

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 769 275**

51 Int. Cl.:

C22C 38/00	(2006.01) C22C 38/04	(2006.01)
C21D 9/46	(2006.01) C22C 38/16	(2006.01)
C22C 38/06	(2006.01) C22C 38/22	(2006.01)
C22C 38/60	(2006.01) C22C 38/24	(2006.01)
C22C 38/08	(2006.01) C22C 38/26	(2006.01)
C22C 38/12	(2006.01) C22C 38/28	(2006.01)
C22C 38/14	(2006.01) C22C 38/32	(2006.01)
C21D 6/00	(2006.01)	
C21D 8/02	(2006.01)	
C22C 38/02	(2006.01)	

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **26.05.2016 PCT/JP2016/065630**
- 87 Fecha y número de publicación internacional: **01.12.2016 WO16190397**
- 96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **26.05.2016 E 16800101 (4)**
- 97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **11.12.2019 EP 3305931**

54 Título: **Chapa de acero y procedimiento para su fabricación**

30 Prioridad:

26.05.2015 JP 2015106739

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

25.06.2020

73 Titular/es:

**NIPPON STEEL CORPORATION (100.0%)
6-1, Marunouchi 2-chome, Chiyoda-ku
Tokyo, JP**

72 Inventor/es:

**HIKIDA, KAZUO;
TAKATA, KEN;
TAKEDA, KENGO y
HASHIMOTO, MOTONORI**

74 Agente/Representante:

ELZABURU, S.L.P

ES 2 769 275 T3

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

DESCRIPCIÓN

Chapa de acero y procedimiento para su fabricación

Campo Técnico

La presente invención se refiere a chapa de acero y a un procedimiento para su producción.

5 Antecedentes de la Técnica

10 Piezas de automóviles, herramientas afiladas y otras piezas de máquinas se producen mediante estampado, doblado, conformado a presión y otros procedimientos de trabajo. En estos procedimientos de trabajo, para mejorar y estabilizar la calidad del producto y reducir los costos de fabricación, es necesario mejorar la trabajabilidad de la lámina de acero al carbono del material de partida. En particular, cuando se forman piezas de sistemas de accionamiento, a veces la chapa de acero al carbono se deforma debido a la rotación de alta velocidad, etc. o se rompe debido a una ductilidad insuficiente, por lo que se hace necesario un post-tratamiento térmico para ductilidad.

En general, la chapa de acero al carbono es laminada en frío y recocida esferoidalmente. La chapa de acero al carbono se utiliza como material blando con excelente trabajabilidad que comprende ferrita y carburos esferoidales. Además, hasta ahora, se han propuesto varias técnicas para mejorar la trabajabilidad de la chapa de acero al carbono.

15 Por ejemplo, PLT 1 describe acero con alto contenido de carbono para estampado de precisión que contiene C: 0,15 a 0,90% en masa, Si: 0,40% en masa o menos, Mn: 0,3 a 1,0% en masa, P: 0,03% en masa o menos, total Al: 0,10% en masa o menos, Ti: 0,01 a 0,05% en masa, B: 0,0005 a 0,0050% en masa, N: 0,01% en masa o menos, y Cr: 1,2% en masa o menos, que tiene una microestructura donde carburos de un tamaño de grano de carburo promedio de 0,4 a 1,0 μm y una tasa de esferoidización de 80% o más se dispersan en una matriz de ferrita, y tienen un alargamiento a la tracción de muesca de 20% o más y un procedimiento para su producción.

20 PLT 2 describe una chapa de acero de alto y medio carbono con excelente trabajabilidad que contiene C: 0,3 a 1,3% en masa, Si: 1,0% en masa o menos, Mn: 0,2 a 1,5% en masa, P: 0,02% en masa o menos, y S: 0,02% en masa o menos, que tiene una microestructura donde los carburos son carburos de modo que una relación de $C_{GB}/C_{IG} \leq 0,8$ se interpone entre los carburos C_{GB} en los límites de los granos de cristal de ferrita y el número de carburos C_{IG} dentro de los granos de cristal de ferrita, y que tiene una dureza transversal de 160HV o menos y un procedimiento para su producción.

30 PLT 3 describe una chapa de acero de alto y medio carbono con excelente trabajabilidad que contiene C: 0,30 a 1,00% en masa, Si: 1,0% en masa o menos, Mn: 0,2 a 1,5% en masa, P: 0,02% en masa o menos, y S: 0,02% en masa o menos, que tiene una microestructura donde los carburos son dispersados en ferrita, y donde una relación de $C_{GB}/C_{IG} \leq 0,8$ se interpone entre los carburos C_{GB} en los límites de los granos de cristal de ferrita y el número de carburos C_{IG} dentro de los granos de cristal de ferrita, y carburos esferoidales con un eje largo/eje corto de 2 o menos representan el 90% o más de todos los carburos.

Estas técnicas anteriores se basan en la mejora de la trabajabilidad a medida que aumenta la proporción de carburos en los granos de ferrita.

35 PLT 4 describe una chapa de acero excelente en trabajabilidad FB, vida útil y conformabilidad después de trabajar FB caracterizada por comprender C: 0,1 a 0,5% en masa, Si: 0,5% en masa o menos, Mn: 0,2 a 1,5% en masa, P: 0,03% en masa o menos, y S: 0,02% en masa o menos y que tiene una microestructura que comprende principalmente ferrita y carburos y que tiene una cantidad de carburos límite de granos de ferrita S_{gb} , definida como

$$S_{gb} = \left\{ \frac{S_{on}}{S_{on} + S_{in}} \right\} \times 100$$

40 (donde, S_{on} : área total ocupada de carburos presentes en los límites de los granos en los carburos presentes por unidad de área y S_{in} : área total ocupada de carburos presentes dentro de los granos en los carburos presentes por unidad de área), de 40% o más.

45 La técnica descrita en PLT 5 se caracteriza por el recocido adecuado de chapa de acero laminado en caliente que tiene una estructura sustancialmente 100% de perlita para promover la esferoidización de los carburos y suprimir el crecimiento de granos de ferrita para colocar la mayoría de los carburos en los límites de los granos de cristal de ferrita.

50 La técnica descrita en PLT 6 se caracteriza porque la microestructura tiene una fase principal de ferrita y una segunda fase en la que la fracción de martensita se mantiene baja y la cementita y otros carburos están contenidos principalmente. Además, la técnica descrita en PLT 6 utiliza activamente Si para asegurar así la resistencia mediante el fortalecimiento de la solución de ferrita y asegurar la ductilidad mediante la mejora de la templabilidad del trabajo de la ferrita misma.

PLT 7 describe la técnica de controlar el tamaño del grano de ferrita a 10 μm o más para producir de ese modo una

chapa de acero al carbono medio suave excelente en templabilidad por inducción. El procedimiento de producción descrito en PLT 7 se caracteriza por tratar el acero mediante recocido en caja para calentarlo de 600°C a 750°C para de esa forma engrosar los granos de ferrita de la chapa de acero y ablandar la chapa de acero.

5 La chapa de acero descrita en PLT 8 se caracteriza porque del 10 al 50% del contenido de C está grafitizado y una estructura de acero en sección transversal es una fase de ferrita en la que la cementita esferoidal que contiene % en peso de $C \times 10^2 / \text{mm}^2$ piezas a % en peso de $C \times 10^3 / \text{mm}^2$ piezas de partículas de grafito que tienen un tamaño de 3 μm se dispersa. El procedimiento de producción descrito en PLT 8 se caracteriza por recocer la chapa de acero laminada en caliente en un intervalo de 600°C a 720°C desde el punto de vista de la grafitización de la chapa de acero.

10 La chapa de acero descrita en PLT 9 se caracteriza por tener una microestructura que contiene una relación de área de 90% o más de fase de bainita, donde una relación numérica de carburos basados en Fe precipitados en los granos de ferrita bainíticos en los carburos totales basados en Fe precipitados en la fase de bainita es del 30% o más, y un tamaño de grano promedio de los carburos basados en Fe precipitados en los granos de ferrita bainíticos es de 150 nm o menos.

15 La lámina de acero descrita en PLT 10 se caracteriza porque en una región desde la capa superficial de la chapa de acero hasta 200 μm en la dirección del espesor de la chapa, la densidad de la orientación del cristal donde las caras (110) están dentro de $\pm 5^\circ$ con respecto a la superficie de la chapa de acero es 2,5 o más.

Una chapa de acero superior en trabajabilidad FB y un procedimiento para su producción se describen en JP 2007-270331 A.

Listado de Referencias

20 Bibliografía de Patentes

PLT 1: Patente Japonesa No. 4465057

PLT 2: Patente Japonesa No. 4974285

PLT 3: Patente Japonesa No. 5197076

PLT 4: Patente Japonesa No. 5194454

25 PLT 5: Publicación de Patente Japonesa No. 2007-270330A

PLT 6: Publicación de Patente Japonesa No. 2012-36497A

PLT 7: Publicación de Patente Japonesa No. 2012-62496A

PLT 8: Publicación de Patente Japonesa No. 8-120405A

PLT 9: Publicación de Patente Japonesa No. 2015-160986A

30 PLT 10: Publicación de Patente Japonesa No. 2015-117406A

Compendio de la Invención

Problema Técnico

35 La técnica descrita en PLT 1 tiene como objetivo el engrosamiento del tamaño de los granos de ferrita y los carburos y el recocido del acero a una temperatura del punto A_{C1} o más para ablandamiento. Sin embargo, si el recocido es efectuado a una temperatura del punto A_{C1} o más, durante el recocido, los carburos en forma de barra y de placa precipitan. Se dice que los carburos reducen la trabajabilidad, por lo que incluso si pueden reducir la dureza, esto actúa de manera desventajosa sobre la trabajabilidad.

40 Los PLT 2 y 3 describen que una baja tasa de esferoidización de los carburos que precipitan en los límites de los granos (denominados "carburos del límite de los granos") es una causa del deterioro de la trabajabilidad. Sin embargo, ninguna de las técnicas descritas en los PLT 2 y 3 tiene la mejora de la trabajabilidad mediante la mejora de la tasa de esferoidización de los carburos del límite de los granos como problemas suyos. En la técnica descrita en PLT 4, solo se prescriben factores estructurales. La relación entre la trabajabilidad y las características mecánicas no se estudia.

45 Los PLT 5 a 9 no especifican las condiciones del procedimiento de recocido desde el punto de vista de la promoción de la precipitación de carburos en los límites de los granos de ferrita. Además, los PLT 5 a 9 no especifican las condiciones de enfriamiento después del procedimiento de recocido, por lo que, con los procedimientos de producción descritos en los PLT 5 a 9, la austenita producida después del recocido puede transformarse en perlita, la chapa de acero aumenta su dureza y la conformabilidad en frío disminuye.

5 PLT 10 describe el bobinado de una chapa de acero después de terminar de enrollar a una temperatura de bobinado de 400°C a menos de 650°C, a continuación recocer la chapa de acero enrollada la primera vez de 680°C a 720°C y recocer la hoja de acero enrollada la segunda vez de 730°C a 790°C, a continuación, después de la segunda etapa de recocido, recocido de la chapa de acero bobinada a una velocidad de enfriamiento de 20°C/hr desde el punto de vista de la esferoidización de la cementita. Sin embargo, en el procedimiento de producción de PLT 10, el laminado de acabado es hecho para terminar a 600°C a menos de Ae3-20°C, por lo que es probable que la chapa de acero sea laminada en la región de fase dual de ferrita y austenita. Por esta razón, las fases de ferrita y perlita pueden formarse después del laminado, el estado de dispersión de los carburos en la chapa de acero después del laminado se torna desigual y la dureza de la chapa de acero aumenta.

