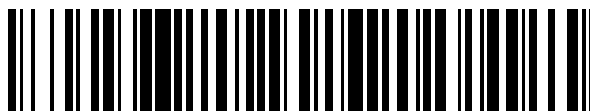


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 651 242**

51 Int. Cl.:

C22C 38/00	(2006.01)	C22C 38/02	(2006.01)
B21B 3/00	(2006.01)	C22C 38/12	(2006.01)
C21D 9/46	(2006.01)	C23C 2/40	(2006.01)
C22C 38/14	(2006.01)	C22C 38/04	(2006.01)
C22C 38/58	(2006.01)		
C23C 2/06	(2006.01)		
C23C 2/38	(2006.01)		
C21D 6/00	(2006.01)		
C21D 8/02	(2006.01)		
C21D 8/04	(2006.01)		

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **07.11.2007 PCT/JP2007/072042**
- 87 Fecha y número de publicación internacional: **15.05.2008 WO08056812**
- 96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **07.11.2007 E 07831772 (4)**
- 97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **13.09.2017 EP 2088218**

54 Título: **Placa de acero con alto módulo de Young y proceso de producción de la misma**

30 Prioridad:

07.11.2006 JP 2006301354
04.04.2007 JP 2007098764
06.11.2007 JP 2007288960

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
25.01.2018

73 Titular/es:

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

72 Inventor/es:

SUGIURA, NATSUKO;
MARUYAMA, NAOKI;
TAKAHASHI, MANABU;
NAKAMURA, YOHJI y
HANYA, KOJI

74 Agente/Representante:

ELZABURU, S.L.P

ES 2 651 242 T3

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

DESCRIPCIÓN

Placa de acero con alto módulo de Young y proceso de producción de la misma

Campo técnico

5 La presente invención se refiere a una lámina de acero con alto módulo de Young y a un método de producción de la misma.

Antecedentes de la invención

10 La correlación del módulo de Young y la orientación del cristal del hierro es extremadamente fuerte. Por ejemplo, el módulo de Young en la orientación de <111> es idealmente superior a 280 GPa, mientras que el módulo de Young en una orientación de <110> es de aproximadamente 220 GPa. Por otra parte, el módulo de Young en una orientación de <100> es de aproximadamente 130 GPa. El módulo de Young cambia según la orientación cristalina. Es más, cuando la orientación cristalina del material de acero no sigue una orientación en cualquier dirección específica, es decir, la textura es aleatoria, el módulo de Young de la lámina de acero es de aproximadamente 205 GPa.

15 Hasta ahora, se han propuesto un gran número de tecnologías con respecto a láminas de acero que controlan la textura para elevar el módulo de Young en una dirección perpendicular correspondiente a la dirección de laminación (denominada como la "dirección transversal"). Además, para la tecnología que eleva de manera simultánea el módulo de Young en una dirección de laminación y en una dirección transversal de la lámina de acero, por ejemplo, la publicación de patente japonesa (A) n.º 4-147917 propone un método de producción de una placa de acero no sólo en una laminación en una dirección determinada, sino también en una laminación en una dirección perpendicular a ésta. Este método de cambiar la dirección de laminación en el centro se puede realizar de manera relativamente sencilla en el proceso de laminación de una placa de acero.

20 Sin embargo, incluso en el caso de producción de una placa de acero, en función de la anchura y la longitud de la placa de acero, a veces resulta necesario hacer que la dirección de laminación sea fija. Además, en particular, en el caso de una lámina de acero de calibre fino, la lámina se suele producir por el proceso de laminación continua en caliente que consiste en laminar de forma continua un planchón de acero para obtener un fleje de acero, por lo que la tecnología que cambia la dirección de laminación en el centro no es práctica. Además, la anchura de la lámina de acero de calibre fino producida por el proceso de laminación continua en caliente es como máximo de aproximadamente 2 m. Por este motivo, por ejemplo, para aplicar una lámina de acero con alto módulo de Young a un material de construcción o a otro miembro largo de más de 2 m, fue necesario elevar el módulo de Young en la dirección de laminación.

25 Para cumplir dichas exigencias, algunos de los inventores propusieron el método de dar una deformación por cizallamiento a la capa superficial de una parte de una lámina de acero para elevar el módulo de Young en la dirección de laminación de la parte de una capa superficial (por ejemplo, publicación de patente japonesa (A) n.º 2005-273001, publicación de patente internacional n.º 06-011503, publicación de patente japonesa (A) n.º 2007-46146 y publicación de patente japonesa (A) n.º 2007-146275).

30 Las láminas de acero obtenidas por los métodos propuestos en estos documentos de patente tienen texturas que aumentan el módulo de Young en la dirección de laminación en la parte de una capa superficial. Por esta razón, estas láminas de acero tienen altos módulos de Young de las partes de una capa superficial y tienen módulos de Young medidos por el método de vibración superiores a 230 GPa.

35 Un método de medición del módulo de Young, es decir, el método de vibración, da una deformación por flexión correspondiente a una lámina de acero mientras se cambia la frecuencia, encuentra la frecuencia a la que se produce la resonancia, y convierte ésta al módulo de Young. El módulo de Young medido por este método también se llama el "módulo de Young dinámico". Este es el módulo de Young obtenido en el momento de la deformación por flexión. La contribución de la parte de una capa superficial con el momento de una amplia flexión es enorme.

40 Sin embargo, por ejemplo, cuando se aplica una carga a largas vigas o columnas o a otros materiales de construcción o miembros estructurales de automóviles, tales como pilares o miembros de soporte u otros elementos de bastidor largos, la tensión que actúa sobre estos es la tensión de tracción y la tensión de compresión y no la tensión de flexión. Además, los miembros de soporte de automóviles requieren una alta capacidad de absorción de energía de impacto cuando reciben una deformación compresiva desde el punto de vista de la seguridad contra impactos. Por esta razón, para mejorar la absorción de energía de impacto del miembro, es necesario asegurar la rigidez con respecto a la tensión de tracción y la tensión de compresión. A la vista de tales exigencias, es eficaz elevar el módulo de Young en la dirección longitudinal del miembro con respecto a la tensión de tracción y la tensión de compresión.

45 Por lo tanto, para que el módulo de Young del miembro actúe sobre esta tensión de tracción y tensión de compresión, resulta extremadamente importante elevar el módulo de Young medido no por el método de vibración, sino por el método de tensión estática, es decir, el módulo de Young estático. El módulo de Young estático es el

módulo de Young encontrado en la inclinación en la región de deformación elástica de la curva tensión-deformación obtenida en el momento del ensayo de tracción. El módulo de Young del material se determina en su conjunto únicamente por la relación entre el espesor de la capa con alto módulo de Young y la capa inferior.

5 Para elevar el módulo de Young estático en la dirección de laminación, es necesario controlar la textura de la capa superficial correspondiente a una ubicación profunda en la dirección del espesor de la lámina. Tenga en cuenta que el control de la textura de la totalidad del espesor de la lámina de la capa superficial correspondiente a la ubicación central del espesor de la lámina es más preferible.

10 Sin embargo, en el método propuesto en estos documentos de patente, fue difícil introducir una deformación por cizallamiento hasta la parte central correspondiente al espesor de la lámina en el momento de la laminación. Además, dependiendo de los ingredientes y las condiciones de producción, en la textura de la parte central correspondiente al espesor de la lámina, existe la posibilidad de formación de una orientación que reduzca el módulo de Young en la dirección de laminación.

15 Por este motivo, si bien el módulo de Young medido por el método de vibración se puede elevar a 230 GPa o más, el módulo de Young medido por el método de tensión estática no es necesariamente alto. Es decir, nunca se ha producido una lámina de acero con un módulo de Young en la dirección de laminación medido por el método de tensión estática de 220 GPa o más.

20 La patente europea EP 1 806 421 A1 describe una lámina de acero con alto módulo de Young, en donde tiene una composición química, en % en masa, de 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 %, Al: 0,15 % o menos, y el resto: Fe e impurezas inevitables, y en donde ambas o cualquiera de $\{110\}\langle 223 \rangle$ y $\{110\}\langle 111 \rangle$ en una capa correspondiente a 1/8 del espesor de la lámina tienen una densidad de polos de 10 o más y un módulo de Young en la dirección de laminación superior a 230 GPa: y otra realización de una lámina de acero con alto módulo de Young, en donde tiene una composición química, en % en masa, de C: 0,0005 a 0,30 %, Si: 2,5 % o menos, Mn: 0,1 a 5,0 %, P: 0,15 % o menos, S: 0,015 % o menos, Al: 0,15 % o menos, N: 0,01 % o menos, y comprende además 0,015 a 1,91 % en masa en total de uno o más de Mo: 0,005 a 1,5 %, Nb: 0,005 a 0,20 %, Ti: $(48/14 \times N)$ % a 0,2 % y B: 0,0001 a 0,01 %, y el resto: Fe e impurezas inevitables, y en donde $\{110\}\langle 223 \rangle$ y/o $\{110\}\langle 111 \rangle$ en una capa correspondiente a 1/8 del espesor de la lámina tienen una densidad de polos de 10 o más y un módulo de Young en la dirección de laminación superior a 230 GPa.

30 El documento JP 1015319 A describe una placa de acero de alta tracción que tiene una excelente característica de resistencia a la generación de fracturas por fragilidad de una zona de soldado afectada por calor. El acero que consiste en % en peso de 0,03~0,15 % C, 0,05~0,5 % Si, 0,5~2 % Mn, $\leq 0,003$ % N, $3x[N] \sim 0,02$ % Ti y 0,005~0,05 % Al se calienta a 900~1050 °C. Una vez se ha calentado el acero, el acero se somete a la pasada para alcanzar una relación de forma de laminación $\geq 1\alpha$ expresada por la ecuación $\alpha = 2\sqrt{R(H_0 - H)}(H_0 - H)$ (donde H_0 : el espesor antes de la pasada, H: el espesor después de la pasada, R: el diámetro del rodillo de los trenes de laminación) en la región de austenita sin cristalización del punto~ de transformación Ar_3 (punto de transformación $Ar_3 + 100$ °C). La placa de acero se enfría a una velocidad de enfriamiento de 500~600 °C a ≥ 2 °C/s inmediatamente tras la finalización de esta laminación en caliente.

Descripción de la invención

40 La presente invención proporciona una lámina de acero que tiene un alto módulo de Young con un alto módulo de Young en la dirección de laminación, donde el módulo de Young longitudinal medido por el método de tensión estática llega a ser de 220 GPa o más cuando se usa un material de construcción o un miembro de automóvil u otro miembro longitudinal y un método de producción de la misma.

45 En este sentido, la orientación cristalina se muestra por lo general por la expresión $\{hkl\}\langle uvw \rangle$ donde $\{hkl\}$ indica la orientación de la superficie de la lámina y $\langle uvw \rangle$ indica la orientación en la dirección de laminación. Por lo tanto, para obtener un alto módulo de Young en la dirección de laminación, es necesario controlar la operación de manera que la orientación en la dirección de laminación $\langle uvw \rangle$ se adapte con la orientación del alto módulo de Young en la mayor medida posible.

50 Basándose en este principio, los inventores se comprometieron en estudios para la obtención de una lámina de acero que tiene un alto módulo de Young con un módulo de Young en una dirección de laminación medido por el método de tensión estática de 220 GPa o más.

55 Como resultado, los inventores hallaron recientemente que, para mejorar el módulo de Young estático en la dirección de laminación, es importante añadir Nb, incluir Ti y N en cantidades predeterminadas, y suprimir la recristalización en la fase austenítica (a continuación, llamada la "fase γ ") y, además, en caso de añadir conjuntamente B, el efecto se vuelve notable y, además, en la laminación en caliente, la temperatura de laminación y la relación de forma halladas en el espesor de la lámina en el lado de entrada y en el lado de salida de los rodillos de laminación y el diámetro de los rodillos de laminación son importantes y mediante el control de éstos a intervalos adecuados, el espesor de la capa dada por la deformación por cizallamiento en la superficie de la lámina de acero

aumenta y la textura formada próxima a la ubicación de una distancia de la superficie en la dirección del espesor de la lámina correspondiente a 1/6 del espesor de la lámina (llamado "la parte correspondiente a 1/6 del espesor de la lámina") también se optimiza.

5 Además, no existe correlación alguna entre la energía de falta de apilamiento que afecta al comportamiento de deformación de la fase y que es trabajada en caliente y la textura tras la transformación. Esto afecta a la textura próxima a la parte correspondiente a 1/6 del espesor de la lámina de la capa superficial y la parte central de la dirección del espesor de la lámina (llamada "la parte correspondiente a 1/2 del espesor de lámina"). Por lo tanto, para obtener una textura con una orientación en donde se mejora el módulo de Young en la dirección de laminación tanto en la capa superficial como en la parte central del espesor de la lámina, los inventores lograron el descubrimiento de que la optimización de la relación de Mn, Mo, W, Ni, Cu y Cr tiene un efecto sobre la energía de falta de apilamiento de la fase y.

La presente invención se realizó basándose en este hallazgo y tiene como su punto esencial lo siguiente:

15 (1) Una lámina de acero con alto módulo de Young que contiene uno o más de Mo: 0,01 a 1,00 %, Cr: 0,01 a 3,00 %, W: 0,01 a 3,00 %, Cu: 0,01 a 3,00 % y Ni: 0,01 a 3,00 %, B: 0,0005 a 0,0100 %, Ca: 0,0005 a 0,1000 %, Rem: 0,0005 a 0,1000 % y V: 0,001 a 0,100 %, que consiste en % en masa de C: 0,005 a 0,200 %, Si: 2,50 % o menos, Mn: 0,10 a 3,00 %, P: 0,150 % o menos, S: 0,0150 % o menos, Al: 0,010 a 0,150 %, N: 0,0005 a 0,0100 %, Nb: 0,005 a 0,100 % y Ti: 0,002 a 0,150 %, opcionalmente contiene uno o más de Mo: 0,01 a 1,00 %, Cr: 0,01 a 3,00 %, W: 0,01 a 3,00 %, Cu: 0,01 a 3,00 % y Ni: 0,01 a 3,00 %, B: 0,0005 a 0,0100 %, Ca: 0,0005 a 0,1000 %, Rem: 0,0005 a 0,1000 % y V: 0,001 a 0,100 %, cumple con la fórmula 1, tiene un resto de Fe e impurezas inevitables, tiene una suma de la relación de intensidad aleatoria de rayos X en la orientación de {100}<001> y una relación de intensidad aleatoria de rayos X en la orientación de {110}<001> de 5 o menos en una posición de una dirección de la superficie de la lámina de acero en la dirección del espesor de la lámina correspondiente a 1/6 del espesor de la lámina, y tiene una suma de un valor máximo de las relaciones de intensidad aleatoria de rayos X en el grupo de orientación de {110}<111> a {110}<112> y una relación de intensidad aleatoria de rayos X en la orientación de {211}<111> de 5 o más:

Ti-48/14xN≥20,0005... fórmula 1

en donde, Ti y N son los contenidos (% en masa) de los elementos

(2) Una lámina de acero con alto módulo de Young conforme lo establecido en (1), caracterizada por cumplir con la siguiente fórmula 2:

4≤3,2Mn+9,6Mo+4,7W+6,2Ni+18,6Cu+0,7Cr≤10...

fórmula 2

donde, Mn, Mo, W, Ni, Cu y Cr son los contenidos (% en masa) de los elementos

35 (3) Una lámina de acero con alto módulo de Young conforme lo establecido en uno cualquiera de los anteriores (1) o (2), caracterizada por tener una relación de intensidad aleatoria de rayos X en la orientación de {332}<113> (A) de 15 o menos y una relación de intensidad aleatoria de rayos X en la orientación de {225}<110> (B) de 5 o más en una parte central de la lámina de acero en la dirección del espesor de la lámina y por cumplir con (A)/(B)≤1,00.

40 (4) Una lámina de acero con alto módulo de Young conforme lo establecido en uno cualquiera de los anteriores (1) a (3), caracterizada por tener una relación de intensidad aleatoria de rayos X en la orientación de {332}<113> (A) de 15 o menos y un simple promedio de la relación de intensidad aleatoria de rayos X en la orientación de {001}<110> y una relación de intensidad aleatoria de rayos X en la orientación de {112}<110> (C) de 5 o más en una parte central de la lámina de acero en la dirección del espesor de la lámina y por cumplir (A)/(C)≤1,10.

(5) Una lámina de acero con alto módulo de Young conforme lo establecido en uno cualquiera de los anteriores (1) a (4), caracterizada por tener un módulo de Young en la dirección de laminación medido por el método de tensión estática de 220 GPa o más.

45 (6) Una lámina de acero galvanizado por inmersión en caliente, caracterizada por que comprende una lámina de acero con alto módulo de Young conforme lo establecido en uno cualquiera de los anteriores (1) a (5), que es galvanizada por inmersión en caliente.

50 (7) Una lámina de acero galvanizado y recocido por inmersión en caliente, caracterizada por que comprende una lámina de acero con alto módulo de Young conforme lo establecido en uno cualquiera de los anteriores (1) a (5) que es galvanizada y recocida por inmersión en caliente.

(8) Un método de producción de una lámina de acero con alto módulo de Young que contiene uno o más de Mo:

0,01 a 1,00 %, Cr: 0,01 a 3,00 %, W: 0,01 a 3,00 %, Cu: 0,01 a 3,00 % y Ni: 0,01 a 3,00 %, B: 0,0005 a 0,0100 %, Ca: 0,0005 a 0,1000 %, Rem: 0,0005 a 0,1000 % y V: 0,001 a 0,100 % caracterizado por laminación de un planchón de acero que tiene los ingredientes químicos conforme lo establecido en (1) o (2) a 1.100 °C o menos por una tasa de laminación hasta la pasada final de 40 % o más y por una relación de forma X hallada por la siguiente fórmula 3 de 2,3 o más mediante dos pasadas o más, laminación en caliente a una temperatura de pasada final del punto de transformación Ar₃ a 900 °C, y enrollamiento a 700 °C o menos:

relación de forma $X=l_d/h_m$... fórmula 3

donde, l_d (longitud de arco de contacto entre los rodillos de laminación y la lámina de acero): $\sqrt{Lx(h_{entrada}-h_{salida})/2}$

h_m : $(h_{entrada}+h_{salida})/2$

L: diámetro de los rodillos de laminación

H_{salida} : espesor de la lámina del lado de entrada del rodillo de laminación

H_{salida} : espesor de la lámina del lado de salida del rodillo de laminación

(9) Un método de producción de una lámina de acero con alto módulo de Young conforme lo establecido en (8), caracterizado por laminación en caliente de manera que la deformación ϵ^* eficaz calculada por la siguiente fórmula 5 llega a ser de 0,4 o más:

$$\epsilon^* = \sum_{j=1}^{n-1} \epsilon_j \exp \left[-\sum_{i=j}^{n-1} \left(\frac{t_i}{\tau_i} \right)^{2/3} \right] + \epsilon_n \dots \text{fórmula 5}$$

donde, n es un número de cajas de laminador de una laminación en caliente final, ϵ_j es una deformación dada en la j^a caja, ϵ_n es una deformación dada en una enésima caja, t_i es un tiempo de desplazamiento entre una i^a a i + 1^a cajas, y T_i se calcula por la siguiente fórmula 6 por medio de una constante de los gases R (= 1,987) y una temperatura de laminación T_i (K) de una i^a caja:

$$\tau_i = 8,46 \times 10^{-9} \exp \left(\frac{43800}{R \times T_i} \right) \dots \text{fórmula 6}$$

(10) Un método de producción de una lámina de acero con alto módulo de Young conforme lo establecido en (8) o (9) caracterizado por llevar a cabo una tasa de velocidad periférica diferencial de al menos una pasada de laminación en caliente de 1 % o más.

