

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 672 070**

51 Int. Cl.:

C22C 38/00	(2006.01)
B21B 3/00	(2006.01)
B22D 11/00	(2006.01)
C21D 9/46	(2006.01)
C22C 38/06	(2006.01)
C21D 8/02	(2006.01)
C22C 38/02	(2006.01)
C22C 38/04	(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **17.11.2009 PCT/JP2009/069464**
- 87 Fecha y número de publicación internacional: **27.05.2010 WO10058762**
- 96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **17.11.2009 E 09827543 (1)**
- 97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **02.05.2018 EP 2371978**

54 Título: **Chapa de acero y chapa de acero tratada superficialmente**

30 Prioridad:

19.11.2008 JP 2008295897
19.11.2008 JP 2008295898
19.11.2008 JP 2008295899
19.11.2008 JP 2008295900

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
12.06.2018

73 Titular/es:

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

72 Inventor/es:

HAYASHI KOUTAROU y
MIZUKAMI HIDEO

74 Agente/Representante:

ELZABURU, S.L.P

ES 2 672 070 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 y chapa de acero tratada superficialmente

Descripción detallada de la invención

5 Esta invención se refiere a una chapa de acero y a una chapa de acero tratada superficialmente. Más específicamente, la presente invención se refiere a una chapa de acero y a una chapa de acero tratada superficialmente de alta resistencia mecánica que son adecuadas como materiales para piezas tales como piezas de refuerzo para automóviles o componentes de los asientos para automóviles.

Antecedentes de la técnica

10 En la industria automotriz ha habido un creciente interés en las chapas de acero de alta resistencia mecánica que tengan una excelente conformabilidad, ya que son eficaces para aumentar la seguridad de los automóviles y reducir el peso, lo que conduce a una disminución del consumo de combustible. En los últimos años, ha ido en aumento el número de componentes para automóviles que se fabrican a partir de chapas de acero de alta resistencia mecánica. Por lo tanto, también se requiere un nivel considerablemente alto de conformabilidad al plegado (conformabilidad mediante plegado) en las chapas de acero de alta resistencia mecánica que tienen una resistencia a la tracción de al
15 menos 590 MPa. En particular, las piezas que tienen partes plegadas con un radio pequeño, tales como los rieles o los soportes laterales de los asientos, necesitan tener una conformabilidad al plegado mejor y una resistencia mecánica mayor que en el pasado.

20 En el pasado, con el objeto de mejorar la conformabilidad al plegado, se han empleado técnicas para controlar la estructura de las chapas de acero de alta resistencia mecánica. El documento de patente 1 describe una chapa de acero de alta resistencia mecánica en la que disminuye la dureza de las fases duras bainíticas y martensíticas, con el fin de reducir la diferencia de su dureza con respecto a la fase ferrítica, de dureza baja, que rodea a la fase bainítica y a la fase martensítica. El documento de patente 2 y el documento de patente 3 describen unas chapas de acero laminadas en frío y unas chapas de acero galvanizadas por inmersión en caliente que tienen una alta
25 resistencia mecánica y una satisfactoria conformabilidad de rebordeado por estiramiento ("stretch flange", en inglés), para las que se requiere una buena deformabilidad local como propiedades de plegado.

Las chapas de acero de alta resistencia mecánica generalmente contienen una gran cantidad de Mn con el fin de aumentar la resistencia mecánica. El Mn tiende a segregarse en el acero. Por lo tanto, debido a la segregación del Mn, la composición química de las chapas de acero de alta resistencia mecánica varía localmente.

30 Esta variación local de la composición química en la chapa de acero de alta resistencia mecánica da lugar a la formación de una estructura no uniforme. En consecuencia, desde un punto de vista práctico, es extremadamente difícil realizar un buen control de la dureza de la fase ferrítica, la fase bainítica y la fase martensítica, de la manera descrita en el documento de patente 1, sobre la totalidad de la chapa de acero de alta resistencia mecánica.

35 La Figura 1 es una vista explicativa que muestra el estado de la superficie después de la deformación por plegado de una chapa de acero de alta resistencia mecánica. Como se muestra en la Figura 1, si en la chapa de acero de alta resistencia mecánica se forma una estructura no uniforme, se desarrollan notables irregularidades superficiales que se pueden observar visualmente en la superficie de las partes trabajadas de la chapa de acero de alta resistencia mecánica. Estas irregularidades fomentan la deformación no uniforme en el momento del plegado, induciendo de ese modo la formación de grietas en las partes trabajadas y el empeoramiento de las propiedades de plegado. Incluso cuando no se desarrollan grietas, en la pieza que se fabrica a partir de la chapa de acero de alta
40 resistencia mecánica permanecen presentes irregularidades superficiales en las partes trabajadas y empeoran las propiedades de impacto de la pieza.

45 La segregación del Mn provoca que el comportamiento de transformación varíe localmente. En consecuencia, la chapa de acero de alta resistencia mecánica tiene un diámetro de grano no uniforme. Por esta razón, los métodos descritos en los documentos de patente 2 y 3 no pueden mejorar las propiedades de plegado de la chapa de acero de alta resistencia mecánica. Las chapas de acero descritas en los documentos de patente 1-3 tienen un acero de una composición que contiene una gran cantidad de Mn y Ni, los cuales se segregan fácilmente en el acero, por lo que, por las razones descritas anteriormente, existe una cierta preocupación por el deterioro de las propiedades de plegado y de las propiedades de impacto de las piezas conformadas a partir de esas chapas de acero.

50 Se ha propuesto una tecnología completa en forma de una estructura monofásica con el fin de obtener una estructura uniforme. El documento de patente 4 describe una chapa de acero laminada en frío de alta resistencia mecánica que tiene unas propiedades de plegado mejoradas debido a que tiene una estructura martensítica monofásica, que es una estructura esencialmente uniforme. Sin embargo, si la estructura de acero es una estructura martensítica monofásica, la planeidad de la chapa de acero de alta resistencia mecánica empeora, y esto dificulta el uso de la chapa como material para piezas de automóviles que requieran una alta precisión dimensional.

55 El documento de patente 5 describe una chapa de acero delgada que tiene una relación de expansión de orificios aumentada, con una resistencia mecánica aumentada, mediante el empleo de una matriz con una estructura ferrítica

monofásica. Cuando se fabrica una chapa de acero laminada en frío o una chapa de acero galvanizada por inmersión en caliente, de alta resistencia mecánica en base a la tecnología descrita en ese documento, es necesario realizar una laminación en frío y un recocido con el fin de mejorar la rugosidad de la superficie y la precisión del espesor de la chapa producto. Debido a que la composición de acero que se describe en ese documento contiene una gran cantidad de elementos formadores de carbonitruros, el acero tiene una temperatura de recristalización aumentada, y es necesario llevar a cabo el recocido a una temperatura alta no inferior al punto A_{c3} . El recocido a una temperatura tan alta fomenta el engrosamiento de los precipitados y hace que sea imposible alcanzar una resistencia mecánica alta. Adicionalmente, el diámetro de grano del acero no es uniforme, y no es posible mejorar las propiedades de plegado.

Por lo tanto, con el fin de conseguir en la chapa de acero unas buenas propiedades de plegado, junto con una alta resistencia mecánica, es necesario que la chapa de acero consiga los objetivos mutuamente incompatibles de obtener una estructura uniforme y aumentar la resistencia mecánica mediante la adición de una gran cantidad de Mn.

Se ha propuesto una tecnología para eliminar la segregación, que es la causa de la estructura no uniforme, por medio de la difusión. El documento de patente 6 describe un método de tratamiento térmico para el acero en el que la segregación se difunde mediante la realización de una homogeneización en la que el material de acero se mantiene a una temperatura alta de al menos 1.250°C , durante un período de tiempo largo de al menos 10 horas. Sin embargo, ese método no puede eliminar por completo la segregación. En consecuencia, la segregación produce una estructura no uniforme, y no se eliminan las irregularidades de la superficie en las partes trabajadas, por lo que no se pueden mejorar adecuadamente las propiedades de plegado.