10 En vista de la técnica anterior, el problema técnico a resolver por la presente invención es mejorar la conformabilidad en frío y la ductilidad después del tratamiento térmico en chapas de acero, y el objeto de la presente invención es proporcionar chapas de acero y un procedimiento para su producción, resolviendo este problema

15 Aquí, la "conformabilidad en frío" significa la capacidad de deformación de la chapa de acero capaz de deformarse plásticamente de manera fácil a la forma requerida sin defecto cuando se hace que la chapa de acero se deforme plásticamente a la forma requerida por trabajo en frío, forja en frío, etc. Además, la "ductilidad post tratamiento térmico" es la ductilidad de la chapa de acero después del tratamiento térmico.

Solución al Problema

20 Para resolver el problema anterior y obtener una chapa de acero adecuada para un material para una pieza de un sistema de accionamiento, etc., puede entenderse que es suficiente agrandar el tamaño de los granos de ferrita en una chapa de acero que tiene la C requerida para aumentar la templabilidad, hacer los carburos (principalmente cementita) de tamaños de grano adecuados, y reducir las estructuras de perlita. Esto se debe a las siguientes razones.

Las fases de ferrita son bajas en dureza y altas en ductilidad. Por lo tanto, al aumentar el tamaño de grano en una microestructura que comprende principalmente ferrita, se hace posible aumentar la conformabilidad de un material.

25 Al dispersar adecuadamente los carburos en una estructura metálica, se puede mantener la conformabilidad del material mientras se imparten excelentes características de resistencia al desgaste y fatiga por rodadura, por lo que son estructuras esenciales para piezas de sistemas de accionamiento. Además, los carburos en chapa de acero son granos fuertes que inhiben el deslizamiento. Al hacer que los carburos estén presentes en los límites de los granos de ferrita, se evita la propagación del deslizamiento que cruza los límites de los granos cristalinos y se puede suprimir la formación de una zona de cizallamiento. Se mejora la forjabilidad en frío y, simultáneamente, se mejora la conformabilidad de la chapa de acero.

30 Sin embargo, la cementita es una estructura dura y quebradiza. Si está presente en forma de estructura en capas con ferrita, es decir, perlita, el acero se vuelve duro y quebradizo, por lo que debe hacerse presente en forma esferoidal. Si se considera la forjabilidad en frío y la formación de grietas en el momento de la forja, su tamaño de grano debe ser hecho en un intervalo adecuado.

35 Sin embargo, el procedimiento de producción para realizar la estructura anterior no se ha descrito hasta ahora. Por lo tanto, los inventores se dedicaron a una investigación intensiva sobre el procedimiento de producción para realizar esta estructura.

40 Como resultado, descubrieron que para hacer la estructura metálica de la chapa de acero después de enrollar después de laminar en caliente una estructura de bainita en la que se dispersa cementita en perlita fina o ferrita fina con un pequeño espacio laminar, la chapa de acero debe enrollarse a una temperatura relativamente baja (400°C a 550°C). Al enrollar a una temperatura relativamente baja, la cementita dispersada en la ferrita también se vuelve fácil de esferoidear. A continuación, como la primera etapa de recocido, la cementita se debe esferoidear parcialmente recociéndose a una temperatura justo debajo del punto Ac1. A continuación, como la segunda etapa de recocido, parte de los granos de ferrita deben dejarse mientras se hace que parte se transforme en austenita al recocerse a una temperatura entre el punto Ac1 y el punto Ac3 (la denominada región de fase dual de ferrita y austenita). Después de eso, la chapa de acero debe enfriarse lentamente para hacer que crezcan los granos de ferrita restantes, mientras que estos granos de ferrita restantes se usan como núcleos para la transformación de austenita en ferrita. Por lo tanto, se obtienen grandes fases de ferrita mientras se hace precipitar la cementita en los límites de los granos, y la estructura anterior es realizada.

50 Es decir, descubrieron que es difícil realizar un procedimiento para la producción de chapa de acero que satisfaga simultáneamente la templabilidad y la conformabilidad, incluso si se ajustan las condiciones de laminado en caliente, las condiciones de recocido, etc. por separado, y descubrieron que se puede realizar logrando la optimización en un llamado procedimiento "integrado" que comprende laminado en caliente y recocido, etc.

55 De esta manera, los inventores descubrieron que al optimizar el estado disperso de los carburos en la estructura de chapa de acero antes de trabajar en frío la chapa de acero optimizada en composición química en coalición con las condiciones de fabricación en un procedimiento integrado desde el laminado en caliente hasta el recocido, es posible controlar la microestructura de la chapa de acero y hacer que los carburos de tamaño de grano adecuado precipiten

en los límites de los granos de ferrita.

Además, los inventores descubrieron que si el tamaño del grano de ferrita es de 5 μm o más y la dureza Vickers es 170 o menos, es posible asegurar una excelente conformabilidad en frío y ductilidad después del tratamiento térmico en chapa de acero.

5 La presente invención se realizó en base al descubrimiento anterior y tiene como esencia lo siguiente:

(1) Una chapa de acero que comprende, en % en masa,

C: 0,10 a 0,40%,

Si: 0,30 a 1,00%,

Mn: 0,30 a 1,00%,

10 Al: 0,001 a 0,10%,

P: 0,01% o menos, y

S: 0,009% o menos, y

opcionalmente uno o más de:

N: 0,007% o menos, y

15 O: 0,02% o menos, y opcionalmente uno o más de:

Ti: 0,10% o menos,

Cr: 0,50% o menos,

Mo: 0,50% o menos,

B: 0,008% o menos,

20 Nb: 0,10% o menos,

V: 0,10% o menos,

Cu: 0,10% o menos,

W: 0,10% o menos,

Ta: 0,10% o menos,

25 Ni: 0,10% o menos,

Sn: 0,05% o menos,

Sb: 0,05% o menos,

As: 0,05% o menos,

Mg: 0,05% o menos,

30 Ca: 0,05% o menos,

Y: 0,05% o menos,

Zr: 0,05% o menos,

La: 0,05% o menos, y

Ce: 0,05% o menos, y

35 teniendo un equilibrio de Fe e impurezas,

donde una relación (B/A) de varios carburos en los límites de los granos de ferrita (B) con respecto a un número de carburos dentro de los granos de ferrita (A) es superior a 1,

donde el tamaño de un grano de ferrita es de 5 μm a 50 μm ,

ES 2 769 275 T3

donde el tamaño promedio de un grano de carburos es de 0,4 μm a 2,0 μm ,

donde la relación del área de perlita es 6% o menos, y

donde la dureza Vickers es de 120HV a 170HV.

(2) La chapa de acero según (1), la chapa de acero comprende, en % en masa, uno o más de:

5 N: 0,007% o menos, y

O: 0,02% o menos.

(3) La chapa de acero según (1) o (2), donde la chapa de acero comprende, en % en masa, uno o más de:

Ti: 0,10% o menos,

Cr: 0,50% o menos,

10 Mo: 0,50% o menos,

B: 0,008% o menos,

Nb: 0,10% o menos,

V: 0,10% o menos,

Cu: 0,10% o menos,

15 W: 0,10% o menos,

Ta: 0,10% o menos,

Ni: 0,10% o menos,

Sn: 0,05 % o menos,

Sb: 0,05 % o menos,

20 As: 0,05% o menos,

Mg: 0,05% o menos,

Ca: 0,05% o menos,

Y: 0,05% o menos,

Zr: 0,05% o menos,

25 La: 0,05% o menos, y

Ce: 0,05% o menos.

(4) Un procedimiento para producir la chapa de acero según cualquiera de (1) a (3), el procedimiento para producir la chapa de acero comprende:

30 (i) laminado en caliente de un bloque de acero de una composición química según una cualquiera de (1) a (3) directamente o después de enfriarse temporalmente y a continuación calentarse; terminar el laminado en caliente en un intervalo de temperatura de 800°C a 900°C; y enrollar la chapa de acero laminada en caliente a una temperatura de 400°C a 550°C,

35 (ii) soltar la chapa de acero laminada en caliente; decapar la chapa de acero laminada en caliente; a continuación mantener la chapa de acero laminada en caliente en un intervalo de temperatura de 650°C a 720°C de 3 horas a 60 horas como primera etapa de recocido; y mantener la chapa de acero laminada en caliente en un intervalo de temperatura de 725°C a 790°C de 3 horas a 50 horas como segunda etapa de recocido,

(iii) enfriar la chapa de acero laminada en caliente después del recocido, con una velocidad de enfriamiento de 1°C/hora a 30°C/hora, hasta 650°C; y a continuación enfriar la chapa de acero laminada en caliente hasta la temperatura ambiente.

40 (5) El procedimiento para producir la chapa de acero según (4), donde la temperatura del bloque de acero utilizado para el laminado en caliente es de 1000 a 1250°C.

Efectos Ventajosos de la Invención

Según la presente invención, es posible proporcionar una chapa de acero excelente en conformabilidad en frío y ductilidad después del tratamiento térmico y un procedimiento para su producción. La chapa de acero de la presente invención tiene una alta ductilidad después del tratamiento térmico y es excelente en la conformabilidad de la chapa antes del tratamiento térmico y puede usarse adecuadamente para piezas de fatiga que están sujetas a esfuerzos repetidos, por ejemplo, piezas estructurales de los chasis de automóviles. Descripción de las Realizaciones

Primero, se explican las razones para la limitación de la composición química de la chapa de acero de la presente invención. Más abajo, % significa % en masa.

[C: 0,10 a 0,40%]

C es un elemento que forma carburos y es efectivo para fortalecer el acero y refinar los granos de ferrita. Para suprimir la formación de una superficie texturizada de la chapa de acero en el momento de la conformación en frío y asegurar la hermosa apariencia del producto conformado en frío, es necesario suprimir el engrosamiento de los granos de ferrita. Si menos del 0,10%, la fracción en volumen de carburos es insuficiente y el engrosamiento de los granos de ferrita no se puede suprimir durante el recocido, por lo que C se hace 0,10% o más. Preferiblemente es 0,14% o más. Por otro lado, si C es superior al 0,40%, la fracción de volumen de carburos aumenta y la conformabilidad en frío y la ductilidad después del tratamiento térmico disminuyen, por lo que C se hace 0,40% o menos. Preferiblemente es 0,38% o menos.

[Si: 0,30 a 1,00%]

Si es un elemento que afecta la forma de los carburos y contribuye a mejorar la ductilidad después del tratamiento térmico. Para reducir la cantidad de carburos dentro de los granos de ferrita y aumentar la cantidad de carburos en los límites de los granos de ferrita, se debe usar el recocido en dos etapas (abajo, a veces llamado "recocido en dos etapas") para formar fases de austenita durante el recocido, disolver los carburos una vez, enfriar gradualmente el acero, a continuación promover la precipitación de carburos en los límites de los granos de ferrita.

Si Si es inferior al 0,30%, el efecto debido a la adición no se obtiene suficientemente, por lo que Si se hace 0,30% o más. Preferiblemente es 0,35% o más. Por otro lado, si supera el 1,00%, debido al fortalecimiento de la solución por la ferrita, la dureza aumenta y la conformabilidad en frío disminuye, se producen fácilmente fracturas y, también, el punto A3 aumenta y la temperatura de endurecimiento debe aumentarse, por lo que Si se hace 1,00% o menos. Preferiblemente es 0,90% o menos.

[Mn: 0,30 a 1,00%]

Mn es un elemento que controla la forma de carburos en el recocido en dos etapas. Si es inferior al 0,30%, en el enfriamiento gradual después del recocido en dos etapas, se hace difícil formar carburos en los límites de los granos de ferrita, por lo que Mn se hace 0,30% o más. Preferiblemente es 0,33% o más. Por otro lado, si supera el 1,00%, la dureza de la ferrita aumenta y la conformabilidad en frío disminuye, por lo que Mn se hace 1,00% o menos. Preferiblemente es 0,96% o menos.