(11) Un método de producción de una lámina de acero con alto módulo de Young, caracterizado por galvanización por inmersión en caliente de una superficie de una lámina de acero producida por el método conforme lo establecido en cualquiera de los anteriores (8) a (10).

(12) Un método de producción de una lámina de acero galvanizado y recocido por inmersión en caliente, caracterizado por galvanización por inmersión en caliente de una superficie de una lámina de acero producida por un método conforme lo establecido en cualquiera de los anteriores (8) a (10), seguidamente, tratarla térmicamente en un intervalo de temperatura de 450 a 600 °C durante 10 segundos o más.

Según la presente invención anterior, es posible obtener una lámina de acero con alto módulo de Young mejorada en el módulo de Young estático en la dirección de laminación medido por el método de tensión estática.

Breve descripción de los dibujos

FIG. 1 es una vista que muestra una relación de un valor de fórmula 2 de la presente invención y un módulo de Young estático en la dirección de laminación.

FIG. 2 es una vista que muestra una función de distribución de la orientación (FDO) cristalina en una sección transversal del ángulo de Euler de $\phi_2=45^\circ$ y una orientación principal.

Mejor modo para llevar a cabo la invención

Cambios de textura en la dirección del espesor de una lámina de acero. Cuando la textura difiere de una capa superficial y una parte central de la dirección del espesor de una lámina, la rigidez, es decir, los módulos de Young, en la deformación por tracción y la deformación por flexión, no tienen por qué coincidir necesariamente. Esto se

debe al hecho de que la rigidez en la deformación por tracción es una característica que se ve afectada por la textura de la totalidad del espesor de una lámina de acero y la rigidez en la deformación por flexión es una característica que se ve afectada por la textura de la capa superficial de una parte de la lámina de acero.

5 La presente invención es una lámina de acero que optimiza la textura hacia una ubicación de una distancia de la superficie en la dirección del espesor de la lámina correspondiente a 1/6 del espesor de la lámina y aumenta el módulo de Young en la dirección de laminación.

10 Por lo tanto, la textura que contribuye al módulo de Young en la dirección de laminación se forma al menos hasta una posición más profunda que la parte correspondiente a 1/8 del espesor de la lámina, es decir, la parte correspondiente a 1/6 del espesor de la lámina. Al aumentar el espesor de la región del módulo de Young aumentado en la dirección de laminación, es posible aumentar el módulo de Young no sólo para la deformación por flexión, sino también para la deformación por tracción y deformación por compresión.

15 Además, para introducir una deformación por cizallamiento no sólo a la capa superficial, sino también a la parte correspondiente a 1/6 del espesor de la lámina, la lámina se produce por la elevación de la relación de forma determinada por el espesor de la lámina antes y después de una pasada de laminación en caliente y el diámetro de los rodillos de laminación.

20 La lámina de acero de la presente invención concentra las orientaciones que elevan el módulo de Young en la dirección de laminación de al menos la capa superficial correspondiente a la parte correspondiente a 1/6 del espesor de la lámina y suprime la concentración de las orientaciones que reducen el módulo de Young. El módulo de Young estático en la dirección de laminación es alto y la rigidez en la deformación por tracción es alta, no sólo en la capa superficial, sino también en la parte correspondiente a 1/6 del espesor de la lámina. Además, mediante la concentración de las orientaciones que elevan el módulo de Young en la dirección de laminación en la ubicación de la capa superficial correspondiente a la parte correspondiente a 1/6 del espesor de la lámina, la concentración de las orientaciones que reducen el módulo de Young también se suprime.

25 La lámina de acero de la presente invención tiene específicamente una suma de la relación de intensidad aleatoria de rayos X en la orientación de $\{100\}\langle 001\rangle$ y la relación de intensidad aleatoria de rayos X en la orientación de $\{110\}\langle 001\rangle$ de la parte correspondiente a 1/6 del espesor de la lámina de 5 o menos y tiene una suma del valor máximo de las relaciones de intensidad aleatoria de rayos X en el grupo orientación de $\{110\}\langle 111\rangle$ a $\{110\}\langle 112\rangle$ y la relación de intensidad aleatoria de rayos X en la orientación de $\{112\}\langle 111\rangle$ de 5 o más. La lámina de acero de la presente invención se obtiene por la acción de la fuerza de cizalla de la capa superficial de la lámina de acero con al menos la parte correspondiente a 1/6 del espesor de la lámina en la laminación en caliente.

30 Para hacer que la fuerza de cizalla de la laminación en caliente actúe en la parte correspondiente a 1/6 del espesor de la lámina de la lámina de acero, los inventores descubrieron que la relación de forma X definida por la siguiente fórmula ha de ser 2,3 o más al menos en dos pasadas entre el número total de pasadas de laminación en caliente.

35 La relación de forma X, como se muestra por la siguiente fórmula 3, es la relación de la longitud del arco de contacto de los rodillos, el acero y el espesor promedio de la lámina. Los inventores descubrieron recientemente que cuanto mayor sea el valor de esta relación de forma X, más profunda es la parte de la lámina de acero en la dirección de espesor de la lámina en la que actúa la fuerza de cizalla.

relación de forma $X = l_d / h_m$. . . fórmula 3

40 donde, l_d (longitud del arco de contacto de los rodillos de laminación y la lámina de acero): $\sqrt{(Lx(h_{entrada} - h_{salida})/2)}$

h_m : $(h_{entrada} + h_{salida})/2$

L: diámetro de los rodillos de laminación

$H_{entrada}$: espesor de la lámina en el lado de entrada del rodillo de laminación

H_{salida} : espesor de la lámina en el lado de salida del rodillo de laminación

45 Con una sola pasada donde la relación de forma X descubierta por la siguiente fórmula 3 es 2,3 o más, la deformación por cizallamiento no puede ser introducida en la parte correspondiente a 1/6 del espesor de la lámina. Por esta razón, el espesor de la capa en la que se introdujo la deformación por cizallamiento (llamada "capa de cizalla") es insuficiente. La textura cerca de la parte correspondiente a 1/6 del espesor de la lámina también se deteriora y el módulo de Young medido por el método de tensión estática disminuye. Por lo tanto, el número de pasadas, donde la relación de forma X es 2,3 o más, tiene que ser de dos pasadas o más.

50 Cuanto mayor sea el número de pasadas, mejor. La relación de forma X de todas las pasadas también puede ser de 2,3 o más. Para aumentar el espesor de la capa de cizalla, cuanto mayor sea el valor de la relación de forma X, mejor. Es preferiblemente de 2,5 o más, más preferiblemente 3,0 o más.

Además, en caso de laminar la lámina en una relación de forma X de 2,3 o más a una temperatura alta, a veces la recristalización posterior hace que la textura que eleva el módulo de Young se destruya. Por esta razón, la laminación que limita el número de pasadas donde la relación de forma X es de 2,3 o más tiene que realizarse a 1.100 °C o menos.

5 Tenga en cuenta que al laminar la lámina a 1.100 °C o menos, la formación en la orientación de $\langle 001 \rangle \{100\}$ y en la orientación de $\{110\} \langle 001 \rangle$ que reducen el módulo de Young en la dirección de laminación es notable debido a la introducción de la deformación por cizallamiento a una temperatura más alta. Por este motivo, para suprimir la concentración de estas orientaciones, es preferible suprimir la relación de forma de la laminación a una temperatura alta. Por otra parte, la formación en el grupo orientación de $\{110\} \langle 111 \rangle$ a $\{110\} \langle 112 \rangle$ y en la orientación de $\{211\} \langle 111 \rangle$ que elevan el módulo de Young en la dirección de laminación se hace notable por la introducción de deformación por cizallamiento a una temperatura baja. Por lo tanto, cuanto menor sea la temperatura de laminación, más notable será el efecto de la relación de forma, por lo que el laminado con una relación de forma X de 2,3 o más se realiza preferiblemente por una caja de laminador cerca del final.

15 Además, para optimizar la textura del espesor total de la superficie con el centro del espesor de la lámina, es preferible limitar los ingredientes para hacer que la energía de falta de apilamiento de la fase austenítica sea producida por calentamiento de la laminación en caliente (llamada la "fase γ ") en el intervalo óptimo y se lleve a cabo la laminación en condiciones en donde la deformación por cizallamiento se vuelva más profunda. Debido a esto, es posible suprimir las orientaciones que reducen el módulo de Young de la formación en la parte central del espesor de la lámina y elevar el módulo de Young estático del espesor de la lámina en su conjunto.

20 Se ha conocido antes de ahora el hecho de que la diferencia en la energía de falta de apilamiento tiene un gran efecto en la textura de trabajo de la fase γ que tiene una estructura cúbica centrada en las caras. Además, cuando se trabaja la fase γ durante la laminación en caliente, a continuación, se enfría y se transforma en la fase de ferrita (llamada la "fase α "), la fase α se transforma en una orientación que tiene una cierta relación de orientación con la orientación cristalina de la fase γ antes de la transformación. Este es el fenómeno llamado "selección de variantes".

25 Los inventores descubrieron que el cambio en la textura debido a la deformación introducida por la laminación en caliente se ve afectado por la energía de falta de apilamiento de la fase γ . Es decir, los cambios de textura se deben a la energía de falta de apilamiento de la fase γ entre la capa superficial en la que se introduce la deformación por cizallamiento y la capa central en la que se introduce la deformación por compresión.

30 Por ejemplo, en caso de que la energía de falta de apilamiento llegue a ser mayor, en la capa superficial de la parte de la lámina de acero, la concentración de la orientación que eleva aún más el módulo de Young en la dirección de laminación, es decir, en la orientación de $\{110\} \langle 111 \rangle$, llega a ser mayor y, en la parte central del espesor de la lámina, se desarrolla la orientación de $\{332\} \langle 113 \rangle$ que reduce el módulo de Young en la dirección de laminación. Por otro lado, en caso de que la energía de falta de apilamiento caiga, la concentración en la orientación de $\{110\} \langle 111 \rangle$ no elevará la capa superficial correspondiente a la parte correspondiente a 1/6 del espesor de la lámina. En particular, cerca de la parte correspondiente a 1/6 del espesor de la lámina, las orientaciones que reducen el módulo de Young, es decir, $\{100\} \langle 001 \rangle$ y $\langle 110 \rangle \langle 001 \rangle$, se desarrollan con facilidad. A diferencia de esto, en caso de que la energía de falta de apilamiento caiga, en la parte central del espesor de la lámina, se forman orientaciones relativamente ventajosas con respecto al módulo de Young en la dirección de laminación, es decir, la orientación de $\{225\} \langle 110 \rangle$ y la orientación de $\{112\} \langle 110 \rangle$.

40 Por lo tanto, para elevar el módulo de Young estático en tanto la capa superficial como en la parte central del espesor de la lámina, es necesario controlar la energía de falta de apilamiento de la fase γ a un intervalo adecuado. Específicamente, de manera preferible se cumple con la siguiente fórmula 2:

$$4 \leq 3,2\text{Mn} + 9,6\text{Mo} - 4,7\text{W} - 6,2\text{Ni} + 18,6\text{Cu} + 0,7\text{Cr} \leq 10 \dots \text{fórmula 2}$$

donde Mn, Mo, W, Ni, Cu y Cr son los contenidos (% en masa) de los elementos.

45 La fórmula 2 anterior se basa en la fórmula de conversión de los efectos de los elementos en la energía de falta de apilamiento del acero inoxidable a base de austenita que tiene una fase γ con respecto a los valores numéricos y se modifica por ensayos y estudios adicionales realizados por los inventores. Específicamente, los inventores investigaron el módulo de Young estático en la dirección de laminación en caso de convertir 0,03 % de C, 0,1 % de Si, 0,5 % de Mn, 0,01 % de P, 0,0012 % de S, 0,036 % de Al, 0,010 % de Nb, 0,015 % de Ti, 0,0012 % de B, 0,0015 % de N en la composición de los ingredientes básicos y cambiar las cantidades de adición de Mn, Cr, W, Cu, y Ni de diversas maneras.

La laminación en caliente se realiza a una temperatura de pasada final del punto de transformación Ar_3 a 900 °C, una tasa de laminación de 1.100 °C con una pasada final de 40 % o más, y una relación de forma de 2,3 o más para dos pasadas o más. Tenga en cuenta que la temperatura de transformación Ar_3 se calcula por la siguiente fórmula 4:

ES 2 651 242 T3

$Ar_3=901-325 \times C + 33 \times Si + 287 \times P + 40 \times Al - 92 \times (Mn + Mo - Cu) - 46 \times (Cr + Ni) \dots$ fórmula 4

donde C, Si, P, Al, Mn, Mo, Cu, Cr, y Ni son los contenidos de los elementos (% en masa), un contenido de una extensión de una impureza que se indica como "0". Además, para simular el enrollamiento a 700 °C o menos después de la laminación, la lámina es tratada con calor manteniéndola a 650 °C durante 2 horas.

5 A causa de la lámina de acero, se extrajo una pieza de ensayo según la Norma Industrial Japonesa JIS Z 2201 n.º 13 usando la dirección de laminación como la orientación longitudinal. Se proporcionó una tensión de tracción equivalente a 1/2 del límite de elasticidad de la lámina de acero y se midió el módulo de Young estático. La medición se efectuó en cinco ocasiones. El valor promedio de los tres valores de medición menos el valor superior y el valor inferior entre los módulos de Young calculado basándose en la inclinación de la gráfica de tensión-deformación se realizó con el módulo de Young por el método de tensión estática.

10 Los resultados se muestran en la FIG. 1. Desde esta, se comprueba que cuando el valor de esta relación descubierta por los inventores es de 4 a 10, se obtiene un alto módulo de Young estático en la dirección de laminación superior a 220 GPa, mientras que en caso de que sea inferior a 4 o superior a 10, el valor disminuye notablemente.

15 En lo sucesivo, se explicará la relación de intensidad aleatoria de rayos X y el módulo de Young de la lámina de acero de la presente invención.

Suma de la relación de intensidad aleatoria de rayos X en la orientación de $\{100\}\langle 001 \rangle$ y relación de intensidad aleatoria de rayos X en la orientación de $\{110\}\langle 001 \rangle$ en la parte correspondiente a 1/6 del espesor de la lámina:

20 La orientación de $\{100\}\langle 001 \rangle$ y la orientación de $\{110\}\langle 001 \rangle$ son orientaciones que reducen notablemente el módulo de Young en la dirección de laminación. Cuando se utiliza el método de vibración para medir el módulo de Young de la lámina de acero, el efecto de la textura de la capa superficial es el mayor. El efecto de la textura es pequeño en el interior de la dirección del espesor de la lámina. Sin embargo, cuando se utiliza el método de tensión estática para medir el módulo de Young de la lámina de acero, la textura de no sólo la capa superficial, sino también la textura del interior de la dirección del espesor de la lámina tienen un efecto.

25 Para elevar el módulo de Young medido por el método de tensión, es necesario elevar el módulo de Young de al menos la capa superficial correspondiente a la parte correspondiente a 1/6 del espesor de la lámina. Por lo tanto, para elevar el módulo de Young en la dirección de laminación medido por el método de tensión, la suma de la relación de intensidad aleatoria de rayos X en la orientación de $\{100\}\langle 001 \rangle$ y la relación de intensidad aleatoria de rayos X en la orientación de $\{110\}\langle 001 \rangle$ de la parte correspondiente a 1/6 del espesor de la lámina tiene que ser de 5 o menos. Desde este punto de vista, 3 o menos resulta más preferible.

30 Tenga en cuenta que la orientación de $\{100\}\langle 001 \rangle$ y la orientación de $\{110\}\langle 001 \rangle$ se forman con facilidad cerca de la parte correspondiente a 1/6 del espesor de la lámina cuando se produce únicamente en la capa superficial de la lámina de acero deformación por cizallamiento. Por otra parte, aunque sólo se introduce deformación por cizallamiento cerca de la parte correspondiente a 1/6 del espesor de la lámina, la formación de la orientación de $\{100\}\langle 001 \rangle$ y la orientación de $\{110\}\langle 001 \rangle$ en esta ubicación se suprime y el grupo de orientación de $\{110\}\langle 111 \rangle$ a $\{110\}\langle 112 \rangle$ y la orientación de $\{211\}\langle 111 \rangle$ se explican a continuación.

35 Suma del valor máximo de relaciones de intensidad aleatoria de rayos X en el grupo de orientación de $\{110\}\langle 111 \rangle$ a $\{110\}\langle 112 \rangle$ y la relación de intensidad aleatoria de rayos X en la orientación de $\{211\}\langle 111 \rangle$ en la parte correspondiente a 1/6 del espesor de la lámina:

40 Estas son orientaciones cristalinas eficaces para elevar el módulo de Young en la dirección de laminación y se forman debido a la deformación por cizallamiento introducida en el momento de la laminación en caliente. La suma del valor máximo de las relaciones de intensidad aleatoria de rayos X en el grupo orientación de $\{110\}\langle 111 \rangle$ a $\{110\}\langle 112 \rangle$ y la relación de intensidad aleatoria de rayos X en la orientación de $\{211\}\langle 111 \rangle$ en la parte correspondiente a 1/6 del espesor de la lámina es de 5 o más significa que una textura que eleva el módulo de Young en la dirección de laminación se ha formado a partir de la superficie de la lámina de acero en la parte correspondiente a 1/6 del espesor de la lámina. Debido a esto, el módulo de Young estático en la dirección de laminación medido por el método de la tensión llega a ser de 220 GPa o más. Preferiblemente, 10 o más, más preferiblemente 12 o más.

