

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 763 574**

51 Int. Cl.:

C22C 38/00	(2006.01)	C22C 38/16	(2006.01)
C21D 9/46	(2006.01)	C22C 38/18	(2006.01)
C22C 38/58	(2006.01)		
C21D 6/00	(2006.01)		
C21D 8/02	(2006.01)		
C22C 38/02	(2006.01)		
C22C 38/04	(2006.01)		
C22C 38/06	(2006.01)		
C22C 38/08	(2006.01)		
C22C 38/14	(2006.01)		

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **20.02.2015 PCT/JP2015/054860**
- 87 Fecha y número de publicación internacional: **25.08.2016 WO16132545**
- 96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **20.02.2015 E 15882647 (9)**
- 97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **27.11.2019 EP 3260566**

54 Título: **Chapa de acero laminada en caliente**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
29.05.2020

73 Titular/es:
NIPPON STEEL CORPORATION (100.0%)
6-1, Marunouchi 2-chome, Chiyoda-ku
Tokyo, JP

72 Inventor/es:
SUGIURA NATSUKO;
YOSHIDA MITSURU;
SHUTO HIROSHI;
YOKOI TATSUO y
WAKITA MASAYUKI

74 Agente/Representante:
ELZABURU, S.L.P

ES 2 763 574 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 laminada en caliente

[Campo técnico de la invención]

5 La presente invención se refiere a una chapa de acero laminada en caliente con excelente trabajabilidad y, particularmente, se refiere a una chapa de acero laminada en caliente que tiene una estructura compuesta y excelente capacidad de estiramiento de la brida.

[Técnica relacionada]

10 En los últimos años, en respuesta a la demanda de reducción en el peso de varios miembros con el fin de mejorar la economía de combustible de los vehículos, se logró una reducción en el espesor al aumentar la resistencia de una chapa de acero tal como una aleación de hierro utilizada para los miembros, y se ha procedido a la aplicación de metales ligeros tales como una aleación de Al a los diversos miembros. Sin embargo, en comparación con los metales pesados tal como el acero, los metales ligeros tales como la aleación de Al tienen la ventaja de una alta resistencia específica, pero son extremadamente caros. Por esta razón, la aplicación del metal ligero, tal como una aleación de Al, se limita a aplicaciones especiales. Por consiguiente, para aplicar la reducción en el peso de los diversos miembros a un intervalo más barato y más amplio, se requiere reducir el espesor aumentando la resistencia de la chapa de acero.

20 Cuando la chapa de acero se fortalece, las propiedades del material, como la conformabilidad (trabajabilidad), generalmente se deterioran. Por lo tanto, en el desarrollo de la chapa de acero de alta resistencia, es un problema importante lograr la alta resistencia de la chapa de acero sin deteriorar las propiedades del material. Particularmente, conformabilidad de estiramiento de la brida, la trabajabilidad de las rebabas, la ductilidad, la durabilidad a la fatiga, la resistencia al impacto, la resistencia a la corrosión y similares son necesarios para la chapa de acero utilizada como miembros del vehículo, tal como un miembro de placa interior, un miembro estructural y un miembro de suspensión, dependiendo de la aplicación, y es importante tener en cuenta las propiedades y la resistencia del material.

25 Por ejemplo, entre los miembros del vehículo, las chapas de acero utilizadas para el miembro estructural, el miembro de suspensión y similares, que representan aproximadamente el 20% del peso de la carrocería del vehículo, se forman a presión principalmente en base al procesamiento de la brida elástica y al procesamiento de rebabas después de la realización del troquelado y la perforación mediante cizallamiento o punzonado. Por esta razón, se requiere una excelente capacidad de estiramiento de la brida para tales chapas de acero.

30 Con respecto al problema descrito anteriormente, por ejemplo, el documento de patente 1 describe una chapa de acero laminada en caliente en la que se especifica la fracción y el tamaño de la martensita, la densidad en número y se especifica el espacio promedio entre martensita, y es excelente en alargamiento y expansibilidad del orificio. El documento de patente 2 describe una chapa de acero laminada en caliente en la que los diámetros promedio de partículas de ferrita y una segunda fase y una concentración de carbono de la segunda fase son limitados, y es excelente en la trabajabilidad de rebabas. El documento de patente 3 describe una chapa de acero laminada en caliente que se obtiene al enrollar la chapa de acero a baja temperatura después de mantenerse a una temperatura en un intervalo de 750 °C a 600 °C durante 2 a 15 segundos, y es excelente en trabajabilidad, textura superficial y planitud de la placa.