El documento de patente 7 y el documento de patente 8 describen una chapa de acero galvanizada por inmersión en caliente que tiene una reducida segregación y una excelente capacidad de expansión de orificios, la cual se fabrica llevando a cabo una colada continua bajo unas condiciones en las que se realiza un enfriamiento desde la temperatura del liquidus hasta la temperatura del solidus, de tal modo que la velocidad media de enfriamiento sea al menos 100°C por minuto a una profundidad de $1/4$ del espesor, t_s , del planchón. Sin embargo, esta velocidad de enfriamiento solo se puede conseguir con un planchón delgado que tenga un espesor de 30 - 70 mm, y esta técnica no se puede aplicar a la colada continua de un planchón normal que tenga un espesor de 200 - 300 mm.

Documentos de la técnica anterior

Documentos de patente:

- Documento de patente 1: JP 62-13533^a
- Documento de patente 2: JP 2004-211126^a
- Documento de patente 3: JP 2004-250774^a
- Documento de patente 4: JP 2002-161336^a
- Documento de patente 5: JP 2002-322539^a
- Documento de patente 6: JP 4-191322^a
- Documento de patente 7: JP 2007-70649^a
- Documento de patente 8: JP 2007-70659A

Compendio de la invención

El objeto de la presente invención es proporcionar una chapa de acero y una chapa de acero tratada superficialmente que tienen una resistencia a la tracción de al menos 590 MPa y unas excelentes propiedades de plegado.

En la presente invención, unas excelentes propiedades de plegado significa que el radio de plegado más pequeño para el cual no se desarrollan grietas no sea mayor que 1,0t en el ensayo de plegado de 180° en el que el eje del plegado está en la dirección de laminación, y que las irregularidades de la superficie no se puedan observar visualmente en la parte que se ha plegado después de un plegado en V de 90° con un radio de plegado de 1,0t en la misma dirección de plegado que la anterior. Por consiguiente, a menos que se especifique lo contrario, en esta descripción las propiedades de plegado se evalúan mediante las propiedades de la chapa de acero descritas anteriormente y mediante la observación visual de la pieza fabricada mediante el plegado de dicha chapa de acero. Cuando se usa una chapa de acero de acuerdo con la presente invención como material para los raíles de los asientos, que tienen unas estrictas exigencias respecto a las propiedades de plegado, es preferible que el radio de plegado más pequeño no sea superior a 0,5t en el ensayo de plegado de 180° y que las irregularidades no se

observen visualmente en la superficie de la parte plegada después de un plegado en V de 90° con un radio de plegado de 0,5t.

5 La presente invención se basa en el hallazgo de que se puede conseguir la distribución deseada de la concentración del Mn mediante la optimización de la composición química y de las condiciones de fabricación de la chapa de acero de alta resistencia mecánica. En consecuencia, se puede suprimir la formación de la estructura no uniforme provocada por la segregación del Mn para obtener una estructura uniforme, con lo que se puede fabricar una chapa de acero de alta resistencia mecánica que tiene una resistencia a la tracción de al menos 590 MPa y unas excelentes propiedades de plegado.

La presente invención es una chapa de acero de acuerdo con reivindicación 1.

10 En una realización preferida de una chapa de acero de acuerdo con la presente invención, la composición química descrita anteriormente incluye al menos uno de los siguientes (a) - (d):

(a) al menos uno de Ti: 0,003 - 0,3%, Nb: 0,003 - 0,3% y V: 0,003 - 0,3%;

(b) al menos uno de Cr: 0,01 - 1%, Mo: 0,01 - 1%, Cu: 0,01 - 1% y Ni: 0,01 - 1%;

(c) al menos uno de Ca: 0,0001 - 0,01%, Mg: 0,0001 - 0,01%, REM: 0,0001 - 0,01% y Zr: 0,0001 - 0,01%; y

15 (d) B: 0,0003 - 0,01%.

Desde otro aspecto, la presente invención es una chapa de acero tratada superficialmente caracterizada por tener una capa de revestimiento metálico formada sobre la superficie de al menos una cara de la chapa de acero descrita anteriormente.

20 La presente invención puede proporcionar una chapa de acero de alta resistencia mecánica que tiene una resistencia de al menos 590 MPa y unas excelentes propiedades de plegado. La chapa de acero de acuerdo con la presente invención se puede usar ampliamente en diversos campos industriales y particularmente en el campo de la automoción.

Breve explicación de los dibujos

La Figura 1 es una vista explicativa que muestra el estado de la superficie después de una deformación por plegado.

25 Realizaciones de la invención

La composición química de la chapa de acero de acuerdo con la presente invención es la siguiente.

C: 0,03 - 0,20%

30 El C contribuye a aumentar la resistencia mecánica de la chapa de acero. El contenido de C es al menos 0,03% con el fin de hacer que la resistencia a la tracción de la chapa de acero sea al menos 590 MPa. Si el contenido de C supera 0,20%, la soldabilidad empeora. Por lo tanto, el contenido de C ha de ser como máximo 0,20%. El contenido de C es preferiblemente al menos 0,05% con el fin de obtener fácilmente una resistencia a la tracción de al menos 980 MPa.

Si: 0,005 - 2,0%

35 Si el contenido de Si es al menos 0,005%, es posible aumentar la resistencia mecánica de la chapa de acero sin degradar significativamente las propiedades de plegado. Si el contenido de Si supera 2,0%, la capacidad de la chapa de acero sin revestimiento metálico para someterse a un tratamiento de conversión química se degrada, y en el caso de una chapa de acero galvanizada por inmersión en caliente, se deteriora la humectabilidad en el momento del revestimiento metálico, la capacidad para someterse a un tratamiento de aleación, y la adherencia del revestimiento metálico. Por lo tanto, el contenido de Si es al menos 0,005% y como máximo 2,0%.

40 Si el contenido de Si supera 1,5%, sobre la superficie de la chapa de acero se pueden formar óxidos que contengan Si en una magnitud tal que el estado de la superficie empeore. Por lo tanto, el contenido de Si es preferiblemente como máximo 1,5%. Cuando se fabrica una chapa de acero galvanizada por inmersión en caliente, para la que es más difícil aumentar la resistencia mecánica que con una chapa de acero laminada en frío, debido a las restricciones en el procedimiento de fabricación, se puede obtener fácilmente una resistencia a la tracción de al menos 980 MPa si el contenido de Si es al menos 0,4%. Por lo tanto, el contenido de Si es preferiblemente al menos 0,4%.

45 Mn: 1,2 - 3,5%

50 El Mn contribuye a aumentar la resistencia mecánica de la chapa de acero. Con el fin de que la resistencia a la tracción de la chapa de acero sea al menos 590 MPa, es necesario que el contenido de Mn sea al menos 1,2%. Si el contenido de Mn supera 3,5%, no solo se vuelve difícil fundir y refinar el acero en un convertidor, sino que también empeora la soldabilidad. Por lo tanto, el contenido de Mn es al menos 1,2% y como máximo 3,5%. El Mn fomenta la

formación en el acero de una estructura no uniforme, pero como se indica más adelante, cuando el acero contiene Bi este efecto adverso del Mn se aminora y la estructura se vuelve uniforme, por lo que se suprime el empeoramiento de las propiedades de plegado y aumenta la resistencia mecánica. Con el fin de alcanzar una resistencia a la tracción de al menos 980 MPa, el contenido de Mn es preferiblemente al menos 1,8%.

5 P: al menos 0,003% y $\leq 0,1\%$

El P está contenido típicamente como una impureza inevitable. Sin embargo, el P es un elemento de refuerzo de la solución sólida y es eficaz para reforzar la chapa de acero, por lo que debe estar contenido deliberadamente. Si el contenido de P supera 0,1% se deteriora la soldabilidad. Por lo tanto, el contenido de P es como máximo 0,1%. Con el fin de reforzar la chapa de acero con una mayor seguridad, el contenido de P es al menos 0,003%.

10 S: $\leq 0,01\%$

El S está contenido en acero como una impureza inevitable. El contenido de S es preferiblemente tan bajo como sea posible desde el punto de vista de las propiedades de plegado y de la soldabilidad. Por lo tanto, el contenido de S ha de ser como máximo 0,01%. El contenido de S es preferiblemente como máximo 0,005% y más preferiblemente como máximo 0,003%.