45 Las relaciones de intensidad aleatoria de rayos X en la orientación de $\{100\}\langle 001 \rangle$, en la orientación de $\{110\}\langle 001 \rangle$, y en el grupo orientación de $\{110\}\langle 111 \rangle$ a $\{110\}\langle 112 \rangle$ y en la orientación de $\{211\}\langle 111 \rangle$ se pueden hallar a partir de la función de distribución de la orientación (FDO) cristalina que muestra la textura tridimensional calculada mediante el 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.

Tenga en cuenta que la “relación de intensidad aleatoria de rayos X” es el valor obtenido mediante la medición de las intensidades de rayos X de una muestra estándar que no tiene una concentración en una orientación específica y una muestra de ensayo en las mismas condiciones por el método de difracción de rayos X etc. y la división de la intensidad de rayos X obtenida de la muestra de ensayo por la intensidad de rayos X de la muestra estándar.

5 La FIG. 2 muestra la FDO de la sección transversal $\varphi_2=45^\circ$ por la cual se expresan las orientaciones cristalinas de la presente invención. La FIG. 2 es una expresión de Bunge que muestra la textura tridimensional por una función de distribución de la orientación cristalina. El ángulo de Euler φ_2 se representa con un ángulo de 45° y la orientación cristalina específica $(hkl)[uvw]$ se muestra por los ángulos de Euler φ_1 , Φ de la función de distribución de la orientación cristalina. Como se muestra por los puntos en el eje de $\Phi=90^\circ$ de la FIG. 2, el grupo orientación de $\{110\}<111>$ a $\{110\}<112>$ indica, estrictamente hablando, el intervalo de $\Phi=90^\circ$ y $\varphi_1 = 35,26$ a $54,74^\circ$. No obstante, en ocasiones se produce un error de medición debido al trabajo de la muestra de ensayo o el ajuste de la muestra, por lo que el valor máximo de las relaciones de intensidad aleatoria de rayos X en el grupo orientación de $\{110\}<111>$ a $\{110\}<112>$ se efectúa en la relación de intensidad aleatoria de rayos X máxima en el intervalo de $\Phi=85$ a 90° y $\varphi_1=35$ a 55° que se muestra por el sombreado en la figura.

15 Debido a razones similares, en la sección transversal $\varphi_2=45^\circ$ de la textura tridimensional, sobre las posiciones mostradas por los puntos de la FIG. 2, los valores máximos en la orientación de $\{111\}<211\}$ en el intervalo de $\varphi_1=85$ a 90° y $\Phi=30$ a 40° , la orientación de $\{100\}<001>$ en el intervalo de $\varphi_1=40$ a 50° y $\Phi=0$ a 5° , y la orientación de $\{110\}<001>$ en el intervalo de $\varphi_1=85$ a 90° y $\Phi=85$ a 90° se realizan en las relaciones de intensidad de estas orientaciones.

20 En este caso, para la orientación cristalina, normalmente la orientación vertical respecto a la superficie de la lámina se expresa como $[hkl]$ o $\{hkl\}$ y la orientación paralela a la dirección de laminación se expresa por (uvw) o $\langle uvw \rangle$. $\{hkl\}$ y $\langle uvw \rangle$ son términos generales para superficies equivalentes, mientras que $[hkl]$ y (uvw) indican superficies cristalinas individuales. Es decir, en la presente invención, la estructura cúbica centrada en el cuerpo (referida como la “estructura c.c.c.”) está cubierta, así que, por ejemplo, las superficies (111) , (-111) , $(1-11)$, $(11-1)$, $(-1-11)$, $(-11-1)$, $(1-1-1)$, y $(-1-1-1)$ son equivalentes y no se pueden distinguir. En este caso, estas orientaciones se refieren al conjunto “ $\{111\}$ ”.

25 Tenga en cuenta que la FDO se utiliza para mostrar las orientaciones de la estructura cristalina de baja simetría, por lo que en general se expresa por $\varphi_1=0$ a 360° , $\Phi=0$ a 180° , $\varphi_2=0$ a 360° . Las orientaciones individuales se muestran por $[hkl](uvw)$. Sin embargo, en la presente invención, ya que la estructura c.c.c. altamente simétrica está cubierta, Φ y φ_2 se expresan en el intervalo de 0 a 90° . Además, en el momento del cálculo de φ_1 , el intervalo cambia en función de si se tiene en cuenta la simetría debido a la deformación. En la presente invención, se considera la simetría y φ_1 se expresa como $\varphi_1=0$ a 90° , es decir, el valor promedio de la misma orientación en el intervalo de $\varphi_1=0$ a 360° se expresa en la FDO 0 a 90° . En este caso, $[hkl](uvw)$ y $\{hkl\}\langle uvw \rangle$ son sinónimos. Por lo tanto, por ejemplo, la relación de intensidad aleatoria de rayos X de $(110)[1-11]$ de la FDO en la sección transversal $\varphi_2=45^\circ$ que se muestra en la FIG. 2 es la relación de intensidad aleatoria de rayos X en la orientación de $\{110\}\langle 111 \rangle$.

Las muestras para difracción de rayos X se pueden preparar de la siguiente manera:

30 La lámina de acero se pule y esmerila por pulido mecánico, pulido químico, etc. en una posición predeterminada en la dirección del espesor de la lámina correspondiente a una superficie de espejo, a continuación, se pule por pulido electrolítico o pulido químico para eliminar la deformación y al mismo tiempo ajustar la lámina de modo que la parte correspondiente a $1/6$ del espesor de la lámina se convierta en la superficie de medición.

35 Tenga en cuenta que hacer que la superficie de medición tenga precisamente la parte correspondiente a $1/6$ del espesor de la lámina es difícil, por lo que es suficiente preparar la muestra para que la superficie de medición se encuentre en un intervalo de 3% del espesor de la lámina desde la posición de destino. Además, en el caso en el que es difícil la medición por difracción de rayos X, el método EBSP (Electron Back Scattering Pattern) (difracción de electrones por retrodispersión) y el método de ECP (Electron Channeling Pattern) (patrón de canalización de electrones) se pueden usar para medir los valores estadísticamente suficientes.

40 Si la supresión de la formación de la orientación de $\{100\}\langle 001 \rangle$ y la orientación de $\{110\}\langle 001 \rangle$ a una posición más profunda en la dirección del espesor de la lámina y la formación del grupo orientación de $\{110\}\langle 111 \rangle$ a $\{110\}\langle 112 \rangle$ y la orientación de $\{211\}\langle 111 \rangle$, el módulo de Young se mejora aún más. Por esta razón, al hacer que la textura sea idéntica que la capa de la superficie bajo una posición más profunda que la parte correspondiente a $1/6$ del espesor de la lámina, preferiblemente la parte correspondiente a $1/4$ del espesor de la lámina, más preferiblemente la parte correspondiente a $1/3$ del espesor de la lámina, el módulo de Young estático en la dirección de laminación se mejora notablemente.

45 Sin embargo, incluso si se introduce deformación por cizallamiento desde la capa superficial a una posición más profunda de lo normal como en la presente invención, la introducción de la deformación por cizallamiento en la parte central del espesor de la lámina es imposible. Por esta razón, no es posible formar una textura idéntica a la capa superficial en la parte correspondiente a $1/2$ del espesor de la lámina y una textura diferente de la capa superficial se forma en la capa central de espesor de la lámina.

Por lo tanto, además, para mejorar el módulo de Young estático, es preferible mejorar no sólo la textura de la capa superficial respecto a la parte correspondiente a 1/6 del espesor de la lámina, sino también la textura de la parte correspondiente a 1/2 del espesor de la lámina con una orientación ventajosa al módulo de Young en la dirección de laminación.

5 Relación de intensidad aleatoria de rayos X en la orientación de $\{332\}\langle 113 \rangle$ (A) y la relación de la intensidad aleatoria de rayos X en la orientación de $\{225\}\langle 110 \rangle$ (B) en parte central del espesor de la lámina y (A)/(B):

10 La orientación de $\{332\}\langle 113 \rangle$ es una orientación cristalina representativa que se forma en la parte central del espesor de la lámina y es una orientación que reduce el módulo de Young en la dirección de laminación, mientras que la orientación de $\{225\}\langle 110 \rangle$ es una orientación relativamente ventajosa para el módulo de Young en la dirección de laminación.

15 Por lo tanto, para mejorar el módulo de Young estático en la dirección de laminación de la parte central del espesor de la lámina, es preferible que la relación de intensidad aleatoria de rayos X en la orientación de $\{332\}\langle 113 \rangle$ (A) en la parte central del espesor de la lámina sea 15 o menos y la relación de intensidad aleatoria de rayos X en la orientación de $\{225\}\langle 110 \rangle$ (B) sea 5 o más. Además, es preferible que la orientación que reduce el módulo de Young en la dirección de laminación (A) sea igual o menor que la orientación que eleva el módulo de Young en la dirección de laminación (B), en concreto, que (A)/(B) sea 1,00 o menos. Desde este punto de vista, (A)/(B) es preferiblemente 0,75 o menos, más preferiblemente 0,60 o menos. Al cumplir con la condición anterior, es posible hacer que la diferencia entre el módulo de Young dinámico y el módulo de Young estático esté dentro de 10 GPa.

20 Promedio de las relaciones de intensidad aleatoria de rayos X en la orientación de $\{001\}\langle 110 \rangle$ y en la orientación de $\{112\}\langle 110 \rangle$ en la parte central del espesor de la lámina (C) y (A)/(C):

Para hacer que el módulo de Young estático en la dirección de laminación sea de 220 GPa o más, es preferible controlar la textura laminada formada en la parte central del espesor de la lámina y hacer que el módulo de Young en la dirección de laminación en esta parte tenga un valor de 215 GPa.

25 La orientación de $\{001\}\langle 110 \rangle$ y la orientación de $\{112\}\langle 110 \rangle$ son orientaciones representativas donde la orientación de $\langle 110 \rangle$ coincide con la dirección de laminación llamada la "fibra α ". Esta orientación es una orientación relativamente ventajosa para el módulo de Young en la dirección de laminación. Para mejorar el módulo de Young estático en la dirección de laminación de la parte central del espesor de la lámina, es preferible que el valor promedio simple (C) de las relaciones de intensidad aleatoria de rayos X en la orientación de $\{001\}\langle 110 \rangle$ y en la orientación de $\{112\}\langle 110 \rangle$ en la parte central del espesor de la lámina satisfaga 5 o más. Además, es preferible que la orientación que reduce el módulo de Young en la dirección de laminación (A) sea igual o menor que la orientación que eleva el módulo de Young en la dirección de laminación (C), específicamente, que (A)/(C) sea 1,10 o menos.

30 La muestra para la difracción de rayos X en la parte correspondiente a 1/2 del espesor de la lámina también se puede preparar, de la misma manera que la muestra de la parte correspondiente a 1/6 del espesor de la lámina, mediante pulido para eliminar la deformación para ajustar la muestra de manera que un intervalo dentro del 3 % de la parte correspondiente a 1/2 del espesor de la lámina se convierta en la superficie de medición. Tenga en cuenta que cuando la segregación u otra anomalía se reconozca en la parte central del espesor de la lámina, es preferible preparar la muestra evitando la parte segregada en el intervalo correspondiente a 7/16 a 9/16 del espesor de la lámina.

35 Sin embargo, al igual que la parte correspondiente a 1/6 del espesor de la lámina, a veces se produce un error de medición debido al trabajo de la pieza de ensayo o al ajuste de la muestra. Por esta razón, en la sección transversal $\varphi_2=45^\circ$ de la textura tridimensional que se muestra en la FIG. 2, los valores máximos de la orientación de $\{001\}\langle 110 \rangle$ y la orientación de $\{225\}\langle 110 \rangle$ en el intervalo $\varphi_1=0$ a 5° y $\Phi=0$ a 5° y el intervalo $\varphi_1=0$ a 5° y $\Phi=25$ a 35° y de la orientación de $\{332\}\langle 113 \rangle$ en el intervalo $\varphi_1=85$ a 90° y $\Phi=60$ a 70° pueden ser usados para representar las relaciones de intensidad de estas orientaciones. Además, la orientación de $\{112\}\langle 110 \rangle$ se encuentra en el intervalo $\varphi_1=0$ a 5° y $\Phi=30$ a 40° . Por este motivo, por ejemplo, en $\varphi_1=0$ a 5° , cuando el valor máximo en el intervalo de $\Phi=30$ a 35° llega a ser superior a $\Phi=25$ a 30° y $\Phi=35$ a 40° , la relación de intensidad aleatoria de rayos X de la orientación de $\{225\}\langle 110 \rangle$ y la relación de intensidad aleatoria de rayos X de la orientación de $\{112\}\langle 110 \rangle$ se evaluó como el mismo valor numérico.

40 El módulo de Young se mide por el método de tensión estática mediante el uso de una pieza de ensayo de tracción basada en la norma JIS Z 2201 y la transmisión de una tensión de tracción equivalente a 1/2 del límite de elasticidad de la lámina de acero. Es decir, el módulo de Young se calcula en base a no sólo la tensión de tracción equivalente a 1/2 del límite elástico, sino también en base a la inclinación de la gráfica de tensión-deformación obtenida. Para eliminar las variaciones en la medición, la misma pieza de ensayo se utiliza para medirse cinco veces y se realiza el valor promedio de los tres métodos de medición menos el valor superior y el valor inferior entre los resultados obtenidos por el módulo de Young.

55 A continuación, se explicarán adicionalmente las razones para limitar la composición de acero en la presente invención.

Nb es un elemento importante en la presente invención. En la laminación en caliente, se suprime notablemente la recristalización en el momento de trabajar la fase γ y promueve notablemente la formación de la textura de trabajo en la fase γ . Desde este punto de vista, la adición de Nb en una cantidad de 0,005 % o más es necesaria. Además, la adición de 0,010 % o más es preferible y la adición de 0,015 % o más es preferible. Sin embargo, si la cantidad de adición de Nb supera 0,100 %, el módulo de Young en la dirección de laminación disminuye, por lo que el límite superior es 0,100 %. La razón por la cual la adición de Nb se traduce en una caída en el módulo de Young en la dirección de laminación no es segura, pero se conjetura que el Nb tiene un efecto sobre la energía de falta de apilamiento de la fase γ . Desde este punto de vista, es preferible que la cantidad de adición de Nb sea 0,080 % o menos, más preferiblemente 0,060 % o menos.

Ti también es un elemento importante en la presente invención. Ti forma nitruros en la región de alta temperatura en fase γ y suprime la recristalización en el momento de trabajar la fase γ en la laminación en caliente. Además, cuando se añade B, debido a la formación de nitruros de Ti, la precipitación de BN se suprime, de modo que el soluto sólido B se puede asegurar. Debido a esto, se promueve la formación de una textura preferible para la mejora del módulo de Young. Para obtener este efecto, Ti tiene que ser añadido en una cantidad de 0,002 % o más. Por otra parte, si se añade Ti más del 0,150 %, la trabajabilidad se deteriora notablemente, por lo que este valor sirve como límite superior. Desde este punto de vista, sirve como límite 0,100 % o menos. Más preferiblemente sirve como límite 0,060 % o menos.

N es una impureza. Con una cantidad inferior a 0,0005 %, ésta da lugar a mayores costos, pero no se obtiene un gran efecto, por lo que el contenido es de 0,0005 % o más. Además, N forma un nitruro con Ti y suprime la recristalización de la fase γ , por lo que se puede añadir deliberadamente, pero reduce el efecto de la supresión de la recristalización de B, por lo que se suprime a 0,0100 % o menos. Desde este punto de vista, es preferiblemente 0,0050 % o menos, más preferiblemente 0,0020 % o menos.

Además, Ti y N tienen que cumplir con la siguiente fórmula 1:

$$Ti-48/14 \times N \geq 0,0005 \dots \text{ fórmula 1}$$

Debido a esto, se exhibe el efecto de supresión de recristalización de la fase γ debido a la precipitación de TiN, la formación de BN en el caso de adición de B puede ser suprimida, y se promueve la formación de textura preferible para la mejora del módulo de Young.

C es un elemento que aumenta la resistencia. La adición de 0,005 % o más es necesaria. Además, desde el punto de vista del módulo de Young, el límite inferior de la cantidad de C es preferiblemente de 0,010 % o más. Esto se debe a que, si la cantidad de C disminuye a menos del 0,010 %, la temperatura de transformación Ar_3 se eleva, la laminación en caliente a baja temperatura resulta difícil, y el módulo de Young disminuye. Además, para suprimir las características de fatiga de la zona de soldadura, el contenido es preferiblemente de 0,020 % o más. Por otra parte, si la cantidad de C excede 0,200 %, la capacidad de conformación se deteriora, por lo que el límite superior era 0,200 %. Además, si la cantidad de C excede 0,100 %, la soldabilidad se deteriora a veces, por lo que es preferible hacer que la cantidad de C sea 0,100 % o menos. Además, si la cantidad de C excede 0,060 %, el módulo de Young en la dirección de laminación disminuye a veces, por lo que 0,060 % o menos es más preferible.

Si es un elemento desoxidante. El límite inferior no está definido, pero siendo inferior a 0,001 % origina mayores costos de producción. Además, Si es un elemento que aumenta la resistencia por fortalecimiento de la solución. Esto también es eficaz para obtener una estructura que incluye martensita, bainita, o más austenita residual. Por esta razón, se puede añadir deliberadamente de acuerdo con el nivel de resistencia dirigida, pero si la cantidad de adición es superior a 2,50 %, la formabilidad en prensa se deteriora, de modo que 2,50 % es el límite superior. Además, si la cantidad de Si es grande, la convertibilidad química disminuye, de modo que la cantidad es preferiblemente 1,20 % o menos. Además, cuando se realiza una galvanización por inmersión en caliente, a veces surgen problemas tales como la disminución de la adherencia del chapado, la disminución de la productividad por retraso de la reacción de aleación, y otros problemas, y por eso, es preferible que la cantidad de Si sea 1,00 % o menos. Desde el punto de vista del módulo de Young, es más preferible que la cantidad de Si sea 0,60 % o menos, más preferiblemente 0,30 % o menos.