[Al: 0,001 a 0,10%]

Al es un elemento que actúa como agente desoxidante y estabilizador de ferrita. Con menos de un 0,001%, el efecto debido a la adición no se obtiene suficientemente, por lo que Al se hace 0,001% o más. Preferiblemente es 0,004% o más. Por otro lado, si supera el 0,10%, el número de carburos en los límites de los granos de ferrita es reducido y la conformabilidad en frío disminuye, por lo que Al se hace 0,10% o menos. Preferiblemente es 0,09% o menos.

[P: 0,01% o menos]

P es un elemento que se segrega en los límites de los granos de ferrita y actúa para suprimir la formación de carburos en los límites de los granos de ferrita. Por esta razón, el contenido de P es preferiblemente lo más pequeño posible. También puede ser 0%, pero si se reduce a menos de 0,0001%, los costos de refinación aumentan considerablemente, por lo que se puede hacer 0,0001% o más. El contenido de P también se puede hacer 0,0013% o más. Por otro lado, si P es superior al 0,02%, se suprime la formación de carburos en los límites de los granos de ferrita, se reduce el número de carburos y disminuye la conformabilidad en frío. Según las reivindicaciones, P es hecho 0,01% o menos.

[S: 0,009% o menos]

S es un elemento que forma MnS y otras inclusiones no metálicas. Las inclusiones no metálicas se convierten en puntos de partida de la fractura en el momento de la conformación en frío, por lo que S es preferiblemente lo más pequeño posible. También puede ser 0%, pero si se reduce a menos de 0,0001%, los costos de refinación aumentan considerablemente, por lo que se puede hacer 0,0001% o más. El contenido de S también se puede hacer 0,0012% o más. Por otro lado, si es más del 0,01%, se forman inclusiones no metálicas y disminuye la conformabilidad en frío. Según las reivindicaciones, S es hecho 0,009% o menos.

La chapa de acero de la presente invención también puede contener los siguientes elementos además de los elementos anteriores.

[N: 0,007% o menos]

5 N es un elemento que causa la fragilidad de la ferrita si está presente en una gran cantidad. Por esta razón, el contenido de N es preferiblemente lo más pequeño posible. El contenido de N también puede ser 0, pero si se reduce a menos de 0,0001%, los costos de refinación aumentan considerablemente, por lo que se puede hacer 0,0001% o más. El contenido de N también se puede hacer 0,0006% o más. Por otro lado, si es más del 0,01%, la ferrita se torna quebradiza disminuye la conformabilidad en frío. Según las reivindicaciones, N es hecho 0,007% o menos.

[O: 0,02% o menos]

10 O es un elemento que forma óxidos gruesos si está presente en una gran cantidad. Por esta razón, el contenido de O es preferiblemente lo más pequeño posible. También puede ser 0%, pero si se reduce a menos de 0,0001%, los costos de refinación aumentan considerablemente, por lo que se puede hacer 0,0001% o más. El contenido de O también se puede hacer 0,0011% o más. Por otro lado, si es de más del 0,02%, se forman óxidos gruesos en el acero y se convierten en puntos de partida de fracturas en el momento de la conformación en frío, por lo que el O es hecho 0,02% o menos. Preferiblemente es 0,01% o menos.

15 En la chapa de acero de la presente invención, además de los elementos anteriores, además se pueden incluir uno o más de los siguientes elementos. Además, los siguientes elementos no son esenciales para obtener los efectos de la presente invención, por lo que el contenido también puede hacerse 0%.

[Ti: 0,10% o menos]

20 Ti es un elemento que forma nitruros y contribuye al refinamiento de los granos del cristal. Con menos de un 0,001%, el efecto de adición no se obtiene suficientemente, por lo que Ti se hace preferiblemente 0,001% o más. Más preferiblemente es 0,005% o más. Por otro lado, si supera el 0,10%, se forman nitruros de Ti gruesos y la conformabilidad en frío disminuye, por lo que el Ti se hace 0,10% o menos. Preferiblemente es 0,07% o menos.

[Cr: 0,50% o menos]

25 Cr es un elemento que contribuye a mejorar la templabilidad mientras se concentra en los carburos y estabiliza los carburos para formar carburos estables incluso dentro de las fases de austenita. Con menos de un 0,001 %, el efecto de mejora de la templabilidad no se obtiene, por lo que Cr se hace preferiblemente 0,001% o más. Más preferiblemente es 0,007% o más. Por otro lado, si es de más del 0,50%, se forman carburos estables dentro de las fases de austenita, la disolución de los carburos en el momento del endurecimiento se vuelve lenta y no se obtiene la resistencia al endurecimiento requerida, por lo que el Cr se hace 0,50% o menos. Preferiblemente es 0,48% o menos.

[Mo: 0,50% o menos]

35 Mo, como Mn, es un elemento efectivo para el control de la forma de carburos. Además, es un elemento que refina la estructura y contribuye a mejorar la ductilidad. Con menos de un 0,001%, el efecto debido a la adición no se obtiene, por lo que Mo preferiblemente se hace 0,001% o más. Más preferiblemente es 0,017% o más. Por otro lado, si supera el 0,50%, la anisotropía en el plano del valor "r" cae y la conformabilidad en frío cae, por lo que Mo se hace 0,50% o menos. Preferiblemente es 0,45% o menos.

[B: 0,008% o menos]

40 B es un elemento que contribuye a mejorar la templabilidad. Con menos de un 0,0004%, el efecto debido a la adición no se obtiene, por lo que B preferiblemente se hace 0,0004% o más. Más preferiblemente es 0,0010% o más. Por otro lado, si es más del 0,01%, se forman compuestos de B gruesos y disminuye la conformabilidad en frío. Según las reivindicaciones, B es hecho 0,008% o menos.

[Nb: 0,10% o menos]

45 Nb es un elemento efectivo para el control de la forma de carburos. Además, es un elemento que refina la estructura y contribuye a mejorar la ductilidad. Con menos de un 0,001 %, el efecto debido a la adición no se obtiene, por lo que Nb preferiblemente se hace 0,001% o más. Más preferiblemente es 0,002% o más. Por otro lado, si es más del 0,10%, se forma una gran cantidad de carburos de Nb finos y la resistencia aumenta demasiado. Además, el número de carburos en los límites de los granos de ferrita disminuye y la conformabilidad en frío disminuye, por lo que Nb se hace 0,10% o menos. Preferiblemente es 0,09% o menos.

[V: 0,10% o menos]

50 V, como Nb, es un elemento efectivo para el control de la forma de carburos. Además, es un elemento que refina la estructura y contribuye a mejorar la ductilidad. Con menos de un 0,001%, el efecto debido a la adición no se obtiene, por lo que V preferiblemente se hace 0,001% o más. Más preferiblemente es 0,004% o más. Por otro lado, si es más

del 0,10%, se forma una gran cantidad de carburos de V finos y la resistencia aumenta demasiado. Además, el número de carburos en los límites de los granos de ferrita disminuye y la conformabilidad en frío disminuye, por lo que V se hace 0,10% o menos. Preferiblemente es 0,09% o menos.

[Cu: 0,10% o menos]

5 Cu es un elemento que se segrega en los límites de los granos de ferrita. Además, es un elemento que forma precipitados finos y contribuye a mejorar la resistencia. Con menos de un 0,001%, el efecto de mejorar la resistencia no se obtiene, por lo que Cu se hace preferiblemente 0,001% o más. Más preferiblemente es 0,004% o más. Por otro lado, si es más del 0,10%, la segregación en los límites de los granos de ferrita lleva al acortamiento en caliente y la productividad en de laminación en caliente disminuye, por lo que se hace 0,10% o menos. Preferiblemente es 0,09% o menos.

[W: 0,10% o menos]

15 W, como Nb y V, es un elemento efectivo para el control de la forma de carburos. Con menos de un 0,001%, el efecto debido a la adición no se obtiene, por lo que W preferiblemente se hace 0,001% o más. Más preferiblemente es 0,003% o más. Por otro lado, si es más del 0,10%, se forma una gran cantidad de carburos de W finos y la resistencia aumenta demasiado. Además, el número de carburos en los límites de los granos de ferrita disminuye y la conformabilidad en frío disminuye, por lo que W se hace 0,10% o menos. Preferiblemente es 0,08% o menos.

[Ta: 0,10% o menos]

20 Ta, también como Nb, V y W, es un elemento efectivo para el control de la forma de carburos. Con menos de un 0,001%, el efecto debido a la adición no se obtiene, por lo que Ta preferiblemente se hace 0,001% o más. Más preferiblemente es 0,007% o más. Por otro lado, si es más del 0,10%, se forma una gran cantidad de carburos de Ta finos y la resistencia aumenta demasiado. Además, el número de carburos en los límites de los granos de ferrita disminuye y la conformabilidad en frío disminuye, por lo que Ta se hace 0,10% o menos. Preferiblemente es 0,09% o menos.

[Ni: 0,10% o menos]

25 Ni es un elemento eficaz para mejorar la ductilidad. Con menos de un 0,001 %, el efecto debido a la adición no se obtiene, por lo que Ni preferiblemente se hace 0,001% o más. Más preferiblemente es 0,002% o más. Por otro lado, si supera el 0,10%, el número de carburos en los límites de los granos de ferrita es reducido y la conformabilidad en frío disminuye, por lo que Ni se hace 0,10% o menos. Preferiblemente es 0,09% o menos.

[Sn: 0,05% o menos]

30 Sn es un elemento que inevitablemente entra de los materiales de partida del acero. Por esta razón, el contenido de Sn es preferiblemente lo más pequeño posible. También puede ser 0%, pero si se reduce a menos de 0,001%, los costos de refinación aumentan considerablemente, por lo que se puede hacer 0,001% o más. El contenido de Sn también se puede hacer 0,002% o más. Por otro lado, si supera el 0,05%, la ferrita se torna quebradiza y la conformabilidad en frío disminuye, por lo que Sn se hace 0,05% o menos. Preferiblemente es 0,04% o menos.

[Sb: 0,05% o menos]

40 Sb, como Sn, es un elemento que inevitablemente entra de los materiales de partida del acero, se segrega en los límites de los granos de ferrita y reduce el número de carburos en los límites de los granos de ferrita. Por esta razón, el contenido de Sb es preferiblemente lo más pequeño posible. También puede ser 0%. Sin embargo, si se reduce a menos del 0,001%, los costos de refinación aumentan considerablemente, por lo que Sb puede hacerse 0,001% o más. El contenido de Sb también se puede hacer 0,002% o más. Por otro lado, si es más del 0,05%, Sb se segrega en los límites de los granos de ferrita, el número de carburos en los límites de los granos de ferrita se reduce, y la conformabilidad en frío cae, por lo que Sb se hace 0,05% o menos. Preferiblemente es 0,04% o menos.

[As: 0,05% o menos]

45 Como elemento, como Sn y Sb, es un elemento que inevitablemente entra de los materiales de partida del acero y se segrega en los límites de los granos de ferrita. Por esta razón, el contenido de As es preferiblemente lo más pequeño posible. También puede ser 0%. Sin embargo, si se reduce a menos del 0,001%, los costos de refinación aumentan considerablemente, por lo que As puede hacerse 0,001% o más. Preferiblemente se puede hacer 0,002% o más. Por otro lado, si es más del 0,05%, los elementos de As se segregan en los límites de los granos de ferrita, el número de carburos en los límites de los granos de ferrita se reduce y la conformabilidad en frío cae, por lo que As se hace 0,05% o menos. Preferiblemente es 0,04% o menos.

[Mg: 0,05% o menos]

Mg es un elemento capaz de controlar la forma de sulfuros mediante la adición en una pequeña cantidad. Con menos de un 0,0001%, el efecto debido a la adición no se obtiene, por lo que Mg preferiblemente se hace 0,0001% o más.

Más preferiblemente es 0,0008% o más. Por otro lado, si supera el 0,05%, la ferrita se torna quebradiza y la conformabilidad en frío disminuye, por lo que Mg se hace 0,05% o menos. Preferiblemente es 0,04% o menos.