15 sol. Al: 0,001 - 1,0%

El Al está contenido en acero para la desoxidación del acero. El Al es eficaz para aumentar la producción de elementos formadores de carbonitruros, tales como el Ti. El contenido de sol. Al que es necesario para este efecto es al menos 0,001%. Si el contenido de sol. Al supera 1,0%, se degrada la soldabilidad y aumentan las inclusiones de óxido en el acero, lo que conduce al deterioro del estado de la superficie. Por lo tanto, el contenido de sol. Al ha de ser al menos 0,001% y como máximo 1,0%. El contenido de sol. Al es preferiblemente al menos 0,01% y como máximo 0,2%.

20

N: $\leq 0,01\%$

El N está contenido en el acero como una impureza inevitable. Desde el punto de vista de las propiedades de plegado, el contenido de N es preferiblemente tan bajo como sea posible, por lo que ha de ser como máximo 0,01%. El contenido de N es preferiblemente como máximo 0,006%.

25

Bi: 0,0001 - 0,05%

El Bi realiza una función importante en la presente invención. Cuando el Bi está contenido en el acero, se refina la estructura de solidificación del planchón, e incluso, si el acero contiene una gran cantidad de Mn, la estructura de la chapa de acero se vuelve uniforme y se suprime el deterioro de las propiedades de plegado. Por consiguiente, con el fin de garantizar las excelentes propiedades de plegado deseadas, es necesario que el contenido de Bi sea al menos 0,0001%. Sin embargo, si el contenido de Bi supera 0,05%, la trabajabilidad en caliente se degrada y la laminación en caliente se vuelve difícil. Por lo tanto, el contenido de Bi es al menos 0,0001% y como máximo 0,05%. Con el fin de mejorar aún más las propiedades de plegado, el contenido de Bi es preferiblemente al menos 0,0010%.

30

Al menos uno de los elementos seleccionados entre Ti: $\leq 0,3\%$, Nb: $\leq 0,3\%$ y V: $\leq 0,3\%$

El Ti, el Nb y el V contribuyen, cada uno de ellos, a aumentar la resistencia mecánica de la chapa de acero, por lo que son elementos opcionales que el acero puede contener según sea necesario. Para garantizar una resistencia a la tracción de al menos 980 MPa, es eficaz que el acero contenga al menos uno de los elementos Ti, Nb y V. Con el fin de obtener este efecto con una mayor seguridad, el contenido de al menos uno de los elementos Ti, Nb y V es preferiblemente al menos 0,003%. Si el contenido de Ti, Nb y V supera 0,3%, aumentan las inclusiones que contienen Ti, Nb o V y se deteriora el estado de la superficie de la chapa de acero. Por lo tanto, cuando está contenido al menos uno de los elementos Ti, Nb y V, el contenido que se añade de cada uno de ellos ha de ser preferiblemente como máximo 0,3%.

35

40

Al menos uno de los elementos seleccionados entre Cr: $\leq 1\%$, Mo: $\leq 1\%$ y Ni: $\leq 1\%$

El Cr, el Mo, el Cu y el Ni contribuyen a aumentar la resistencia mecánica de la chapa de acero, por lo que son elementos opcionales que el acero puede contener según sea necesario. Es eficaz que el acero contenga al menos uno de los elementos Cr, Mo y Ni para garantizar una resistencia a la tracción de al menos 980 MPa cuando se fabrica una chapa de acero laminada en frío, de tal modo que la temperatura a la terminación del enfriamiento en el recocido continuo sea al menos 300°C y como máximo 420°C, o cuando se fabrica una chapa de acero galvanizada por inmersión en caliente. Con el fin de obtener este efecto con una mayor seguridad, al menos uno de los elementos Cr, Mo y Ni está contenido preferiblemente en una cantidad de al menos 0,01%. Sin embargo, si el contenido de uno cualquiera de los elementos Cr, Mo y Ni supera 1%, el efecto descrito anteriormente se satura y la adición se convierte en un despilfarro económico. Adicionalmente, la chapa de acero laminada en caliente se vuelve difícil realizar una laminación en frío. Por lo tanto, cuando está contenido al menos uno de los elementos Cr, Mo y Ni, el

45

50

contenido de cada elemento añadido ha de ser como máximo 1%.

Al menos uno de los elementos seleccionados entre Ca: $\leq 0,01\%$, Mg: $\leq 0,01\%$, REM: $\leq 0,01\%$ y Zr: $\leq 0,01\%$

Cada uno de los elementos Ca, Mg, REM y Zr contribuye a controlar las inclusiones en el acero, y en particular las inclusiones que se dispersan finamente, mejorando de ese modo aún más las propiedades de plegado de la chapa de acero. Por lo tanto, son elementos opcionales que pueden estar contenidos en el acero según sea necesario. Sin embargo, si está contenida una cantidad excesiva de Ca, Mg, REM o Zr, se deteriora el estado de la superficie de la chapa de acero. Por lo tanto, cuando está contenido al menos uno de los elementos Ca, Mg, REM y Zr, el contenido de cada uno de ellos que se añade es como máximo 0,01%. Con el fin de obtener con seguridad el efecto descrito anteriormente, el contenido que se añade de uno cualquiera de los elementos Ca, Mg, REM y Zr es preferiblemente al menos 0,0001%.

B: $\leq 0,01\%$

El B no solo contribuye a mejorar las propiedades de plegado de la chapa de acero, sino que también es eficaz para garantizar una resistencia a la tracción de al menos 980 MPa cuando se fabrica una chapa de acero galvanizada por inmersión en caliente. Por lo tanto, es un elemento opcional que puede estar contenido en el acero según sea necesario. Sin embargo, si el contenido de B supera 0,01%, la chapa de acero laminada en caliente se vuelve dura, y en la chapa de acero laminada en caliente se vuelve difícil llevar a cabo una laminación en frío. Por lo tanto, el contenido de B es preferiblemente como máximo 0,01%. Con el fin de obtener con una mayor seguridad el efecto descrito anteriormente, el contenido de B, cuando el B está contenido, es preferiblemente al menos 0,0003%.

El resto de la composición distinto de los componentes descritos anteriormente es esencialmente Fe e impurezas.

Relación de segregación del Mn: menor que 1,30.

La chapa de acero de acuerdo con la presente invención tiene la distribución de Mn establecida. A saber, la distribución de Mn de la chapa de acero satisface la condición de que la relación de segregación del Mn ($Mn_{m\acute{a}x}/Mn_{med}$) sea inferior a 1,30. La relación de segregación del Mn ($Mn_{m\acute{a}x}/Mn_{med}$) se determina mediante análisis con un EPMA (siglas en inglés de "microanalizador de sonda de electrones") a una profundidad de 1/20 del espesor de la chapa desde la superficie de la chapa de acero en la región que no contiene MnS. La relación de segregación se calcula como la relación entre la concentración máxima de Mn ($Mn_{m\acute{a}x}$) y la concentración media de Mn (Mn_{med}). Una relación de segregación del Mn menor que 1,30 indica que la estructura es uniforme, a consecuencia de lo cual se mejoran las propiedades de plegado de la chapa de acero, y se vuelve difícil que se desarrollen irregularidades en la parte de la superficie que se ha sometido al plegado. Se puede hacer que la relación de segregación del Mn de la chapa de acero sea menor que 1,30, haciendo que la composición química del acero contenga Bi y, como se describe a continuación, satisfaciendo las condiciones establecidas para la velocidad de colada. Con el fin de mejorar aún más las propiedades de plegado, la relación de segregación del Mn es preferiblemente menor que 1,20.