Mn es un elemento importante en la presente invención. Mn es un elemento de reducción de la temperatura en la que la fase γ se transforma en la fase de ferrita, es decir, el punto de transformación Ar_3 , cuando se calienta a una temperatura alta en el momento de la laminación en caliente. Mediante la adición de Mn, la fase γ se vuelve estable a una temperatura baja y la temperatura de la laminación final se puede disminuir. Para obtener este efecto, es necesario añadir Mn en una cantidad de 0,10 % o más. Además, Mn, tal como se explica más adelante, se correlaciona con la energía de falta de apilamiento de la fase γ . Afecta a la formación de la textura de trabajo en la fase γ y la selección de variantes en el momento de la transformación, provoca que la formación de la orientación cristalina eleve el módulo de Young en la dirección de laminación después de la transformación, y, por el contrario, suprime la formación de orientación que reduce el módulo de Young. Desde este punto de vista, es preferible añadir Mn en una cantidad de 1,00 % o más. Más preferiblemente, se añade 1,20 % o más de Mn. La adición de 1,50 % o más es lo más preferible. Por otra parte, si la cantidad de adición del Mn supera el 3,00 %, el módulo de Young

estático en la dirección de laminación disminuye. Además, la resistencia llega a ser demasiado alta y disminuye la ductilidad, por lo que el límite superior de la cantidad de Mn es 3,00 %. Además, si la cantidad de Mn supera el 2,00 %, la adherencia del chapado de cinc se deteriora a veces. Desde el punto de vista del módulo de Young en la dirección de laminación, así como la cantidad es preferiblemente 2,00 % o menos.

5 P es una impureza, pero puede ser añadido deliberadamente cuando la resistencia tiene que aumentar. Además, P tiene el efecto de conseguir una estructura laminada en caliente más fina y mejora su aptitud para el trabajo. Sin embargo, si la cantidad de adición es superior a 0,150 %, la resistencia a la fatiga después de la soldadura por puntos se deteriora y aumenta el límite de elasticidad y los defectos en las propiedades de superficie son causados en el momento de 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. Además, la capacidad
10 secundaria para el trabajo también empeora. Por lo tanto, 0,15 sirve como límite superior.

S es una impureza. Si cuando está presente en más del 0,0150 %, llega a ser causa de la formación de grietas en caliente y provoca un deterioro en la capacidad de trabajo, por eso este es su límite superior.

15 Al es un regulador de la desoxidación. Desde el punto de vista de la desoxidación, es de 0,010 % o más. Por otro lado, Al aumenta de manera notable el punto de transformación, por lo que, si la adición es de más de 0,150 %, la laminación en la región y de baja temperatura se hace difícil, de modo que su límite superior se establece en 0,150 %.

Para elevar módulos de Young estático de tanto la capa superficial del espesor de la lámina como de la parte central, es preferible cumplir con la siguiente fórmula 2:

20 $4\leq 3, 2Mn+9, 6Mo+4, 7W+6, 2Ni+18, 6Cu+0, 7Cr\leq 10\dots$ fórmula 2

En este caso, Mn, Mo, W, Ni, Cu y Cr son los contenidos (% en masa) de los elementos. Tenga en cuenta que cuando las cantidades de adición de Mo, W, Ni, Cu, y Cr son inferiores a los valores límite inferiores preferidos, la relación de la fórmula 2 se calcula considerando estos como "0".

25 Si se cumple con la fórmula 2 anterior, la orientación que eleva el módulo de Young en la dirección de laminación se concentra en la capa de cizalla de la capa superficial de la lámina de acero o cerca de la parte central del espesor de la lámina y la concentración que reduce el módulo de Young en la dirección de laminado se suprime. Tenga en cuenta que, si la fórmula 2 anterior supera 10, la orientación de $\{332\}\langle 113\rangle$ que reduce el módulo de Young en la dirección de laminación se forma con facilidad y la formación de la orientación de $\{225\}\langle 110\rangle$ o la orientación de $\{001\}\langle 110\rangle$ y la orientación de $\{112\}\langle 110\rangle$ que elevan el módulo de Young en la dirección de laminación tiende a ser suprimida.
30

Además, en caso de adición de Mn y, si es necesario, uno o dos de Mo, W, Ni, Cu y Cr de modo que el valor de la fórmula 2 se establezca preferiblemente en 4,5 o más, más preferiblemente 5,5 o más, el módulo de Young en la dirección de laminación puede elevarse. Sin embargo, si no se cumple con la fórmula 2 y el valor de la relación excede 10, las propiedades mecánicas se deterioran, la textura de la parte central del espesor de la lámina se deteriora, y el módulo de Young estático en la dirección de laminación disminuye a veces, por eso el valor de la relación se establece preferiblemente en 10 o menos. Desde este punto de vista, 8 o menos es más preferible.
35

40 Mo, Cr, W, Cu y Ni son elementos que afectan a la energía de falta de apilamiento de la fase y cuando se realiza la laminación en caliente. Es preferible añadir uno o más tipos a 0,01 % o más. Nótese que si se añaden conjuntamente uno o más tipos de Mo, Cr, W, Cu y Ni y Mn, éstos tienen un efecto sobre la formación de la textura de trabajo, forman las orientaciones cristalinas que elevan el módulo de Young en la dirección de laminación en la capa de superficie respecto a la parte correspondiente a 1/6 del espesor de la lámina, es decir, $\{110\}\langle 111\rangle$ y $\{211\}\langle 111\rangle$, y suprimen la formación de las orientaciones que reducen el módulo de Young, es decir, $\{100\}\langle 001\rangle$ y $\{110\}\langle 001\rangle$.

45 Además, se añaden preferiblemente uno o más tipos de Mo, Cr, W, Cu, y Ni junto con Mn con el fin de cumplir con lo anterior (2). Esto se debe a que, en la parte central del espesor de la lámina, es posible suprimir la concentración de la orientación de $\{332\}\langle 113\rangle$ que reduce el módulo de Young en la dirección de laminación y elevar la concentración de la orientación de $\{225\}\langle 110\rangle$, la orientación de $\{001\}\langle 110\rangle$ y la orientación de $\{112\}\langle 110\rangle$ que elevan el módulo de Young en la dirección de laminación. En particular, Mo y Cu tienen altos coeficientes de la fórmula anterior 2. Incluso si se añaden en pequeñas cantidades, éstos exhiben el efecto de elevar el módulo de Young, de modo que
50 es más preferible la adición de uno o ambos de Mo y Cu. Además, Cr es un elemento que eleva la templeabilidad para contribuir a la mejora de la resistencia y también es eficaz para la mejora de la resistencia a la corrosión. Se prefiere una adición del 0,02 %.

55 Por otra parte, debido a la adición de Mo, la resistencia se eleva y la capacidad para el trabajo se deteriora a veces, de modo que el límite superior de la cantidad de adición de Mo se establece preferiblemente en 1,00 %. Además, desde el punto de vista del costo, se añade preferiblemente 0,50 % o menos de Mo. Además, el límite superior de uno o más tipos de Cr, W, Cu y Ni es, desde el punto de vista de la capacidad para el trabajo, del 3,00 %. Tenga en

ES 2 651 242 T3

cuenta que los límites superiores más preferibles de W, Cu y Ni son, respectivamente, en % en masa, de 1,40 %, 0,35 % y 1,00 %.

5 B es un elemento que suprime notablemente la recristalización mediante la adición de material compuesto con Nb y mejora la templabilidad en el estado soluto sólido. Se cree que tiene un efecto sobre la selectividad de variantes de la orientación cristalina en el momento de la transformación de austenita a ferrita. Por lo tanto, se cree que para promover la formación de las orientaciones que elevan el módulo de Young, es decir, el grupo orientación de $\{110\}\langle 111 \rangle$ a $\{110\}\langle 112 \rangle$, y suprime simultáneamente la formación de las orientaciones que reducen el módulo de Young, es decir, la orientación de $\{100\}\langle 001 \rangle$ y la orientación de $\{110\}\langle 001 \rangle$. Desde este punto de vista, la adición de 0,0005 % o más es preferible. Por otra parte, incluso si se añade B en una cantidad superior a 0,0100 %, no puede obtenerse efecto alguno, por eso el límite superior se establece en 0,0100 %. Además, en caso de que se añada B en una cantidad superior a 0,005 %, la trabajabilidad se deteriora a veces, de modo que 0,0050 % o menos es preferible. 0,0030 % o menos es más preferible.

Ca, Rem, y V tienen el efecto de aumentar la resistencia mecánica o mejorar la calidad del material. Uno o más tipos se incluyen preferiblemente de acuerdo con la necesidad.

15 Si las cantidades de Ca y Rem son inferiores a 0,0005 % y la cantidad de adición de V es inferior a 0,001 %, a veces no puede obtenerse un efecto suficiente. Por otra parte, si las cantidades de adición de Ca y Rem exceden 0,1000 % y la cantidad de adición de V es superior a 0,100 %, la ductilidad se altera a veces. Por lo tanto, Ca, Rem, y V se añaden respectivamente de forma preferible en los intervalos de 0,0005 a 0,1000 %, 0,0005 a 0,1000 % y 0,001 a 0,100 %.

20 A continuación, se explicarán las razones de limitación de las condiciones de producción.

El acero se produce y se somete a colada por métodos ordinarios para obtener el planchón de acero para su uso para la laminación en caliente. Este planchón de acero también se puede obtener por forjado o laminado de un lingote de acero, pero desde el punto de vista de la productividad, es preferible utilizar colada continua para producir un planchón de acero. Además, puede ser producido por una máquina de colada de planchones finos.

25 Además, por lo general, se somete a colada un planchón de acero, después se enfría y se calienta de nuevo para la laminación en caliente. En este caso, la temperatura de calentamiento del planchón de acero en el momento de la laminación en caliente es preferiblemente de 1.100 °C o más. Esto se debe a que, en caso de que la temperatura de calentamiento del planchón de acero sea inferior a 1.100 °C, resulta complicado hacer la temperatura de acabado de la laminación en caliente del punto de transformación Ar₃ o más. Para calentar eficientemente y uniformemente el planchón de acero, la temperatura de calentamiento se establece preferiblemente en 1.150 °C o más. No se define límite superior alguno para la temperatura de calentamiento, pero si el calentamiento es superior a 1.300 °C, el tamaño de grano de cristal de la lámina de acero se vuelve irregular y la trabajabilidad se deteriora a veces. Además, un proceso tal como colada continua-laminación directa (CC-LC), que cuele el acero fundido, se puede emplear a continuación en rodillos en caliente.

35 En la producción de la lámina de acero de la presente invención, las condiciones en el laminado en caliente a 1.100 °C o menos son importantes. La relación de forma se define como se ha explicado anteriormente. Tenga en cuenta que los diámetros de los rodillos de laminación se miden a temperatura ambiente. No hay necesidad de considerar la planidad durante la laminación en caliente. Los espesores de la lámina del lado de entrada y del lado de salida de los rodillos de laminación pueden ser medidos en el punto de uso de rayos radiantes, etc., o se pueden hallar mediante el cálculo de la carga de laminación teniendo en cuenta la resistencia a la deformación, etc. Además, la laminación en caliente a una temperatura superior a 1.100 °C no está particularmente definida y se puede realizar adecuadamente. Es decir, la laminación en bruto del planchón de acero no está particularmente limitada y puede llevarse a cabo por un método ordinario.

45 En la laminación en caliente, la tasa de laminación a 1.100 °C o menos hasta la pasada final se establece en 40 % o más. Esto se debe a que incluso si el laminado en caliente es superior a 1.100 °C, la estructura después del trabajo se recristaliza y el efecto de elevar las relaciones de intensidad aleatoria de rayos X en el grupo de orientación de $\{110\}\langle 111 \rangle$ a $\{110\}\langle 112 \rangle$ en la parte correspondiente a 1/6 del espesor de la lámina no se puede obtener.

50 La tasa de laminación a 1.100 °C o menos hasta la pasada final es la diferencia del espesor de la lámina de la lámina de acero a 1.100 °C y el espesor de lámina de la lámina de acero después de la pasada final dividido por el espesor de la lámina de la de lámina de acero a 1.100 °C expresado como un porcentaje.

55 Esto se debe a que, si esta tasa de laminación es inferior a 40 %, en la parte correspondiente a 1/6 del espesor de la lámina, la textura que eleva el módulo de Young en la dirección de laminación no se desarrolla lo suficiente. Además, estableciendo esta tasa de laminación en 40 % o más, ésta resulta preferible para elevar la textura que eleva el módulo de Young en la dirección de laminación en la parte correspondiente a 1/2 del espesor de la lámina. Para elevar el módulo de Young en la dirección de laminación en la parte correspondiente a 1/6 del espesor de la lámina y la parte correspondiente a 1/2 del espesor de la lámina, esta tasa de laminado se establece preferiblemente en 50 % o más. En particular, para elevar el módulo de Young en la dirección de laminación en la parte correspondiente a 1/2 del espesor de la lámina, es preferible aumentar la tasa de laminación a una temperatura

inferior.

Tenga en cuenta que cuando el valor de la fórmula 2 anterior es ligeramente alto, en caso de que se aumente la tasa de laminación, en la parte correspondiente a 1/2 del espesor de la lámina, se promueve la formación de la orientación de {225}<110> o la orientación de {001}<110> y la orientación de {112}<110> que elevan el módulo de Young en la dirección de laminación, pero la orientación de {332}<113> que reduce el módulo de Young en la dirección de laminación también tiende a formarse con más facilidad.

No se proporciona particularmente límite superior alguno para la tasa de laminación, pero si una tasa de laminación a 1.100 °C o menos hasta la pasada final supera el 95 %, no sólo se eleva la carga sobre el tren de laminación, sino también el módulo de Young que provoca la textura, así como el cambio que comienza a disminuir, de modo que la tasa se establece preferiblemente en 95% o menos. Desde este punto de vista, 90% o menos es más preferible.

La temperatura de pasada final de la laminación en caliente se realiza en el punto de transformación Ar₃ o más. Esto se debe a que, si se lamina a menos del punto de transformación Ar₃, en la parte correspondiente a 1/6 del espesor de la lámina, la textura {110}<001> no es preferible para la dirección de laminación y se forman módulos de Young en la dirección transversal. Además, si la temperatura de pasada final de la laminación en caliente es superior a 900 °C, es difícil hacer que la textura preferible eleve la forma del módulo de Young en la dirección de laminación y las relaciones de intensidad aleatoria de rayos X en el grupo de orientación de {110}<111> a {110}<112> en la parte correspondiente a 1/6 del espesor de la lámina disminuye. Para elevar el módulo de Young en la dirección de laminación, es preferible reducir la temperatura de laminación de la pasada final. Condicionado en ser el punto de transformación Ar₃ o más, la temperatura es preferiblemente de 850 °C o menos, más preferiblemente 800 °C o menos.

Tenga en cuenta que la temperatura de transformación Ar₃ se puede calcular por la siguiente fórmula 4:

$$Ar_3 = 901 - 325 \times C + 33 \times Si + 287 \times P + 40 \times Al - 92 \times (Mn + Mo + Cu) - 46 \times (Cr + Ni) \dots \text{fórmula 4}$$

donde, C, Si, P, Al, Mn, Mo, Cu, Cr, y Ni son los contenidos de los elementos (% en masa), un contenido de una extensión de una impureza que se indica como "0".

Tras finalizar la laminación en caliente, el fleje de acero tiene que ser enrollado a 700 °C o menos. Esto se debe a que en caso de que se enrolle a 700 °C o más, la lámina puede recristalizarse en el enfriamiento posterior, la textura puede ser destruida y el módulo de Young puede disminuir. Desde este punto de vista, la temperatura se establece preferiblemente en 650 °C o menos. Más preferiblemente, se establece en 600 °C o menos. El límite inferior de la temperatura de enrollamiento no está particularmente limitado, pero si se enrolla el fleje a temperatura ambiente o menos, no se produce efecto particular alguno. Se eleva simplemente la carga del complejo, de modo que la temperatura ambiente sirve como límite inferior.

Para introducir eficazmente la deformación por cizallamiento de la capa superficial de la lámina de acero hasta al menos la parte correspondiente a 1/6 del espesor de la lámina, es más preferible establecer que la resistencia ε* eficaz calculada por la siguiente fórmula 5 llegue a ser de 0,4 o más:

$$\epsilon^* = \sum_{j=1}^{n-1} \epsilon_j \exp \left[- \sum_{i=j}^{n-1} \left(\frac{t_i}{\tau_i} \right)^{2/3} \right] + \epsilon_n \dots \text{fórmula 5}$$

donde, n es un número de cajas de laminador de una laminación en caliente final, ε_j es una deformación dada en la j^a caja, ε_n es una deformación dada en una enésima caja, t_i es un tiempo de desplazamiento entre una i^a a i + 1^a cajas, y T_i se calcula por la siguiente fórmula 6 por medio de una constante de los gases R (= 1,987) y una temperatura de laminación T_i (K) de una i^a caja:

$$\tau_i = 8,46 \times 10^{-9} \exp \left(\frac{43800}{R \times T_i} \right) \dots \text{fórmula 6}$$

La resistencia ε* eficaz es un indicador de la resistencia acumulada teniendo en cuenta la recuperación de las dislocaciones en el momento de la laminación en caliente. Al establecer esto en 0,4 o más, es posible asegurar de manera más eficaz la resistencia introducida en la capa de cizalla. Cuanto mayor sea la resistencia ε* eficaz, mayor es el espesor de la capa de cizalla y mayor es la formación de la textura preferible para la mejora del módulo de Young, de modo que 0,5 o más es preferible y 0,6 o más es más preferible.

Al establecer la resistencia ε* eficaz en 0,4 o más, para introducir eficazmente la resistencia a la capa de cizalla, es

preferible establecer el coeficiente de fricción entre los rodillos de laminación y el fleje de acero en 0,2. El coeficiente de fricción se puede ajustar mediante el control de la carga de laminación, velocidad de laminación, tipo y cantidad de lubricante.

5 Cuando se realiza el laminado en caliente, es preferible llevar a cabo la laminación con velocidad periférica diferencial con una tasa de velocidad periférica diferencial de los rodillos de laminación del 1 % o más para una pasada o más. En caso de realizarse la laminación con velocidad periférica diferencial con una diferencia en las velocidades periféricas de los rodillos de laminación superiores e inferiores, la deformación por cizallamiento se introduce cerca de la capa superficial y se promueve la formación de la textura, de modo que el módulo de Young se mejora en comparación con una nula laminación con velocidad periférica diferencial. En este caso, la tasa de
10 velocidad periférica diferencial en la presente invención muestra la diferencia de velocidades periféricas de los rodillos de laminación superior e inferior dividido por la velocidad periférica del rodillo con velocidad periférica baja expresado como un porcentaje. Además, la laminación con velocidad periférica diferencial de la presente invención no es particularmente diferente en el efecto de la mejora del módulo de Young sin importar las velocidades periféricas de los rodillos superior e inferior.