[Ca: 0,05% o menos]

5 Ca, como Mg, es un elemento capaz de controlar la forma de sulfuros mediante la adición en una pequeña cantidad. Con menos de un 0,001%, el efecto debido a la adición no se obtiene, por lo que Ca preferiblemente se hace 0,001% o más. Más preferiblemente es 0,003% o más. Por otro lado, si es más del 0,05%, se forman óxidos de Ca gruesos y se convierten en puntos de partida de fractura en el momento de la conformación en frío, por lo que Ca se hace 0,05% o menos. Preferiblemente es 0,04% o menos.

[Y: 0,05% o menos]

10 Y, como Mg y Ca, es un elemento capaz de controlar la forma de sulfuros mediante la adición en una pequeña cantidad. Con menos de un 0,001%, el efecto debido a la adición no se obtiene, por lo que Y preferiblemente se hace 0,001% o más. Más preferiblemente es 0,003% o más. Por otro lado, si es más del 0,05%, se forman óxidos de Y gruesos y se convierten en puntos de partida de fractura en el momento de la conformación en frío, por lo que Y se hace 0,05% o menos. Preferiblemente es 0,03% o menos.

15 **[Zr: 0,05% o menos]**

Zr, como Mg, Ca e Y, es un elemento capaz de controlar la forma de sulfuros mediante la adición en una pequeña cantidad. Con menos de un 0,001%, el efecto debido a la adición no se obtiene, por lo que Zr preferiblemente se hace 0,001% o más. Más preferiblemente es 0,004% o más. Por otro lado, si es más del 0,05%, se forman óxidos de Zr gruesos y se convierten en puntos de partida de fractura en el momento de la conformación en frío, por lo que Zr se hace 0,05% o menos. Preferiblemente es 0,04% o menos.

[La: 0,05% o menos]

25 La es un elemento capaz de controlar la forma de sulfuros mediante la adición en una pequeña cantidad, pero también es un elemento que se segrega en los límites de los granos de ferrita y reduce el número de carburos en los límites de los granos de ferrita. Con menos del 0,001%, no se obtiene el efecto de control de la forma de sulfuros, por lo que La se hace preferiblemente 0,001% o más. Más preferiblemente es 0,003% o más. Por otro lado, si es más del 0,05%, La se segrega en los límites de los granos de ferrita, el número de carburos en los límites de los granos de ferrita se reduce, y la conformabilidad en frío cae, por lo que La se hace 0,05% o menos. Preferiblemente es 0,04% o menos.

[Ce: 0,05% o menos]

30 Ce, como La, es un elemento capaz de controlar la forma de sulfuros mediante la adición en una pequeña cantidad, pero también es un elemento que se segrega en los límites de los granos de ferrita y reduce el número de carburos en los límites de los granos de ferrita. Con menos del 0,001%, no se obtiene el efecto de control de la forma de sulfuros, por lo que Ce se hace preferiblemente 0,001% o más. Más preferiblemente es 0,003% o más. Por otro lado, si es más del 0,05%, Ce se segrega en los límites de los granos de ferrita, el número de carburos en los límites de los granos de ferrita se reduce, y la conformabilidad en frío cae, por lo que Ce se hace 0,05% o menos. Preferiblemente es 0,04% o menos.

Obsérvese que, en la chapa de acero de la presente invención, el equilibrio de la composición química comprende Fe e impurezas inevitables.

40 En la chapa de acero de la presente invención, además de la composición química anterior, (a) la relación (B/A) del número de carburos en los límites de los granos de ferrita (B) al número de carburos dentro de los granos de ferrita (A) es superior a 1, (b) el tamaño de los granos de ferrita es de 5 μm a 50 μm , (c) el tamaño del grano promedio de los carburos es de 0,4 μm a 2,0 μm , (d) la relación del área de perlita es de 6% o menos, y (e) la dureza Vickers es de 120HV a 170HV como requisitos de caracterización.

45 La chapa de acero de la presente invención tiene una excelente conformabilidad en frío y ductilidad después del tratamiento térmico al proporcionarse no solo la composición química anterior sino también los requisitos de caracterización anteriores (a) a (e). Este es un hallazgo novedoso descubierto por los inventores. Esto se explicará a continuación.

[Requisito de Caracterización (a)]

50 La estructura de la chapa de acero de la presente invención es una estructura que consiste sustancialmente en ferrita y carburos. Además, se hace una estructura donde la relación (B)/(A) de la cantidad de carburos en los límites de los granos de ferrita (B) a la cantidad de carburos dentro de los granos de ferrita (A) es superior a 1.

Obsérvese que los carburos incluyen no solo la cementita (Fe_3C) del compuesto de hierro y carbono, sino también compuestos donde los átomos de Fe en cementita son reemplazados por Mn, Cr y otros elementos de aleación y carburos de aleación (M_{23}C_6 , M_6C , MC, etc. [donde M: Fe, y otros elementos metálicos añadidos como aleaciones]).

5 Cuando se da forma a la chapa de acero en una forma predeterminada, se forma una zona de cizallamiento en la macroestructura de la chapa de acero y se produce una deformación por deslizamiento concentrada cerca de la zona de cizallamiento. La deformación por deslizamiento se acompaña de una proliferación de dislocaciones. Cerca de la zona de cizallamiento, se forma una región de alta densidad de dislocación. Junto con el aumento de la cantidad de tensión impartida a la chapa de acero, se promueve la deformación por deslizamiento y aumenta la densidad de dislocación. Para mejorar la conformabilidad en frío, es eficaz suprimir la formación de una zona de cizallamiento.

10 Desde el punto de vista de la microestructura, la formación de una zona de cizallamiento se entiende como el fenómeno de deslizamiento que ocurre en un cierto grano de cristal único que cruza los límites del grano de cristal y se propaga continuamente a los granos de cristal adyacentes. En consecuencia, para suprimir la formación de una zona de cizallamiento, es necesario evitar la propagación del deslizamiento que cruza los límites de los granos del cristal. Carburos en chapa de acero son granos fuertes que inhiben el deslizamiento. Al formar carburos en los límites de los granos de ferrita, se puede evitar la propagación del deslizamiento que cruza los límites de los granos del cristal y se puede suprimir la formación de una zona de cizallamiento para que se pueda mejorar la conformabilidad en frío.

15 Según la teoría y principio, se considera que la conformabilidad en frío es fuertemente afectada por la tasa de cobertura de los límites de los granos de ferrita por carburos. Se busca una medición de alta precisión. Sin embargo, la medición de la tasa de cobertura de los límites de los granos de ferrita por carburos en el espacio tridimensional requiere una observación SEM de seccionamiento en serie que conduce repetidamente al corte de una muestra usando un FIB y a la observación de la muestra cortada en un microscopio electrónico de barrido u observación 3D EBSP. Se requiere un tiempo de medición masivo y se deben desarrollar conocimientos técnicos.

20 Los inventores no adoptaron la técnica de observación anterior por considerar que no es una técnica de análisis general y buscaron un indicador más simple y de mayor precisión para la evaluación. Como resultado, descubrieron que si se usa la relación (B/A) del número de carburos en los límites de los granos de ferrita (B) al número de carburos dentro de los granos de ferrita (A) como indicador, sería posible evaluar cuantitativamente la conformabilidad en frío y que si esa relación (B/A) es superior a 1, la conformabilidad en frío aumenta notablemente.

25 El pandeo, plegado y torsión de la chapa de acero que se produce en el momento de la forja en frío se produce debido a la localización de la deformación que acompaña a la formación de una zona de cizallamiento, por lo que, al formar carburos en los límites de los granos de ferrita, la formación de una zona de cizallamiento y la localización de la deformación se alivian y se suprime la aparición de pandeo, plegado y torsión.

[Requisito de Caracterización (b)]

30 Al hacer que el tamaño de grano de ferrita en la estructura de la chapa de acero recocido sea de 5 μm o más, es posible mejorar la conformabilidad en frío. Si el tamaño de grano de ferrita es inferior a 5 μm , la dureza aumenta y las fracturas o grietas se forman fácilmente en el momento de la conformación en frío, por lo que el tamaño de los granos de ferrita se hace de 5 μm o más. Preferiblemente es 7 μm o más. Por otro lado, si el tamaño de los granos de ferrita es superior a 50 μm , el número de carburos en los límites de los granos del cristal que suprime la propagación del deslizamiento se reduce y la conformabilidad en frío disminuye, por lo que el tamaño de los granos de ferrita se hace 50 μm o menos. Preferiblemente es 38 μm o menos.

[Requisito de Caracterización (c)]

40 Si el tamaño medio de los granos de los carburos contenidos en la estructura de la chapa de acero de la presente invención es inferior a 0,4 μm , la chapa de acero aumenta notablemente su dureza y la conformabilidad en frío disminuye, por lo que el tamaño medio de los granos de los carburos se hace de 0,4 μm o más. Preferiblemente es 0,6 μm o más. Por otro lado, si el tamaño promedio de los granos de los carburos contenidos en la estructura de la chapa de acero de la presente invención es superior a 2,0 μm , en el momento de la conformación en frío, los carburos forman los puntos de partida de las grietas, por lo que el tamaño promedio de los granos de los carburos se hace 2,0 μm o menos. Preferiblemente es 1,95 μm o menos.

[Requisito de Caracterización (d)]

45 Si la relación del área de perlita es superior al 6%, la chapa de acero aumenta notablemente en dureza y la conformabilidad en frío disminuye, por lo que la relación del área de perlita se hace 6% o menos. Preferiblemente es 5% o menos.

[Requisito de Caracterización (e)]

50 Al hacer que la dureza Vickers de la chapa de acero sea de 120HV a 170HV, se puede mejorar la conformabilidad en frío. Si la dureza Vickers es inferior a 120HV, en el momento de la conformación en frío, se produce pandeo fácilmente, por lo que la dureza Vickers se hace 120HV o más. Preferiblemente es 130HV o más. Por otro lado, si la dureza Vickers es superior a 170HV, la ductilidad cae y fracturas internas se producen fácilmente en el momento de la conformación en frío, por lo que la dureza Vickers se hace 170HV o menos. Preferiblemente es 160HV o menos.