Las propiedades de plegado de la chapa de acero se ven afectadas por la distribución de Mn en la capa superficial de la chapa de acero. La deformación durante el plegado es mayor en la capa superficial de la chapa de acero que en el centro del espesor de la chapa de acero, y las propiedades de plegado se controlan mediante la deformabilidad en la capa superficial de la chapa de acero. Sin embargo, puede que no sea posible medir con precisión la distribución de Mn en la superficie de la chapa de acero e inmediatamente debajo de ella, debido a la influencia de la oxidación de la superficie de la chapa de acero y a otros factores. Por consiguiente, en la presente invención, para determinar la relación de segregación del Mn, la concentración del Mn se mide a la profundidad descrita anteriormente cerca de la superficie de la chapa de acero. El análisis mediante un EPMA se realiza preferiblemente mediante la medición en un área suficiente para evaluar adecuadamente las variaciones locales de la distribución de Mn, tal como una región rectangular que mida 500 micrómetros en la dirección de la laminación, por un total de 4 mm en la dirección perpendicular a la dirección de laminación, como se muestra en los ejemplos.

Capa de revestimiento metálico

La chapa de acero de acuerdo con la presente invención también se puede usar como chapa de acero tratada superficialmente, formando una capa de revestimiento metálico sobre la superficie de una o de ambas caras de la misma con el objeto de aumentar la resistencia a la corrosión o similar.

La capa de revestimiento metálico puede ser una capa de revestimiento por electrodeposición o una capa de revestimiento metálico por inmersión en caliente. Los ejemplos de una capa de revestimiento por electrodeposición son una capa de revestimiento por electrodeposición de cinc o una capa de revestimiento por electrodeposición de una aleación de Zn-Ni. Los ejemplos de una capa de revestimiento metálico por inmersión en caliente son una capa de galvanización (cinc) por inmersión en caliente, una capa galvano-recocida, una capa de revestimiento metálico de aluminio por inmersión en caliente, una capa de revestimiento metálico de una aleación de Zn-Al por inmersión en caliente, una capa de revestimiento metálico de una aleación de Zn-Al-Mg por inmersión en caliente, una capa de revestimiento metálico de una aleación de Zn-Al-Mg-Si por inmersión en caliente y similares. El peso (o espesor) del revestimiento de estas capas de revestimiento metálico puede ser el que se usa típicamente para este tipo de chapa de acero con revestimiento metálico. Si se desea, puede haber dos o más capas de revestimiento metálico.

A continuación, se explica un método preferido de fabricación para la chapa de acero.

Etapa de colada continua

5 El acero fundido con la composición química descrita anteriormente se prepara mediante un método de fusión conocido que utiliza un convertidor, un horno eléctrico o similar. El acero fundido se cuela continuamente para formar un planchón con un espesor de 200 - 300 mm en unas condiciones tales que la velocidad de solidificación sea 100 - 1.000°C por minuto a una profundidad de 10 mm desde la superficie del planchón.

Velocidad de solidificación: 100 - 1.000°C por minuto

10 Si la velocidad de solidificación a una profundidad de 10 mm desde la superficie del planchón en la etapa de colada continua es menor que 100°C por minuto, no se puede refinar el espaciado del brazo de la dendrita primaria a una profundidad de 1/20 del espesor del planchón desde la superficie del planchón, y no se evita suficientemente la segregación del Mn. En consecuencia, a veces no es posible mejorar las propiedades de plegado de la chapa de acero. Una velocidad de solidificación superior a 1.000°C por minuto puede inducir la fisuración de la superficie del planchón. Por lo tanto, la velocidad de solidificación es al menos 100°C por minuto y como máximo 1.000°C por minuto.

15 Espesor del planchón: 200 - 300 mm

20 Si el espesor del planchón es menor que 200 mm, es difícil garantizar una reducción total de laminación de al menos 99,0% en la laminación en caliente y la laminación en frío descritas a continuación. Si el espesor del planchón supera 300 mm, es difícil garantizar una relación de segregación del Mn menor que 1,30 a una profundidad de 1/20 del espesor de la chapa desde la superficie de la chapa de acero. Por lo tanto, el espesor del planchón es al menos 200 mm y como máximo 300 mm.

Etapa de laminación

El planchón obtenido mediante la etapa de colada continua descrita anteriormente se somete a una laminación en caliente para preparar una chapa de acero laminada en caliente, y luego la chapa de acero laminada en caliente se somete a una laminación en frío para obtener una chapa de acero laminada en frío.

25 Preferiblemente, el planchón que se obtiene mediante la etapa de colada continua se somete a una homogeneización manteniéndolo en el intervalo de temperatura de 1.200 - 1.350°C durante al menos 20 minutos, y luego a una laminación en caliente con una temperatura de acabado de 800 - 950°C y una temperatura de bobinado de 400 - 750°C, para obtener una chapa de acero laminada en caliente. Luego, la chapa de acero laminada en caliente se lamina en frío para obtener una chapa de acero laminada en frío, con una reducción total de laminación en la laminación en caliente y la laminación en frío de al menos 99,0%.

30

Temperatura de homogeneización: 1.200 - 1.350°C. Duración de la homogeneización: al menos 20 minutos

35 Con el mantenimiento del planchón que se va a someter a una laminación en caliente a una temperatura de al menos 1.200°C, durante al menos 20 minutos, se elimina aún más la estructura no uniforme provocada por la segregación del Mn y se mejoran aún más las propiedades de plegado de la chapa de acero. Preferiblemente, la temperatura de homogeneización es como máximo 1.350°C desde el punto de vista de suprimir las pérdidas por cascarilla, evitar daños al horno de calentamiento y aumentar la productividad.

40 La duración de la homogeneización es más preferiblemente al menos 1,0 horas y como máximo 3 horas. El hacer que la duración de la homogeneización sea al menos 1,0 horas, puede lograr que la relación de segregación del Mn sea menor que 1,20 y las propiedades de plegado de la chapa de acero se puedan mejorar aún más. Al hacer que la duración de la homogeneización sea como máximo 3 horas, se suprimen las pérdidas por cascarilla y se puede aumentar la productividad, lo que conduce a una disminución de los costes de fabricación.

Temperatura de acabado: 800 - 950°C

45 Si la temperatura de acabado de la laminación en caliente es al menos 800°C, se puede hacer que sea pequeña la resistencia a la deformación durante la laminación en caliente y se pueden llevar a cabo más fácilmente las operaciones. Si la temperatura de acabado es como máximo 950°C, los defectos debidos a la cascarilla se pueden suprimir con una mayor seguridad y se puede garantizar un buen estado de la superficie.

Temperatura de bobinado: 400 - 750°C

50 Si la temperatura de bobinado en la laminación en caliente es al menos 400°C, se suprime la formación de bainita o martensita dura, y se puede llevar a cabo fácilmente la laminación en frío posterior. Al hacer que la temperatura de bobinado sea como máximo de 750°C, se suprime la oxidación de la superficie de la chapa de acero y se puede garantizar un buen estado de la superficie.

En la etapa de laminación en caliente, la barra en bruto, después de la laminación en bruto y antes de la laminación

de acabado, se calienta preferiblemente mediante un calentamiento por inducción o similar, a fin de permitir que la barra en bruto tenga una temperatura uniforme en toda su longitud, con lo que se pueden suprimir las variaciones de las propiedades en la chapa de acero.

Reducción total de laminación en la laminación en caliente y la laminación en frío: Al menos 99,0%

5 La chapa de acero laminada en caliente, que se obtiene mediante la etapa de laminación en caliente descrita anteriormente, normalmente se somete a un descascarillado mediante un método habitual, tal como un decapado, antes de someterla a una laminación en frío para obtener una chapa de acero laminada en frío. La reducción total de laminación en la laminación en caliente y la laminación en frío es preferiblemente al menos 99,0%. La reducción total de laminación se calcula usando la fórmula siguiente.

10
$$\text{Reducción total de laminación (\%)} = [1 - (\text{espesor de la chapa de acero laminada en frío}) / (\text{espesor del planchón sometido a una laminación en caliente})] \times 100$$

15 Las irregularidades superficiales en las partes plegadas que se desarrollan después del plegado de la chapa de acero se ven afectadas no solo por la relación de segregación del Mn, sino también por el espesor en la dirección del espesor de la chapa de las bandas concentradas de Mn, que son regiones en forma de cinta en las que las partes segregadas de Mn, que se desarrollan por segregación durante la solidificación, se prolongan en la dirección de la laminación en la etapa de laminación posterior. La disminución del espesor de estas bandas concentradas de Mn puede suprimir con una mayor seguridad las irregularidades de la superficie después del trabajado y, en consecuencia, se pueden mejorar las propiedades de plegado de la chapa de acero. Para este propósito es eficaz hacer que la reducción total sea al menos 99,0%.