15 La tasa de velocidad periférica diferencial de la laminación con velocidad periférica diferencial es preferiblemente lo mayor posible para mejorar el módulo de Young. Por lo tanto, la tasa de velocidad periférica diferencial es preferiblemente de 1 % a 5 %. Además, la laminación con velocidad periférica diferencial se realiza preferiblemente por una tasa de velocidad periférica diferencial de 10 % o más, pero establecer la tasa de velocidad periférica diferencial en 50 % o más es actualmente difícil.

20 Además, no se define un límite superior en particular para el número de pasadas con laminación con velocidad periférica diferencial, pero desde el punto de vista de la acumulación de deformación de cizallamiento introducida, un mayor número proporciona un mayor efecto en la mejora del módulo de Young, de modo que todas las pasadas de la laminación a 1.100 °C o menos también se pueden efectuar con laminación con velocidad periférica diferencial. Normalmente, el número de pasadas de laminación de acabado en caliente supera aproximadamente las ocho
25 pasadas.

El fleje de acero laminado en caliente producido por este método puede, de acuerdo con la necesidad, ser decapado, a continuación, laminado en temple en línea o fuera de línea por una tasa de laminación de 10 % o menos. Además, de acuerdo con la solicitud, puede ser galvanizado por inmersión en caliente o galvanizado y recocido por inmersión en caliente. La composición del chapado con cinc no está particularmente limitada, pero
30 además de cinc, Fe, Al, Mn, Cr, Mg, Pb, Sn, Ni, etc. se pueden añadir de acuerdo con la necesidad. Tenga en cuenta que la laminación en temple se puede realizar también después de la galvanización y el tratamiento de aleación.

El tratamiento de aleación se realizó en el intervalo de 450 a 600 °C. Si es inferior a 450 °C, la aleación no prosigue lo suficiente, mientras que, si es superior a 600 °C, la aleación excesiva prosigue y la capa de chapado se vuelve frágil, por lo que se induce el problema de separación del chapado debido al prensado, etc. El tiempo del tratamiento de aleación se establece en 10 segundos o más. Si es inferior a 10 segundos, la aleación no prosigue lo suficiente. El límite superior del tratamiento de aleación no está particularmente definido, pero, por lo general, si el tratamiento se realiza durante más de 3.000 segundos por una instalación de tratamiento térmico establecido en la línea
35 continua, la productividad se verá afectada o será necesaria una inversión de capital, aumentando los costes de producción.

Además, antes de llevar a cabo el tratamiento de aleación, de acuerdo con la configuración de las instalaciones de producción, el acero puede ser recocido por debajo de la temperatura de transformación A_{c3} . Si una temperatura se encuentra por debajo de esta temperatura, la textura no cambia demasiado, siendo posible suprimir así la caída en el módulo de Young.

45 Ejemplos

Ejemplo 1

Los aceros que tienen las composiciones mostradas en la Tabla 1 (restos de Fe e impurezas inevitables) se produjeron y se sometieron a colada en planchones de acero. Los planchones de acero se calentaron, aproximadamente se laminaron en caliente, a continuación, el laminado de acabado en las condiciones se muestra
50 en la Tabla 2 y la Tabla 3 (continuación de la Tabla 2). El planchón de laminación de acabado se compone de un total de seis pasadas. El diámetro del rodillo era 650 a 830 mm. Además, el espesor del fleje de acabado después de la pasada de acabado se estableció en 1,6 mm a 10 mm. Además, en la Tabla 2 y la Tabla 3, SRT (°C) es la temperatura de calentamiento del planchón de acero, FT (°C) es la temperatura después de la pasada de acabado de laminación, es decir, el lado de salida del acabado, y CT (°C) es la temperatura de enrollamiento. La tasa de laminación es la diferencia del espesor del fleje a 1.100 °C y el espesor del fleje final dividido por el espesor de la lámina a 1.100 °C y se muestra como porcentaje. La columna de la "relación de forma" muestra los valores de las relaciones de forma en las diferentes pasadas. El "-" mostrado en la columna de la "relación de forma" significa que la temperatura de laminación en la pasada ha superado los 1.100 °C. Además, la columna "pasada/fallo" de la

“relación de forma” muestra “pasada” cuando al menos dos de las relaciones de formas de las pasadas son superiores a 2,3 y “fallo” cuando no.

Tenga en cuenta que, los campos en blanco de la Tabla 1 significan que no se añaden deliberadamente los elementos (lo mismo sucede en la Tabla 10). Además, “fórmula 1” de la Tabla 1 es el valor del lado izquierdo de la siguiente fórmula 1 calculado por el contenido de Ti y N (% en masa):

$$Ti-48/14 \times N \geq 0,0005 \dots \text{fórmula 1}$$

Los aceros W e Y de la Tabla 1 son ejemplos comparativos sin Ti añadido. “1” se muestra en la columna de “fórmula 1”.

Además, “fórmula 2” de la Tabla 1 es el valor del lado izquierdo de la siguiente fórmula 2 calculado basándose en los contenidos de Mn, Mo, W, Ni, Cu, y Cr (% en masa):

$$3,2Mn+9,6Mo+4,7W+6,2Ni+18,6Cu+0,7Cr \geq 4 \dots \text{fórmula 2}$$

Cuando el contenido de Mn, Mo, W, Ni, Cu y Cr provienen de las extensiones de impurezas, por ejemplo, cuando los campos de Mo, W, Ni, Cu y Cr de la Tabla 1 están en blanco, el lado izquierdo de fórmula 2 se calcula con ellos como “0”.

Además, Ar_3 de las Tablas 1 a 3 es la temperatura de transformación Ar_3 calculada por la siguiente fórmula 4:

$$Ar_3 = 901 - 325 \times C + 33 \times Si + 287 \times P + 40 \times Al - 92 \times (Mn + Mo + Cu) - 46 \times (Cr + Ni) \dots \text{fórmula 4}$$

En este caso, C, Si, P, Al, Mn, Mo, Cu, Cr, y Ni son los contenidos de los elementos (% en masa), un contenido de una extensión de una impureza que se indica como “0”.

Una pieza de ensayo de tracción basada en la norma JIS Z 2201 se obtuvo de la lámina de acero obtenida y se realizó un ensayo de tracción basado en la norma JIS Z 2241 para medir la resistencia a la tracción. El módulo de Young se midió tanto por el método de tensión estática como por el método de vibración.

El módulo de Young se midió por el método de tensión estática mediante el uso de una pieza de ensayo de tracción basada en la norma JIS Z 2201 y dando un equivalente de tensión de tracción correspondiente a $\frac{1}{2}$ del límite de elasticidad de la lámina de acero. La medición se llevó a cabo cinco veces, el valor promedio de los tres valores de medición menos el valor superior y el valor inferior entre los módulos de Young calculado basándose en la inclinación de la gráfica de tensión-deformación se halló como el módulo de Young por el método de tensión estática, y esto se usó como el módulo de Young estático.

El método de vibración se realizó mediante el método de resonancia horizontal a temperatura ordinaria basado en la norma JIS Z 2280. Es decir, a una muestra se le proporciona vibración sin fijarse en su lugar, el número de vibraciones del oscilador se cambió gradualmente para medir el número de vibraciones de resonancia primaria, se utilizó el número de vibraciones para hallar el módulo de Young por cálculo, y esto se utilizó como módulo de Young dinámico.

Además, las relaciones de intensidad aleatoria de rayos-X en la orientación de $\{100\}\langle 001 \rangle$ y $\{110\}\langle 001 \rangle$ y el grupo de orientación de $\{110\}\langle 111 \rangle$ a $\{110\}\langle 112 \rangle$ y la orientación de $\{211\}\langle 111 \rangle$ de la parte correspondiente a $\frac{1}{6}$ del espesor de la lámina de la lámina de acero se midieron como se indica. En primer lugar, la lámina de acero se pulió y esmeriló mecánicamente, a continuación, se pulió electrolíticamente para eliminar la deformación y se ajustó de modo que la parte correspondiente a $\frac{1}{6}$ del espesor de la lámina se convierta en la superficie de medida. La muestra se utilizó para la difracción de rayos X. Tenga en cuenta que, la difracción de rayos X de una muestra estándar sin concentración en una orientación específica se realizó bajo las mismas condiciones. A continuación, basándose en guarismos de los polos $\{110\}$, $\{100\}$, $\{211\}$, $\{310\}$ obtenidos por difracción de rayos X, una FDO se obtuvo por el método de expansión en serie. A partir de esta FDO, se hallaron las relaciones de intensidad aleatoria de rayos X en la orientación de $\{100\}\langle 001 \rangle$ y $\{110\}\langle 001 \rangle$ y el grupo de orientación de $\{110\}\langle 111 \rangle$ a $\{110\}\langle 112 \rangle$.

La orientación de $\{332\}\langle 113 \rangle$ y la orientación de $\{225\}\langle 110 \rangle$ de la parte correspondiente a $\frac{1}{2}$ del espesor de la lámina de la lámina de acero, de la misma manera que la muestra de la parte correspondiente a $\frac{1}{6}$ del espesor de la lámina, se hallaron los resultados de la FDO por difracción de rayos X utilizando muestras ajustadas de modo que la parte correspondiente a $\frac{1}{2}$ del espesor de la lámina se convirtió en la superficie de medida.

Además, entre estas láminas de acero, las galvanizadas por inmersión en caliente tras la finalización de la laminación en caliente se indicaron como “inmersión en caliente”, y aquellas galvanizadas y recocidas por inmersión en caliente a 520 °C durante 15 segundos se indican como “aleación”.

Los resultados se muestran en la Tabla 4 y la Tabla 5 (continuación de la Tabla 4). Nótese que “DL” en la columna del módulo de Young significa la dirección de laminación y “DT” significa la dirección perpendicular a la dirección de laminación, es decir, la dirección transversal.

5 Como queda claro por la Tabla 4 y la Tabla 5, cuando el acero laminado en caliente contiene los ingredientes químicos de la presente invención en condiciones adecuadas, el módulo de Young por el método de tensión estática tanto en la dirección de laminación y como en la orientación perpendicular de laminación podría superar los 220 GPa. En particular, se sabe que cuando se cumplen simultáneamente las condiciones de textura de la capa central del espesor de la lámina, el módulo de Young por el método de tensión estática es alto y la diferencia a partir del método de la vibración se reduce.

10 Tenga en cuenta que, el acero N tiene un valor de fórmula 2 fuera del intervalo preferido. Este es un ejemplo donde la textura de la parte correspondiente a $\frac{1}{2}$ del espesor de la lámina está algo degradada, la diferencia entre el módulo de Young estático y el módulo de Young dinámico se amplía, y el módulo de Young estático en la dirección de laminación disminuye un poco.

15 Por otra parte, los n.º de producción 43 a 48 son ejemplos comparativos de los aceros U a Z con ingredientes químicos fuera del intervalo de la presente invención.

20 El n.º de producción 43 es un ejemplo de uso de acero U que contiene de manera excesiva Nb. La suma de las relaciones de intensidad aleatoria de rayos X en la orientación de $\{100\}\langle 001\rangle$ y en la orientación de $\{110\}\langle 001\rangle$ de la parte correspondiente a $\frac{1}{6}$ del espesor de la lámina se amplía, la suma del valor máximo de las relaciones de intensidad aleatoria de rayos X en el grupo orientación de $\{110\}\langle 111\rangle$ a $\{110\}\langle 112\rangle$ y la relación de intensidad aleatoria de rayos X en la orientación de $\{211\}\langle 111\rangle$ disminuye, y, además, la relación de la intensidad aleatoria de rayos X en la orientación de $\{332\}\langle 113\rangle$ (A) y la relación de intensidad aleatoria de rayos X en la orientación de $\{225\}\langle 110\rangle$ (B), (A)/(B), de la parte correspondiente a $\frac{1}{2}$ del espesor de la lámina llega a ser un poco inferior, y el módulo de Young en la dirección de laminación disminuye. La razón por la que se fortalece la suma de las relaciones de intensidad aleatoria de rayos X en las orientaciones de $\{100\}\langle 001\rangle$ y $\{110\}\langle 001\rangle$ no es clara, pero se cree que la adición excesiva de Nb causó la formación de una textura de cizallado en la fase γ y un cambio en la selectividad de variantes en el momento de la transformación subsiguiente de la fase γ a la fase de ferrita. El módulo de Young en la dirección transversal, como se ha llegado a conocer, se obtiene como un alto valor debido a la textura transformada laminada de la γ sin recrystalizar desarrollada a partir de la capa central del espesor de la lámina. En la presente invención, por un mecanismo similar también se consigue el alto módulo de Young en la dirección transversal.

25 El n.º de producción 44 es un ejemplo de acero V con una pequeña cantidad de Mn. El módulo de Young de la dirección de laminación disminuye. Esto se debe a que, junto con la caída de Mn, la temperatura de transformación Ar_3 se eleva y, como resultado, la laminación en caliente se lleva a cabo bajo la temperatura de transformación Ar_3 y la concentración de la orientación de $\{110\}\langle 001\rangle$ se eleva.

35 El n.º de producción 45 es un ejemplo de acero W que no contiene Ti y que no cumple con la fórmula 1. Además, el valor calculado de la fórmula 2 también es inferior a un valor límite inferior preferible, la suma de las relaciones de intensidad aleatoria de rayos X en el grupo orientación de $\{110\}\langle 111\rangle$ a $\{110\}\langle 112\rangle$ y la relación de intensidad aleatoria de rayos X en la orientación de $\{211\}\langle 111\rangle$ de la parte correspondiente a $\frac{1}{6}$ del espesor de la lámina disminuye, y el módulo de Young en la dirección de laminación disminuye.

40 Los n.º de producción 46 a 48 son ejemplos que usan acero X que no cumplen con la fórmula 1, acero Y que no contiene Ti y que no cumple con la fórmula 1, y acero Z no contiene Nb. La suma de las relaciones de intensidad aleatoria de rayos X en el grupo de orientación de $\{110\}\langle 111\rangle$ a $\{110\}\langle 112\rangle$ y la relación de intensidad aleatoria de rayos X en la orientación de $\{211\}\langle 111\rangle$ disminuye y el módulo de Young en la dirección de laminación disminuye. En el acero Z, el módulo de Young en la dirección transversal también disminuye de forma simultánea, pero esto se debe a que casi ningún elemento para la supresión de la recrystalización se añade al acero Z, por lo que se supuso que la formación de la textura transformada laminada en la parte central del espesor de la lámina era insuficiente.

45 Además, como se muestra por los ejemplos comparativos de los aceros C y J, es decir, los n.º de producción 8 y 24, en caso de producirse pocas pasadas donde la relación de forma es 2,3 o más, incluso si se obtiene un módulo de Young alto con el método de vibración, no se puede obtener más de 220 GPa por el método de tensión estática.

50 El ejemplo comparativo de acero B, es decir, el n.º de producción 5, y el ejemplo comparativo de acero G, es decir, el n.º de producción 18, tienen temperaturas de acabado elevadas FT (°C) de laminación en caliente, tienen una suma de caída de las relaciones de intensidad aleatoria de rayos X en el grupo orientación de $\{110\}\langle 111\rangle$ a $\{110\}\langle 112\rangle$ y la orientación de $\{211\}\langle 111\rangle$ preferible para la mejora del módulo de Young en la dirección de laminación en la parte correspondiente a $\frac{1}{6}$ del espesor de la lámina, y no forman textura alguna en todas las direcciones del espesor de lámina, por lo que el módulo de Young en la dirección transversal también disminuye.

55 El ejemplo comparativo de acero K, es decir, el n.º de producción 27, es un ejemplo donde la temperatura de enrollamiento CT (°C) es alta y la suma de las relaciones de intensidad aleatoria de rayos X en el grupo orientación de $\{110\}\langle 111\rangle$ a $\{110\}\langle 112\rangle$ y la orientación de $\{211\}\langle 111\rangle$ preferible para la mejora del módulo de Young en la

dirección de laminación en la parte correspondiente a 1/6 del espesor de la lámina disminuye.

5 El ejemplo comparativo de acero E, es decir, el n.º de producción 13, tiene una temperatura de calentamiento reducida SRT (°C) del planchón de acero, es un ejemplo en donde la temperatura de acabado FT (°C) de la laminación en caliente disminuye por debajo de la temperatura de transformación Ar3 y, por esta razón, en la parte correspondiente a 1/6 del espesor de la lámina, la relación de intensidad aleatoria de rayos X en la orientación de {100}<001> llega a ser mayor y los módulos de Young en la dirección de laminación y en la dirección transversal disminuyen.

10 El ejemplo comparativo de acero H, es decir, el n.º de producción 20, es un ejemplo donde la tasa de laminación de la laminación de acabado, es decir, la tasa de laminación a 1.100 °C o menos, es baja, por lo que la suma de las relaciones de intensidad aleatoria de rayos X en el grupo orientación de {110}<111> a {110}<112> y la orientación de {211}<111> disminuye y los módulos de Young en la dirección de laminación y en la dirección transversal disminuyen.

15 El ejemplo comparativo de acero N, es decir, el n.º de producción 35, es un ejemplo donde la tasa de laminación a 1.100 °C o menos de la laminación en caliente es baja y el número de pasadas donde la relación de forma es 2,3 o más es pequeño, por lo que las relaciones de intensidad aleatoria de rayos X en el grupo de orientación de {110}<111> a {110}<112> disminuyen y los módulos de Young en la dirección de laminación y en la dirección transversal disminuyen.

