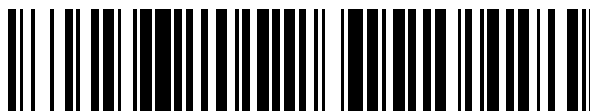


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 523 760**

51 Int. Cl.:

C22C 38/00 (2006.01)

C22C 38/12 (2006.01)

C22C 38/58 (2006.01)

C21D 9/46 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **27.07.2005 E 05767035 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **08.10.2014 EP 1806421**

54 Título: **Chapa de acero que tiene un alto módulo de Young, chapa de acero galvanizada con zinc por inmersión en caliente usando la misma, chapa de acero galvanizada con zinc por inmersión en caliente y aleada, tubo de acero que tiene un alto módulo de Young, y método para la fabricación de los mismos**

30 Prioridad:

27.07.2004 JP 2004218132

15.11.2004 JP 2004330578

27.01.2005 JP 2005019942

15.07.2005 JP 2005207043

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

01.12.2014

73 Titular/es:

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

72 Inventor/es:

**SUGIURA, NATSUKO;
YOSHINAGA, NAOKI;
HIWATASHI, SHUNJI;
TAKAHASHI, MANABU;
HANYA, KOJI;
UNO, NOBUYOSHI;
KANNO, RYOICHI;
MIYASAKA, AKIHIRO y
SENUMA, TAKEHIDE**

74 Agente/Representante:

DE ELZABURU MÁRQUEZ, Alberto

ES 2 523 760 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 que tiene un alto módulo de Young, chapa de acero galvanizada con zinc por inmersión en caliente usando la misma, chapa de acero galvanizada con zinc por inmersión en caliente y aleada, tubo de acero que tiene un alto módulo de Young, y método para la fabricación de los mismos

5 La presente invención se refiere a chapas de acero que tienen un alto módulo de Young, a chapas de acero galvanizadas por inmersión en caliente usando las mismas, a chapas de acero galvanizadas por inmersión en caliente y aleadas, a tubos de acero que tienen un alto módulo de Young, y a métodos para fabricarlos.

Esta solicitud reivindica prioridad sobre la Solicitud de Patente Japonesa N° 2004-218132 presentada el 27 de julio de 2004, la Solicitud de Patente Japonesa N° 2004-330578 presentada el 15 de noviembre de 2004, la Solicitud de Patente Japonesa N° 2005-019942 presentada el 27 de enero de 2005, y la Solicitud de Patente Japonesa N° 2005-207043 presentada el 15 de julio de 2005, cuyos contenidos se incorporan en la presente memoria descriptiva como referencia.

15 Se han realizado muchos informes sobre las tecnologías para elevar el módulo de Young. La mayoría de ellas están relacionadas con tecnologías para aumentar el módulo de Young en la dirección de laminación (RD) y en la dirección transversal (TD), perpendicular a la dirección de laminación (RD).

Los documentos de patentes 1 a 9, por ejemplo, describen cada uno de ellos una tecnología para aumentar el módulo de Young en la dirección TD llevando a cabo una laminación bajo presión en la región de la fase $\alpha + \gamma_2$.

20 El documento de patente 10 describe una tecnología para aumentar el módulo de Young en la dirección TD sometiendo la capa superficial a una laminación bajo presión a una temperatura inferior a la temperatura de transformación Ar_3 .

Por otro lado, también se han propuesto tecnologías para aumentar el módulo de Young en la dirección transversal y aumentar simultáneamente el módulo de Young en la dirección de laminación. Es decir, el documento de patente de patente 11 propone aumentar, a la vez, los módulos de Young llevando a cabo una laminación en una dirección fija así como una laminación en la dirección transversal, perpendicular a esta dirección. Sin embargo, cambiar la dirección de laminación durante el tratamiento de laminación continua en caliente de una chapa delgada compromete sensiblemente la productividad y por eso, no es práctico.

El documento de patente 12 describe una tecnología relacionada con las chapas de acero laminadas en frío con un alto módulo de Young, pero en este caso también el módulo de Young en la dirección TD es alto, pero el módulo de Young en la dirección RD no es alto.

30 También, el documento de patente 13 describe una tecnología para aumentar el módulo de Young añadiendo un material compuesto de Mo, Nb, y B, pero debido a que las condiciones de laminación son completamente diferentes, el módulo de Young en la dirección TD es alto, pero el módulo de Young en la dirección RD no es alto.

Como se ilustró anteriormente, aunque convencionalmente han existido chapas de acero que tenían un "alto módulo de Young", todas estas eran chapas de acero con altos módulos de Young en la dirección de laminación (RD) y en la dirección transversal (TD). A propósito, la anchura máxima de la chapa de acero es de aproximadamente 2 m y, por eso, si la dirección con el mayor módulo de Young es la dirección longitudinal del miembro, entonces la chapa de acero no podrá ser más larga que ancha. Por lo tanto, ha habido una demanda de chapas de acero con un alto módulo de Young en la dirección de laminación que pueden servir como miembros largos. Además, ha sido un requisito previo para los métodos de fabricación la laminación en caliente en la región $\alpha + \gamma$, en la que se producen fácilmente fluctuaciones en la fuerza de reacción de la laminación, y esto ha originado un problema en la productividad.

45 Al tratar chapas de acero para obtener componentes para automóviles o para construcción, es una cuestión muy importante la capacidad de la chapa de acero para mantener una forma determinada. Por ejemplo, una chapa de acero que ha sido doblada trata de recuperar su forma primitiva cuando se retira la carga, y esto lleva al problema de que no se puede obtener una forma deseada. Este problema se ha hecho incluso más pronunciado a medida que las chapas de acero se hacen más fuertes, y es un obstáculo cuando se vayan a adoptar chapas de acero de alta resistencia como componentes.

Documento de patente 1: Solicitud de patente japonesa no examinada, primera publicación N° S59-83721

Documento de patente 2: Solicitud de patente japonesa no examinada, primera publicación N° H5-263191

50 Documento de patente 3: Solicitud de patente japonesa no examinada, primera publicación N° H8-283842

Documento de patente 4: Solicitud de patente japonesa no examinada, primera publicación N° H8-311541

Documento de patente 5: Solicitud de patente japonesa no examinada, primera publicación N° H9-53118

Documento de patente 6: Solicitud de patente japonesa no examinada, primera publicación N° H4-136120

Documento de patente 7: Solicitud de patente japonesa no examinada, primera publicación N° H4-141519

Documento de patente 8: Solicitud de patente japonesa no examinada, primera publicación N° H4-147916

Documento de patente 9: Solicitud de patente japonesa no examinada, primera publicación N° H4-293719

5 Documento de patente 10: Solicitud de patente japonesa no examinada, primera publicación N° H4-143216

Documento de patente 11: Solicitud de patente japonesa no examinada, primera publicación N° H4-147917

Documento de patente 12: Solicitud de patente japonesa no examinada, primera publicación N° H5-255804

Documento de patente 13: Solicitud de patente japonesa no examinada, primera publicación N° H08-1311541.

10 El documento EP-A-1362930 describe una chapa delgada de acero para uso en automóviles, con excelente resistencia a la fatiga con entalladura, conteniendo dicha chapa de acero, en masa, 0,01 a 0,3% de C, 0,01 a 2% de Si, 0,05 a 3% de Mn, 0,1% o menos de P, 0,01% o menos de S, y 0,005 a 1% de Al, consistiendo el resto en Fe y las inevitables impurezas, caracterizado porque, en un plano a una profundidad arbitraria dentro de los 0,5 mm a partir de la superficie de dicha capa de acero en la dirección de su espesor; el promedio de las relaciones de intensidad de la difracción de rayos X en el grupo de componentes de orientación de $\{100\} \langle 011 \rangle$ a $\{223\} \langle 110 \rangle$ respecto a la intensidad de la difracción aleatoria de rayos X es 2 o más, y el promedio de las relaciones de intensidad de la difracción de rayos X en las tres componentes de orientación de $\{554\} \langle 225 \rangle$, $\{111\} \langle 112 \rangle$ y $\{111\} \langle 110 \rangle$ respecto a la intensidad de la difracción aleatoria rayos X es 4 o menos, y que el espesor de dicha chapa de acero está en el intervalo de 0,5 a 12 mm, y un método para producir dicha chapa de acero sometiendo a laminación una plancha de acero que contiene los componentes químicos anteriormente mencionados, con un coeficiente de reducción total del 25% o más, en un intervalo de temperatura de la temperatura de transformación $Ar_3 + 100^\circ C$ o inferior.

15 El documento EP-A-1327695 describe una chapa de acero ferrítico en la que el valor medio de las relaciones de intensidades aleatorias de rayos X de un grupo de orientaciones de $\{100\} \langle 011 \rangle$ a $\{223\} \langle 110 \rangle$ es de 3,0 o más, y un valor medio de las relaciones de intensidades aleatorias de rayos X de tres orientaciones cristalinas de $\{554\} \langle 225 \rangle$, $\{111\} \langle 112 \rangle$, y $\{111\} \langle 110 \rangle$ es de 3,5 o menos, y además al menos uno de los valores r en la dirección de laminación y en una dirección en ángulo recto a ella es de 0,7 o menos.