40 Sin embargo, en el documento de patente 1, dado que una velocidad de enfriamiento primario debe establecerse para que sea igual o superior a 50 °C/s después de completar el laminado en caliente, la carga aplicada en un aparato aumenta. Además, en el caso de establecer que la velocidad de enfriamiento primario sea igual o superior a 50 °C/s, existe el problema de que la desigualdad en las propiedades del material es causada por la desigualdad en la velocidad de enfriamiento.

45 Además, como se describió anteriormente, en los últimos años, se ha requerido la demanda de chapas de acero de alta resistencia para los miembros del automóvil. En un caso donde la chapa de acero de alta resistencia se forma a presión mediante trabajo en frío, es probable que se produzcan grietas en el borde de una porción que se somete a la conformación de la brida elástica que se forma durante el proceso de conformación. La razón de esto es que el trabajo de endurecimiento ocurre solo en una porción de borde debido a la deformación que se introduce en una superficie extrema perforada en el momento del troquelado. En la técnica relacionada, como método de evaluación de un ensayo de capacidad de estiramiento de la brida, se ha utilizado un ensayo de expansión de orificio. Sin embargo, en el ensayo de expansión de orificio, la ruptura ocurre sin que las deformaciones en la dirección circunferencial apenas se distribuyan; sin embargo, en el proceso real de los componentes, la distribución de deformación está presente y, por lo tanto, un gradiente de la deformación y la tensión en la vecindad de la porción rota afecta un límite de ruptura. En consecuencia, con respecto a la chapa de acero de alta resistencia, incluso si la capacidad de estiramiento de la brida es suficiente en el ensayo de expansión del orificio, en el caso de realizar un prensado en frío, la rotura puede ocurrir debido a la distribución de la deformación.

55 Las técnicas descritas en los documentos de patente 1 a 3 describen que en todas las invenciones, la expansibilidad del orificio se mejora especificando solo las estructuras observadas usando un microscopio óptico. Sin embargo, no

está claro si se puede asegurar o no suficiente capacidad de estiramiento de la brida incluso teniendo en cuenta la distribución de la deformación.

Además, el documento de patente 4 describe un método para fabricar chapas de acero que tienen una excelente trabajabilidad que incluye el rendimiento del estiramiento de la brida y que tienen varios niveles de resistencia con propiedades mecánicas homogéneas.

[Documento de la técnica anterior]

[Documento de patente]

[Documento de patente 1] Solicitud de patente japonesa sin examinar, primera publicación n.º 2013-19048

[Documento de patente 2] Solicitud de patente japonesa sin examinar, primera publicación n.º 2001-303186

10 [Documento de patente 3] Solicitud de patente japonesa sin examinar, primera publicación n.º 2005-213566

[Documento de patente 4] EP1149925 A1

[Descripción de la invención]

[Problemas a resolver por la invención]

La presente invención se ha realizado teniendo en cuenta las circunstancias descritas anteriormente.

15 Un objeto de la presente invención es proporcionar una chapa de acero laminada en caliente de alta resistencia que sea excelente en la capacidad de estiramiento de la brida y pueda aplicarse a un miembro que requiere alta resistencia y la estricta capacidad de estiramiento de la brida. En la presente invención, la capacidad de estiramiento de la brida significa un valor evaluado por un producto de altura de conformación límite H (mm) y la resistencia a la tracción TS (MPa) de la brida obtenida como resultado del ensayo por el método de ensayo de la brida elástica de tipo silla de montar, que es un índice de la capacidad de estiramiento de la brida en relación con la distribución de deformación. Además, la excelente capacidad de estiramiento de la brida significa que el producto de la altura de conformación límite H (mm) y la resistencia a la tracción TS (MPa) es igual o mayor que 19500 (mm·MPa). Además, la alta resistencia significa que la resistencia a la tracción es igual o mayor que 590 MPa. No hay necesidad de establecer particularmente el límite superior de la resistencia; sin embargo, en el intervalo de la estructura definida en la presente invención, es difícil asegurar una resistencia superior a 1470 MPa.