Tabla 1

Acero	Ingredientes (% en masa)														Forma 1	Forma 2	Ar3 °C	Observaciones
	C	Si	Mn	P	S	Al	N	Nb	Ti	B	Cr, W, Cu, Ni	Mo	Ca, V, Rem					
A	0,007	0,01	1,30	0,012	0,0040	0,030	0,0018	0,025	0,020	0,0008	Cr: 0,02, Cu: 0,03			0,014	4,73	780		
B	0,020	0,01	2,10	0,008	0,0060	0,050	0,0021	0,040	0,025	0,0013				0,018	6,72	706		
C	0,050	0,60	1,60	0,008	0,0050	0,060	0,0019	0,035	0,030	0,0017	Cr: 0,03	0,15		0,023	6,54	747		
D	0,050	0,01	1,20	0,009	0,0050	0,035	0,0030	0,012	0,020	0,0015	Cr: 0,04, Cu: 0,05			0,010	4,80	772		
E	0,060	1,50	0,50	0,006	0,0060	0,040	0,0025	0,015	0,018		Cr: 0,04, Cu: 0,15, Ni: 0,08			0,009	4,91	869		
F	0,080	0,01	1,60	0,010	0,0050	0,045	0,0021	0,030	0,020	0,0018	Cr: 0,03, Cu: 0,02			0,013	5,51	730		
G	0,050	0,90	1,50	0,008	0,0060	0,032	0,0023	0,036	0,030	0,0021		0,10		0,022	5,73	771		
H	0,035	0,01	1,60	0,012	0,0010	0,035	0,0018	0,042	0,034	0,0023			Ca: 0,0005	0,028	5,12	748		
I	0,070	0,30	1,80	0,011	0,0040	0,041	0,0017	0,020	0,029	0,0009	W: 0,30			0,023	7,17	727		
J	0,040	0,01	1,70	0,009	0,0040	0,036	0,0020	0,030	0,018	0,0024		0,20		0,011	7,30	718	Ej. de la invención	
K	0,060	0,50	1,30	0,008	0,0060	0,033	0,0023	0,019	0,023	0,0032	Cr: 0,02, Cu: 0,04			0,015	4,92	777		
L	0,080	0,80	1,60	0,006	0,0090	0,045	0,0024	0,021	0,045	0,0019	Cr: 0,50, Cu: 0,06			0,037	6,59	729		
M	0,050	0,01	0,90	0,013	0,0030	0,042	0,0022	0,036	0,018	0,0036	Cu: 0,28, Ni: 0,14			0,010	8,96	775		
N	0,030	0,30	1,80	0,040	0,0050	0,039	0,0026	0,038	0,025	0,0025	Cu: 0,20, Ni: 0,10	0,20	Rem: 0,002	0,016	11,96	707		
O	0,050	1,20	1,65	0,021	0,0070	0,040	0,0040	0,042	0,036	0,0018	Cu: 0,13, Ni: 0,07			0,022	8,13	765		
P	0,120	0,60	1,80	0,010	0,0040	0,034	0,0036	0,028	0,035	0,0009			V: 0,020	0,023	5,76	720		
Q	0,150	1,20	1,40	0,013	0,0030	0,060	0,0028	0,035	0,040	0,0012	Cr: 0,50, W: 0,18	0,08		0,030	6,42	739		
R	0,040	1,60	2,10	0,015	0,0040	0,035	0,0019	0,029	0,027	0,0016		0,35		0,020	9,98	721		
S	0,100	0,01	1,40	0,012	0,0040	0,036	0,0026	0,031	0,038		Cu: 0,20, Ni: 0,10			0,029	8,20	727		
T	0,040	0,01	1,60	0,009	0,0003	0,022	0,0026	0,015	0,080					0,071	5,12	745		
U	0,028	0,01	1,50	0,009	0,0060	0,045	0,0020	0,180	0,031	0,0015				0,024	4,80	759		
V	0,040	1,60	0,08	0,012	0,0050	0,040	0,0020	0,030	0,015	0,0020	Cr: 0,02, Cu: 0,01, Ni: 0,03			0,008	0,64	935		
W	0,060	0,01	1,00	0,030	0,0050	0,032	0,0023	0,035						-	3,20	800	Ej. comparativo	
X	0,050	0,05	2,30	0,008	0,0070	0,035	0,0035	0,035	0,008	0,0036	W: 0,20			-0,004	8,30	678		
Y	0,060	0,30	1,30	0,006	0,0020	0,036	0,0039			0,0029	Cr: 0,50, Cu: 0,06, Ni: 0,02			-	5,75	746		
Z	0,080	0,60	1,50	0,009	0,0030	0,029	0,0025		0,025		Cr: 0,02, Cu: 0,03			0,016	5,37	757		

(Nota) Los subrayados son condiciones fuera del intervalo de la presente invención

Fórmula 1: Ti-48/14xN, fórmula 2: 3,2Mn+9,6Mo+4,7W+6,2Ni+18,6Cu+0,7Cr

Tabla 2

N.º de producto	Acero	Ar3 °C	SRT °C	Tasa de laminación %	Relación de forma							FT °C	CT °C	Planchado	Observaciones	
					1P	2P	3P	4P	5P	6P	Pasada/fallo					
1			1250	65	-	3,92	4,69	5,69	6,36	5,31		Pasada	885	500	Inmersión en caliente	Ej. de la inv.
2	A	780	1150	79	2,56	3,47	5,00	5,69	5,73	4,85		Pasada	850	550		Ej. de la inv.
3			1200	55	2,64	3,50	5,29	5,83	6,20	4,94		Pasada	863	550		Ej. de la inv.
4	B	706	1250	77	-	3,02	4,21	4,45	4,76	3,59		Pasada	876	600		Ej. de la inv.
5			1230	79	2,68	3,64	5,34	6,09	6,00	4,65		Pasada	<u>920</u>	550		Ej. comp.
6			1200	76	2,32	2,93	4,19	4,12	4,19	3,51		Pasada	818	450		Ej. de la inv.
7	C	747	1250	80	-	3,57	5,23	5,92	6,11	5,23		Pasada	885	500		Ej. de la inv.
8			1200	65	1,10	2,02	2,50	2,29	2,18	1,68		Fallo	840	600		Ej. comp.
9	D	772	1250	63	-	2,43	2,38	2,25	2,08	1,53		Pasada	862	500		Ej. de la inv.
10			1250	63	-	2,42	2,41	2,19	2,07	1,58		Pasada	878	500		Ej. de la inv.
11			1230	66	2,21	2,41	2,72	2,52	2,40	1,93		Pasada	892	600		Ej. de la inv.
12	E	869	1200	63	2,04	2,49	2,57	2,02	1,95	1,47		Pasada	885	500		Ej. de la inv.
13			<u>1000</u>	66	2,17	2,55	2,69	2,51	2,42	1,82		Pasada	<u>825</u>	500		Ej. comp.
14	F	730	1170	72	2,23	2,89	3,36	2,82	2,33	2,96		Pasada	815	500		Ej. de la inv.
15			1150	76	2,11	2,56	3,09	2,87	2,57	1,91		Pasada	792	600	Aleación	Ej. de la inv.
16			1075	75	2,37	2,95	3,88	3,86	3,35	3,37		Pasada	892	500		Ej. de la inv.
17	G	771	1200	70	2,10	2,70	3,18	2,58	2,44	1,92		Pasada	863	550		Ej. de la inv.
18			1250	69	-	-	-	2,55	2,42	2,07		Pasada	<u>935</u>	650		Ej. comp.
19	H	688	1230	74	2,34	2,99	3,77	3,95	3,61	2,87		Pasada	882	650		Ej. de la inv.
20			1250	31	-	-	1,65	1,73	1,89	2,32		Fallo	893	550		Ej. comp.
21	I	727	1200	68	2,12	2,46	2,76	2,55	2,09	2,02		Pasada	861	350		Ej. de la inv.
22			1150	62	2,01	2,41	2,41	2,21	2,10	1,49		Pasada	823	500		Ej. de la inv.
23	J	718	1170	76	2,44	3,13	4,09	4,44	4,65	3,66		Pasada	829	550		Ej. de la inv.
24			1250	63	-	-	-	2,19	2,08	1,49		Fallo	892	550		Ej. comp.

(Nota) Los subrayados son condiciones fuera del intervalo de la presente invención

Tabla 3 (continuación de la Tabla 2)

N.º de producto	Acero	Ar3 °C	SRT °C	Tasa de laminación %	Relación de forma							FT °C	CT °C	Planchado	Observaciones	
					1P	2P	3P	4P	5P	6P	Pasada/fallo					
25			1230	64	2,03	2,43	2,51	2,38	2,37	1,58		Pasada	887	500		Ej. de la inv.
26	K	777	1200	66	2,07	2,50	2,65	2,61	2,46	1,90		Pasada	853	550	Inmersión en caliente	Ej. de la inv.
27			1250	70	-	-	2,30	2,10	2,20	2,54		Pasada	898	750		Ej. comp.
28			1170	65	2,11	2,60	2,53	2,37	2,33	1,64		Pasada	821	500		Ej. de la inv.
29	L	729	1150	76	2,49	3,17	4,45	4,53	4,62	3,83		Pasada	795	550	Aleación	Ej. de la inv.
30			1270	77	-	-	4,16	4,74	4,85	3,66		Pasada	885	350		Ej. de la inv.
31	M	775	1230	79	2,81	3,70	4,61	5,57	6,40	5,85		Pasada	873	500		Ej. de la inv.
32			1200	50	1,95	2,44	2,30	2,08	1,87	1,35		Pasada	861	600		Ej. de la inv.
33			1200	73	2,38	2,94	3,60	3,76	3,91	3,19		Pasada	864	550		Ej. de la inv.
34	N	707	1250	76	-	3,07	4,03	4,40	4,79	3,66		Pasada	897	650		Ej. de la inv.
35			1150	25	1,92	2,30	2,20	1,98	1,89	1,50		Fallo	805	500		Ej. comp.
36	O	765	1200	74	2,29	2,90	3,88	3,93	3,88	2,80		Pasada	862	550		Ej. de la inv.
37	P	720	1130	65	2,02	2,53	2,40	2,20	2,14	1,67		Pasada	826	500		Ej. de la inv.
38			1230	77	2,57	3,31	4,45	4,48	4,80	3,68		Pasada	895	500		Ej. de la inv.
39	Q	739	1200	77	2,57	3,29	4,57	4,99	5,18	4,27		Pasada	862	650		Ej. de la inv.
40	R	721	1250	79	2,57	3,43	4,98	5,12	5,75	4,74		Pasada	889	550		Ej. de la inv.
41	S	727	1150	61	2,32	2,65	3,49	3,53	3,50	1,89		Pasada	865	550		Ej. de la inv.
42	T	745	1250	44	1,57	1,23	2,31	1,89	2,50	2,62		Pasada	850	600		Ej. de la inv.
43	U	759	1250	79	2,48	3,36	4,82	5,42	5,68	4,95		Pasada	895	550		Ej. comp.
44	V	935	1170	77	2,51	3,45	4,59	5,13	4,96	3,71		Pasada	830	550		Ej. comp.
45	W	800	1200	74	2,34	2,99	3,90	3,84	3,81	2,87		Pasada	845	500		Ej. comp.
46	X	678	1150	43	1,42	1,85	2,30	2,25	1,98	1,79		Fallo	825	550		Ej. comp.
47	Y	746	1250	77	2,33	3,06	4,23	4,39	4,45	3,72		Pasada	850	650		Ej. comp.
48	Z	757	1170	74	2,18	2,75	3,57	3,57	3,52	2,63		Pasada	809	450		Ej. comp.

(Nota) Los subrayados son condiciones fuera del intervalo de la presente invención

Tabla 4

N.º de producto	Acero	TS MPa	Textura de la de la parte 1/6 del espesor de la lámina		Textura de la de la parte 1/2 del espesor de la lámina			Módulo de Young estático		Módulo de Young dinámico		Observaciones
			1*	2*	{332}<113> (A)	{225}<110> (B)	(A)/(B)	RD GPa	TD GPa	RD GPa	TD GPa	
1		415	2,7	6,2	4,2	6,5	0,65	225	228	231	232	Ej. de la inv.
2	A	425	0,0	9,3	4,5	6,9	0,65	228	235	230	235	Ej. de la inv.
3		430	0,8	8,4	5,2	7,3	0,71	227	231	232	234	Ej. de la inv.
4		576	1,8	6,4	5,0	6,6	0,76	225	229	233	233	Ej. de la inv.
5	B	623	2,5	3,0	4,9	5,8	0,84	206	216	216	223	Ej. comp.
6		782	0,3	11,1	8,2	10,2	0,80	231	235	235	233	Ej. de la inv.
7	C	723	1,7	7,0	7,6	8,3	0,92	225	231	231	236	Ej. de la inv.
8		689	0,8	4,6	4,5	6,2	0,73	214	223	232	230	Ej. comp.
9		545	1,9	8,4	4,6	8,3	0,55	226	228	231	231	Ej. de la inv.
10	D	535	2,1	6,0	4,0	8,9	0,45	224	229	230	235	Ej. de la inv.
11		555	3,4	5,5	5,6	9,2	0,61	223	230	229	236	Ej. de la inv.
12	E	592	3,5	6,5	4,2	8,8	0,48	223	228	230	234	Ej. de la inv.
13		620	7,5	6,3	4,2	7,5	0,56	215	239	215	238	Ej. comp.
14		580	0,0	10,4	6,2	8,7	0,71	231	236	237	234	Ej. de la inv.
15	F	544	0,0	12,6	7,2	9,3	0,77	233	234	240	236	Ej. de la inv.
16		758	3,2	5,7	6,2	7,9	0,78	223	226	231	234	Ej. de la inv.
17	G	792	1,8	7,0	6,2	8,3	0,75	226	224	233	231	Ej. de la inv.
18		725	0,0	1,2	5,2	5,2	1,00	206	215	216	223	Ej. comp.
19	H	601	0,2	7,4	4,3	8,6	0,50	226	231	231	231	Ej. de la inv.
20		645	1,8	2,8	3,2	3,5	0,91	210	216	222	227	Ej. comp.
21	I	620	1,2	8,6	7,8	9,6	0,81	228	234	235	233	Ej. de la inv.
22		582	0,0	11,2	7,3	9,4	0,78	230	231	239	233	Ej. de la inv.
23	J	589	0,0	11,1	4,6	11,2	0,41	230	233	234	236	Ej. de la inv.
24		599	0,0	1,3	9,3	7,8	1,19	216	235	231	235	Ej. comp.

(Nota): Los subrayados son condiciones fuera del intervalo de la presente invención

1*: Suma de la relación de intensidad aleatoria de rayos X en la orientación de {100}<001> y la relación de intensidad aleatoria de rayos X en la orientación de {110}<001>

2*: Suma del valor máximo de las relaciones de intensidad aleatoria de rayos X en el grupo de orientación de {110}<111> y la relación de intensidad aleatoria de rayos X en la orientación de {211}<111>

Tabla 5 (Continuación de la Tabla 4)

N.º de producto	Acero	TS MPa	Textura de la de la parte 1/6 del espesor de la lámina		Textura de la de la parte 1/2 del espesor de la lámina			Módulo de Young estático		Módulo de Young dinámico		Observaciones
			1*	2*	{332}<113> (A)	{225}<110> (B)	(A)/(B)	RD GPa	TD GPa	RD GPa	TD GPa	
25		613	3,9	6,0	4,6	7,8	0,59	225	231	231	233	Ej. de la inv.
26	K	629	1,1	8,5	5,3	8,2	0,65	226	236	235	232	Ej. de la inv.
27		576	0,0	<u>0,5</u>	4,6	4,6	1,00	<u>213</u>	229	228	234	Ej. comp.
28		653	0,0	11,0	6,5	8,2	0,79	230	233	238	231	Ej. de la inv.
29	L	659	0,0	11,5	5,9	7,7	0,77	234	236	238	234	Ej. de la inv.
30		689	1,1	5,7	6,9	8,3	0,83	224	236	231	230	Ej. de la inv.
31	M	690	4,0	5,8	8,5	9,2	0,92	222	239	233	241	Ej. de la inv.
32		699	2,1	6,3	10,5	11,5	0,91	223	<u>234</u>	235	236	Ej. de la inv.
33		735	1,1	8,4	16,0	5,8	2,76	225	231	242	233	Ej. de la inv.
34	N	632	1,7	6,8	11,5	8,3	1,39	223	230	241	235	Ej. de la inv.
35		752	0,0	<u>0,0</u>	2,6	3,2	0,81	<u>204</u>	216	204	220	Ej. comp.
36	O	650	1,3	9,0	7,6	8,2	0,93	227	231	232	231	Ej. de la inv.
37	P	662	0,9	14,4	7,9	10,6	0,75	234	231	239	234	Ej. de la inv.
38		689	1,4	7,4	6,5	8,6	0,76	225	236	231	234	Ej. de la inv.
39	Q	660	1,4	9,0	8,2	9,6	0,85	227	235	232	236	Ej. de la inv.
40	R	980	1,2	7,4	9,5	10,5	0,90	223	234	237	237	Ej. de la inv.
41	S	594	4,3	5,9	6,9	8,3	0,83	222	235	229	237	Ej. de la inv.
42	T	792	2,3	6,0	4,6	12,5	0,37	223	235	230	235	Ej. de la inv.
43	U	708	<u>5,7</u>	<u>4,8</u>	6,1	5,5	1,11	<u>213</u>	231	231	235	Ej. comp.
44	V	442	4,3	<u>2,6</u>	1,2	8,3	0,14	<u>209</u>	230	221	232	Ej. comp.
45	W	523	<u>9,2</u>	6,1	7,6	10,3	0,74	<u>216</u>	231	237	232	Ej. comp.
46	X	728	3,9	<u>3,8</u>	5,3	7,8	0,68	<u>215</u>	228	220	233	Ej. comp.
47	Y	542	2,2	<u>2,2</u>	4,5	5,7	0,79	<u>203</u>	229	205	230	Ej. comp.
48	Z	555	4,3	<u>2,7</u>	3,6	6,2	0,58	<u>206</u>	216	205	217	Ej. comp.

(Nota): Los subrayados son condiciones fuera del intervalo de la presente invención

1*: Suma de la relación de intensidad aleatoria de rayos X en la orientación de {100}<001> y la relación de intensidad aleatoria de rayos X en la orientación de {110}<001>

2*: Suma del valor máximo de las relaciones de intensidad aleatoria de rayos X en el grupo de orientación de {110}<111> y la relación de intensidad aleatoria de rayos X en la orientación de {211}<111>

Ejemplo 2

- 5 Los aceros C y M mostrados en la Tabla 1 se utilizaron para la laminación en caliente en las condiciones mostradas en la Tabla 6. los n.º de producción 50, 52, y 53 mostrados en la Tabla 6 son ejemplos de laminación con velocidad periférica diferencial que cambian las tasas de velocidad periférica diferenciales en las tres pasadas de acabado de la caja de laminado de acabado que comprende un total de seis pasadas, es decir, la cuarta pasada, quinta pasada, y sexta pasada. Tenga en cuenta que las condiciones de laminación en caliente que no se muestran en la Tabla 6 son similares al Ejemplo 1. Además, de la misma manera que en el Ejemplo 1, se midieron las propiedades de tracción y las texturas de la parte correspondiente a 1/6 del espesor de la lámina y la parte correspondiente a 1/2 del espesor de la lámina y se midió el módulo de Young. Los resultados se muestran en la Tabla 7.
- 10 Como queda claro de esto, cuando el acero de laminación en caliente que contiene los ingredientes químicos de la presente invención en condiciones adecuadas, en caso de aplicar 1 % o más de laminación con velocidad periférica diferencial para una pasada o más, la formación de textura cerca de la capa superficial se promueve y además se mejora el módulo de Young.