20 Se llegó a la presente invención a la vista de las cuestiones anteriormente mencionadas, y es un objeto de la misma proporcionar una chapa de acero con un alto módulo de Young que tiene un excelente módulo de Young en la dirección de la laminación (dirección RD), y una chapa de acero galvanizada por inmersión en caliente usando la misma, una chapa de acero galvanizada por inmersión en caliente y aleada, un tubo de acero que tiene un alto módulo de Young, y métodos para fabricarlos.

25 La intensa investigación llevada a cabo por los inventores con el fin de conseguir los objetos anteriormente mencionados conduce a los hallazgos no convencionales que se discuten más adelante.

30 Es decir, desarrollando una textura predeterminada próxima a la superficie de un acero que contiene una cantidad predeterminada de C, Si, Mn, P, S, Mo, B y Al, los inventores tuvieron éxito al conseguir una chapa de acero con un alto módulo de Young en la dirección de laminación.

35 La chapa de acero que se obtiene a través de la invención tiene un módulo de Young particularmente alto de 240 GPa, o más, cerca de su superficie y por eso tiene una capacidad de conformado por doblado sensiblemente mejorada y, por ejemplo, su capacidad para mantener la forma también está sensiblemente mejorada. La razón de por qué el aumento de la resistencia da como resultado más defectos de mantenimiento de la forma como por ejemplo la recuperación, es que hay un gran rebote cuando se ha retirado el peso que se aplica durante la deformación por presión. Por lo tanto, aumentando el módulo de Young el rebote se mantiene abajo, y se posibilita reducir la recuperación. Además, ya que el comportamiento de la deformación cerca de la capa superficial, donde el momento flector es grande durante la deformación por doblado, afecta sensiblemente a la capacidad de mantener la forma, se hace posible una sensible mejora aumentando el módulo de Young únicamente en la capa superficial.

40 La presente invención es una chapa de acero completamente nueva, y un método para fabricarla, que se ha concebido basándose en los anteriores conceptos y en nuevos hallazgos y que no se encuentran en la técnica convencional.

45 El objeto anterior se puede conseguir mediante las características especificadas en las reivindicaciones.

50 Según la chapa de acero que tiene un alto módulo de Young de la presente invención, se hace posible desarrollar la textura de cizalladura cerca de la capa superficial en la región y de baja temperatura definiendo la composición expuesta en la reivindicación 1. Además, adoptar la textura expuesta en la reivindicación 1, permite que se consiga en particular un excelente módulo de Young en la dirección de laminación (dirección RD).

Según el método para fabricar una chapa de acero de la invención que tiene un alto módulo de Young, se hace posible desarrollar la textura de cizalladura cerca de la capa superficial en la región γ de baja temperatura usando una plancha que tenga la composición expuesta en la reivindicación 7, Además, mediante laminación en caliente bajo las condiciones anteriormente descritas, es posible conseguir la textura expuesta en la reivindicación 1 y, en particular, se puede obtener una chapa de acero con excelente módulo de Young en la dirección de laminación (dirección RD) .

La invención se describe con detalle junto con el dibujo, en el que:

La Figura 1 es una vista de un corte transversal de la pieza de prueba usada en el ensayo de doblado en forma de sombrero.

Las razones para limitar la composición del acero y las condiciones de fabricación, como se describió anteriormente en la invención, se explican a continuación.

Primera realización

La chapa de acero de la primera realización contiene, en tanto por ciento en masa, C: 0,0005 a 0,30%, Si: 2,5% o menos, Mn: 2,7 a 5,0%, P: 0,15% o menos, S: 0,015% o menos, Mo: 0,15 a 1,5%, B: 0,0006 a 0,01%, y Al: 0,15% o menos, y el resto es Fe y las inevitables impurezas. Una, o ambas, de la densidad de polos {110} <223> y la densidad de polos {110} <111> en la capa correspondiente a 1/8 del espesor de chapa es 10 o más, y el módulo de Young en la dirección de laminación es superior a 230 GPa.

El C es un elemento que no es caro y que aumenta la resistencia a la tracción y, por eso, la cantidad de C que se añade se ajusta según el nivel de resistencia buscado. Cuando la cantidad de C es inferior al 0,0005% en masa, no sólo la producción de acero se hace técnicamente difícil y muy costosa, sino que también empeoran las propiedades de fatiga de las secciones soldadas. Por eso, el 0,0005% en masa sirve como límite inferior. Por otro lado, una cantidad de C por encima del 0,30% en masa conduce a un deterioro en la capacidad de moldeo y afecta negativamente a la capacidad de soldeo. Por eso, el 0,30% en masa sirve como límite superior.

El Si no sólo actúa para aumentar la resistencia como elemento que refuerza la solución sólida, sino que también es eficaz para obtener, por ejemplo, una estructura que incluye martensita o bainita además de γ residual. La cantidad de Si que se añade, se ajusta según el nivel de resistencia buscado. Cuando la cantidad añadida es superior al 2,5% en masa, la capacidad de moldeo por presión se empobrece y conduce a una caída en la conversión química. Por eso, el 2,5% en masa sirve como límite superior.

Cuando se realiza una galvanización por inmersión en caliente, el Si origina problemas tales como la disminución de la adherencia del chapado y la disminución de la productividad por retraso de la reacción de aleación y, por eso, es preferible que el Si esté en un 1,2% en masa o menos. Aunque no se establecen límites inferiores concretos, los costes de producción aumentan cuando el Si es del 0,001% en masa o menos y, por eso, el límite práctico inferior está por encima del 0,001% en masa.

El Mn es importante en la presente invención. Es decir, es un elemento que es esencial para obtener un alto módulo de Young. En la presente invención, el Mn puede desarrollar el módulo de Young en la dirección de laminación desarrollando la textura de cizalladura cerca de la capa superficial de la chapa de acero, en la región γ de baja temperatura. El Mn estabiliza la fase γ y origina que la región γ se expanda hacia bajas temperaturas, facilitando así la laminación de la región γ de baja temperatura. El propio Mn también puede actuar eficazmente hacia la formación de la textura de cizalladura cerca de la capa superficial. Desde este punto de vista, se añade al menos un 2,7% en masa de Mn. Por otro lado, cuando el Mn está presente en más del 5,0% en masa, la resistencia llega a ser demasiado alta y disminuye la ductilidad y dificulta la capacidad de que el chapado de cinc se adhiera firmemente. Por eso, el 5,0% en masa sirve como límite superior. Preferiblemente, el porcentaje es del 2,9 al 4% en masa.

Se sabe que el P, como el Si, es un elemento que no es caro y aumenta la resistencia, y en casos donde es necesario aumentar la resistencia, se puede añadir activamente P adicional. El P tiene también el efecto de conseguir una estructura laminada en caliente más fina y mejora su aptitud para el trabajo. Sin embargo, cuando se añade P en más del 0,15% en masa, la resistencia a la fatiga después de la soldadura por puntos se puede empobrecer o puede aumentar demasiado el límite elástico y conducir a defectos de la forma de la superficie al hacer presión. Además, cuando se realiza una galvanización continua por inmersión en caliente, la reacción de aleación se hace extremadamente lenta, y esto disminuye la productividad. La fragilidad secundaria por trabajo también empeora. Por consiguiente, el 0,15% en masa sirve como límite superior.

El S, cuando está presente en más del 0,015% en masa, llega a ser causa de la formación de grietas en caliente y disminuye la aptitud para el trabajo y, por eso su límite superior es del 0,015% en masa.

El Mo y el B son cruciales para la presente invención. No es hasta que se añaden estos elementos cuando se hace posible aumentar el módulo de Young en la dirección de laminación. La razón para esto no es absolutamente clara, pero se cree que el efecto de la adición combinada de Mn, Mo y B, cambia la rotación del cristal mediante la deformación por cizalladura que resulta de la fricción entre la chapa de acero y el laminador caliente. El resultado es

que se forma una textura extremadamente nítida en la región que va desde la capa superficial de la chapa laminada en caliente hasta la capa que está a aproximadamente 1/4 del espesor de la chapa, y esto aumenta el módulo de Young en la dirección de laminación.

5 Los límites inferiores de la cantidad de Mo y de B son del 0,15% en masa y del 0,0006% en masa, respectivamente. Esto es debido a que cuando se añaden en cantidades inferiores a éstas, se hace más pequeño el efecto anteriormente discutido de aumentar el módulo de Young. Por otro lado, al añadir Mo y B en más del 1,5% en masa y del 0,01% en masa, respectivamente, no se originará que aumente más el efecto de elevar el módulo de Young y únicamente aumentan los costes y, por eso, el 1,5% en masa y el 0,01% en masa sirven como respectivos límites superiores.

10 Hay que indicar que se puede potenciar más el efecto de aumentar el módulo de Young añadiendo simultáneamente estos elementos combinándolos también con C. Por eso, es preferible que la cantidad de C sea del 0,015% en masa o más.

15 Se puede usar Al como un regulador de la desoxidación. Sin embargo, ya que el Al aumenta sensiblemente la temperatura de transformación y hace por eso difícil la laminación bajo presión en la región γ de baja temperatura, su límite superior se establece en el 0,15% en masa.