55 A continuación, se explicarán los procedimientos de observación y medición de la estructura.

- Los carburos se observan con un microscopio electrónico de barrido. Antes de la observación, la muestra para observación de la estructura se pule mediante pulido químico usando papel esmeril y un abrasivo de diamante que tiene un tamaño promedio de partícula de 1 μm , la superficie observada se pule hasta un acabado en espejo, luego se usa una solución de ácido nítrico-alcohol al 3% para grabar la estructura. Para el aumento de la observación, se selecciona un aumento de 3000X que permite juzgar la estructura de ferrita y carburos. Imágenes de una pluralidad de campos de 30 $\mu\text{m} \times 40 \mu\text{m}$ con un espesor de chapa de 1/4 de capa son capturadas al azar mediante el aumento seleccionado. Por ejemplo, se capturan imágenes de ocho o más regiones que no se superponen entre sí.
- Las imágenes estructurales obtenidas se utilizan para medir el área de los carburos. Del área de los carburos, se encuentra el diámetro equivalente del círculo ($=2 \times \sqrt{(\text{área}/3,14)}$). El valor promedio se considera el tamaño del grano de carburo. Para medir las áreas de los carburos, se puede utilizar un software de análisis de imágenes (por ejemplo, Win ROOF producido por Mitani Shoji) para medir en detalle las áreas de los carburos contenidos en la región de análisis. Téngase en cuenta que para suprimir la ampliación del error de medición debido al ruido, la evaluación excluye de la cobertura los carburos con un área de 0,01 μm^2 o menos.
- Usando las imágenes estructurales mencionadas anteriormente, se cuenta el número de carburos presentes en los límites de los granos de ferrita y el número de carburos en los límites de los granos de ferrita se resta del número total de carburos para calcular el número de carburos dentro de los granos de ferrita. En base a los números contados y calculados de carburos, se calcula la relación (B/A) del número de carburos en los límites de los granos de ferrita (B) al número de carburos dentro de los granos de ferrita (A). Además, los carburos con un área de 0,01 μm^2 o menos no se cuentan.
- Después de pulir la superficie de la muestra que se va a observar hasta un acabado en espejo utilizando el procedimiento mencionado anteriormente y luego grabar la superficie de la muestra utilizando una solución de ácido nítrico-alcohol al 3%, el tamaño de los granos de ferrita se puede medir observando el estructura grabada utilizando un microscopio óptico o un microscopio electrónico de barrido y aplicando el procedimiento de línea a la imagen capturada.
- A continuación, se explica el procedimiento para la producción de la presente invención.
- El procedimiento para la producción de la presente invención se caracteriza por administrar cooperativamente las condiciones en el procedimiento de laminado en caliente, las condiciones en el procedimiento de bobinado y las condiciones en el procedimiento de recocido en dos etapas de una manera integrada para controlar la estructura de la chapa de acero.
- Un bloque de acero obtenido vaciando continuamente acero fundido de la composición química requerida es laminado en caliente directamente o es laminado en caliente después de enfriarse una vez y calentarse a continuación. El laminado de acabado del laminado en caliente se completa en un intervalo de temperatura de 800°C a 900°C. Al laminar en caliente el bloque de acero de la manera mencionada anteriormente, es posible obtener una estructura de chapa de acero que consiste en perlita fina y bainita.
- La chapa de acero laminada en caliente terminada y acabada se enrolla en un intervalo de temperatura de 400°C a 550°C. La chapa de acero laminada en caliente enrollada es extraída y decapada, a continuación es recocida mediante recocido en dos etapas. Después del recocido, se enfría a una velocidad de enfriamiento controlada de 1°C/hora a 30°C/hora hasta 650°C, a continuación se enfría a temperatura ambiente.
- El proceso de recocido de dos etapas es un proceso de recocido que mantiene la chapa de acero laminada en caliente en un proceso de recocido de primera etapa en un intervalo de temperatura de 650°C a 720°C durante 3 horas a 60 horas y la mantiene en un proceso de recocido de segunda etapa en un intervalo de temperatura de 725°C a 790°C durante 3 horas a 50 horas.
- A continuación, se explicará en detalle el procedimiento de laminado en caliente (en particular, el procedimiento de laminado de acabado) y el procedimiento de enrollado.
- [Procedimiento de Laminado en Caliente]**
- Cuando se enfría una vez, a continuación se calienta el bloque de acero para usarlo para el laminado en caliente, la temperatura de calentamiento es preferiblemente de 1000°C a 1250°C, mientras que el tiempo de calentamiento es preferiblemente de 0,5 horas a 3 horas. Cuando se usa directamente un bloque de acero para laminado en caliente, la temperatura del bloque de acero es preferiblemente de 1000°C a 1250°C.
- Si la temperatura del bloque de acero o la temperatura de calentamiento del bloque de acero es superior a 1250°C o el tiempo de calentamiento del bloque de acero es superior a 3 horas, existe una notable descarburación de la capa superficial del bloque de acero. En el momento del calentamiento antes del endurecimiento, los granos de austenita en la capa superficial de la chapa de acero crecen de manera anormal y la conformabilidad en frío disminuye. Por esta razón, la temperatura del bloque de acero o la temperatura de calentamiento del bloque de acero es preferiblemente de 1250°C o menos, mientras que el tiempo de calentamiento del bloque de acero es preferiblemente de 3 horas o menos. Más preferiblemente es 1200°C o menos o 2,5 horas o menos.

5 Si la temperatura del bloque de acero o la temperatura de calentamiento del bloque de acero es inferior a 1000°C o el tiempo de calentamiento del bloque de acero es inferior a 0,5 horas, la microsegregación y la macro segregación causadas en el momento de la fundición no se resuelven. Dentro del bloque de acero quedan regiones donde se concentran localmente Si y Mn y otros elementos de aleación y la conformabilidad en frío disminuye. Por esta razón, la temperatura del bloque de acero o la temperatura de calentamiento del bloque de acero es preferiblemente de 1000°C o más, mientras que el tiempo de calentamiento del bloque de acero es preferiblemente de 0,5 horas o más. Más preferiblemente es 1050°C o más o 1 hora o más.

[Procedimiento de Laminado de Acabado en el Laminado en Caliente]

10 El laminado de acabado en el laminado en caliente se termina en un intervalo de temperatura de 800°C a 900°C. Si la temperatura de acabado es inferior a 800°C, la chapa de acero aumenta en resistencia a la deformación y la carga de rodadura aumenta notablemente. Además, aumenta la cantidad de desgaste del rodillo y disminuye la productividad. Por esta razón, en la presente invención, la temperatura de acabado se hace de 800°C o más. Preferiblemente es 830°C o más.

15 Si la temperatura de acabado es superior a 900°C, se forma una costra voluminosa al pasar a través de la mesa de desviación (ROT). Debido a esta costra, se forman fallas en la superficie de la chapa de acero. En el momento de la conformación en frío, se forman grietas a partir de las fallas. Por esta razón, la temperatura de acabado se hace de 900°C o menos. Preferiblemente es 870°C o menos.

[Condiciones de Temperatura Después de Terminar el Procedimiento de Laminado a Bobinado de Chapa de Acero Laminado en Caliente]

20 Al enfriar la chapa de acero laminada en caliente laminada acabada en la ROT, la velocidad de enfriamiento es preferiblemente de 10°C/seg a 100°C/seg. Si la velocidad de enfriamiento es inferior a 10°C/seg, durante el enfriamiento, se forma una costra voluminosa. La formación de fallas debido a esta costra voluminosa no se puede suprimir, por lo que la velocidad de enfriamiento es preferiblemente de 10°C/seg o más. Más preferiblemente es 15°C/seg o más.

25 Si se enfría desde la capa superficial de la chapa de acero hacia el interior a una velocidad de enfriamiento superior a 100°C/seg, la parte de la capa superficial se enfría excesivamente y se forman bainita, martensita y otras estructuras de transformación a baja temperatura. Al soltar la bobina de chapa de acero laminada en caliente después de enrollar y enfriar a 100°C a temperatura ambiente, se forman microgrietas en la estructura transformada a baja temperatura. Estas microgrietas son difíciles de eliminar mediante decapado. Además, en el momento de la conformación en frío, se forman grietas a partir de las microgrietas. Para suprimir la formación de bainita, martensita y otras estructuras de transformación a baja temperatura en la parte de la capa más superficial, la velocidad de enfriamiento es preferiblemente de 100°C/seg o menos. Más preferiblemente es 90°C/seg o menos.

35 Nótese que la velocidad de enfriamiento indica la capacidad de enfriamiento recibida de las instalaciones de enfriamiento en una sección de rociado con agua en el momento en que se enfría en la ROT hasta la temperatura diana de bobinado desde el momento en que la chapa de acero laminada en caliente sometida a laminación de acabado es enfriada por agua en una sección de rociado con agua después de pasar a través de una sección de rociado sin agua. No muestra la velocidad de enfriamiento promedio desde el punto de partida del rociado con agua hasta la temperatura a la que la chapa de acero es bobinada en el bobinador.

[Procedimiento de Bobinado]

40 La temperatura de bobinado se hace de 400°C a 550°C. Si la temperatura de bobinado es inferior a 400°C, la austenita, que aún no se había transformado antes del bobinado, se transforma en martensita dura. En el momento de sacar la bobina de chapa de acero laminada en caliente, se forman grietas en la capa superficial de la chapa de acero laminada en caliente y la conformabilidad en frío disminuye. Para suprimir dicha transformación, la temperatura de bobinado se hace 400°C o más. Preferiblemente es 430°C o más.

45 Si la temperatura de bobinado es superior a 550°C, se produce perlita con una gran separación lamelar y se forman carburos en forma de agujas voluminosos de alta estabilidad térmica. Los carburos en forma de aguja permanecen incluso después del recocido en dos etapas. En el momento de la conformación en frío de chapa de acero, se forman grietas a partir de estos carburos en forma de aguja, por lo que la temperatura de bobinado se hace 550°C o menos. Preferiblemente es 520°C o menos.

50 A continuación se explica con más detalle el procedimiento de recocido en dos etapas del procedimiento para la producción de la presente invención.

55 La bobina de chapa de acero laminada en caliente se extrae y se decapa, a continuación se mantiene en dos intervalos de temperatura como recocido de tipo en dos etapas (recocido en dos etapas). Al recocer la chapa de acero laminada en caliente mediante recocido en dos etapas, es posible controlar la estabilidad de los carburos para promover la formación de carburos en los límites de los granos de ferrita y elevar la tasa de esferoidización de los carburos en los límites de los granos de ferrita. Además, después de soltar la bobina de chapa de acero laminada en caliente, la chapa

de acero laminada en caliente no se lamina en frío hasta después del procedimiento de recocido de dos etapas y los procedimientos de enfriamiento después de que se completa el procedimiento de recocido de dos etapas. Debido al laminado en frío, los granos de ferrita se refinan, la chapa de acero se vuelve más difícil de ablandar, y la dureza Vickers de la chapa de acero no se convierte en 120HV a 170HV.

5 [Procedimiento de Recocido de Primera Etapa]

El recocido de la primera etapa se realiza a un intervalo de temperatura de punto A_{C1} o menos. Debido a este recocido, los carburos se hacen gruesos, los elementos de aleación se concentran y los carburos aumentan en estabilidad térmica. Después de esto, la temperatura se eleva al intervalo de temperatura desde el punto A_{C1} hasta el punto A_3 y se hace que se forme austenita en la estructura. Después de eso, el acero se enfría gradualmente para transformar la austenita en ferrita y elevar la concentración de carbono en la austenita.

Debido al enfriamiento gradual, los átomos de carbono se adsorben en los carburos que quedan en la austenita, los carburos y la austenita cubren los límites de los granos de ferrita y, finalmente, la estructura de la chapa de acero puede convertirse en una estructura en la que una gran cantidad de carburos esféricos están presentes en los límites de los granos de ferrita.

Al mantener el acero en el intervalo de temperatura desde el punto A_{C1} hasta el punto A_3 , si hay pocos carburos residuales, durante el enfriamiento, se forman carburos de perlita y en forma de barra y carburos en forma de placa. Si se forman perlita y carburos en forma de barra y carburos en forma de placa, la conformabilidad en frío de la chapa de acero disminuye notablemente. Por lo tanto, al mantener el acero en el intervalo de temperatura desde el punto A_{C1} hasta el punto A_3 , es importante aumentar el número de carburos residuales para mejorar la conformabilidad en frío.

En la estructura de la chapa de acero conformada en el procedimiento de recocido de la primera etapa mencionado anteriormente, en el intervalo de temperatura inferior al punto A_{C1} , se promueve la estabilización térmica de los carburos, por lo que, al mantener el acero en el intervalo de temperatura mencionado anteriormente del punto A_{C1} al punto A_3 , es posible aumentar el número de carburos residuales.

La temperatura de recocido en el recocido de la primera etapa (temperatura de recocido de la primera etapa) se hace de 650°C a 720°C. Si la temperatura de recocido de la primera etapa es inferior a 650°C, los carburos no están suficientemente estabilizados y, en el momento del recocido de la segunda etapa, resulta difícil hacer que los carburos permanezcan en la austenita. Por lo tanto, la temperatura de recocido de la primera etapa se hace 650°C o más. Preferiblemente es 670°C o más. Por otro lado, si la temperatura de recocido de la primera etapa es superior a 720°C, se forma austenita antes de que los carburos aumenten en estabilidad y el control de la transformación de la estructura explicada anteriormente se vuelve difícil, por lo que la temperatura de recocido de la primera etapa se hace 720°C o menos. Preferiblemente es 700°C o menos.