Tabla 6

N.º de producto	Acero	Ar3 °C	SRT °C	Tasa de laminación %	Relación de forma							Tasa de velocidad periférica diferencial %				FT °C	CT °C	Observaciones
					1P	2P	3P	4P	5P	6P	Pasada/fallo	4º pasada	5º pasada	6º pasada				
49	C	747	1250	80	-	3,57	5,23	5,92	6,11	5,23	Pasada	0	0	0	885	500	Ej. de la inv.	
50				78	2,52	3,57	5,22	5,93	5,00	5,23	Pasada	10	5	5	889	500	Ej. de la inv.	
51	M	775	1200	52	1,95	2,44	2,30	2,20	1,87	2,40	Pasada	0	0	0	861	600	Ej. de la inv.	
52				53	1,95	2,44	2,30	2,18	1,92	2,40	Pasada	3	3	3	859	600	Ej. de la inv.	
53				55	1,95	2,44	2,30	2,25	1,93	2,35	Pasada	0	20	20	855	600	Ej. de la inv.	

Tabla 7

N.º de producto	Acero	TS MPa	Textura de la de la parte 1/6 del espesor de la lámina		Textura de la de la parte 1/2 del espesor de la lámina		Módulo de Young estático		Módulo de Young dinámico		Observaciones	
			1*	2*	{332}<113>{225}<110> (A)	(B)	(A)/(B)	RD GPa	TD GPa	RD GPa		TD GPa
49	C	723	1,7	8,0	7,6	8,3	0,92	225	231	231	236	Ej. de la inv.
50		735	1,1	13,8	7,3	8,5	0,86	236	236	239	237	Ej. de la inv.
51	M	699	2,1	7,3	7,9	9,2	0,86	223	234	235	236	Ej. de la inv.
52		712	1,6	9,2	6,5	7,2	0,9	232	237	238	239	Ej. de la inv.
53		708	0,9	12,5	5,8	8,0	0,7	236	241	240	241	Ej. de la inv.

1*: Suma de la relación de intensidad aleatoria de rayos X en la orientación de {100}<001> y la relación de intensidad aleatoria de rayos X en la orientación de {110}<001>

2*: Suma del valor máximo de las relaciones de intensidad aleatoria de rayos X en el grupo de orientación de {110}<111> y la relación de intensidad aleatoria de rayos X en la orientación de {211}<111>

Ejemplo 3

5 Los aceros D y N que se muestran en la Tabla 1 se utilizaron para la laminación en caliente mientras se cambia la deformación ϵ^* eficaz como se muestra en la Tabla 8. Nótese que las condiciones de laminación en caliente que no se muestran en la Tabla 8 son similares al Ejemplo 1. Además, de la misma manera que en el Ejemplo 1, se midieron las propiedades de tracción y las texturas de la parte correspondiente a 1/6 del espesor de la lámina y la parte correspondiente a 1/2 del espesor de la lámina y se midió el módulo de Young. Los resultados se muestran en la Tabla 9.

10 Como queda claro de esto, cuando el acero de laminación en caliente que contiene los ingredientes químicos de la presente invención en condiciones adecuadas, en caso de establecer la deformación ϵ^* eficaz en 0,4 o más, la formación de la textura cerca de la capa superficial se promueve y además se mejora el módulo de Young.

Tabla 8

N.º de producto	Acero	Ar3 °C	SRT °C	Tasa de laminación %	Relación de forma							FT °C	ε*	CT °C	Chapado	Observaciones
					1P	2P	3P	4P	5P	6P	Pasada/fallo					
54			1250	88	2,37	3,57	4,09	3,95	4,52	5,23	Pasada	862	0,52	500		Ej. de la inv.
55	D	772	1150	89	2,35	3,56	4,11	3,85	4,59	5,25	Pasada	852	0,58	500		Ej. de la inv.
56			1150	88	2,37	3,56	4,10	3,91	4,52	5,26	Pasada	858	0,72	500		Ej. de la inv.
57			1200	84	3,00	3,08	4,15	3,88	4,17	3,29	Pasada	864	0,58	550		Ej. de la inv.
58	N	707	1200	85	3,00	3,08	4,15	3,88	4,17	3,29	Pasada	857	0,65	500		Ej. de la inv.
59			1150	84	3,00	3,09	4,15	3,88	4,17	3,29	Pasada	862	0,75	500		Ej. de la inv.

Tabla 9

N.º de producto	Acero	TS MPa	Textura de la de la parte 1/6 del espesor de la lámina		Textura de la de la parte 1/2 del espesor de la lámina	Módulo de Young estático		Módulo de Young dinámico		Observaciones	
			1*	2*		RD GPa	TD GPa	RD GPa	TD GPa		
54		560	0,0	8,4	{332}<113> (A)	{225}<110> (B)	222	231	235	230	Ej. de la inv.
55	D	555	0,0	9,2	4,0	8,9	224	232	236	230	Ej. de la inv.
56		562	0,0	9,8	4,0	9,3	225	232	238	233	Ej. de la inv.
57		546	1,3	9,2	4,6	8,3	223	234	236	235	Ej. de la inv.
58	N	546	1,5	9,6	4,0	8,9	225	235	236	235	Ej. de la inv.
59		552	0,0	10,2	4,2	9,5	227	236	238	236	Ej. de la inv.

1*: Suma de la relación de intensidad aleatoria de rayos X en la orientación de {110}<001> y la relación de intensidad aleatoria de rayos X en la orientación de {110}<111>

2*: Suma del valor máximo de las relaciones de intensidad aleatoria de rayos X en el grupo de orientación de {110}<111> y la relación de intensidad aleatoria de rayos X en la orientación de {211}<111>

Ejemplo 4

El acero que contiene la composición mostrada en la Tabla 10 (resto de Fe e impurezas inevitables) fue producido para producir un planchón de acero. El planchón de acero se calentó, aproximadamente se laminó en caliente, a continuación, se llevó a cabo una laminación de acabado en las condiciones mostradas en la Tabla 11. La caja de laminador de acabado se compone de seis pasadas en total. El diámetro del rodillo fue de 700 a 830 mm. Además, el espesor del fleje acabado después de la pasada de acabado se estableció en 1,6 mm a 10 mm. El “-” de la columna de fórmula 1 significa un ejemplo comparativo en el que no se añade Ti.

De la lámina de acero obtenida, de la misma manera que en el Ejemplo 1, la resistencia a la tracción y el módulo de Young se midieron y se midió la textura de la parte correspondiente a 1/6 de espesor de la lámina de la lámina de acero. Además, las relaciones de intensidad aleatoria de rayos X en la orientación de $\{332\}\langle 113\rangle$, la orientación de $\{001\}\langle 110\rangle$ y la orientación de $\{112\}\langle 110\rangle$ de la parte correspondiente a 1/2 del espesor de la lámina de la lámina de acero, de la misma manera que la muestra de la parte correspondiente a 1/6 del espesor de la lámina, se hallaron a partir de la FDO por difracción de rayos X usando muestras ajustadas de modo que la parte correspondiente a 1/2 del espesor de la lámina se convirtió en la superficie de medición. Entre estas láminas de acero, las galvanizadas por inmersión en caliente tras la finalización de la laminación en caliente se indicaron como “inmersión en caliente”, y aquellas galvanizadas y recocidas por inmersión en caliente a 520 °C durante 15 segundos se indican como “aleación”.

Los resultados se muestran en la Tabla 12. Como queda claro por la Tabla 12, cuando el acero de laminación en caliente contiene los ingredientes químicos de la presente invención en condiciones adecuadas, era posible establecer que el módulo de Young por el método de tensión estática sea superior a 220 GPa, tanto en la dirección de laminado como en la orientación perpendicular a la laminación. En particular, se sabe que cuando las condiciones de la textura de la capa central del espesor de la lámina se cumplen simultáneamente, el módulo de Young por el método de tensión estática es alto y la diferencia con el método de vibración se reduce.

Por otra parte, el n.º de producción 78 es un ejemplo que usando el acero AL con una pequeña cantidad de Mn. Ar₃ se eleva. Como resultado, la laminación en caliente se realiza en Ar₃ o menos, la concentración de la orientación de $\{110\}\langle 001\rangle$ se eleva, y el módulo de Young en la dirección de laminación disminuye. Además, los n.º de producción 79 y 80 son ejemplos que no contienen acero AO y que no cumplen con la fórmula 1 y acero AP que no contiene Nb. La suma de las relaciones de intensidad aleatoria de rayos X en el grupo orientación de $\{110\}\langle 111\rangle$ a $\{110\}\langle 112\rangle$ y la relación de intensidad aleatoria de rayos X en la orientación de $\{211\}\langle 111\rangle$ de la parte correspondiente 1/6 del espesor de la lámina disminuye y el módulo de Young en la dirección de laminación disminuye.

Además, como se muestra en los ejemplos comparativos de los aceros AA, AC, y AE, es decir, los n.º de producción 61, 64, y 67, en caso de producirse un número de pasadas, donde la relación de forma es 2,3 o más, es pequeño, incluso si un alto módulo de Young se obtiene por el método de vibración, 220 GPa no puede ser superado por el método de tensión estática. Además, como se muestra en el ejemplo comparativo de acero AG, es decir, el n.º de producción 70, en caso de producirse un número de pasadas, donde la relación de forma es 2,3 o más, es pequeño y la velocidad de laminación es baja, los módulos de Young por el método de vibración y el método de tensión estática disminuyen por debajo de 220 GPa.

Tabla 10

	Ingredientes (% en masa)														Forma 1	Forma 2	Ar3 °C	Observaciones		
	C	Si	Mn	P	S	Al	N	Nb	Ti	B	Cr	W	Cu	Ni					Mo	Ca, V, Rem
AA	0,052	0,61	1,68	0,007	0,0049	0,058	0,0018	0,034	0,032	0,0015	0,04				0,16		0,026	6,94	737	
AB	0,049	0,01	1,22	0,009	0,0048	0,036	0,0027	0,013	0,023	0,0017	0,03		0,04				0,014	4,67	772	
AC	0,034	0,01	1,62	0,010	0,0011	0,033	0,0020	0,043	0,035	0,0024			0,06	0,01		Ca: 0,0006	0,028	6,36	739	
AD	0,072	0,33	1,80	0,013	0,0041	0,041	0,0016	0,021	0,028	0,0009	0,02	0,31					0,023	7,23	727	
AE	0,043	0,01	1,70	0,009	0,0038	0,035	0,0021	0,032	0,019	0,0023			0,02	0,01	0,20		0,012	7,79	714	
AF	0,050	0,01	1,20	0,013	0,0030	0,043	0,0022	0,035	0,017	0,0035			0,28	0,14			0,009	9,92	748	
AG	0,031	0,34	1,83	0,041	0,0052	0,040	0,0025	0,037	0,026	0,0026			0,07	0,03	0,22	Rem: 0,001	0,017	9,46	719	Ej. de la inv.
AH	0,118	0,58	1,78	0,012	0,0043	0,034	0,0037	0,029	0,034	0,0008	0,05		0,03			V: 0,022	0,021	6,29	718	
AI	0,145	1,21	1,38	0,011	0,0032	0,061	0,0026	0,034	0,041	0,0013	0,45	0,18			0,07		0,032	6,25	745	
AJ	0,041	1,63	2,10	0,016	0,0039	0,035	0,0020	0,027	0,026	0,0014	0,04				0,25		0,019	9,15	729	
AK	0,110	0,01	1,42	0,012	0,0042	0,037	0,0025	0,032	0,037				0,19	0,11			0,028	8,76	717	
AL	0,041	0,12	0,80	0,008	0,0021	0,032	0,0019	0,023	0,020	0,0011	0,02						0,013	2,57	821	
AM	0,044	0,08	2,95	0,010	0,0033	0,035	0,0018	0,018	0,015	0,0022	0,03		0,10	0,50	0,35		0,009	17,78	556	
AN	0,040	1,60	0,08	0,012	0,0050	0,040	0,0020	0,030	0,015	0,0020	0,02		0,01	0,03			0,008	0,64	935	
AO	0,062	0,01	1,36	0,032	0,0051	0,033	0,0021	0,036									-	4,35	767	Ej. comp.
AP	0,081	0,60	1,48	0,007	0,0033	0,028	0,0023		0,024		0,03		0,02			V: 0,007	0,016	5,13	758	

(Nota) Los subrayados son condiciones fuera del intervalo de la presente invención

Fórmula 1: Ti-48/14xN

Fórmula 2: 3,2Mn+9,6Mo+4,7W+6,2Ni+18,6Cu+0,7Cr

Tabla 11

N.º de producto	Acero	Ar3 °C	SRT °C	Tasa de laminación %	Relación de forma							FT °C	CT °C	Planchado	Observaciones
					1P	2P	3P	4P	5P	6P	Pasada/fallo				
60			1200	76	2,32	2,934,194,124,193,51						816	450	Inmersión en caliente	Ej. de la inv.
61	AA	737	1200	65	1,10	2,022,502,292,181,68						841	600		Ej. comp
62	AB	772	1250	63	-	2,432,382,252,081,53						860	<u>500</u>		Ej. de la inv.
63	AC	739	1230	74	2,34	2,993,773,953,612,87						881	650	Aleación	Ej. de la inv.
64			1250	<u>31</u>	-	1,641,731,892,32						894	550		Ej. comp
65	AD	727	1200	68	2,12	2,462,762,552,092,02						860	350	Aleación	Ej. de la inv.
66			1170	76	-	3,134,094,444,653,66						826	550		Ej. de la inv.
67	AE	714	1250	63	2,44	-	2,192,081,49					890	550		Ej. comp
68	AF	748	1230	79	-2,81	3,704,615,576,405,85						872	500		Ej. de la inv.
69	AG	719	1200	73	2,38	2,943,603,763,913,19						865	550		Ej. de la inv.
70			1150	<u>25</u>	1,92	2,302,201,981,891,50						804	500		Ej. comp
71	AH	718	1130	65	2,02	2,532,402,202,141,67						823	500	Inmersión en caliente	Ej. de la inv.
72			1230	77	2,57	3,314,454,484,803,68						896	500		Ej. de la inv.
73	AI	745	1200	77	2,57	3,294,574,995,184,27						860	650		Ej. de la inv.
74	AJ	729	1250	79	2,57	3,434,985,125,754,74						888	550		Ej. de la inv.
75	AK	717	1150	61	2,32	2,653,493,533,502,89						867	550		Ej. de la inv.
76	AL	822	1170	77	2,51	3,424,495,235,013,65						852	550		Ej. de la inv.
77	AM	533	1250	69	2,23	3,454,424,394,633,71						803	550		Ej. de la inv.
78	AN	935	1170	77	2,51	3,454,595,134,963,71						<u>830</u>	550		Ej. comp
79	AO	767	1200	74	2,34	2,993,903,843,812,87						843	500		Ej. comp
80	AP	758	1170	74	2,18	2,753,573,573,522,63						810	450		Ej. comp

(Nota) Los subrayados son condiciones fuera del intervalo de la presente invención

Tabla 12

N.º de producto	Acero	TS MPa	Textura de la de la parte 1/6 del espesor de la lámina		Textura de la de la parte 1/2 del espesor de la lámina			Módulo de Young estático		Módulo de Young dinámico		Observaciones
			1*	2*	(A)	(C)	(A)/(C)	RD GPa	TD GPa	RD GPa	TD GPa	
60	AA	781	0,4	10,9	8,1	10,1	0,80	232	234	234	231	Ej. de la inv.
61		688	0,8	4,5	4,6	6,3	0,73	212	221	231	229	Ej. comp.
62	AB	546	2,0	8,3	4,6	8,2	0,56	227	225	230	230	Ej. de la inv.
63	AC	600	0,2	7,4	4,3	8,6	0,50	225	232	230	230	Ej. de la inv.
64		646	1,9	2,7	3,1	3,6	0,86	211	215	221	226	Ej. comp.
65	AD	651	1,2	8,6	7,7	9,6	0,80	226	232	234	232	Ej. de la inv.
66	AE	588	0,0	11,1	4,5	11,0	0,41	230	231	235	235	Ej. de la inv.
67		590	0,1	1,3	9,1	7,5	1,21	215	234	230	236	Ej. comp.
68	AF	692	3,9	5,8	8,6	9,2	0,93	225	238	234	240	Ej. de la inv.
69	AG	737	1,0	8,3	8,4	7,7	1,09	226	230	241	231	Ej. de la inv.
70		748	0,0	0,0	2,7	3,3	0,82	202	215	206	219	Ej. comp.
71	AH	663	1,0	14,5	8,0	10,5	0,76	235	230	237	231	Ej. de la inv.
72		692	1,3	7,5	6,7	8,5	0,79	225	235	232	232	Ej. de la inv.
73	AI	657	1,5	9,1	8,0	9,5	0,84	226	236	231	235	Ej. de la inv.
74	AJ	981	1,1	7,3	9,3	10,3	0,90	228	233	236	236	Ej. de la inv.
75	AK	595	4,4	12,5	7,0	8,1	0,86	229	236	230	235	Ej. de la inv.
76	AL	548	2,8	5,1	3,4	4,6	0,74	221	229	231	234	Ej. de la inv.
77	AM	1128	0,0	14,7	15,2	11,3	1,35	220	238	245	242	Ej. de la inv.
78	AN	442	7,2	5,9	1,2	8,3	0,14	209	230	221	232	Ej. comp.
79	AO	521	4,3	2,8	7,3	10,5	0,70	214	232	235	231	Ej. comp.
80	AP	554	4,1	2,6	3,5	6,1	0,57	205	215	206	215	Ej. comp.