20 Es preferible que la chapa de acero de la presente realización contenga Ti y Nb además de los componentes anteriormente mencionados. El Ti y el Nb tienen el efecto de potenciar los efectos del Mn, Mo, y B anteriormente discutido para aumentar más el módulo de Young. También son eficaces en la mejora de la aptitud para el trabajo, en el aumento de la resistencia, y al hacer la estructura más fina y más uniforme y, por eso, se pueden añadir según sea necesario. Sin embargo, no se ve ningún efecto cuando se añaden en menos del 0,001% en masa, mientras que los efectos tienden a estabilizarse cuando se añaden en más del 0,20% en masa y, por eso, sirve como límite superior. Preferiblemente, están presentes del 0,015% al 0,09% en masa.

25 El Ca es útil como elemento desoxidante, y también exhibe un efecto sobre el control de la forma de los sulfuros y, por eso, se puede añadir en un intervalo del 0,0005 al 0,01% en masa. No tiene un efecto suficiente cuando está presente en menos del 0,0005% en masa, mientras que dificulta la aptitud para el trabajo cuando se añade en más del 0,01% en masa y, por eso se ha adoptado este intervalo.

30 Una chapa de acero que contiene estos como sus componentes primarios también puede contener Sn, Co, Zn, W, Zr, Mg, y uno o más de REM, en un contenido total del 0,001 al 1% en masa. Aquí, REM se refiere a elementos metálicos de las tierras raras, y es posible seleccionar uno o más de Sc, Y, La, Ce, Pr, Nd, Pm, Sm, Eu, Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Tm, Yb, y Lu.

Sin embargo, el Zr forma ZrN y, por eso, reduce la cantidad de N en solución sólida y, por esta razón, es preferible que el Zr esté presente en un 0,01% en masa o menos.

35 El Ni, Cu, y Cr son elementos útiles para realizar la laminación de la región γ de baja temperatura y se puede añadir uno o dos, o más, de estos en un total combinado de 0,001 a 4,0% en masa. No se obtiene un efecto sensible cuando es inferior al 0,001% en masa, mientras que añadir más del 4,0% en masa afecta negativamente a la aptitud para el trabajo.

El N es un elemento estabilizador de la región γ y, por eso es un elemento útil para realizar la laminación de la región γ de baja temperatura. Por eso, se puede añadir hasta un 0,02% en masa. El 0,02% en masa sirve como límite superior práctico porque una adición superior a esa, hace difícil la fabricación.

40 Es preferible que la cantidad de N en la solución sólida y de C en la solución sólida sea, cada una de ellas, de 0,0005 a 0,004% en masa. Cuando la chapa de acero que los contiene es tratada como un componente miembro, se produce el envejecimiento por deformación incluso a temperatura ambiente y eleva el módulo de Young. Por ejemplo, cuando se adopta la chapa de acero en aplicaciones de automóviles, la ejecución de una cocción de la pintura después del tratamiento aumenta no sólo el límite elástico sino también el módulo de Young de la chapa de acero.

La cantidad de N en la solución sólida y de C en la solución sólida se puede hallar restando la cantidad de C y de N presente (cantidad medida a partir del análisis químico del residuo del extracto) como los compuestos con, por ejemplo, Fe, Al, Nb, Ti, y B, del contenido total de C y N. La cantidad también se puede hallar usando un método de fricción interna o FIM (Microscopía de ionización de campo).

50 Cuando el contenido de C y de N en la solución sólida es inferior al 0,0005% en masa, no se puede conseguir un efecto suficiente. Cuando es superior al 0,004% en masa, las propiedades de BH tienden a saturarse y, por eso, el 0,004% en masa sirve como límite superior.

La textura, el módulo de Young, y el contenido de BH de la chapa de acero se describen a continuación.

5 La densidad de polos $\{110\} \langle 223 \rangle$ y/o la densidad de polos $\{110\} \langle 111 \rangle$ en la capa de la lámina del acero de la primera realización correspondiente a $1/8$ del espesor de chapa es 10 o más. Como resultado, es posible aumentar el módulo de Young en la dirección de laminación. Cuando la densidad de polos es inferior a 10, es difícil aumentar el módulo de Young en la dirección de laminación por encima de 230 GPa. La densidad de polos es, preferiblemente, de 14 o más, y más preferiblemente 20 o más.

10 La densidad de polos (relación de intensidades aleatorias de rayos X) en estas orientaciones se puede hallar a partir de la textura tridimensional (ODF) calculada mediante un método de expansión en serie basado en una pluralidad de guarismos de los polos entre los guarismos de los polos $\{110\}$, $\{100\}$, $\{211\}$, y $\{310\}$ medidos por difracción de rayos X. En otras palabras, las densidades de polos de las diversas orientaciones cristalinas están representadas por la intensidad $(110) [2-23]$ y $(110) [1-11]$ en el corte transversal $\phi_2 = 45^\circ$ de la textura tridimensional.

A continuación se muestra un ejemplo de cómo se mide la densidad de polos.

La muestra para difracción de rayos X se produjo como sigue.

15 Se pulió una chapa de acero hasta una posición predeterminada en la dirección del espesor de chapa mediante, por ejemplo, un pulido mecánico o un pulido químico. Esta superficie pulida fue lustrada hasta formar una superficie especular y luego, mientras que se quitaban las deformaciones mediante electropulido o de pulido químico, el espesor se ajusta de manera que el espesor de la capa $1/8$ o el espesor de la capa $1/2$, discutido más adelante, llegue a ser la superficie medida. Por ejemplo, en el caso de la capa $1/8$, cuando t sirve como el espesor de la lámina de acero, entonces la superficie de la lámina de acero se pule hasta un espesor de pulido de $t/8$ y la superficie pulida que está expuesta sirve como la superficie medida. Hay que indicar que es difícil obtener una
20 superficie medida que sea exactamente $1/8$ ó $1/2$ del espesor de la chapa y, por eso, es suficiente producir una muestra cuya superficie medida esté en un intervalo de comprendido entre el -3% y el $+3\%$ del espesor de la capa buscada. También, en casos en donde se observa una banda de segregación en la capa central de la chapa de acero correspondiente al espesor de la chapa, es posible realizar la medida en un lugar donde no existe la banda de segregación, en un intervalo de espesor de chapa de $3/8$ a $5/8$. Además, en casos donde es difícil la medida con
25 rayos X, es posible medir valores estadísticamente significativos mediante EBSP o ECP.

Los $\{hkl\} \langle uvw \rangle$ anteriormente discutidos significan que cuando se obtiene la muestra para rayos X como se describió anteriormente, la orientación cristalina perpendicular a la superficie de la chapa es $\langle hkl \rangle$ y la dirección longitudinal de la chapa de acero es $\langle uvw \rangle$.

30 Las características de la textura de la chapa de acero no se pueden expresar mediante los guarismos de los polos inversos ordinarios o los guarismos de los polos positivos únicamente, y por ejemplo, en el caso donde el guarismo del polo inverso, que expresa la orientación cristalina en la dirección normal a la superficie de la chapa de acero, se mide cerca de la capa correspondiente a $1/8$ del espesor de la chapa, luego la relación de las intensidades de las superficies (relación de intensidades aleatorias de rayos X) de las orientaciones es, preferiblemente, $\langle 110 \rangle$: 5 o más, $\langle 112 \rangle$: 2 o más. Para la capa correspondiente a $1/2$ del espesor de chapa, es preferible que $\langle 112 \rangle$: 4 o más, y
35 $\langle 332 \rangle$: 1,5 o más.

Estas limitaciones con respecto a la densidad de polos se satisfacen para al menos la capa correspondiente a $1/8$ del espesor de chapa, pero es preferible que estas limitaciones se cumplan no sólo para la capa $1/8$ sino también durante un amplio intervalo hasta la capa $1/4$ desde la capa de la superficial del espesor de la chapa. Además, $\{110\} \langle 001 \rangle$ y $\{110\} \langle 110 \rangle$ son casi inexistentes en la capa correspondiente a $1/8$ del espesor de la chapa, y sus densidades de polos son, preferiblemente, inferiores a 1,5, y más preferiblemente inferiores a 1,0. En las chapas de acero convencional esta orientación estaba presente en una cierta medida en la capa superficial y, por eso, no era posible aumentar el módulo de Young en la dirección de laminación.

45 En la primera realización, es más preferible que la densidad de polos $\{112\} \langle 110 \rangle$ ($(112) [1-10]$ en el corte transversal $\phi_2 = 45^\circ$ de la ODF) en la capa correspondiente a $1/2$ del espesor de chapa sea 6 o más. Cuando se desarrolla esta orientación, la orientación $\langle 111 \rangle$ crece en la dirección transversal (de ahora en adelante denominada también como dirección TD) perpendicular a la dirección de laminación, y como resultado aumenta el módulo de Young en la dirección TD. Es difícil que el módulo de Young en la dirección TD exceda los 230 GPa cuando esta densidad de polos sea inferior a 6, y por eso éste sirve como límite inferior. Preferiblemente, la densidad de polos es 8 o más, y más preferiblemente es 10 o más.