El tiempo de recocido en el recocido de la primera etapa (tiempo de recocido de la primera etapa) es hecho de 3 a 60 horas. Si el tiempo de recocido de la primera etapa es inferior a 3 horas, los carburos están insuficientemente estabilizados y, en el momento del recocido de la segunda etapa, resulta difícil hacer que los carburos permanezcan en la austenita. Por esta razón, el tiempo de recocido de la primera etapa se hace de 3 horas o más. Preferiblemente es 5 horas o más. Por otro lado, si el tiempo de recocido de la primera etapa es superior a 60 horas, no se puede esperar una mayor estabilización de los carburos y, además, la productividad cae, por lo que el tiempo de recocido de la primera etapa se hace de 60 horas o menos. Preferiblemente es 55 horas o menos.

[Procedimiento de Recocido de Segunda Etapa]

La temperatura de recocido del recocido de la segunda etapa (temperatura de recocido de la segunda etapa) se hace de 725°C a 790°C. Si la temperatura de recocido de la segunda etapa es inferior a 725°C, la cantidad de producción de austenita es pequeña y la cantidad de carburos en los límites de los granos de ferrita (B) disminuye. Por esta razón, la temperatura de recocido de la segunda etapa se hace de 725°C o más. Por otro lado, si la temperatura de recocido de la segunda etapa es superior a 790°C, se hace difícil hacer que los carburos permanezcan en la austenita y la transformación estructural mencionada anteriormente se vuelve difícil de controlar, por lo que la temperatura de recocido de la segunda etapa se hace de 790°C o menos. Preferiblemente es 770°C o menos.

El tiempo de recocido en el recocido de la segunda etapa (tiempo de recocido de la segunda etapa) es hecho de 3 a 50 horas. Si el tiempo de recocido de la segunda etapa es inferior a 3 horas, la cantidad de producción de austenita es pequeña, los carburos no se disuelven lo suficiente en los granos de ferrita y el número de carburos en los límites de los granos de ferrita se vuelve difícil de aumentar. Por esta razón, el tiempo de recocido de la segunda etapa se hace de 3 horas o más. Preferiblemente es 6 horas o más. Por otro lado, si el tiempo de recocido de la segunda etapa es superior a 50 horas, se hace difícil hacer que los carburos permanezcan en la austenita, por lo que el tiempo de recocido de la segunda etapa se hace de 50 horas o menos. Preferiblemente es 45 horas o menos.

Después del recocido en dos etapas, la chapa de acero se enfría a 650°C a una velocidad de enfriamiento controlada de 1°C/hora a 30°C/hora. La austenita producida por el recocido de la segunda etapa se enfría gradualmente para que se transforme en ferrita y se hace que el carbono se adsorba en los carburos que quedan en la austenita. Cuanto más lenta sea la velocidad de enfriamiento, más preferible, pero si es inferior a 1°C/hora, el tiempo requerido para el

enfriamiento aumenta y la productividad disminuye, por lo que la velocidad de enfriamiento se hace de 1°C/hora o más. Preferiblemente es 5°C/hora o más.

5 Por otro lado, si la velocidad de enfriamiento es superior a 30°C/hora, la austenita se transforma en perlita, la chapa de acero aumenta en dureza y la conformabilidad en frío disminuye, por lo que la velocidad de enfriamiento se hace 30°C/hora o menos. Preferiblemente es 26°C/hora o menos.

La chapa de acero recocido se enfría a la velocidad de enfriamiento anterior hasta 650°C, a continuación se enfría a temperatura ambiente. En el enfriamiento a temperatura ambiente, la velocidad de enfriamiento no está particularmente limitada.

10 Además, el recocido de la primera etapa y el recocido de la segunda etapa pueden ser recocido en caja o recocido continuo. El recocido en caja puede realizarse utilizando un horno de recocido de tipo caja. Además, la atmósfera en el recocido en dos etapas no se limita particularmente a una atmósfera específica. Por ejemplo, la atmósfera puede ser una atmósfera de 95% o más de nitrógeno, una atmósfera de 95% o más de hidrógeno, o la atmósfera de aire.

15 Como se explicó anteriormente, según el procedimiento de producción de la presente invención, es posible obtener chapas de acero excelentes en conformabilidad en frío y ductilidad después del tratamiento térmico que tiene sustancialmente una estructura de grano de 5 µm a 50 µm de ferrita y carburos esféricos, que tiene una relación (B/A) de la cantidad de carburos en los límites de los granos de ferrita (B) a la cantidad de carburos dentro de los granos de ferrita (A) de más de 1, y que, además, tiene una dureza Vickers de 120HV a 170HV.

Ejemplos

20 A continuación, se explican ejemplos de las realizaciones, pero las condiciones en los ejemplos son ilustraciones empleadas para confirmar la trabajabilidad y los efectos de la presente invención. La presente invención no se limita a estas ilustraciones de condiciones. La presente invención puede emplear diversas condiciones siempre que no se aparten de la esencia de la presente invención y logren el objeto de la presente invención.

[Ejemplo 1]

25 Para investigar los efectos de la composición química, fundir continuamente bloques (bloques de acero) de las composiciones químicas que se muestran en la Tabla 1-1 y en la Tabla 1-2 (composiciones químicas de chapas de acero de la presente invención) y en la Tabla 2-1 y en la Tabla 2 -2 (composiciones químicas de chapas de acero comparativas) se procesaron en las siguientes condiciones desde el proceso de laminado en caliente hasta el proceso de recocido en dos etapas para preparar muestras para la evaluación de las características que se muestran en la Tabla 3 (Invención Aceros A-1 a Z-1 y Comparativo Aceros AA-1 a AZ-1). Además, los bloques de acero A a Z en la Tabla 1-1 y en la Tabla 1-2 tienen todas las composiciones químicas de la chapa de acero de la presente invención. Por otro lado, las composiciones químicas de los bloques de acero AA a AZ de la Tabla 2-1 y de la Tabla 2-2 estaban todas fuera del alcance de la composición química de la chapa de acero de la presente invención.

Tabla 1-1

Bloque de Acero	C	Si	Mn	P	S	Al	N	O
A	0,16	0,43	0,86	0,0013	0,0004	0,057	0,0036	
B	0,32	0,7	0,34	0,0069	0,0025	0,03	0,0020	
C	0,19	0,44	0,6	0,0023	0,0026	0,069	0,0036	
D	0,24	0,56	0,35	0,0051	0,007	0,059	0,0019	
E	0,27	0,56	0,36	0,0030	0,0005	0,024	0,0049	
F	0,19	0,73	0,79	0,0032	0,0045	0,043	0,0008	
G	0,35	0,79	0,59	0,0017	0,0037	0,088	0,0041	
H	0,21	0,58	0,45	0,0014	0,0067	0,093	0,0005	
I	0,18	0,75	0,48	0,0019	0,0044	0,085	0,0041	
J	0,17	0,69	0,82	0,0039	0,0021	0,044	0,0017	
K	0,17	0,39	0,89	0,0070	0,0012	0,088	0,0006	
L	0,33	0,53	0,75	0,0086	0,0012	0,095	0,0039	
M	0,21	0,52	0,81	0,0023	0,002	0,011	0,0036	
N	0,32	0,71	0,72	0,0029	0,0058	0,043	0,0013	0,0096
O	0,32	0,61	0,31	0,0091	0,0055	0,023	0,0045	

ES 2 769 275 T3

Bloque de Acero	C	Si	Mn	P	S	Al	N	O
P	0,27	0,64	0,79	0,0021	0,0018	0,044	0,0009	0,0038
Q	0,19	0,6	0,37	0,0021	0,006	0,054	0,0002	
R	0,2	0,72	0,48	0,0001	0,0055	0,077	0,0033	
S	0,18	0,71	0,66	0,0077	0,0048	0,025	0,0028	
T	0,22	0,37	0,94	0,0058	0,0019	0,073	0,0029	
U	0,2	0,7	0,44	0,0050	0,0055	0,076	0,0003	0,0097
V	0,34	0,42	0,88	0,0049	0,002	0,023	0,0011	
W	0,21	0,75	0,92	0,0010	0,0044	0,025	0,0017	
X	0,17	0,7	0,41	0,0065	0,0068	0,056	0,0019	
Y	0,3	0,56	0,78	0,0092	0,0027	0,047	0,0027	0,003
Z	0,23	0,64	0,37	0,0061	0,0061	0,048	0,0010	

Las unidades de contenido de los componentes de la Tabla 1-1 son % en masa.

Tabla 1-2

Bloque de Acero	Ti	Cr	Mo	B	Nb	V	Cu	W	Ta	Ni	Sn	Sb	As	Mg	Ca	Y	Zr	La	Ce	
A																				
B																				
C																				
D																				
E																				
F																				
G																				
H																				
I																				
J			0,104			0,011			0,015				0,028						0,006	
K	0,03				0,009						0,016				0,05		0,045			
L						0,04		0,035												
M		0,007		0,0029														0,021		
N			0,211			0,042			0,075			0,041				0,039				
O	0,052			0,0016				0,017					0,015							
P									0,081					0,0355						
Q					0,031		0,048									0,02				
R				0,0019										0,0226						
S		0,145				0,036							0,021					0,023		
T			0,111									0,035		0,0024			0,028			
U								0,067								0,042				0,019
V	0,032			0,0022			0,038													
W		0,183			0,002				0,042								0,016			
X	0,079										0,008		0,025						0,021	
Y									0,044			0,002								
Z		0,249						0,004									0,031			

Las unidades de contenido de los componentes de la Tabla 1-2 son % en masa.

ES 2 769 275 T3

Tabla 2-1

Bloque de Acero	C	Si	Mn	P	S	Al	N	O
AA	0,18	<u>1,5</u>	0,51	0,0080	0,0013	0,059	0,0027	
AB	<u>0,8</u>	0,59	0,79	0,0024	0,0015	0,023	0,0002	
AC	0,32	0,61	0,74	0,0097	0,0061	<u>0,8</u>	0,0009	
AD	0,36	0,5	<u>2,2</u>	0,0045	0,0004	0,032	0,0002	
AE	0,32	<u>0,15</u>	0,37	0,0007	0,0066	0,064	0,0031	
AF	0,16	0,61	0,81	<u>0,0220</u>	0,0029	0,082	0,0033	
AG	0,23	0,6	0,72	0,0014	<u>0,012</u>	0,09	0,0022	
AH	<u>0,06</u>	0,78	0,64	0,0017	0,0008	0,038	0,0044	
AI	0,23	0,65	0,83	0,0029	0,0047	0,045	<u>0,012</u>	
AJ	0,16	0,35	0,3	0,0019	0,0044	0,02	0,0005	
AK	0,35	0,69	0,72	0,0029	0,0065	0,098	0,0038	
AL	0,29	0,76	0,81	0,0020	0,0014	0,031	0,0029	0,0002
AM	0,3	0,51	0,84	0,0001	0,0024	0,014	0,0015	
AN	0,18	0,65	0,57	0,0081	0,0029	0,032	0,0028	
AO	0,33	0,57	0,31	0,0086	0,0044	0,017	0,0035	0,0062
AP	0,17	0,79	0,88	0,0033	0,0041	0,029	0,0017	
AQ	0,31	0,42	0,53	0,0089	0,0055	0,081	0,0033	
AR	0,29	0,45	0,82	0,0002	0,0048	0,068	0,0008	
AS	0,29	0,67	0,77	0,0028	0,0066	0,054	0,0039	0,0045
AT	0,27	0,49	0,69	0,0002	0,0066	0,093	0,0016	<u>0,02</u>
AU	0,31	0,62	0,32	0,0047	0,0012	0,064	0,0011	
AV	0,28	0,46	0,49	0,0064	0,0042	0,09	0,0029	
AW	0,22	0,58	0,75	0,0095	0,0016	0,012	0,0050	
AX	0,18	0,64	0,77	0,0033	0,006	0,058	0,0007	
AY	0,32	0,65	0,69	0,0034	0,0057	0,066	0,0035	
AZ	0,26	0,65	0,32	0,0044	0,0069	0,023	0,0003	

Las unidades de contenido de los componentes de la Tabla 2-1 son % en masa.