(Nota): Los subrayados son condiciones fuera del intervalo de la presente invención

1*: Suma de la relación de intensidad aleatoria de rayos X en la orientación de {100}<001> y la relación de intensidad aleatoria de rayos X en la orientación de {110}<001>

2*: Suma del valor máximo de las relaciones de intensidad aleatoria de rayos X en el grupo de orientación de {110}<111> y la relación de intensidad aleatoria de rayos X en la orientación de {211}<111>

(A): Relación de intensidad aleatoria de rayos X en la orientación de {332}<113>

(C): Valor medio de las relaciones de intensidad aleatoria de rayos X en la orientación de {211}<110> y {100}<110>

Ejemplo 5

5 Los aceros AA y AF que se muestran en la Tabla 10 se utilizaron para la laminación en caliente en las condiciones mostradas en la Tabla 13. Los n.º de producción 82, 84 y 85 mostrados en la Tabla 13 son ejemplos de laminación con velocidad periférica diferencial que cambian las tasas de velocidad periférica diferencial en las tres pasadas de acabado de la caja de laminador de acabado que comprende un total de seis pasadas, es decir, cuarta pasada, quinta pasada, y sexta pasada. Tenga en cuenta que las condiciones de laminación en caliente que no se muestran en la Tabla 13 son similares al Ejemplo 4. Además, de la misma manera que en el Ejemplo 4, se midieron las propiedades de tracción y las texturas de la parte correspondiente a $1/6$ del espesor de la lámina y la parte correspondiente a $1/2$ del espesor de la lámina y se midió el módulo de Young. Los resultados se muestran en la Tabla 14.

10 Como queda claro de esto, cuando el acero de laminación en caliente contiene los ingredientes químicos de la presente invención en condiciones adecuadas, en caso de aplicarse 1 % o más de laminación con velocidad periférica diferencial para una pasada o más, la formación de la textura cerca de la capa superficial se promueve y además se mejora el módulo de Young.

Tabla 13

N.º de producto	Acero	Ar3 °C	SRT °C	Tasa de laminación %	Relación de forma							Tasa de velocidad periférica diferencial %				FT °C	CT °C	Chapado	Observaciones
					1P	2P	3P	4P	5P	6P	Pasada/fallo	4º pasada	5º pasada	6º pasada					
81	AA	737	1250	80	-	3,57	5,23	5,92	6,11	5,23	Pasada	0	0	0	886	500	Inmersión en caliente	Ej. de la inv.	
82				78	2,52	3,57	5,22	5,93	5,00	5,23	Pasada	10	5	5	890	500		Ej. de la inv.	
83				52	1,95	2,44	2,30	2,20	1,87	2,40	Pasada	0	0	0	860	600		Ej. de la inv.	
84	AF	748	1200	53	1,95	2,44	2,30	2,18	1,92	2,40	Pasada	3	3	3	858	600	Aleación	Ej. de la inv.	
85				55	1,95	2,44	2,30	2,25	1,93	2,35	Pasada	0	20	20	856	600		Ej. de la inv.	

Tabla 14

N.º de producto	Acero	TS MPa	Textura de la de la parte 1/6 espesor de la lámina		Textura de la de la parte 1/2 del espesor de la lámina		Módulo de Young estático		Módulo de Young dinámico		Observaciones	
			1*	2*	(A)	(C)	(A)/(C)	RD GPa	TD GPa	RD GPa		TD GPa
81	AA	724	1,6	7,9	7,5	8,4	0,89	224	230	231	235	Ej. de la inv.
82		734	1,0	13,8	7,2	8,4	0,86	237	235	239	236	Ej. de la inv.
83		700	2,2	7,1	8,0	9,1	0,88	222	233	234	236	Ej. de la inv.
84	AF	711	1,7	9,1	6,6	7,1	0,93	231	238	237	238	Ej. de la inv.
85		709	0,8	12,6	5,7	7,9	0,72	235	240	239	240	Ej. de la inv.

1*: Suma de la relación de intensidad aleatoria de rayos X en la orientación de {100}<001> y la relación de intensidad aleatoria de rayos X en la orientación de {110}<001>

2*: Suma del valor máximo de las relaciones de intensidad aleatoria de rayos X en el grupo de orientación de {110}<111> y la relación de intensidad aleatoria de rayos X en la orientación de {211}<111>

(A): Relación de intensidad aleatoria de rayos X en la orientación de {332}<113>

(C): Valor medio de las relaciones de intensidad aleatoria de rayos X en la orientación de {211}<110> y {100}<110>

Ejemplo 6

5 Los aceros AB y AG que se muestran en la Tabla 10 se utilizaron para la laminación en caliente mientras se cambia las deformaciones ϵ^* eficaces como se muestra en la Tabla 15. Obsérvese que las condiciones de laminación en caliente que no se muestran en la Tabla 15 son similares al Ejemplo 4. Además, de la misma manera que en el Ejemplo 4, se midieron las propiedades de tracción y las texturas de la parte correspondiente a 1/6 del espesor de la lámina y la parte correspondiente a 1/2 del espesor de la lámina y se midió el módulo de Young. Los resultados se muestran en la Tabla 16.

10 Como queda claro de esto, cuando el acero de laminación en caliente contiene los ingredientes químicos de la presente invención en condiciones adecuadas, en caso de establecer la deformación ϵ^* eficaz en 0,4 o más, la formación de la textura cerca de la capa superficial se promueve y además se mejora el módulo de Young.

Tabla 15

N.º de producto	Acero	Ar3 °C	SRT °C	Tasa de laminación %	Relación de forma							FT °C	ε*	CT °C	Chapado	Observaciones
					1P	2P	3P	4P	5P	6P	Pasada/fallo					
86			1250	88	2,37	3,57	4,09	3,95	4,52	5,23	Pasada	861	0,51	500		Ej. de la inv.
87	AB	772	1150	89	2,35	3,56	4,11	3,85	4,59	5,25	Pasada	851	0,57	500	Inmersión en caliente	Ej. de la inv.
88			1150	88	2,37	3,56	4,10	3,91	4,52	5,26	Pasada	859	0,73	500		Ej. de la inv.
89			1200	84	3,00	3,08	4,15	3,88	4,17	3,29	Pasada	863	0,59	550		Ej. de la inv.
90	AG	719	1200	85	3,00	3,08	4,15	3,88	4,17	3,29	Pasada	858	0,64	500	Aleación	Ej. de la inv.
91			1150	84	3,00	3,08	4,15	3,88	4,17	2,39	Pasada	863	0,76	500		Ej. de la inv.

Tabla 14

parte 1/6 del espesor de la	Textura de la de la parte 1/2 del espesor de la lámina			Módulo de Young estático		Módulo de Young dinámico		Observaciones
	(A)	(C)	(A)/(C)	RD GPa	TD GPa	RD GPa	TD GPa	
2*	4,2	8,0	0,53	221	230	234	229	Ej. de la inv.
8,5	3,9	8,8	0,44	223	235	235	231	Ej. de la inv.
9,3	3,9	9,4	0,41	226	239	239	231	Ej. de la inv.
9,9	4,5	9,2	0,55	222	235	235	233	Ej. de la inv.
	4,1	9,0	0,45	224	237	237	234	Ej. de la inv.
10,1	4,2	9,3	0,45	228	239	239	237	Ej. de la inv.

1*: Suma de la relación de intensidad aleatoria de rayos X en la orientación de {100}<001> y la relación de intensidad aleatoria de rayos X en la orientación de {110}<001>

2*: Suma del valor máximo de las relaciones de intensidad aleatoria de rayos X en el grupo de orientación de {110}<111> y la relación de intensidad aleatoria de rayos X en la orientación de {211}<111>

(A): Relación de intensidad aleatoria de rayos X en la orientación de {332}<113>

(C): Valor medio de las relaciones de intensidad aleatoria de rayos X en la orientación de {211}<110> y {100}<110>

Aplicabilidad industrial

- 5 La lámina de acero con alto módulo de Young de la presente invención se utiliza para automóviles, dispositivos eléctricos domésticos, materiales de construcción, etc. Además, la lámina de acero con alto módulo de Young de la presente invención incluye la lámina de acero laminada en caliente en el sentido estricto que no está sometida a tratamiento superficial, así como la lámina de acero laminada en caliente en el sentido amplio que se somete a tratamiento superficial, tal como galvanización por inmersión en caliente, galvanización y recocido por inmersión en caliente y galvanoplastia, con el fin de impedir la oxidación. El tratamiento superficial incluye chapado basado en aluminio, formación de recubrimientos orgánicos y recubrimientos inorgánicos en las superficies de la lámina de acero laminada en caliente y varios tipos de lámina de acero chapada, y combinaciones de los mismos.
- 10 La lámina de acero de la presente invención tiene un módulo de Young alto, por lo que es posible reducir su espesor de la lámina en comparación con una lámina de acero convencional, es decir, es posible aligerar el peso y contribuir a la protección del medioambiente global. Además, la lámina de acero de la presente invención tiene también una mejorada capacidad para fijar la forma, por lo que la aplicación de la lámina de acero de alta resistencia para componentes para automóviles y otras partes sometidas a presión puede adoptarse fácilmente. Además, un
- 15 componente obtenido por conformación y trabajabilidad de la lámina de acero de la presente invención es superior en la característica de absorción de energía de impacto, por lo que también se contribuyó a mejorar la seguridad de los automóviles.

REIVINDICACIONES

1. Lámina de acero con alto módulo de Young que tiene un módulo de Young longitudinal medido por el método de tensión estática de 220 GPa o más, que consiste en % en masa,

C: 0,005 a 0,200 %,

5 Si: 2,50 % o menos,

Mn: 0,10 a 3,00 %,

P: 0,150 % o menos,

S: 0,0150 % o menos,

Al: 0,010 a 0,150 %,

10 N: 0,0005 a 0,0100 %,

Nb: 0,005 a 0,100 %, y

Ti: 0,002 a 0,150 %, opcionalmente uno o más de

Mo: 0,01 a 1,00 %,

Cr: 0,01 a 3,00 %,

15 W: 0,01 a 3,00 %,

Cu: 0,01 a 3,00 %,

Ni: 0,01 a 3,00 %,

B: 0,0005 a 0,0100 %,

Ca: 0,0005 a 0,1000 %,

20 Rem: 0,0005 a 0,1000 %, y

V: 0,001 a 0,100 %

cumple con la fórmula 1, tiene un resto de Fe e impurezas inevitables, tiene una suma de la relación de intensidad aleatoria de rayos X en la orientación de $\{100\}<001>$ y una relación de intensidad aleatoria de rayos X en la orientación de $\{110\}<001>$ de 5 o menos en una posición de una dirección de la superficie de la lámina de acero en la dirección del espesor de la lámina correspondiente a 1/6 del espesor de la lámina, y tiene una suma de un valor máximo de las relaciones de intensidad aleatoria de rayos X en el grupo de orientación de $\{110\}<111>$ a $\{110\}<112>$ y una relación de intensidad aleatoria de rayos X en la orientación de $\{211\}<111>$ de 5 o más:

25

$Ti - 48/14 \times N \geq 0,0005 \dots$ fórmula 1

en donde, Ti y N son los contenidos (% en masa) de los elementos.

30 2. Una lámina de acero con alto módulo de Young como se expone en la reivindicación 1, caracterizada por cumplir con la siguiente fórmula 2:

$4 \leq 3, 2Mn + 9, 6Mo + 4, 7W + 6, 2Ni + 18, 6Cu + 0, 7Cr \leq 10 \dots$ fórmula

2

donde, Mn, Mo, W, Ni, Cu y Cr son los contenidos (% en masa) de los elementos.

35 3. Una lámina de acero con alto módulo de Young según la reivindicación 1 o 2, caracterizada por tener una relación de intensidad aleatoria de rayos X en la orientación de $\{332\}<113>$ (A) de 15 o menos y una relación de intensidad aleatoria de rayos X en la orientación de $\{225\}<110>$ (B) de 5 o más en una parte central de la lámina de acero en la dirección del espesor de la lámina y por cumplir con $(A)/(B) \leq 1,00$.

40 4. Una lámina de acero con alto módulo de Young según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, caracterizada por tener una relación de intensidad aleatoria de rayos X en la orientación de $\{332\}<113>$ (A) de 15 o menos y un simple promedio de la relación de intensidad aleatoria de rayos X en la orientación de $\{001\}<110>$ y una relación de intensidad aleatoria de rayos X en la orientación de $\{112\}<110>$ (C) de 5 o más en una parte central de la lámina de

acero en la dirección del espesor de la lámina y por cumplir $(A)/(C) \leq 1,10$.

5. Una lámina de acero con alto módulo de Young según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, caracterizada por tener un módulo de Young en la dirección de laminación medido por el método de tensión estática de 220 GPa o más.

5 6. Una lámina de acero galvanizado por inmersión en caliente caracterizada por que comprende una lámina de acero con alto módulo de Young según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5 que, es galvanizada por inmersión en caliente.

10 7. Una lámina de acero galvanizado y recocido por inmersión en caliente caracterizada por que comprende una lámina de acero con alto módulo de Young según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, que es galvanizada y recocida por inmersión en caliente.

15 8. Un método de producción de una lámina de acero con alto módulo de Young que tiene un módulo de Young longitudinal medido por el método de tensión estática de 220 GPa o más, caracterizado por laminación de un planchón de acero que contiene los ingredientes químicos según las reivindicaciones 1 o 2 a 1.100 °C o menos por una tasa de laminación hasta la pasada final de 40 % o más y por una relación de forma X hallada por la siguiente fórmula 3 de 2,3 o más mediante dos pasadas o más, laminación en caliente a una temperatura de pasada final del punto de transformación Ar_3 a 900 °C, y enrollamiento a 700 °C o menos:

$$\text{relación de forma } X = l_d / h_m \dots \text{ fórmula 3}$$

donde, l_d (longitud de arco de contacto entre los rodillos de laminación y la lámina de acero):

$$\sqrt{(LX(h_{\text{entrada}} - h_{\text{salida}})/2)}$$

20 $h_m: (h_{\text{entrada}} + h_{\text{salida}})/2$

L: diámetro de los rodillos de laminación

H_{salida} : espesor de la lámina del lado de entrada del rodillo de laminación

H_{salida} : espesor de la lámina del lado de salida del rodillo de laminación

25 9. Un método de producción de una lámina de acero con alto módulo de Young según la reivindicación 8, caracterizado por laminación en caliente de manera que la deformación ε^* eficaz calculada por la siguiente fórmula 5 llega a ser de 0,4 o más:

$$\varepsilon^* = \sum_{j=1}^{n-1} \varepsilon_j \exp \left[- \sum_{i=j}^{n-1} \left(\frac{t_i}{\tau_i} \right)^{2/3} \right] + \varepsilon_n \dots \text{ fórmula 5}$$

30 donde, n es un número de cajas de laminador de una laminación en caliente final, ε_j es una deformación dada en la j^{a} caja, ε_n es una deformación dada en una $n^{\text{ésima}}$ caja, t_i es un tiempo de desplazamiento entre una i^{a} a $i + 1^{\text{a}}$ cajas, y T_i se calcula por la siguiente fórmula 6 por medio de una constante de los gases R (= 1,987) y una temperatura de laminación T_i (K) de una i^{a} caja:

$$\tau_i = 8,46 \times 10^{-9} \exp \left(\frac{43800}{R \times T_i} \right) \dots \text{ fórmula 6}$$

35 10. Un método de producción de una lámina de acero con alto módulo de Young según la reivindicación 8 o 9, caracterizado por llevar a cabo una tasa de velocidad periférica diferencial de al menos una pasada de laminación en caliente de 1 % o más.

11. Un método de producción de una lámina de acero con alto módulo de Young, caracterizado por galvanización por inmersión en caliente una superficie de lámina de acero producida por el método según cualquiera de las reivindicaciones 8 a 10.

40 12. Un método de producción de una lámina de acero galvanizado y recocido en caliente, caracterizado por galvanización por inmersión en caliente una superficie de una lámina de acero producida por un método según cualquiera de las reivindicaciones 8 a 10, seguidamente, tratarla térmicamente en un intervalo de temperatura de 450 a 600 °C durante 10 segundos o más.

Fig.1

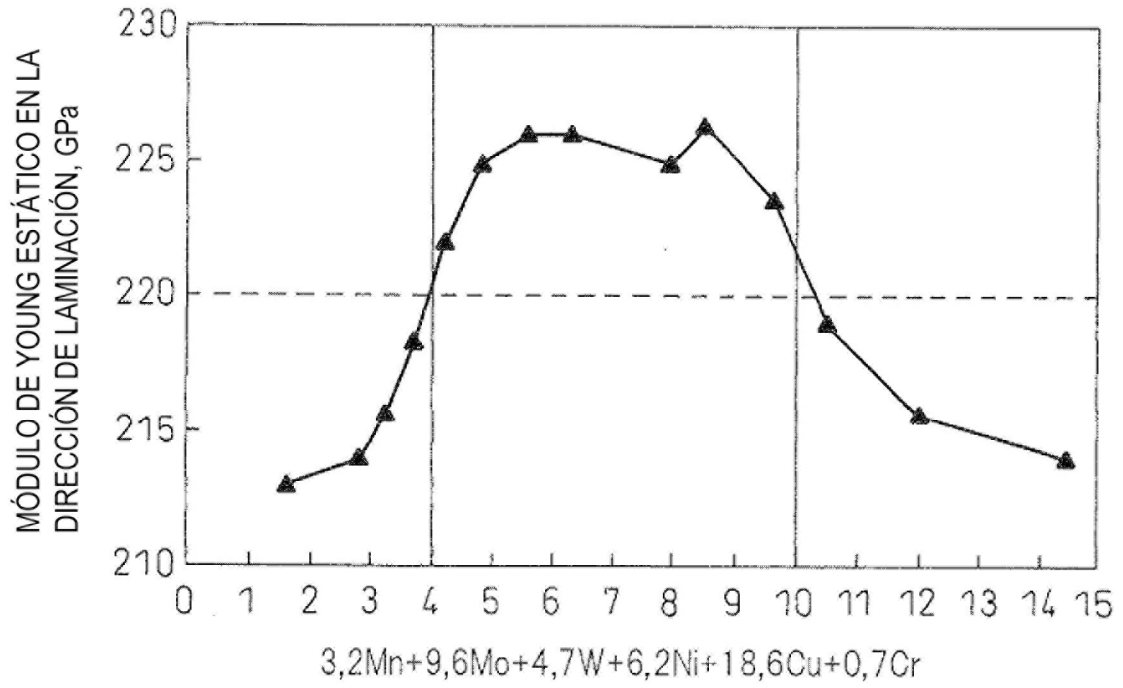


Fig.2