50 Se puede esperar que las densidades de polos $\{554\} \langle 225 \rangle$ y $\{332\} \langle 113 \rangle$ ($(554) [-2-25]$ y $(33) [-1-13]$ en el corte transversal de la ODF) en la capa correspondiente a $1/2$ del espesor de chapa contribuya ligeramente al módulo de Young en la dirección de laminación, y por eso preferiblemente es 3 o más.

Hay que indicar que cada una de las orientaciones cristalinas discutidas anteriormente permite variaciones dentro de $-2,5^\circ$ a $+2,5^\circ$.

55 Cumpliendo simultáneamente los criterios para las densidades de polos de las orientaciones cristalinas en la capa correspondiente a $1/8$ del espesor de chapa y la capa correspondiente a $1/2$ del espesor de chapa, es posible

conseguir un módulo de Young tanto en la dirección de laminación como en la dirección TD que exceda los 230 GPa.

El módulo de Young en la dirección de laminación de la chapa de acero de la primera realización es superior a 230 GPa. La medida del módulo de Young se realiza mediante un método de resonancia lateral a temperatura ambiente según la Norma Industrial Japonesa JISZ2280 "High-Temperature Young's Modulus Measurement of Metal Materials". En otras palabras, se aplican vibraciones desde un transmisor externo a la muestra que no está sujeta y se deja que flote, y se cambia el número de vibraciones del transmisor gradualmente mientras que se mide la frecuencia fundamental de resonancia de la resonancia lateral de la muestra, y a partir de esto se calcula el módulo de Young mediante la siguiente fórmula [3].

$$E = 0,946 \times (l/h)^3 \times m/w \times f^2 \quad \dots [3]$$

Aquí, E es el módulo de Young dinámico (N/m²), l es la longitud (m) de la pieza de ensayo, h es el espesor (m) de la pieza de ensayo, m es la masa (kg), w es la anchura (m) de la pieza de ensayo, y f es la frecuencia fundamental de resonancia (s⁻¹) del método de resonancia lateral.

Es preferible que la cantidad de BH de la chapa de acero sea de 5 MPa o más. Es decir, esto es debido a que el módulo de Young medido aumenta cuando las dislocaciones móviles se fijan por la cocción de la pintura. Este efecto se empobrece cuando la cantidad de BH es inferior a 5 MPa, y no se observa un efecto superior cuando la cantidad de BH excede los 200 MPa. Por eso, el intervalo para la cantidad de BH se establece entre 5 y 200 MPa. La cantidad de BH es más preferiblemente de 30 a 100 MPa.

Hay que indicar que la cantidad de BH se expresa mediante la fórmula [4] de más adelante, en la que σ_2 (MPa) es el esfuerzo cortante necesario para producir deformación plástica cuando la chapa de acero ha sido estirada un 2%, y σ_1 (MPa) es el límite de fluencia superior, cuando después de que la chapa de acero haya sido estirada un 2%, es tratada con calor a 170°C durante 20 minutos y luego estirada otra vez.

$$BH = \sigma_1 - \sigma_2 \text{ (MPa)} \quad \dots [4]$$

Hay que indicar que se puede realizar un chapado basado en aluminio o diversos tipos de electrochapado sobre chapas de acero laminadas en caliente y chapas de acero laminadas en frío. Dependiendo del objetivo, también es posible realizar un tratamiento superficial, tal como proporcionar una película orgánica, una película inorgánica, o diversas pinturas, sobre las chapas de acero laminadas en caliente, las chapas de acero laminadas en frío, y las chapas de acero obtenidas sometiendo estas chapas de acero a diversos tipos de chapado.

El método para fabricar la chapa de acero de la primera realización se describe a continuación.

La primera realización incluye calentar una plancha que contiene, en tanto por ciento en masa, C: 0,0005 a 0,30%, Si: 2,5% o menos, Mn: 2,7 a 5,0%, P: 0,15% o menos, S: 0,015% o menos, Mo: 0,15 a 1,5%, B: 0,0006 a 0,01%, y Al: 0,15% o menos, y siendo el resto Fe y las inevitables impurezas, a 950°C o más, y sometiendo la plancha a laminación en caliente para producir una chapa de acero laminada en caliente.

No hay limitaciones concretas con respecto a la plancha que se proporciona para esta laminación en caliente. En otras palabras, únicamente es necesario que se haya producido, por ejemplo, por colada continua de una plancha o por un fundidor de planchas delgadas. La plancha también es adecuada para un procedimiento tal como colada continua-laminación directa (CC-DR), en la que se realiza una laminación en caliente inmediatamente después de la colada.

Para producir la chapa de acero laminada en caliente como un producto final, es necesario limitar las condiciones de fabricación como sigue.

La temperatura de laminación en caliente se establece en 950°C o más. Esta es la temperatura requerida para establecer la temperatura de acabado por laminación en caliente, más adelante mencionada para la temperatura de transformación Ar₃, o más.

La laminación en caliente se realiza de manera que el total de los coeficientes de reducción por pasada a 800°C o menos, es del 50% o más. El coeficiente de fricción entre los rodillos de presión y la chapa de acero en este momento es superior a 0,2. Esta es una condición esencial para desarrollar la textura de cizalladura de la capa superficial con el fin de aumentar el módulo de Young en la dirección de laminación.

Es preferible que el total de los coeficientes de reducción sea del 70% o más, y más preferiblemente del 100% o más. El total de los coeficientes de reducción se define como R₁ + R₂ ++ R_n, en el caso de n pasadas de laminación bajo presión, donde R₁(%) a R_n(%) son los coeficientes de reducción desde la primera pasada a la enésima (n^a) pasada. R_n = [(espesor de la chapa después de (n - 1)^a pasada - espesor de la chapa después de la n^a pasada]/espesor de la chapa después de (n - 1)^a pasada] x 100 (%).

La temperatura de acabado de la laminación en caliente se establece en un intervalo que va desde la temperatura de transformación Ar₃ o más, hasta 750°C o menos. Cuando es inferior a la temperatura de transformación Ar₃, se

desarrolla la textura $\{110\} \langle 001 \rangle$, y esto no es favorable para el módulo de Young en la dirección de laminación. Cuando la temperatura de acabado es superior a 750°C, es difícil desarrollar una textura de cizalladura favorable en la dirección de laminación desde la capa superficial del espesor de la chapa hasta cerca de la capa correspondiente a 1/4 del espesor de chapa.

- 5 No hay limitaciones concretas con respecto a la temperatura de curvado después de la laminación en caliente, pero como el módulo de Young aumenta cuando el curvado se realiza de 400 a 600°C, es preferible que el curvado se realice en este intervalo.

Al llevar a cabo la laminación en caliente, es preferible que la laminación con velocidad diferencial, en la que la relación de las velocidades de giro entre los rodillos de presión es de al menos el 1%, se realice durante al menos una pasada. Al hacer esto se promueve la formación de texturas cerca de la capa superficial y, por eso, se puede aumentar más el módulo de Young que en el caso en el que no se realice la laminación con velocidad diferencial. Desde este punto de vista, es preferible que se realice la laminación con velocidad diferencial, con una relación de las diferentes velocidades de giro que sea de al menos el 1%, más preferiblemente al menos el 5%, y muy preferiblemente al menos el 10%.

- 15 No hay restricciones concretas con respecto al límite superior para la relación de las diferentes velocidades de giro, pero por las razones anteriormente mencionadas resulta evidente que cuando ambos son altos, se puede obtener un gran aumento en el módulo de Young. Sin embargo, en el momento actual es difícil obtener una relación de las diferentes velocidades de giro que sea superior al 50% y, generalmente, el número de pasadas de laminación de acabado en caliente supera aproximadamente las 8 pasadas.

20 Aquí, la relación de las diferentes velocidades de giro en la presente invención es el valor obtenido dividiendo la diferencia de velocidad entre los rodillos de presión, superior e inferior, por la velocidad del rodillo más lento, expresada como porcentaje. Como en la laminación con velocidad diferencial de la presente invención, no hay diferencia en el efecto de aumentar el módulo de Young independientemente de si es el rodillo superior o el rodillo inferior el que tiene la mayor velocidad.

25 Es preferible que se use al menos un rodillo de trabajo, cuyo diámetro de rodillo es de 700 mm o menos, en la máquina de laminación por presión que se usa para la laminación de acabado en caliente. Al hacer esto se promueve la formación de textura cerca de la capa superficial y, por eso, el módulo de Young se puede aumentar más que en el caso en el que no se use semejante rodillo de trabajo. Desde este punto de vista, el diámetro del rodillo de trabajo es de 700 mm o menos, preferiblemente 600 mm o menos, y más preferiblemente 500 mm o menos. No hay restricciones concretas con respecto al límite inferior del diámetro del rodillo de trabajo, pero la chapa que se mueve no se puede controlar fácilmente cuando está por debajo de los 300 mm. No hay limitaciones con respecto al límite superior del número de pasadas que se usa con un rodillo de diámetro pequeño, pero como ser mencionado previamente, por lo general el número de pasadas de laminación de acabado en caliente supera aproximadamente las 8 pasadas.

