de una aleación después de dicha galvanización por inmersión en caliente.

5, Un método de fabricación de una chapa de acero de elevada resistencia mecánica compuesta galvanizada por inmersión en caliente excelente en aptitud para su conformación y capacidad para agrandamiento del agujero según la reivindicación 3 o 4, **caracterizado por** tratar además dicha capa galvanizada o capa galvanizada y recocida por uno o más de un tratamiento de cromato, tratamiento de película de revestimiento inorgánico, conversión química, o tratamiento de película de revestimiento de resina.

6, Un método de fabricación de una chapa de acero de elevada resistencia mecánica compuesta galvanizada por inmersión en caliente excelente en aptitud para su conformación y capacidad para agrandamiento del agujero según cualquiera de las reivindicaciones 3 a 5, **caracterizado por que** dicha chapa de acero de elevada resistencia mecánica compuesta galvanizada por inmersión en caliente satisface la siguiente ecuación 1:

$$(0,0012x[\text{valor objetivo de TS}] - 0,29 - [\text{Si}]) / 1,45 < \text{Al} < 1,5 - 3x[\text{Si}] \dots \dots \quad \text{ecuación 1}$$

[valor objetivo de TS]: Valor de diseño de resistencia mecánica a tracción de chapa metálica (MPa), [Si]: % en masa de Si, Al: % en masa de Al.