20 La reducción en la laminación en frío es preferiblemente al menos 30%, con el fin de hacer que la estructura de la chapa de acero sea uniforme después del recocido continuo. Desde el punto de vista de garantizar la planeidad de la chapa de acero, es preferible que se lleve a cabo una laminación ligera con una reducción de como máximo 5%, antes o después del decapado, para rectificar la forma. Al llevar a cabo esta laminación ligera antes del decapado, se mejora la procesabilidad del decapado a fin de fomentar la eliminación de los elementos que se concentran en la superficie. En consecuencia, se mejora la adherencia de la capa de revestimiento metálico, en el caso de una chapa galvanizada por inmersión en caliente, o se mejora el estado de la superficie, en el caso de una chapa de acero laminada en frío.

Etapa de recocido continuo

30 La chapa de acero laminada en frío obtenida mediante la etapa de laminación, que incluye la laminación en caliente y la laminación en frío descritas anteriormente, se somete a un recocido continuo. La temperatura de recocido es preferiblemente al menos 750°C y como máximo 950°C. Desde el punto de vista de la productividad, la velocidad de aumento de la temperatura hasta la temperatura de recocido por recristalización es preferiblemente al menos 1°C por segundo.

Temperatura de recocido: 750 - 950°C

35 Al hacer que la temperatura de recocido sea al menos 750°C, se suprime la posibilidad de que permanezca una estructura no recristalizada y se puede obtener con seguridad una estructura uniforme, lo que da lugar a aún más mejoras en las propiedades de plegado. Al hacer que la temperatura de recocido sea como máximo 950°C, se suprimen los daños al horno de recocido y se aumenta la productividad.

40 El tiempo de recocido es preferiblemente al menos 10 segundos, con el fin de eliminar por completo la estructura no recristalizada y garantizar de manera estable unas buenas propiedades de plegado. Desde el punto de vista de la productividad, el tiempo de recocido es preferiblemente como máximo 300 segundos.

Con el fin de limitar la adición de elementos de aleación que conducen al aumento de los costes y garantizar una alta resistencia a la tracción de al menos 590 MPa, se lleva a cabo preferiblemente un enfriamiento después del recocido, con una velocidad de enfriamiento media de al menos 5°C por segundo en la región de 650°C a 550°C.

45 Preferiblemente, en la chapa de acero se lleva a cabo un templado por laminación en frío después del recocido (después del revestimiento metálico cuando se ha llevado a cabo una galvanización por inmersión en caliente). El templado por laminación en frío puede suprimir la aparición del alargamiento de fluencia y evitar el ensuciamiento y la excoiación en el momento de la conformación por prensado. El alargamiento en el templado por laminación en frío es preferiblemente al menos 0,05% y como máximo 1%.

50

Etapa de revestimiento metálico

- 5 Cuando la superficie de la chapa de acero se somete a una galvanización en caliente, es preferible que el enfriamiento se detenga, después del recocido en la etapa de recocido, a una temperatura de al menos 460°C y como máximo 550°C, y que la chapa de acero recocida sea sumergida inmediatamente en el baño de revestimiento metálico por inmersión en caliente, para llevar a cabo un revestimiento metálico continuo. Si el enfriamiento después del recocido se detiene a una temperatura inferior a 460°C, la disipación de calor en el momento de la inmersión en el baño de revestimiento metálico es cuantiosa, a consecuencia de lo cual la operación de revestimiento metálico a veces se vuelve difícil. Si se detiene a una temperatura superior a 550°C, la operación de revestimiento metálico a veces se vuelve difícil.
- 10 La galvanización por inmersión en caliente se puede llevar a cabo mediante los métodos habituales. Por ejemplo, la chapa de acero se puede sumergir en un baño de galvanización por inmersión en caliente a una temperatura de al menos 410°C y como máximo 490°C, y el peso del revestimiento del revestimiento metálico se puede controlar con una boquilla de barrido con gas, o similar, inmediatamente después de que la chapa de acero abandone el baño de revestimiento metálico.
- 15 Después de la inmersión en el baño de galvanización por inmersión en caliente, sobre la chapa de acero galvanizada resultante se puede llevar a cabo un tratamiento térmico de aleación para fabricar una chapa de acero galvano-recocida. Cuando se realiza un tratamiento térmico de aleación, la temperatura preferida para el tratamiento térmico de aleación es al menos 460°C y como máximo 600°C. Si esta temperatura es inferior a 460°C, se pueden desarrollar partes que no se hayan aleado y es fácil que el estado de la superficie de la chapa de acero se deteriore.
- 20 Si la temperatura del tratamiento térmico de aleación supera 600°C, se desarrolla fácilmente la pulverización del revestimiento metálico.

Cuando se fabrica una chapa de acero revestida por electrodeposición, la chapa de acero, que se enfrió después del recocido, se reviste por electrodeposición de una manera convencional después de haber sido sometida a un tratamiento apropiado de preparación de la superficie.

- 25 Después del revestimiento metálico por inmersión en caliente o del revestimiento por electrodeposición, dependiendo del uso, sobre la chapa de acero con revestimiento metálico resultante se puede realizar un tratamiento posterior convencional (tal como un tratamiento de conversión química, un tratamiento de lubricación, o similar).

Ejemplo 1

- 30 Mediante fusión en un convertidor, se prepararon unos aceros con las composiciones químicas mostradas en la Tabla 1. Luego, mediante una colada continua se prepararon unos planchones que tenían un espesor de 245 mm, de tal modo que la velocidad de solidificación a una profundidad de 10 mm desde la superficie de los planchones satisfacía las condiciones mostradas en la Tabla 2.
- 35 Los planchones se sometieron a una laminación en caliente bajo las condiciones que se muestran en la Tabla 2, seguida de un decapado y luego de una laminación en frío bajo las condiciones que se muestran en la Tabla 2, para obtener unas chapas de acero laminadas en frío con un espesor de 1,2 mm.

ES 2 672 070 T3

Tabla 1

Tipo de acero	Composición química (% en masa, resto Fe e impurezas)															
	C	Si	Mn	P	S	sol. Al	N	Bi	Ti	Nb	V	Cr	Mo	Cu	Ni	Otros
A1	0,10	0,75	2,44	0,012	0,001	0,031	0,0039	0,0033	0,102							
B1	0,10	0,12	2,49	0,011	0,002	0,031	0,0046	0,0006	0,063	0,035						B: 0,0013
C1	<u>0,02</u>	0,62	2,38	0,013	0,001	0,042	0,0043	0,0015	0,064							
D1	0,15	0,59	2,22	0,011	0,002	0,023	0,0028	tr.	0,061			0,51				
E1	0,10	0,36	2,43	0,011	0,001	0,032	0,0038	0,0053	0,072	0,042						
F1	0,12	0,10	<u>1,10</u>	0,012	0,001	0,031	0,0037	0,0022	0,053							
G1	0,15	0,20	1,68	0,010	0,002	0,038	0,0052	0,012	0,044	0,029						REM: 0,0028
H1	0,12	0,87	2,12	0,012	0,001	0,032	0,0038	0,021	0,053		0,11					
I1	0,13	0,02	2,47	0,012	0,002	0,036	0,0041	0,016	0,074				0,17			
J1	0,16	0,45	2,42	0,012	0,001	0,036	0,0043	0,0083	0,045	0,092						
K1	0,07	0,03	2,40	0,011	0,001	0,15	0,0040	0,030	0,053				0,23			
L1	0,12	0,96	1,52	0,011	0,001	0,029	0,0047	0,0067								
M1	0,12	0,96	1,54	0,009	0,001	0,038	0,0052	tr.								
N1	0,10	1,42	2,02	0,009	0,002	0,037	0,0041	0,011								Mg: 0,002
O1	0,03	1,42	1,74	0,014	0,001	0,035	0,0028	0,0042								
P1	0,14	1,32	2,05	0,011	0,001	0,028	0,0035	0,0097								Ca: 0,002
Q1	0,09	0,01	2,53	0,011	0,001	0,028	0,0036	0,016								
R1	0,12	1,35	1,57	0,011	0,001	0,028	0,0041	0,017				0,25				
S1	0,09	0,74	2,11	0,013	0,002	0,025	0,0043	0,0004					0,17			
T1	0,09	0,03	2,53	0,011	0,001	0,028	0,0036	0,0072								
U1	0,10	0,32	<u>1,01</u>	0,010	0,001	0,029	0,0036	0,0038								
V1	0,06	1,22	1,63	0,011	0,002	0,038	0,0032	0,0006								
W1	0,07	0,52	2,13	0,021	0,002	0,031	0,0042	0,018								Mg: 0,001
X1	<u>0,02</u>	0,21	1,54	0,013	0,003	0,036	0,0045	0,0047								
Z1	0,15	0,12	1,48	0,012	0,001	0,032	0,0042	0,0028								Zr: 0,0042
A2	0,06	0,04	2,62	0,011	0,004	0,038	0,0032	0,0070					0,41			B: 0,0016
B2	0,09	0,03	2,53	0,011	0,001	0,028	0,0036	0,0072								
C2	0,12	0,93	1,51	0,012	0,001	0,52	0,0039	0,0083								REM: 0,0027
D2	0,06	0,22	2,42	0,013	0,002	0,038	0,0032	tr.								
E2	0,06	1,22	1,63	0,011	0,002	0,038	0,0032	0,0006								