Tabla 2-2

Bloque de Acero	Ti	Cr	Mo	B	Nb	V	Cu	W	Ta	Ni	Sn	Sb	As	Mg	Ca	Y	Zr	La	Ce
AA																			
AB																			
AC																			
AD																			
AE																			
AF																			
AG																			
AH																			
AI																			
AJ	<u>1,22</u>					<u>0,041</u>		<u>0,01</u>					<u>0,08</u>						
AK				<u>0,0013</u>									<u>0,018</u>				<u>0,076</u>		
AL		<u>0,341</u>	<u>1,12</u>		<u>0,027</u>					<u>0,067</u>			<u>0,014</u>				<u>0,026</u>		
AM								<u>0,045</u>				<u>0,06</u>							
AN	<u>0,11</u>	<u>0,015</u>			<u>0,11</u>		<u>0,008</u>					<u>0,028</u>							
AO					<u>0,022</u>								<u>0,004</u>	<u>0,064</u>			<u>0,014</u>		
AP									<u>0,11</u>										
AQ				<u>0,0016</u>							<u>0,02</u>					<u>0,072</u>			
AR					<u>0,043</u>					<u>0,6</u>			<u>0,048</u>						
AS				<u>0,012</u>						<u>0,086</u>			<u>0,034</u>				<u>0,013</u>		
AT											<u>0,026</u>		<u>0,055</u>						
AU					<u>0,035</u>			<u>0,2</u>	<u>0,087</u>										
AV	<u>0,031</u>		<u>0,197</u>								<u>0,056</u>								
AW		<u>0,134</u>		<u>0,0034</u>					<u>0,088</u>								<u>0,056</u>	<u>0,01</u>	
AX							<u>0,4</u>												
AY			<u>0,27</u>	<u>0,021</u>				<u>0,076</u>					<u>0,0004</u>						<u>0,063</u>
AZ		<u>0,123</u>				<u>0,11</u>	<u>0,008</u>												<u>0,014</u>

Las unidades de contenido de los componentes de la Tabla 2-2 son % en masa.

ES 2 769 275 T3

Es decir, los bloques de acero de las composiciones químicas mostradas en las Tablas 1 y 2 se calentaron a 1240°C durante 1,8 horas, a continuación se laminaron en caliente. El laminado de acabado se completó a una temperatura de acabado de 820°C. Después de eso, las chapas de acero se enfriaron en la ROT a una velocidad de enfriamiento de 45°C/s y se bobinaron a la temperatura de bobinado de 510°C para producir bobinas de chapas de acero laminadas en caliente. A continuación, las bobinas de chapa de acero laminadas en caliente se sacaron y se decaparon, luego las bobinas de chapa de acero laminadas en caliente se cargaron en un horno de recocido tipo caja para el recocido de la primera etapa. La atmósfera de recocido se controló para incluir 95% de hidrógeno y 5% de nitrógeno, mientras que las bobinas se calentaron desde temperatura ambiente hasta 705°C y se mantuvieron allí durante 36 horas para que la distribución de temperatura dentro de las bobinas de chapa de acero laminadas en caliente fuera uniforme. Después de eso, para el recocido de la segunda etapa, las bobinas se calentaron a 760°C, se mantuvieron allí durante 10 horas, luego se enfriaron a 650°C a una velocidad de enfriamiento de 10°C/hora, a continuación se enfriaron en hornos hasta la temperatura ambiente para preparar muestras para la evaluación de características.

Las muestras se examinaron para determinar la estructura y se midió el tamaño de los granos de ferrita y el número de carburos mediante los procedimientos mencionados anteriormente. A continuación, las muestras se cargaron en un horno de recocido en atmósfera, se mantuvieron a 950°C durante 20 minutos y, después de mantenerlas, se enfriaron en aceite a 50°C. Después de eso, fueron templadas para que la dureza pasase a ser de 400HV. Fue medida la ductilidad después del tratamiento térmico examinando las superficies de las muestras después del recocido, preparando piezas de prueba JIS No. 5 de espesor de chapa de 2 mm y realizando pruebas de tracción a temperatura ambiente. Las pruebas de tracción se realizaron con una longitud de calibre de 50 mm y velocidades de prueba de 3 mm/min. Un resultado del 10% o más fue considerado bueno.

La Tabla 3 muestra el tamaño del grano de ferrita (μm), la dureza Vickers (HV), la relación del número de carburos en los límites de los granos de ferrita con el número de carburos dentro de los granos de ferrita (número de carburos en el límite de los granos/número de carburos en los granos), y ductilidad después del tratamiento térmico (%).

Tabla 3

Muestra	Bloque de Acero	Tamaño del grano de ferrita [μm]	Tamaño promedio del grano de carburo [μm]	Relación del área de perlita [%]	Dureza Vickers [HV]	No. de carburos en los límites de los granos/No. de carburos dentro de los granos	Ductilidad después del tratamiento térmico [%]	Observaciones
A-1	A	13,0	1,2	2,6	126	3,5	12,2	Acero Inv.
B-1	B	24,3	1,0	0,5	144	4,3	10,3	Acero Inv.
C-1	C	16,6	1,1	0,5	126	4,5	11,7	Acero Inv.
D-1	D	23,9	1,0	0,3	131	3,7	11,2	Acero Inv.
E-1	E	23,4	1,0	0,3	132	4,9	11,4	Acero Inv.
F-1	F	13,8	1,1	2,7	146	4,8	12,4	Acero Inv.
G-1	G	16,8	1,0	0,5	158	3,0	10,5	Acero Inv.
H-1	H	20,2	1,0	1,0	134	5,3	11,6	Acero Inv.
I-1	I	19,3	1,0	2,8	143	5,5	12,7	Acero Inv.
J-1	J	13,5	1,2	1,8	143	4,8	12,8	Acero Inv.
K-1	K	12,7	1,2	2,8	126	4,9	12,4	Acero Inv.
L-1	L	14,3	1,1	0,7	143	4,2	11,0	Acero Inv.
M-1	M	13,6	1,2	1,2	133	4,7	11,5	Acero Inv.
N-1	N	14,7	1,1	0,8	152	3,8	10,8	Acero Inv.
O-1	O	25,9	1,0	1,0	138	6,3	10,5	Acero Inv.
P-1	P	13,8	1,1	1,9	145	6,2	11,7	Acero Inv.
Q-1	Q	23,0	1,0	0,6	130	5,5	12,3	Acero Inv.
R-1	R	19,3	1,0	0,1	142	3,5	12,3	Acero Inv.
S-1	S	15,5	1,1	1,0	142	5,0	12,4	Acero Inv.
T-1	T	12,3	1,2	1,0	127	3,1	11,5	Acero Inv.
U-1	U	20,5	1,0	1,7	140	3,4	12,0	Acero Inv.
V-1	V	12,8	1,2	1,4	135	5,0	10,4	Acero Inv.

W-1	W	12,4	1,1	1,8	150	4,3	12,0	Acero Inv.
X-1	X	21,5	1,0	1,6	136	3,2	12,4	Acero Inv.
Y-1	Y	13,9	1,1	2,8	142	3,6	10,8	Acero Inv.
Z-1	Z	22,7	1,0	1,5	136	5,1	11,8	Acero Inv.
AA-1	AA	18,5	0,9	4,0	<u>189</u>	4,7	<u>11,9</u>	Acero Comp.
AB-1	AB	13,8	1,1	<u>9,2</u>	<u>178</u>	10,6	<u>5,6</u>	Acero Comp.
AC-1	AC	14,4	0,9	0,6	166	2,8	-	Acero Comp.
AD-1	AD	6,9	1,4	6,0	<u>176</u>	4,7	<u>8,4</u>	Acero Comp.
AE-1	AE	23,0	1,1	4,0	<u>112</u>	4,1	<u>8,5</u>	Acero Comp.
AF-1	AF	13,6	1,2	0,1	138	3,7	<u>8,5</u>	Acero Comp.
AG-1	AG	14,7	1,1	1,9	141	4,4	<u>9,5</u>	Acero Comp.
AH-1	AH	15,9	1,1	1,3	138	3,9	=	Acero Comp.
AI-1	AI	13,4	1,2	1,4	144	5,3	<u>8,2</u>	Acero Comp.
AJ-1	AJ	24,9	0,8	4,0	112	4,4	<u>9,2</u>	Acero Comp.
AK-1	AK	14,7	1,1	2,6	154	4,8	<u>6,5</u>	Acero Comp.
AL-1	AL	13,2	1,1	5,0	156	4,5	<u>7,4</u>	Acero Comp.
AM-1	AM	13,3	1,2	1,9	138	3,9	<u>6,9</u>	Acero Comp.
AN-1	AN	17,2	1,1	1,8	145	5,3	<u>9,0</u>	Acero Comp.
AO-1	AO	25,9	1,0	1,3	136	2,9	<u>6,9</u>	Acero Comp.
AP-1	AP	12,8	1,2	2,0	149	3,8	<u>9,0</u>	Acero Comp.
AQ-1	AQ	18,1	1,1	0,8	132	3,4	<u>7,0</u>	Acero Comp.
AR-1	AR	13,5	1,2	1,6	136	3,9	<u>7,1</u>	Acero Comp.
AS-1	AS	14,1	1,1	1,5	149	2,4	<u>7,3</u>	Acero Comp.
AT-1	AT	15,1	1,1	1,0	136	3,0	<u>8,0</u>	Acero Comp.
AU-1	AU	25,3	1,0	1,6	139	2,8	<u>7,4</u>	Acero Comp.
AV-1	AV	19,0	1,1	0,2	131	3,4	<u>7,4</u>	Acero Comp.
AW-1	AW	14,2	1,1	2,3	137	2,7	<u>8,3</u>	Acero Comp.
AX-1	AX	14,1	1,1	2,1	140	3,4	<u>9,0</u>	Acero Comp.
AY-1	AY	15,1	1,1	1,0	149	4,4	<u>7,0</u>	Acero Comp.
AZ-1	AZ	25,2	1,0	1,5	136	3,5	<u>7,9</u>	Acero Comp.

5 Como se muestra en la Tabla 3, en las chapas de acero de la presente invención (A-1 a Z-1), en cada caso, la dureza Vickers fue de 170HV o menos y la relación del número de carburos en los límites de los granos de ferrita al número de carburos dentro de los granos de ferrita (número de carburos en el límite de los granos/número de carburos de los granos) fue superior a 1. La dureza es un indicador de conformabilidad en frío, por lo que se entiende que las chapas de acero de la presente invención (A-1 a Z-1) eran excelentes en conformabilidad en frío.

A diferencia de esto, en la chapa de Acero Comparativa AA-1, la cantidad de Si era grande, en la chapa de Acero Comparativa AB-1, la cantidad de C era grande, y en la chapa de Acero Comparativa AD-1, la cantidad de Mn era grande. En cada caso, la dureza Vickers fue superior a 170HV.

10 En la chapa de Acero Comparativa AH-1, la cantidad de C era pequeña y el punto A_3 era alto, por lo que el endurecimiento era imposible. En la chapa de Acero Comparativa AE-1, la cantidad de Si era pequeña y la dureza Vickers era inferior a 120HV. No solo eso, la ductilidad después del tratamiento térmico disminuyó. En cada una de las otras chapas de acero comparativas, la composición química estaba fuera del alcance de la composición química de las chapas de acero de la presente invención, por lo que la ductilidad después del tratamiento térmico disminuyó.

15 [Ejemplo 2]

Para investigar los efectos de las condiciones de laminado de acabado en laminado en caliente y el procedimiento de bobinado y el procedimiento de recocido en dos etapas de chapa de acero, se utilizaron chapas de Acero para Uso en Pruebas A-2 a Z-2 de la siguiente manera. Es decir, primero, Bloques de Acero A a Z de las composiciones químicas mostradas en la Tabla 1-1 y en la Tabla 1-2 se calentaron a 1240°C durante 1,8 horas, a continuación se laminaron

en caliente. El laminado de acabado del laminado en caliente se completó en las condiciones que se muestran en la Tabla 4, luego las chapas de acero se enfriaron en la ROT a una velocidad de enfriamiento de 45°C/seg y se bobinaron a la temperatura de bobinado mostrada en la Tabla 4 para producir bobinas de chapa de acero laminado en caliente de espesor de chapa 3,0 mm.