[Medios para resolver el problema]

30 Según la técnica relacionada, la mejora de la capacidad de estiramiento de la brida (expansibilidad del orificio) se ha realizado mediante control de inclusión, homogeneización de la estructura, unificación de la estructura y/o reducción de la diferencia de dureza entre la estructura, como se describe en los documentos de patente 1 a 3. En otras palabras, en la técnica relacionada, la expansibilidad del orificio, la trabajabilidad o similares se han mejorado controlando la estructura que se puede observar usando un microscopio óptico.

35 A este respecto, los presentes inventores realizaron un estudio intensivo al enfocar una diferencia de orientación intragranular en los granos, teniendo en cuenta que la capacidad de estiramiento de la brida bajo la presencia de la distribución de deformación no puede mejorarse incluso controlando solo la estructura observada usando un microscopio óptico. Como resultado, se descubrió que es posible mejorar en gran medida la capacidad de estiramiento de la brida controlando la relación de los granos en los que la diferencia de orientación intragranular está en un intervalo de 5° a 14° con respecto a los granos enteros dentro de un cierto intervalo.

La presente invención se configura sobre la base de los hallazgos anteriores, y sus aspectos principales son los siguientes.

40 (1) Una chapa de acero laminada en caliente según un aspecto de la presente invención incluye, como composición química, en % en masa, C: 0,04% a 0,18%, Si: 0,10% a 1,70%, Mn: 0,50% a 3,00%, Al : 0,010% a 1,00%, B: 0% a 0,005%, Cr: 0% a 1,0%, Mo: 0% a 1,0%, Cu: 0% a 2,0%, Ni: 0% a 2,0%, Mg: 0 % a 0,05%, REM: 0% a 0,05%, Ca: 0% a 0,05%, Zr: 0% a 0,05%, P: limitado a igual o menor que 0,050%, S: limitado a igual o menor que 0,010%, y N: limitado a igual o menor que 0,0060%, con el resto que incluye Fe e impurezas; y una estructura que incluye, por relación de área, una ferrita y una bainita en un intervalo de 75% a 95% en total, y una martensita en un intervalo de 5% a 20%, en el que en la estructura, en un caso donde un límite que tiene una diferencia de orientación igual o mayor a 15° se define como un límite de grano, y un área que está rodeada por el límite de grano y tiene un diámetro de círculo equivalente igual o mayor que 0,3 μm se define como un grano, la relación de los granos que tienen una diferencia de orientación intragranular en un intervalo de 5° a 14° está, por relación de área, en un intervalo de 10% a 60%.

(2) En la chapa de acero laminada en caliente descrita en el punto (1) anterior, una resistencia a la tracción puede ser igual o mayor que 590 MPa, y un producto de la resistencia a la tracción y una altura de conformación límite en un ensayo de la brida elástica de tipo silla de montar puede ser igual o mayor que 19500 mm·MPa.

5 (3) En la chapa de acero laminada en caliente descrita en los puntos (1) o (2) anteriores, la composición química puede contener, en % en masa, uno o más seleccionados del grupo que consiste en: B: 0,0001% a 0,005%, Cr: 0,01 % a 1,0%, Mo: 0,01% a 1,0%, Cu: 0,01% a 2,0%, y Ni: 0,01% a 2,0%.

(4) En la chapa de acero laminada en caliente descrita en uno cualquiera de los puntos (1) a (3) anteriores, la composición química puede contener, en % en masa, uno o más seleccionados del grupo que consiste en: Mg: 0,0001% a 0,05%, REM: 0,0001% a 0,05%, Ca: 0,0001% a 0,05% y Zr: 0,0001% a 0,05%.

10 [Efectos de la invención]

Según los aspectos descritos anteriormente de la presente invención, es posible proporcionar una chapa de acero laminada en caliente de alta resistencia que tiene alta resistencia, se puede aplicar a un miembro que requiere una capacidad de estiramiento de la brida de estricta y es excelente en la capacidad de estiramiento de la brida.

[Breve descripción de los dibujos]

15 La figura 1 es un resultado de análisis obtenido por EBSD en una porción de 1/4t (una posición de 1/4 de espesor desde la superficie en la dirección del espesor de la chapa) de una chapa de acero laminada en caliente según la presente realización.