Tabla 2

Acero de ensayo Nº	Tipo de acero	Velocidad de solidific. en colada continua (°C/min)	Homogeneización		Laminación en caliente		Reducción en la laminación en frío (%)	Reducción total en la laminación (%)
			Temp. (°C)	Duración (min)	Temp. de acabado (°C)	Temp. de bobinado (°C)		
1	A1	120	1.250	150	900	600	50	99,5
2	B1	120	1.250	90	900	600	50	99,5
3	B1	120	1.250	90	900	600	50	99,5
4	B1	<u>93</u>	1.250	90	900	600	50	99,5
5	C1	120	1.250	150	900	600	50	99,5
6	D1	130	1.250	90	900	600	50	99,5
7	E1	150	1.250	90	900	600	50	99,5
8	E1	150	1.250	90	900	600	50	99,5
9	F1	140	1.250	90	900	600	50	99,5
10	G1	150	1.250	90	900	600	50	99,5
11	H1	140	1.250	90	900	600	50	99,5
12	I1	150	1.250	90	900	600	50	99,5
13	I1	150	1.250	90	900	600	50	99,5
14	J1	130	1.250	90	900	600	50	99,5
15	J1	130	1.250	90	900	600	50	99,5
16	K1	150	1.250	90	900	600	50	99,5
17	L1	120	1.250	90	900	600	50	99,5
18	L1	<u>95</u>	1.250	90	900	600	50	99,5
19	M1	120	1.250	90	900	600	50	99,5
20	N1	120	1.250	90	900	600	50	99,5
21	O1	120	1.250	90	900	600	50	99,5
22	P1	120	1.250	90	900	600	50	99,5
23	Q1	120	1.250	90	900	600	50	99,5
24	R1	120	1.250	90	900	600	50	99,5
25	S1	120	1.250	90	900	600	50	99,5
26	T1	120	1.250	90	900	600	50	99,5
27	T1	120	1.250	90	900	600	50	99,5
28	U1	120	1.250	90	900	600	50	99,5
29	V1	120	1.250	90	900	600	50	99,5
30	W1	120	1.250	90	900	600	50	99,5
31	W1	120	1.250	90	900	600	50	99,5
32	X1	120	1.250	90	900	600	50	99,5
35	Z1	120	1.250	90	900	600	50	99,5
36	A2	120	1.250	150	900	600	50	99,5
37	B2	120	1.250	90	900	600	50	99,5
38	B2	120	1.250	90	900	600	50	99,5
39	C2	120	1.250	90	900	600	50	99,5
40	C2	120	1.250	90	900	600	50	99,5
41	D2	120	1.250	90	900	600	50	99,5
42	E2	120	1.250	90	900	600	50	99,5

ES 2 672 070 T3

Se tomaron unas probetas de ensayo para el tratamiento térmico de las chapas de acero laminadas en frío resultantes y, como se muestra en la Tabla 3, las probetas se sometieron al tratamiento térmico correspondiente al patrón térmico en un aparato de recocido continuo o en un aparato de galvanización por inmersión en caliente.

Tabla 3

Acero de ensayo	Etapa de recocido continuo							Tratamiento térmico que simula un equipo de galvanización por inmersión en caliente (chapa de acero laminada en frío)					Tratamiento térmico que simula un equipo de galvanización por inmersión en caliente (chapa de acero galvanizada)					Alargam. en el templado por laminac. en frío (%)
	Velocid. de calentam. (°C/min)	Temp. de recocido (°C)	Tiempo de recocido (s)	Enfriam. lento (°C/s)	Temp. al comienzo del enfriam. rápido (°C)	Velocid. de enfriam. (°C/s)	Temp. de interrup. (°C)	Temp. de manten. (s)	Temp. de interrup. (°C)	Temp. de manten. (s)	Temp. de interrup. (°C)	Temp. de manten. (s)	Tiempo de manten. (s)	Temp. de inmersión (°C)	Temp. de aleación (°C)	Velocid. de enfriam. después del calentam. (°C)		
Nº																		
1	10	880	60	No	-	25	400	400	250	10	-	-	-	-	-	-	-	0,1
2	10	860	60	No	-	20	400	400	250	10	-	-	-	-	-	-	-	0,1
3	10	860	60	No	-	20	-	-	-	-	500	500	20	460	500	10	-	0,1
4	10	860	60	No	-	20	400	400	250	10	-	-	-	-	-	-	-	0,1
5	10	900	60	No	-	25	280	280	250	10	-	-	-	-	-	-	-	0,1
6	10	860	60	No	-	25	320	320	250	10	-	-	-	-	-	-	-	0,1
7	10	860	60	No	-	20	350	350	250	10	-	-	-	-	-	-	-	0,1
8	10	860	60	No	-	20	-	-	-	-	500	500	20	460	500	10	-	0,1
9	10	860	60	No	-	20	350	350	250	10	-	-	-	-	-	-	-	0,1
10	10	860	60	No	-	25	280	280	250	10	-	-	-	-	-	-	-	0,1
11	10	880	60	No	-	20	280	280	250	10	-	-	-	-	-	-	-	0,1
12	10	840	60	No	-	20	360	360	250	10	-	-	-	-	-	-	-	0,1
13	10	840	60	No	-	20	-	-	-	-	500	500	20	460	500	10	-	0,1
14	10	860	60	No	-	20	250	250	250	10	-	-	-	-	-	-	-	0,1
15	10	860	60	No	-	20	-	-	-	-	500	500	20	460	500	10	-	0,1
16	10	900	60	No	-	20	-	-	-	-	500	500	20	460	500	10	-	0,1
17	10	820	120	No	-	≥500	20	*300	200	10	-	-	-	-	-	-	-	0,1
18	10	860	120	No	-	≥500	20	*400	200	10	-	-	-	-	-	-	-	0,1
19	10	860	120	No	-	≥500	20	*400	200	10	-	-	-	-	-	-	-	0,1
20	10	860	120	3	670	≥500	20	*340	200	10	-	-	-	-	-	-	-	0,1
21	10	900	120	No	-	≥500	20	*200	200	10	-	-	-	-	-	-	-	0,1
22	10	775	120	No	-	≥500	20	*450	200	10	-	-	-	-	-	-	-	0,1