35 Es preferible que después de que se haya producido de esta forma la chapa de acero laminada en caliente, sea sometida a un lavado con ácido, sea sometida a un tratamiento térmico (recocido) a una temperatura máxima alcanzada en el intervalo de 500 a 950°C. Haciendo esto, el módulo de Young en la dirección de laminación aumenta incluso más. Hay dudas sobre la razón que hay detrás de esto, pero se supone que las dislocaciones introducidas por la transformación tras la laminación en caliente se reordenan mediante el tratamiento térmico.

40 Cuando la máxima temperatura alcanzada es inferior a 500°C, el efecto no es perceptible, mientras que cuando es superior a 950°C, se produce una transformación $\alpha \rightarrow \gamma$, y como resultado, la acumulación de la textura es la misma o más débil y también el módulo de Young tiende empeorar. Por eso, 500°C y 950°C sirven como límite inferior y límite superior, respectivamente.

45 El intervalo de la temperatura máxima alcanzada es preferiblemente de 650°C a 850°C. No hay limitaciones concretas con respecto al método del tratamiento térmico, y es posible realizar el tratamiento térmico a través de, por ejemplo, una línea de recocido ordinario continuo, recocido en cajas, o una línea de galvanización por inmersión en caliente y en continuo, que se discutirá más adelante.

También es posible someter la chapa de acero laminada en caliente a una laminación en frío y a un tratamiento térmico (recocido). El coeficiente de la laminación en frío se establece en menos del 60%. Esto es debido a que cuando se establece el coeficiente de laminación en frío en el 60% o más, la textura para aumentar el módulo de Young que se ha formado en la chapa laminada en caliente cambia significativamente y disminuye el módulo de Young en la dirección de laminación.

55 El tratamiento térmico se realiza después de que haya acabado la laminación en frío. El intervalo de la máxima temperatura del tratamiento térmico alcanzada es de 500°C a 950°C. Cuando la máxima temperatura alcanzada es inferior a 500°C, el aumento del módulo de Young es pequeño y la aptitud para el trabajo se empobrece y, por eso, los 500°C sirven como límite inferior.

Por otro lado, cuando la temperatura de tratamiento térmico excede los 950°C, se produce una transformación $\alpha \rightarrow \gamma$ y, como resultado, la acumulación de textura es la misma o más débil, y el módulo de Young tiende a empeorar. Por eso, 500°C y 950°C sirven como límite inferior y el límite superior, respectivamente. El intervalo preferible de la temperatura máxima alcanzada es de 600 a 850°C.

5 También es posible enfriar a 550°C o menos, preferiblemente a 450°C o menos, después del tratamiento térmico y luego realizar un tratamiento adicional a una temperatura de 150 a 550°C. Esto se puede llevar a cabo seleccionando las propiedades apropiadas de acuerdo con los diversos objetivos, tales como el control de la cantidad de C en solución sólida, el revenido de la martensita, y el control estructural tal como promover la transformación bainítica.

10 La estructura de la chapa de acero producida por el método para fabricar una chapa de acero que tiene un alto módulo de Young, de esta realización, tiene ferrita o bainita como fase primaria, pero ambas fases puede estar mezcladas juntas, y también es posible para compuestos tales como la martensita, austenita, carburos, y nitruros que van a estar también presentes. En otras palabras, se pueden crear diferentes estructuras que cumplan las características requeridas.

15 Segunda realización

En la segunda realización se describen ejemplos de una chapa de acero galvanizada por inmersión en caliente, una chapa de acero galvanizada por inmersión en caliente y aleada, un tubo de acero que tiene un alto módulo de Young, que contienen las chapas de acero que tienen el alto módulo de Young de la primera realización, y métodos para fabricarlos.

20 La chapa de acero galvanizada en caliente tiene la chapa de acero que tiene alto módulo de Young, según la primera realización, y un chapado de cinc por inmersión en caliente que se lleva a cabo sobre esa chapa de acero que tiene alto módulo de Young. Esta chapa de acero galvanizada por inmersión en caliente se produce sometiendo la chapa de acero laminada en caliente después de recocer la que se obtiene en la primera realización, o una chapa de acero laminada en frío obtenida realizando una laminación en frío, para la galvanización por inmersión en caliente.

No hay limitaciones concretas con respecto a la composición del chapado de cinc, y además del cinc también puede incluir, por ejemplo, Fe, Al, Mn, Cr, Mg, Pb, Sn, o Ni, según sea necesario.

Hay que indicar que también es posible realizar el tratamiento térmico y el chapado de cinc mediante una línea de galvanización por inmersión en caliente después de la laminación en frío.

30 La chapa de acero galvanizada por inmersión en caliente y recocida tiene la chapa de acero que tiene un módulo de Young según la primera realización, y el chapado de cinc por inmersión en caliente y el recocido que se aplica a esa chapa de acero que tiene alto módulo de Young. Esta chapa de acero galvanizada por inmersión en caliente y recocida se produce recociendo la chapa de acero galvanizada por inmersión en caliente.

35 La aleación se lleva a cabo mediante un tratamiento térmico dentro de un intervalo de 450 a 600°C. La aleación no avanza suficientemente cuando es inferior a 450°C, mientras que por otro lado, la aleación avanza demasiado y la capa de chapado se hace frágil cuando es superior a 600°C. Esto, por consiguiente, conduce a problemas tales como el desprendimiento del chapado debido a la compresión y a otros tratamientos. La aleación se lleva a cabo durante al menos 10 segundos. Con menos de 10 segundos la aleación no avanza suficientemente. Si se va a producir una chapa de acero galvanizada por inmersión en caliente y aleada, también es posible realizar un lavado con ácido según sea necesario después de la laminación en caliente y realizar luego una pasada de endurecimiento superficial, con un coeficiente de reducción del 10% o menos, en línea o fuera de línea.

45 El tubo de acero que tiene un alto módulo de Young es un tubo de acero que contiene una chapa de acero que tiene alto módulo de Young según la primera realización, en el que la chapa de acero que tiene alto módulo de Young se curva en cualquier dirección. Por ejemplo, el tubo de acero que tiene alto módulo de Young se puede producir curvando la chapa de acero que tiene alto módulo de Young de la primera realización anteriormente discutida, de manera que la dirección de laminación tenga un ángulo de 0 a 30° con respecto a la dirección longitudinal del tubo de acero. Haciendo esto, es posible producir un tubo de acero que tenga alto módulo de Young, en el que el módulo de Young del tubo de acero en la dirección longitudinal es alto.

50 Ya que el curvado paralelo a la dirección de laminación da como resultado el módulo de Young más alto, es preferible que este ángulo sea tan pequeño como sea posible. Desde este punto de vista, es particularmente preferible que la chapa se curve en un ángulo que sea de 15° o menos. Mientras que se satisfaga esta relación entre la dirección de laminación y la dirección longitudinal del tubo de acero, se puede emplear cualquier método para producir el tubo, incluyendo tuberías U-O, soldadura por costura, y arrollado en espiral. Por supuesto, no es necesario limitar la dirección que tiene el alto módulo de Young a la dirección paralela a la dirección longitudinal del tubo de acero, y no hay en absoluto ningún problema con la producción de un tubo de acero que tiene un alto módulo de Young en una dirección deseada según la aplicación.

Hay que indicar que también es posible someter el tubo de acero que tiene alto módulo de Young a un chapado basado en aluminio o a diversos tipos de chapado eléctrico. También es posible llevar a cabo un tratamiento superficial, que incluye formar una película orgánica, una película inorgánica, o usar diversas pinturas, sobre la chapa de acero galvanizada por inmersión en caliente, la chapa de acero galvanizada por inmersión en caliente y aleada, y el tubo de acero que tiene alto módulo de Young, basándose en el objetivo que se vaya a conseguir.

Ejemplos

A continuación, la invención se explica mediante ejemplos. Abajo se describen ejemplos de la primera y segunda realización.

Ejemplo 1

Se sometió a colada un acero que tenía la composición mostrada en las Tablas 1 y 2 y se realizó una laminación en caliente bajo las condiciones mostradas en las Tablas 3 y 4. La temperatura de calentamiento en este momento era de 1250°C en todos los casos. Las tres etapas finales en el bastidor de laminación de acabado, que tenía un total de siete etapas, tenía un coeficiente de fricción entre los laminadores y la chapa de acero en un intervalo de 0,21 a 0,24, y el total de los coeficientes de reducción de las tres etapas finales era del 70%. En todos los casos, el coeficiente de reducción en la pasada de laminación de endurecimiento superficial era del 0,3%.

Se midió el módulo de Young mediante el método de resonancia lateral anteriormente discutido. Se tomó una muestra de una pieza para el ensayo de tensión JIS 5, y se evaluaron las características de tensión en la dirección TD. También se midió la textura en la capa correspondiente a 1/8 del espesor de chapa.

Los resultados se muestran en las Tablas 3 y 4. A partir de estos resultados, resulta claro que sometiendo al acero que tenía la composición química de la presente invención a laminación en caliente bajo las condiciones apropiadas, fue posible conseguir un módulo de Young superior a 230 GPa en la dirección de laminación.