- 5 Cada una de las bobinas de chapa de acero laminadas en caliente fue decapada, a continuación recocida en las condiciones de recocido que se muestran en la Tabla 4 mediante recocido en caja de tipo escalonado de dos etapas. A partir de la chapa de acero laminada en caliente recocida, se tomó una muestra de un espesor de chapa de 3,0 mm para evaluar las características y se midió el tamaño del grano de ferrita (μm), la dureza Vickers (HV), la relación del número de carburos en los límites de los granos de ferrita al número de carburos dentro de los granos de ferrita (número de carburos en el límite de los granos/número de carburos de los granos) y ductilidad después del tratamiento térmico (%). Los resultados son mostrados en la Tabla 5.

Tabla 4

Muestra	Bloque de Acero	Condiciones de laminado en caliente		Condiciones de recocido					Observaciones
		Temp. de laminado en caliente de acabado [°C]	Temp. de enfriamiento [°C]	1a etapa		2a etapa		Velocidad de enfriamiento hasta 650°C (°C/hr)	
				Temp. de mantenimiento [°C]	Tiempo de mantenimiento [hr]	Temp. de mantenimiento [°C]	Tiempo de mantenimiento [hr]		
A-2	A	820	510	700	25	760	8	10	Acero Inv.
B-2	B	<u>750</u>	510	700	25	760	6	10	Acero Comp.
C-2	C	880	510	710	25	760	8	5	Acero Inv.
D-2	D	880	<u>650</u>	700	25	760	8	10	Acero Comp.
E-2	E	880	510	<u>600</u>	25	760	8	10	Acero Comp.
F-2	F	880	510	700	25	760	8	10	Acero Inv.
G-2	G	880	510	<u>730</u>	25	760	8	10	Acero Comp.
H-2	H	880	510	700	<u>1</u>	760	8	10	Acero Comp.
I-2	I	880	510	700	25	760	8	10	Acero Inv.
J-2	J	880	510	700	25	<u>720</u>	8	10	Acero Comp.
K-2	K	880	510	700	25	760	<u>1</u>	10	Acero Comp.
L-2	L	880	510	700	25	760	8	10	Acero Inv.
M-2	M	880	510	700	25	760	8	<u>100</u>	Acero Comp.
N-2	N	<u>750</u>	510	700	25	760	8	10	Acero Comp.
O-2	O	880	510	700	25	760	8	10	Acero Inv.
P-2	P	880	510	<u>730</u>	25	760	8	10	Acero Comp.
Q-2	Q	880	510	700	<u>1</u>	760	8	10	Acero Comp.
R-2	R	880	510	700	25	760	<u>1</u>	10	Acero Comp.
S-2	S	880	510	700	25	760	8	10	Acero Inv.
T-2	T	880	510	700	25	760	8	<u>100</u>	Acero Comp.
U-2	U	880	<u>650</u>	700	25	760	8	10	Acero Comp.
V-2	V	880	510	700	<u>1</u>	760	8	10	Acero Comp.
W-2	W	880	510	700	25	<u>800</u>	8	10	Acero Comp.
X-2	X	<u>750</u>	510	700	25	760	8	10	Acero Comp.
Y-2	Y	880	510	<u>730</u>	25	760	8	10	Acero Comp.
Z-2	Z	880	510	700	25	760	8	10	Acero Inv.

5 Como se muestra en la Tabla 5, en las chapas de acero de la presente invención, en cada caso, la dureza Vickers fue de 170HV o menos y la relación del número de carburos en los límites de los granos de ferrita al número de carburos dentro de los granos de ferrita fue superior a 1. La dureza es un indicador de conformabilidad en frío, por lo que se entiende que las chapas de acero de la presente invención eran excelentes en conformabilidad en frío. Además, las chapas de acero de la presente invención tenían 10% o más de ductilidad después del tratamiento térmico, por lo que se entiende que eran excelentes en ductilidad después del tratamiento térmico.

10 A diferencia de esto, en las chapas de acero comparativas, las condiciones de fabricación están fuera del alcance de las condiciones de fabricación del procedimiento de producción de la presente invención, por lo que aumenta la dureza Vickers. Además, en algunas de las chapas de acero comparativas también disminuyó el número de carburos en los límites de los granos/número de carburos en los granos.

Tabla 5

Muestra	Bloque de Acero	Tamaño promedio del grano de carburo [μm]	Relación del área de perlita [%]	Dureza Vickers [HV]	No. de carburos en los límites de los granos/No. de carburos dentro de los granos	Ductilidad después del tratamiento térmico [%]	Observaciones
A-2	A	1,04	1,2	146,4	4,23	13,0	Acero Inv.
B-2	B	0,63	<u>10,3</u>	<u>188,0</u>	3,23	11,2	Acero Comp.
C-2	C	1,21	0,9	140,2	3,67	13,1	Acero Inv.
D-2	D	0,63	<u>9,2</u>	<u>177,6</u>	3,22	13,3	Acero Comp.
E-2	E	<u>0,45</u>	<u>8,1</u>	<u>174,8</u>	4,19	12,6	Acero Comp.
F-2	F	1,95	0,4	164,0	7,31	13,5	Acero Inv.
G-2	G	0,60	<u>12,3</u>	<u>196,1</u>	2,20	11,2	Acero Comp.
H-2	H	<u>0,43</u>	<u>7,2</u>	<u>178,0</u>	3,69	13,0	Acero Comp.
I-2	I	0,85	2,3	155,5	4,77	13,3	Acero Inv.
J-2	J	<u>0,35</u>	2,1	<u>204,5</u>	<u>0,88</u>	12,6	Acero Comp.
K-2	K	0,60	5,6	<u>190,2</u>	2,82	13,6	Acero Comp.
L-2	L	0,96	1,9	159,6	4,87	11,2	Acero Inv.
M-2	M	0,56	<u>13,5</u>	<u>182,4</u>	3,09	13,1	Acero Comp.
N-2	N	0,95	<u>6,2</u>	<u>198,0</u>	1,45	11,5	Acero Comp.
O-2	O	0,80	0,5	146,0	4,27	11,2	Acero Inv.
P-2	P	1,11	<u>10,2</u>	<u>187,3</u>	5,10	12,3	Acero Comp.
Q-2	Q	0,82	<u>7,8</u>	<u>173,8</u>	4,52	13,4	Acero Comp.
R-2	R	0,89	<u>7,2</u>	<u>196,8</u>	2,89	12,8	Acero Comp.
S-2	S	0,91	2,0	158,3	2,27	13,8	Acero Inv.
T-2	T	0,59	<u>15,3</u>	<u>178,4</u>	1,74	13,3	Acero Comp.
U-2	U	0,64	<u>8,4</u>	<u>188,6</u>	2,75	13,0	Acero Comp.
V-2	V	1,01	<u>6,5</u>	<u>188,0</u>	3,10	10,8	Acero Comp.
W-2	W	1,30	<u>16,2</u>	<u>178,0</u>	3,11	12,9	Acero Comp.
X-2	X	0,84	<u>6,3</u>	<u>178,6</u>	2,68	13,5	Acero Comp.
Y-2	Y	0,58	<u>8,2</u>	<u>202,6</u>	<u>0,85</u>	12,5	Acero Comp.
Z-2	Z	0,78	1,5	146,6	3,50	12,5	Acero Inv.

Aplicación Industrial

15 Como se explicó anteriormente, según la presente invención, es posible proporcionar una chapa de acero excelente en conformabilidad en frío y ductilidad después del tratamiento térmico y un procedimiento para su producción. Por consiguiente, la presente invención tiene una alta aplicabilidad en la fabricación de chapa de acero y en las industrias que la utilizan.

REIVINDICACIONES

1. Una chapa de acero que comprende, en % en masa,
- C: 0,10 a 0,40%,
- Si: 0,30 a 1,00%,
- 5 Mn: 0,30 a 1,00%,
- Al: 0,001 a 0,10%,
- P: 0,01% o menos, y
- S: 0,009% o menos, y
- opcionalmente uno o más de:
- 10 N: 0,007% o menos, y
- O: 0,02% o menos,
- y opcionalmente uno o más de:
- Ti: 0,10% o menos,
- Cr: 0,50% o menos,
- 15 Mo: 0,50% o menos,
- B: 0,008% o menos,
- Nb: 0,10% o menos,
- V: 0,10% o menos,
- Cu: 0,10% o menos,
- 20 W: 0,10% o menos,
- Ta: 0,10% o menos,
- Ni: 0,10% o menos,
- Sn: 0,05% o menos,
- Sb: 0,05% o menos,
- 25 As: 0,05% o menos,
- Mg: 0,05% o menos,
- Ca: 0,05% o menos,
- Y: 0,05% o menos,
- Zr: 0,05% o menos,
- 30 La: 0,05% o menos, y
- Ce: 0,05% o menos, y
- teniendo un equilibrio de Fe e impurezas,
- donde una relación (B/A) de varios carburos en los límites de los granos de ferrita (B) con respecto a un número de carburos dentro de los granos de ferrita (A) es superior a 1,
- 35 donde el tamaño de un grano de ferrita es de 5 μm a 50 μm ,
- donde el tamaño promedio de un grano de carburos es de 0,4 μm a 2,0 μm ,
- donde la relación del área de perlita es 6% o menos, y

donde la dureza Vickers es de 120HV a 170HV.

2. La chapa de acero según la reivindicación 1, donde dicha chapa de acero comprende, en % en masa, uno o más de:

N: 0,007% o menos, y

5 O: 0,02% o menos.

3. La chapa de acero según la reivindicación 1 o 2, donde dicha chapa de acero comprende, en % en masa, uno o más de:

Ti: 0,10% o menos,

Cr: 0,50% o menos,

10 Mo: 0,50% o menos,

B: 0,008% o menos,

Nb: 0,10% o menos,

V: 0,10% o menos,

Cu: 0,10% o menos,

15 W: 0,10% o menos,

Ta: 0,10% o menos,

Ni: 0,10% o menos,

Sn: 0,05% o menos,

Sb: 0,05% o menos,

20 As: 0,05% o menos,

Mg: 0,05% o menos,

Ca: 0,05% o menos,

Y: 0,05% o menos,

Zr: 0,05% o menos,

25 La: 0,05% o menos, y

Ce: 0,05% o menos.

4. Un procedimiento para producir la chapa de acero según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, el procedimiento para producir la chapa de acero comprende:

30 (i) laminar en caliente un bloque de acero de una composición química según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3 directamente o después de enfriarse temporalmente y a continuación calentarse; terminar el laminado en caliente en un intervalo de temperatura de 800°C a 900°C; y enrollar la chapa de acero laminada en caliente a una temperatura de 400°C a 550°C,

35 (ii) soltar la chapa de acero laminada en caliente; decapar la chapa de acero laminada en caliente; a continuación mantener la chapa de acero laminada en caliente en un intervalo de temperatura de 650°C a 720°C de 3 horas a 60 horas como primera etapa de recocido; y mantener la chapa de acero laminada en caliente en un intervalo de temperatura de 725°C a 790°C de 3 horas a 50 horas como segunda etapa de recocido,

(iii) enfriar la chapa de acero laminada en caliente después del recocido, con una velocidad de enfriamiento de 1°C/hora a 30°C/hora, hasta 650°C; y a continuación enfriar la chapa de acero laminada en caliente hasta la temperatura ambiente.

40 5. El procedimiento para producir la chapa de acero según la reivindicación 4, donde la temperatura del bloque de acero utilizado para el laminado en caliente es de 1000 a 1250°C.