ES 2 672 070 T3

Acero de ensayo	Etapa de recocido continuo							Tratamiento térmico que simula un equipo de galvanización por inmersión en caliente (chapa de acero galvanizada por inmersión en caliente)						Alargam. en el templado por laminac. en frío (%)		
	Velocid. de calentam. (°C/min)	Temp. de recocido (°C)	Tiempo de recocido (s)	Enfriam. lento (°C/s)	Temp. al comienzo del enfriam. rápido (°C)	Velocid. de enfriam. (°C/s)	Temp. de interrup. (°C)	Temp. de manten. (°C)	Temp. de interrup. (°C)	Temp. de inmersión (°C)	Temp. de aleación (°C)	Velocid. de enfriam. después del calentam. (°C)				
Nº	(°C/min)	(°C)	(s)	(°C/s)	(°C)	(°C/s)	(°C)	(s)	(°C/s)	(°C)	(s)	(°C)	(°C)	(°C)	(°C)	(%)
23	10	850	120	3	720	≥500	20	*300	10	-	-	-	-	-	-	0,1
24	10	820	120	No	-	≥500	20	*300	10	-	-	-	-	-	-	0,1
25	10	840	120	3	720	≥500	20	*420	10	-	-	-	-	-	-	0,1
26	10	850	30	No	-	20	-	-	-	500	40	460	500	10	10	0,1
27	10	850	30	No	-	20	-	-	-	500	40	460	500	10	10	0,1
28	10	780	30	No	-	10	-	-	-	500	40	460	500	10	10	0,1
29	10	820	30	4	700	20	-	-	-	500	40	460	500	10	10	0,1
30	10	820	30	No	700	10	-	-	-	500	40	460	500	10	10	0,1
31	10	820	30	No	-	10	-	-	-	500	40	460	500	10	10	0,1
32	10	820	30	No	-	10	-	-	-	500	40	460	500	10	10	0,1
35	10	790	30	4	700	25	-	-	-	500	40	460	500	10	10	0,1
36	10	850	30	No	-	30	-	-	-	500	40	460	500	10	10	0,1
37	10	850	60	6	700	50	260	260	10	-	-	-	-	-	-	0,1
38	10	850	60	3	700	50	360	360	10	-	-	-	-	-	-	0,1
39	10	850	60	No	-	50	220	220	10	-	-	-	-	-	-	0,1
40	10	820	60	3	700	50	400	400	10	-	-	-	-	-	-	0,1
41	10	850	60	3	700	50	230	230	10	-	-	-	-	-	-	0,1
42	10	800	60	3	700	50	340	340	10	-	-	-	-	-	-	0,1

* Después de que se detuvo el enfriamiento, se llevó a cabo un recalentamiento hasta la temperatura de mantenimiento.

Usando un EPMA, se analizó la distribución de Mn en las chapas de acero laminadas en frío para ensayo resultantes obtenidas bajo diversas condiciones de fabricación (aquellas que se sometieron a un tratamiento térmico bajo las condiciones que se muestran en la Tabla 3). Para evaluar las propiedades mecánicas, se realizó un ensayo de tracción y un ensayo de plegado, en el que el eje del plegado era la dirección de laminación de las chapas de acero laminadas en frío para ensayo.

Métodos de ensayo

[Velocidad media de solidificación]

La sección transversal de cada uno de los planchones resultantes se atacó con un ácido de decapado y se midió en 5 posiciones el espaciado del brazo de la dendrita secundaria λ (micrómetros) a una profundidad de 10 mm desde la capa superficial del planchón. Usando la siguiente ecuación a partir de esos valores, se calculó la velocidad de enfriamiento A desde la temperatura del liquidus hasta la temperatura del solidus del planchón (°C por minuto).

$$\lambda = 710 \times A^{-0,39}$$

[Análisis con un EPMA]

A partir de cada chapa de acero laminada en frío para ensayo, se preparó una muestra para análisis moliendo y puliendo la superficie laminada de la chapa de acero a fin de exponer la superficie a analizar situada a una profundidad de 1/20 del espesor de la chapa desde la superficie laminada, y se examinó la distribución de Mn usando un EPMA. Se seleccionó la región que no incluía MnS y, usando un diámetro de haz de 10 micrómetros, se analizó la distribución de la concentración de Mn en un área que medía 500 micrómetros en la dirección de laminación y un total de 4 mm en la dirección perpendicular a la dirección de laminación, y que se dividió en secciones de 500 micrómetros de ancho cada una en la dirección perpendicular a la dirección de laminación, para hallar la concentración media de Mn de cada sección. Usando los datos resultantes de la distribución de la concentración de Mn, se calculó la relación de segregación del Mn ($Mn_{m\acute{a}x}/Mn_{med}$) a partir de la concentración media de Mn (Mn_{med}) y la concentración máxima de Mn ($Mn_{m\acute{a}x}$).

[Ensayo de tracción]

De cada chapa de acero laminada en frío para ensayo se tomó una probeta para ensayo de tracción según la norma JIS N° 5 en la dirección perpendicular a la dirección de laminación, y se midió la resistencia a la tracción (TS, siglas del inglés "tensile strength").

[Ensayo de plegado]

De cada chapa de acero laminada en frío para ensayo se tomó una probeta para ensayo de plegado (40 mm de ancho x 100 mm de largo x 1,2 mm de espesor) en la que la dirección longitudinal estaba en dirección perpendicular a la dirección de laminación, de modo que el eje sobre el que tuvo lugar el plegado coincidía con la dirección de laminación. La probeta de ensayo se sometió a un ensayo de plegado de 180° con una chapa de acero que tenía un espesor de 2,4 mm y que estaba dispuesta en el interior de la zona plegada (para hacer un plegado con un radio de 1,0t), y se determinó visualmente si se producía fisuración. Las chapas de acero laminadas en frío que no experimentaron fisuración se sometieron a un ensayo de plegado de 180° con una chapa de acero que tenía un espesor de 1,2 mm y que estaba dispuesta en el interior de la zona plegada (para realizar un plegado con un radio de 0,5t) usando una probeta de ensayo que se tomó de la misma manera que la descrita anteriormente, y de la misma manera se realizó la observación visual de aparición de fisuración. Las chapas de acero laminadas en frío que no experimentaron fisuración en este ensayo se sometieron a un ensayo de plegado de 180°, sin disponer una chapa de acero en el interior de la zona plegada (un ensayo de plegado con contacto íntimo y un radio de plegado de 0t), y de la misma manera se determinó si tenía lugar fisuración.

Se halló el radio de plegado expresado en función del espesor de la chapa (t), dividiendo el espesor de chapa de la chapa de acero dispuesta en el interior de la zona plegada, entre el doble del espesor de la probeta de ensayo de plegado (2,4 mm), y el radio de plegado más pequeño (R_{min} que se muestra en la Tabla 4) para los casos en los que no se determinó fisuración después de que se concluyera el ensayo. Cuando se observó fisuración con un radio de plegado de 1,0t, se determinó que el radio de plegado mínimo era mayor que 1,0t.

[Estado de la superficie después de la deformación por plegado]

De cada chapa de acero laminada en frío para ensayo, de entre cada chapa de acero laminada en frío para la que el radio de plegado mínimo fue como máximo 1,0t en el ensayo de plegado descrito anteriormente, se tomó una probeta de ensayo de plegado (40 mm de ancho x 60 mm de largo x 1,2 mm de espesor), en la que la dirección longitudinal estaba en dirección perpendicular a la dirección de la laminación, de modo que el eje de plegado coincidía con la dirección de laminación. Cada probeta de ensayo se sometió a un ensayo de plegado de 90° haciendo presión contra la probeta de ensayo con un punzón de 90° que tenía un radio de 1,2 mm en su extremo (para realizar un plegado con un radio de 1,0t), y se determinó visualmente si en la superficie había irregularidades. Se evaluó el estado de la superficie como malo para las muestras que tenían irregularidades superficiales y como

5 bueno para las muestras sin irregularidades superficiales. Las chapas de acero laminadas en frío cuya superficie tenía un estado bueno y que tenían un radio de plegado mínimo de como máximo 0,5t en el ensayo de plegado descrito anteriormente, se sometieron adicionalmente a un ensayo de plegado de 90° haciendo presión con un punzón de 90°, que tenía un radio en su extremo 0,6 mm (para realizar un plegado con un radio de 0,5t), contra una probeta de ensayo tomada de la misma manera que la descrita anteriormente, y se observó visualmente si en la superficie había irregularidades. Se evaluó el estado de la superficie de la misma manera que la descrita anteriormente.