Aquí, en las tablas de los ejemplos de trabajo, FT es la temperatura de salida del acabado final de la laminación en caliente, CT es la temperatura de curvado, TS es la resistencia a la tracción, YS es el límite elástico, El es la elongación, E(RD) es el módulo de Young en la dirección RD, E(D) es el módulo de Young en una dirección inclinada 45° respecto a la dirección RD, y E(TD) es el módulo de Young en la dirección TD. I.E. significa ejemplo de la invención, y C.E. significa ejemplo comparativo. Estos índices son también los mismos en las descripciones de las tablas posteriores.

Tabla 1

Acero N°	C	Si	Mn	P	S	Al	N
A	0,0040	0,01	3,01	0,010	0,0019	0,031	0,0024
B	0,0044	0,01	2,44	0,011	0,0022	0,028	0,0026
C	0,0036	0,01	1,95	0,008	0,0019	0,033	0,0031
D	0,0047	0,01	4,34	0,007	0,0025	0,029	0,0029
E	0,050	0,02	3,26	0,005	0,0034	0,022	0,0033
F	0,051	0,02	3,33	0,005	0,0037	0,027	0,0032
G	0,050	0,01	2,27	0,006	0,0034	0,030	0,0030
H	0,055	0,55	3,58	0,007	0,0016	0,024	0,0025
I	0,103	0,09	3,04	0,011	0,0020	0,035	0,0027
J	0,112	0,84	3,00	0,010	0,0020	1,660	0,0034
K	0,100	0,08	3,04	0,009	0,0018	0,032	0,0028
L	0,010	0,22	3,63	0,005	0,0027	0,037	0,0026
M	0,009	0,04	3,50	0,009	0,0031	0,031	0,0034
N	0,011	0,01	0,52	0,022	0,0053	0,033	0,0019

30

ES 2 523 760 T3

Tabla 2

Acero N°	Mo	B	Ti	Nb	Otros	Ar ₃ (°C)	Observaciones
A	0,28	0,0025	-	-	-	630	Acero de la invención
B	0,25	0,0016	0,011	0,008	-	690	Acero comparativo
C	0,17	0,0033	0,022	-	-	712	Acero comparativo
D	0,29	0,0022	0,009	0,013	-	526	Acero de la invención
E	0,52	0,0020	0,030	0,040	-	582	Acero de la invención
F	-	-	0,029	0,038	-	649	Acero comparativo
G	0,53	0,0024	0,025	0,041	-	656	Acero comparativo
H	0,36	0,0037	0,014	0,022	Cr = 0,40	560	Acero de la invención
I	0,40	0,0019	0,018	0,019	-	599	Acero de la invención
J	0,39	0,0020	0,020	0,019	-	949	Ejemplo comparativo
K	0,41	-	0,021	0,044	V = 0,010	627	Acero comparativo
L	0,33	0,0041	-	0,028	-	558	Acero de la invención
M	0,42	0,0030	-	-	Cu = 0,42	571	Acero de la invención
N	-	-	-	-	-	887	Acero comparativo

5

Tabla 3

Muestra N°	Acero N°	FT (°C)	CT (°C)	TS (MPa)	YS (MPa)	EI (%)	E(RD) (GPa)	E(D) (GPa)	E(TD) (GPa)	{110} <223>	{110} <111>	Observaciones
1	A	840	500	525	377	29	216	195	228	5	3	C.E.
2		770	500	568	424	26	225	196	229	9	5	C.E.
3		700	500	607	459	23	234	192	231	13	10	I.E.
4	B	880	400	491	354	30	220	202	226	5	4	C.E.
5		700	400	563	495	13	209	190	229	8	5	C.E.
6		580	400	722	683	7	198	195	218	2	3	C.E.
7	C	900	550	476	321	32	219	208	222	4	3	C.E.
8		800	550	495	338	30	223	201	225	6	4	C.E.
9		700	550	544	504	11	190	220	225	4	2	C.E.
10	D	800	650	550	412	26	223	197	240	8	5	C.E.
11		740	600	572	429	25	242	194	236	16	15	I.E.
12		680	500	609	460	21	242	189	243	23	19	I.E.
13	E	730	580	988	746	12	236	192	240	19	14	I.E.
14		700	550	1003	728	11	242	195	240	22	16	I.E.
15		550	400	1110	650	13	208	203	237	6	6	C.E.
16	F	790	600	925	688	12	215	204	230	4	3	C.E.
17		710	550	977	651	13	224	199	232	6	4	C.E.
18		600	400	1046	622	14	195	193	229	4	3	C.E.
19	G	850	550	910	763	14	221	211	228	5	3	C.E.
20		760	550	934	779	13	217	212	224	4	3	C.E.
21		720	550	951	807	13	220	204	222	4	3	C.E.
22	H	800	650	1243	1089	9	228	196	241	8	6	C.E.
23		690	550	1286	1101	8	248	191	243	26	22	I.E.
24		650	500	1355	1162	7	251	186	245	30	23	I.E.

Tabla 4

Muestra N°	Acero N°	FT (°C)	CT (°C)	TS (MPa)	YS (MPa)	EI (%)	E(RD) (GPa)	E(D) (GPa)	E(TD) (GPa)	{110} <223>	{110} <111>	Observaciones
25	I	850	500	1093	879	12	227	203	229	8	7	C.E.
26		700	500	1152	926	11	242	194	239	20	15	I.E.
27		650	500	1189	947	11	244	192	240	22	14	I.E.
28	J	950	700	774	478	19	218	213	223	4	3	C.E.
29		800	650	881	595	17	197	195	231	3	2	C.E.
30		700	550	1198	720	9	199	189	225	3	2	C.E.
31	K	850	550	1042	823	13	220	205	220	7	5	C.E.
32		700	550	1090	901	12	226	199	235	7	6	C.E.
33		650	550	1177	923	11	228	203	235	9	6	C.E.
34	L	740	600	754	627	17	239	197	236	16	11	I.E.
35		700	550	772	652	16	243	192	241	21	18	I.E.
36		650	500	806	679	15	250	182	239	29	19	I.E.
37	M	780	630	721	597	19	228	210	233	8	4	C.E.
38		700	550	756	635	17	238	199	234	17	14	I.E.
39		650	500	779	658	16	244	192	246	24	22	I.E.
40	N	910	700	334	188	48	215	211	224	4	4	C.E.
41		800	650	329	165	50	218	207	225	3	3	C.E.
42		700	550	378	276	41	207	198	238	4	3	C.E.

Ejemplo 2

- 5 Se sometieron las chapas de acero laminado en caliente E y L del Ejemplo 1 a recocido continuo (mantenido a 700°C durante 90 segundos), recocido en caja (mantenido a 700°C durante 6 h), y galvanización por inmersión en caliente y en continuo (temperatura máxima alcanzada de 750°C; la aleación se realizó a 550°C durante 20 segundos tras la inmersión en un baño de galvanización), y se midieron las características de la tensión y el módulo de Young.
- 10 Los resultados se muestran en la Tabla 5. A partir de estos resultados resulta claro que sometiendo el acero que tenía la composición química de la presente invención a laminación en caliente bajo condiciones adecuadas, y realizando luego el tratamiento térmico apropiado, se aumento el módulo de Young.

Tabla 5

Muestra N°	Acero N°	FT (°C)	CT (°C)	Tratamiento tras la laminación en caliente	TS (MPa)	YS (MPa)	EI (%)	BH (MPa)	E(RD) (GPa)	E(D) GPa	E(TD) (GPa)	{110} <223>	{110} <111>	Observaciones
43	E	700	550	Ninguno	1003	728	11	68	242	195	240	22	15	I.E.
44	E	700	550	Recocido continuo	980	751	11	95	245	196	242	20	17	I.E.
45	E	700	550	Recocido en caja	943	777	12	56	250	197	242	16	11	I.E.
46	E	700	550	Galvanización por inmersión en caliente en baño de cinc aleado, en continuo	966	722	12	74	244	196	243	19	15	I.E.
47	L	700	550	Ninguno	772	652	16	60	243	192	241	21	18	I.E.
48	L	700	550	Recocido continuo	745	614	18	89	248	193	243	19	16	I.E.
49	L	700	550	Recocido en caja	712	633	20	47	252	195	246	17	12	I.E.
50	L	700	550	Galvanización en continuo por inmersión en caliente y aleada	739	620	19	66	249	195	242	18	15	I.E.

Ejemplo 3

5 Se sometieron las chapas de acero laminado en caliente E y L, del Ejemplo 1, a una laminación en frío con un coeficiente de reducción del 30% y luego fueron sometidas a galvanización por inmersión en caliente y en continuo (la temperatura máxima alcanzada se cambió según los casos, y tras la inmersión en un baño de galvanización, se realizó la aleación a 550°C durante 20 segundos), y se midieron las características de la tensión y el módulo de Young.

10 Los resultados se muestran en la Tabla 6. A partir de estos resultados, resulta claro que sometiendo el acero que tiene la composición química de la presente invención a laminación en caliente y a laminación en frío bajo las condiciones adecuadas, y sometiendo luego el acero al tratamiento térmico adecuado, es posible obtener una chapa de acero laminado en frío con excelentes módulos de Young tanto en la dirección RD como en la dirección TD. Sin embargo, en casos donde la temperatura máxima alcanzada era particularmente alta, hubo una caída poco importante del módulo de Young.

Tabla 6

Muestra N°	Acero N°	FT (°C)	CT (°C)	Coefficiente de laminación en frío (%)	Temperatura máxima (%)	TS (MPa)	YS (MPa)	EI (%)	BH (MPa)	E(RD) (GPa)	E(D) GPa	E(TD) (GPa)	{110} <223>	{110} <111>	Observaciones
51	E	700	550	30	960	1058	784	10	53	231	194	233	11	8	I.E.
52	E	700	550	30	800	1181	695	13	94	237	198	235	14	10	I.E.
53	E	700	550	30	700	964	665	13	69	239	197	237	19	15	I.E.
54	L	700	550	30	970	810	679	15	57	231	199	232	11	7	I.E.
55	L	700	550	30	800	774	519	18	71	238	195	240	15	9	I.E.
56	L	700	550	30	700	711	536	18	65	240	194	239	16	11	I.E.

Ejemplo 4

Se sometieron las chapas de acero laminado en caliente E y L del Ejemplo 1 al siguiente tratamiento.

5 Se calentó la chapa de acero a 650°C a través de una línea de galvanización por inmersión en caliente y en continuo y luego se enfrió a aproximadamente 470°C, después de eso se sumergió en un baño de galvanización por inmersión en caliente a 460°C. El espesor de chapado del cinc, por término medio, fue de 40 g/m² por un lado. A continuación de la galvanización por inmersión en caliente, la superficie de la chapa de acero fue sometida (1) a un revestimiento con película orgánica, o (2) a la aplicación de una pintura como se describe más adelante, y se midieron las características de la tensión y el módulo de Young.

10 Los resultados se muestran en la Tabla 7. A partir de estos resultados, se puede entender claramente que las chapas de acero que son sometidas a galvanización por inmersión en caliente y las chapas de acero que son sometidas a galvanización por inmersión en caliente y tienen una película orgánica o pintura aplicada a sus superficies, tienen un buen módulo de Young.

(1) Película orgánica

15 Se añadió un 4% en masa de inhibidor de la corrosión y un 12% de sílice coloidal a una resina en vehículo acuoso en la que la porción de resina sólida era del 27,6% en masa, la viscosidad del líquido de la dispersión era de 1400 mPa·s (25°C), el pH era 8,8, el contenido de sales de amonio de grupo carboxílico (-COONH₄) era del 9,5% en masa de la porción de resina sólida total, el contenido de grupo carboxílico era del 2,5% en masa de la porción de resina sólida total, y el diámetro medio de las partículas en dispersión era de aproximadamente 0,030 µm, para producir un líquido antioxidante. Este líquido antioxidante se aplicó encima de la chapa de acero mediante un aplicador de rodillo y se secó a una temperatura superficial de la chapa de acero que alcanzó 120°C, para formar una película de aproximadamente 1 µm de espesor.

20

(2) Pintura

25 Como tratamiento químico, se usó un aplicador de rodillo para aplicar "ZM1300AN" hecho por Nihon Parkerizing Co., Ltd. sobre la anterior chapa de acero después de que hubo sido desengrasada. Se realizó un secado con aire caliente de manera que la temperatura de la chapa de acero alcanzada fue de 60°C. La cantidad de depósitos del tratamiento químico fue de 50 mg/m² de depósito de Cr. Se aplicó una pintura de imprimación a un lado de esta chapa de acero químicamente tratada, y se aplicó una pintura a la superficie posterior usando un aplicador de rodillo. Se secaron y se endurecieron mediante un calefactor de inducción que incluía el uso de aire caliente. La temperatura alcanzada en este momento era de 210°C.

30 Luego, se aplicó arriba una pintura mediante un aplicador de cortina con rodillo a la superficie sobre la cual se había aplicado la pintura de imprimación. Luego se secó y se endureció mediante un calefactor de inducción que implica el uso de aire caliente a una temperatura alcanzada de 230°C. Hay que indicar que la pintura de imprimación se aplicó con un espesor de película seca de 5 µm usando "FL640EU Primer" hecha por Japan Fine Coatings Co., Ltd. La pintura de la superficie posterior se aplicó con un espesor de película seca de 5 µm usando "FL100HQ" hecha por Japan Fine Coatings Co., Ltd. La pintura de arriba se aplicó con un espesor de película seca de 15 µm usando "FL100HQ" hecha por Japan Fine Coatings Co., Ltd.

35

Tabla 7

Muestra N°	Acero N°	FT (°C)	CT (°C)	Tratamiento superficial	TS (MPa)	YS (MPa)	EI (%)	E(RD) (GPa)	E(D) GPa	E(TD) (GPa)	{110} <223>	{110} <111>	Observaciones
57	E	700	550	Únicamente galvanización por inmersión en caliente	1010	775	11	237	194	239	18	15	I.E.
58	E	700	550	Película orgánica	1016	763	11	240	196	240	19	14	I.E.
59	E	700	550	Pintura	1042	822	10	245	200	243	18	15	I.E.
60	L	700	550	Únicamente galvanización por inmersión en caliente	781	654	15	238	192	238	16	12	I.E.
61	L	700	550	Película orgánica	789	679	14	239	194	240	16	11	I.E.
62	L	700	550	Pintura	838	707	13	247	203	246	17	16	I.E.

Ejemplo 5

5 Los aceros E y L mostrados en la Tabla 1 fueron sometidos a laminación con velocidad diferencial. La relación de las diferentes velocidades de los rodillos se cambió durante las tres últimas etapas del bastidor de laminación de acabado, que es estaba constituido por un total de siete etapas. Las condiciones de laminación en caliente y los resultados de la medida de las características de la tensión y del módulo de Young se muestran en la Tabla 8. Hay que indicar que las condiciones de la laminación en caliente que no se muestran en la Tabla 8 son las mismas que las del Ejemplo 1.

10 A partir de los resultados está claro que la formación de una textura cerca de la capa superficial se facilita en el caso en el que se añaden una o más pasadas de laminación con velocidad diferencial del 1% o más, al laminar en caliente el acero que tiene la composición química de la presente invención bajo las condiciones apropiadas, y esto aumenta más el módulo de Young.

Tabla 8

Muestra Nº	Acero Nº	FT (°C)	CT (°C)	Relación de las diferentes velocidades de los rodillos (%)			TS (MPa)	YS (MPa)	EI (%)	E(RD) (GPa)	E(D) GPa	E(TD) (GPa)	{110} <223>	{110} <111>	Observaciones
				5ª pasada	6ª pasada	7ª pasada									
63	E	700	550	0	0	0	1003	728	11	242	195	240	22	16	I.E.
64	E	700	550	0	0	3	1005	733	11	245	193	240	24	19	I.E.
65	E	700	550	1	2	3	1011	729	10	247	188	242	25	19	I.E.
66	E	700	550	10	5	5	1009	731	12	253	186	246	31	25	I.E.
67	L	700	550	0	0	0	772	652	16	243	192	241	21	18	I.E.
68	L	700	550	3	3	3	773	655	15	245	189	242	24	18	I.E.
69	L	700	550	0	0	10	775	650	15	249	190	244	26	19	I.E.
70	L	700	550	0	20	20	772	653	15	256	186	248	31	26	I.E.

Ejemplo 6

5 Los aceros E y L mostrados en la Tabla 1 fueron sometidos a laminación bajo presión con rodillos de diámetro pequeño. Se cambió el diámetro de los rodillos en las tres últimas etapas del bastidor de laminación de acabado, que está compuesto de siete etapas en total. Las condiciones de laminación y los resultados de la medida de las características de la tensión y del módulo de Young se muestran en la Tabla 9. Hay que indicar que las condiciones de la laminación en caliente que no se muestran en la Tabla 9 son todas las mismas que las del Ejemplo 1.

10 A partir de los resultados está claro que la formación de una textura cerca de la capa superficial se facilita en el caso en el que se usan rodillos con un diámetro de rodillo de 700 mm o menos en una o más pasadas al laminar en caliente el acero que tiene la composición química de la presente invención bajo las condiciones apropiadas, y esto aumenta más el módulo de Young.

Tabla 9

Muestra Nº	Acero Nº	FT (°C)	CT (°C)	Relación de las diferentes velocidades de los rodillos (%)			TS (MPa)	YS (MPa)	EI (%)	E(RD) (GPa)	E(D) GPa	E(TD) (GPa)	{110} <223>	{110} <111>	Observaciones
				5ª pasada	6ª pasada	7ª pasada									
71	E	700	550	800	800	800	1003	728	11	242	195	240	22	16	I.E.
72	E	700	550	800	800	600	1011	736	10	246	190	242	24	19	I.E.
73	E	700	550	600	600	600	1009	725	11	251	187	244	28	21	I.E.
74	E	700	550	500	500	500	998	733	10	255	186	243	33	24	I.E.
75	L	700	550	800	800	800	772	652	16	243	192	241	21	19	I.E.
76	L	700	550	800	800	600	783	658	14	247	189	243	25	17	I.E.
77	L	700	550	600	600	600	779	655	15	250	188	242	27	20	I.E.
78	L	700	550	500	500	500	768	649	16	253	186	244	30	25	I.E.