Explicación de los resultados de los ensayos

En la Tabla 4 se muestran los resultados de estos ensayos.

10

ES 2 672 070 T3

Tabla 4

Acero de ensayo N°	Relación de segregación del Mn	TS (MPa)	R _{min} en el ensayo de plegado	Estado de la superficie después del plegado (radio de plegado = 1,0t)	Estado de la superficie después del plegado (radio de plegado = 0,5t)	Categoría
1	1,14	876	0t	Bueno	Bueno	Inversión
2	1,27	853	0,5t	Bueno	Malo	Inversión
3	1,22	982	1,0t	Bueno	N.D.	Inversión
4	<u>1,39</u>	864	0,5t	<u>Malo</u>	N.D.	Comparativo
5	1,19	<u>553</u>	0t	Bueno	Bueno	Comparativo
6	<u>1,35</u>	982	0,5t	<u>Malo</u>	N.D.	Comparativo
7	1,15	883	0t	Bueno	Bueno	Inversión
8	1,10	927	0,5t	Bueno	Bueno	Inversión
9	1,16	<u>565</u>	0t	Bueno	Bueno	Comparativo
10	1,11	774	0t	Bueno	Bueno	Inversión
11	1,08	1035	0,5t	Bueno	Bueno	Inversión
12	1,08	984	0,5t	Bueno	Bueno	Inversión
13	1,12	1001	0,5t	Bueno	Bueno	Inversión
14	1,14	1022	0,5t	Bueno	Bueno	Inversión
15	1,15	983	0,5t	Bueno	Bueno	Inversión
16	1,06	987	0,5t	Bueno	Bueno	Inversión
17	1,12	1.010	0,5t	Bueno	Bueno	Inversión
18	<u>1,32</u>	1.032	1,0t	<u>Malo</u>	N.D.	Comparativo
19	<u>1,30</u>	1.021	<u>>1,0t</u>	N.D.	N.D.	Comparativo
20	1,14	1.012	0,5t	Bueno	Bueno	Inversión
21	1,15	794	0t	Bueno	Bueno	Inversión
22	1,17	1.009	0,5t	Bueno	Bueno	Inversión
23	1,12	983	0,5t	Bueno	Bueno	Inversión
24	1,12	986	0,5t	Bueno	Bueno	Inversión
25	1,23	1.032	0,5t	Bueno	Malo	Inversión
26	1,12	725	0,5t	Bueno	Bueno	Inversión
27	1,14	751	0,5t	Bueno	Bueno	Inversión
28	1,17	<u>502</u>	0t	Bueno	Bueno	Comparativo
29	1,24	594	0,5t	Bueno	Malo	Inversión
30	1,15	621	0,5t	Bueno	Bueno	Inversión
31	1,16	632	0,5t	Bueno	Bueno	Inversión
32	1,12	<u>542</u>	0t	Bueno	Bueno	Comparativo
35	1,12	631	0,5t	Bueno	Bueno	Inversión
36	1,09	995	≤0,5t	Bueno	Bueno	Inversión
37	1,12	994	0,5t	Bueno	Bueno	Inversión
38	1,15	846	0t	Bueno	Bueno	Inversión
39	1,16	873	0t	Bueno	Bueno	Inversión
40	1,15	652	0t	Bueno	Bueno	Inversión
41	<u>1,31</u>	787	1,0t	<u>Malo</u>	N.D.	Comparativo
42	1,24	702	0,5t	Bueno	Malo	Inversión

N.D.: No determinado.

Los aceros de ensayo números 1-3, 7, 8, 10-17, 20-27, 29-31, 35-40 y 42 de la Tabla 4 son ejemplos de la presente invención que satisfacen todas las condiciones de la presente invención.

5 Por el contrario, los aceros de ensayo números 4 y 18 tenían una velocidad de solidificación, en la etapa de recocido continuo a una profundidad de 10 mm desde la superficie, que estaba por debajo del límite inferior establecido por la presente invención, por lo que la relación de segregación del Mn era mayor que 1,30, y las propiedades de plegado eran malas o el estado de la superficie después de la deformación por plegado era malo.

Los aceros de ensayo números 6, 19 y 41 no contenían Bi, por lo que la relación de segregación del Mn era mayor que 1,30, y las propiedades de plegado eran malas o el estado de la superficie después de la deformación por plegado era malo.

10 Los aceros de ensayo números 5, 9, 28 y 32 tenían un contenido de C o un contenido de Mn que estaban por debajo del límite inferior establecido por la presente invención, por lo que no se obtuvo la resistencia a la tracción deseada.

15 Todas las chapas de acero de los ejemplos de acuerdo con la presente invención tenían una resistencia a la tracción de al menos 590 MPa, y las propiedades de plegado y el estado de la superficie después de la deformación por plegado eran buenos. En particular, para chapas de acero de los aceros de ensayo números 1, 7, 8, 10-17, 20-24, 26, 27, 30, 31 y 35-40, el contenido de Bi estaba en el intervalo preferido descrito anteriormente de al menos 0,0010% hasta como máximo 0,05%, la temperatura de homogeneización y la duración de la homogeneización estaban en los intervalos preferidos descritos anteriormente de al menos 1.200°C hasta como máximo 1.350°C y de al menos 1,0 horas hasta como máximo 3 horas, respectivamente, y la relación de segregación del Mn era inferior a 1,20, por lo que la resistencia a la tracción era al menos 590 MPa y las propiedades de plegado mejoraron aún más.

20

REIVINDICACIONES

- 5 1.- Una chapa de acero caracterizada por tener una composición química que consiste en C, Si, Mn, P, S, sol. Al, N, Bi, Ti, Nb, V, Cr, Mo, Ni, Ca, Mg, REM, Zr y B, en la que el contenido en porcentaje en masa es C: 0,03 - 0,20%, Si: 0,005 - 2,0%, Mn: 1,2 - 3,5%, P es al menos 0,003% y $P \leq 0,1\%$, S: $\leq 0,01\%$, sol. Al: 0,001 - 1,0%, N: $\leq 0,01\%$, Bi: 0,0001 - 0,05%, Ti: 0 - 0,3%, Nb: 0 - 0,3%, V: 0 - 0,3%, Cr: 0 - 1%, Mo: 0 - 1%, Ni: 0 - 1%, Ca: 0 - 0,01%, Mg: 0 - 0,01%, REM: 0 - 0,01%, Zr: 0 - 0,01%, y B: 0 - 0,01%, siendo el resto Fe e impurezas, y por ser menor que 1,30 la relación de segregación del Mn ($Mn_{m\acute{a}x}/Mn_{med}$) calculada a partir de la concentración media de Mn (Mn_{med}) y la concentración máxima de Mn ($Mn_{m\acute{a}x}$) a una profundidad de 1/20 del espesor de la chapa desde la superficie de la chapa de acero.
- 10 2.- Una chapa de acero según se indica en la reivindicación 1, en donde la composición química contiene, en porcentaje en masa, al menos un elemento de Ti: 0,003 - 0,3%, Nb: 0,003 - 0,3% y V: 0,003 - 0,3%.
- 3.- Una chapa de acero según se indica en la reivindicación 1 o la reivindicación 2, en donde la composición química contiene, en porcentaje en masa, al menos un elemento de Cr: 0,01 - 1%, Mo: 0,01 - 1% y Ni: 0,01 - 1%.
- 15 4.- Una chapa de acero según se indica en una cualquiera de las reivindicaciones 1-3, en donde la composición química contiene, en porcentaje en masa, al menos un elemento de Ca: 0,0001 - 0,01%, Mg: 0,0001 - 0,01%, REM: 0,0001 - 0,01% y Zr: 0,0001 - 0,01%.
- 5.- Una chapa de acero según se indica en una cualquiera de las reivindicaciones 1-4, en donde la composición química contiene, en porcentaje en masa, B: 0,0003 - 0,01%.
- 20 6.- Una chapa de acero tratada superficialmente caracterizada por tener una capa de revestimiento metálico formada sobre la superficie de al menos una cara de la chapa de acero según se indica en una cualquiera de las reivindicaciones 1-5.

Fig. 1