5 La chapa de acero que tiene un alto módulo de Young según la presente invención se puede usar, por ejemplo, en
automóviles, dispositivos electrónicos domésticos, y materiales de construcción. La chapa de de acero que tiene alto
módulo de Young según la presente invención incluye chapas de acero laminadas en caliente suficientemente
definidas y chapas de acero laminadas en frío que no están sometidas a tratamiento superficial, así como chapas de
10 acero laminadas en caliente ampliamente definidas y chapas de acero laminadas en frío que son sometidas a
tratamiento superficial tal como, por ejemplo, galvanización por inmersión en caliente, galvanización por inmersión
en caliente y aleado y electrochapado, con el fin de impedir la oxidación. También se incluye el chapado basado en
aluminio. También están incluidas chapas de acero en las que hay presente, por ejemplo, una película orgánica, una
película inorgánica, o pintura, sobre la superficie de una chapa de acero laminada en caliente, una chapa de acero
laminada en frío, o diversos tipos de chapas de acero chapadas, así como chapas de acero que combinan una
pluralidad de estos.

15 Debido a que la chapa de acero que tiene un alto módulo de Young de la invención es una chapa de acero que tiene
un alto módulo de Young, se puede reducir su espesor en comparación con el de las chapas de acero que hay hasta
la fecha y, como resultado, puede ser más ligera. Por consiguiente, puede contribuir a la protección del
medioambiente global.

20 La chapa de acero que tiene alto módulo de Young de la presente invención tiene una mejorada capacidad para fijar
la forma, y puede adoptarse fácilmente como una chapa de acero de alta resistencia para componentes sometidos a
presión, tal como componentes para automóviles. Además, la chapa de acero de la presente invención tiene una
excelente capacidad para absorber energía de colisión y, por eso, también contribuye a mejorar la seguridad de los
automóviles.

REIVINDICACIONES

1. Una chapa de acero que tiene alto módulo de Young, que comprende, en términos de % en masa, C: 0,0005 a 0,30%, Si: 2,5% o menos, Mn: 2,7 a 5,0%, P: 0,15% o menos, S: 0,015% o menos, Mo: 0,15 a 1,5%, B: 0,0006 a 0,01%, y Al: 0,15% o menos, opcionalmente uno o más de Ti: 0,001 a 0,20% en masa, Nb: 0,001 a 0,20% en masa y Ca: 0,0005 a 0,01% en masa, opcionalmente además uno o dos, o más, de Sn, Co, Zn, W, Zr, V, Mg, y metales de las tierras raras, en un contenido total de 0,001 a 1,0% en masa, opcionalmente además uno o dos, o más, de Ni, Cu, y Cr en un contenido total de 0,001 a 4,0% en masa, siendo el resto Fe y las inevitables impurezas, en la que una o ambas de la densidad de polos {110} <223> y la densidad de polos {110} <111> en la capa correspondiente a 1/8 del espesor de chapa es 10 o más, y
 5 el módulo de Young en la dirección de laminación es superior a 230 GPa.
2. La chapa de acero que tiene alto módulo de Young según la reivindicación 1, en la que la densidad de polos {112} <110> en la capa correspondiente a 1/2 del espesor de chapa es 6 o más.
3. Una chapa de acero que tiene alto módulo de Young según la reivindicación 1, en la que una cantidad de BH (MPa) está en un intervalo de 5 MPa o más a 200 MPa o menos, estando la cantidad de BH por la siguiente fórmula,
 15
$$BH = \sigma_1 - \sigma_2 \text{ (MPa)},$$
- en la que σ_2 (MPa) es el esfuerzo cortante necesario para producir deformación plástica cuando la chapa de acero ha sido estirada un 2%, y σ_1 (MPa) es el límite de fluencia superior cuando, después de que la chapa de acero haya sido estirada un 2%, es tratada con calor a 170°C durante 20 minutos y luego estirada otra vez.
 20
4. Una chapa de acero galvanizada por inmersión en caliente, que comprende: la chapa de acero que tiene alto módulo de Young, según la reivindicación 1; y el chapado de cinc por inmersión en caliente que se aplica a la chapa de acero que tiene alto módulo de Young.
5. Una chapa de acero galvanizada por inmersión en caliente en baño de cinc aleado que comprende: la chapa de acero que tiene alto módulo de Young, según la reivindicación 1; y el chapado con cinc por inmersión en caliente en baño de cinc aleado que se aplica a la chapa de acero que tiene alto módulo de Young.
 25
6. Un tubo de acero que tiene alto módulo de Young, que comprende la chapa de acero que tiene alto módulo de Young, según la reivindicación 1, en la que la chapa de acero que tiene alto módulo de Young se curva en cualquier dirección.
 30
7. Un método para fabricar la chapa de acero que tiene alto módulo de Young, según la reivindicación 1, comprendiendo el método: calentar una plancha que tiene la misma composición que la chapa de acero de la reivindicación 1 a una temperatura de 950°C o más, y someter dicha plancha a laminación en caliente para obtener una chapa de acero laminado en caliente,
 35 en la que la laminación en caliente se lleva a cabo bajo condiciones en donde la laminación se realiza a 800°C o menos, de manera tal que el coeficiente de fricción entre los rodillos de presión y la chapa de acero es superior a 0,2, y el total de los coeficientes de reducción es del 50% o más, y la laminación en caliente se termina a una temperatura en un intervalo que va desde la temperatura de transformación Ar_3 o más, a 750°C o menos.
 40
8. El método para fabricar la chapa de acero que tiene alto módulo de Young según la reivindicación 7, en el que la en laminación en caliente se realiza al menos una pasada de laminación a velocidad diferencial con una relación de velocidades de rodillos diferentes de 1% o más.
9. El método para fabricar la chapa de acero que tiene alto módulo de Young según la reivindicación 7, en el que en la laminación en caliente, se usan rodillos de presión cuyo diámetro de rodillo es de 700 mm o menos, en una o más pasadas.
 45
10. El método para fabricar la chapa de acero que tiene alto módulo de Young según la reivindicación 7, que comprende además recocer la chapa de acero laminada en caliente después de que se haya terminado la laminación en caliente, mediante una línea de recocido continuo o recocido en caja, bajo condiciones en las que la temperatura máxima alcanzada está en un intervalo de 500°C o más a 950°C o menos.
 50
11. El método para fabricar la chapa de acero que tiene alto módulo de Young según la reivindicación 7, que comprende además: someter la chapa de acero laminada en caliente, después de que haya terminado la laminación en caliente, a laminación en frío con un coeficiente de reducción inferior al 60%; y recocer después de la laminación en frío.

- 5 12. El método para fabricar la chapa de acero que tiene alto módulo de Young según la reivindicación 7, que comprende además: someter la chapa de acero laminada en caliente a laminación en frío con un coeficiente de reducción inferior al 60%; recocer bajo las condiciones en las que la temperatura máxima alcanzada está en el intervalo de 500°C o más a 950°C o menos, después de la laminación en frío; y enfriar a 550°C o menos después del recocido y realizar luego un tratamiento térmico de 150 a 550°C.
- 10 13. Un método para fabricar una chapa de acero galvanizada por inmersión en caliente, comprendiendo el método:
fabricar una chapa de acero recocido que tiene alto módulo de Young mediante el método de fabricación de una chapa de acero que tiene alto módulo de Young según la reivindicación 10; y someter la chapa de acero que tiene alto módulo de Young a galvanización por inmersión en caliente.
- 15 14. Un método para fabricar una chapa de acero galvanizada por inmersión en caliente y aleada, comprendiendo el método:
fabricar una chapa de acero galvanizada por inmersión en caliente mediante el método de fabricación de una chapa de acero galvanizada por inmersión en caliente según la reivindicación 13; y
someter la chapa de acero galvanizada por inmersión en caliente a un tratamiento térmico en un intervalo de temperatura de 450°C a 600°C durante 10 segundos o más.
- 20 15. Un método para fabricar una chapa de acero galvanizada por inmersión en caliente, comprendiendo el método:
fabricar una chapa de acero recocido que tiene alto módulo de Young mediante el método de fabricación de una chapa de acero que tiene alto módulo de Young, según la reivindicación 11; y
someter la chapa de acero que tiene alto módulo de Young a galvanización por inmersión en caliente.
- 25 16. Un método para fabricar una chapa de acero galvanizada por inmersión en caliente y aleada, comprendiendo el método:
fabricar una chapa de acero galvanizada por inmersión en caliente mediante el método de fabricación de una chapa de acero galvanizada por inmersión en caliente según la reivindicación 15; y
someter la chapa de acero galvanizada por inmersión en caliente a un tratamiento térmico en un intervalo de temperatura de 450°C a 600°C durante 10 segundos o más.
- 30 17. Un método para fabricar un tubo de acero que tiene alto módulo de Young, comprendiendo el método:
fabricar una chapa de acero que tiene alto módulo de Young mediante el método de fabricación de una chapa de acero que tiene alto módulo de Young, según la reivindicación 7; y
curvar la chapa de acero que tiene alto módulo de Young en cualquier dirección para fabricar un tubo de acero.

FIG. 1