La figura 2 es un diagrama que muestra la forma de un producto conformado en forma de silla de montar que se usa en un método de ensayo de la brida elástica de tipo silla de montar.

20 [Realizaciones de la invención]

En lo sucesivo, se describirá en detalle una chapa de acero laminada en caliente (en lo sucesivo, denominada chapa de acero laminada en caliente según la presente realización en algún caso) de la realización de la presente invención.

25 La chapa de acero laminada en caliente según la presente realización incluye, como composición química, en % en masa, C: 0,04% a 0,18%, Si: 0,10% a 1,70%, Mn: 0,50% a 3,00%, Al: 0,010% a 1,00%, y opcionalmente B: 0,005% o menos, Cr: 1,0% o menos, Mo: 1,0% o menos, Cu: 2,0% o menos, Ni: 2,0% o menos, Mg: 0,05% o menos, REM: 0,05% o menos, Ca: 0,05% o menos, Zr: 0,05% o menos, P: limitado a igual o menor a 0,050%, S: limitado a igual o menor que 0,010%, y N: limitado a igual a o menor que 0,0060%, con el resto que incluye Fe e impurezas.

30 Además, en la chapa de acero laminada en caliente según la presente realización, una estructura incluye, por relación de área, ferrita y bainita en un intervalo de 75% a 95% en total, y martensita en un intervalo de 5% a 20%. Además, en la estructura, cuando un límite que tiene una diferencia de orientación igual o superior a 15° se define como un límite de grano, y un área que está rodeada por el límite de grano y tiene un diámetro de círculo equivalente igual o mayor que 0,3 μm se define como un grano, la relación de los granos que tienen una diferencia de orientación intragranular en un intervalo de 5° a 14° está, por relación de área, en un intervalo de 10% a 60%.

35 Primero, se describirá la razón para limitar la composición química de la chapa de acero laminada en caliente según la presente realización. La cantidad (%) de los elementos respectivos se basa en % en masa.

C: 0,04% a 0,18%

40 El C es un elemento que contribuye a mejorar la resistencia del acero. Para obtener el efecto mencionado anteriormente, el límite inferior del contenido de C se establece en 0,04%. Además, cuando el contenido de C es inferior a 0,04%, la relación de los granos que tienen una diferencia de orientación intragranular en un intervalo de 5° a 14° disminuye. Desde este punto, el límite inferior del contenido de C se establece en 0,04%. El límite inferior del contenido de C es preferiblemente 0,045%, y el límite inferior del contenido de C es además preferiblemente 0,05%. Por otro lado, cuando el contenido de C es superior a 0,18%, la capacidad de estiramiento de la brida y soldabilidad se deterioran. Además, la capacidad de endurecimiento se mejora excesivamente, y los granos que tienen una diferencia de orientación intragranular mayor que 14° se incrementan, por lo tanto, la relación de granos que tienen una diferencia de orientación intragranular en un intervalo de 5° a 14° disminuye. Por lo tanto, el límite superior del contenido de C se establece en 0,18%. El límite superior del contenido de C es preferiblemente de 0,17%, y el límite superior del contenido de C es además preferiblemente de 0,16%.

Si: 0,10% a 1,70%

50 El Si es un elemento que contribuye a mejorar la resistencia del acero. Además, el Si es un elemento que tiene un papel como agente desoxidante del acero fundido. Para obtener el efecto mencionado anteriormente, el límite inferior del contenido de Si se establece en 0,10%. El límite inferior del contenido de Si es preferiblemente 0,12%, el límite inferior del contenido de Si es además preferiblemente 0,15%. Por otro lado, cuando el contenido de Si es

mayor que 1,70%, dado que la temperatura de transformación Ar3 se vuelve excesivamente alta, es difícil realizar la laminación en caliente en una región γ , se genera ferrita procesada y la relación de los granos que tienen una orientación intragranular la diferencia en un intervalo de 5° a 14° disminuye, lo que deteriora la capacidad de estiramiento de la brida. Por esta razón, el límite superior del contenido de Si se establece en 1,70%. El límite superior del contenido de Si es preferiblemente 1,60%, y el límite superior del contenido de Si es adicionalmente preferiblemente 1,50%.

Mn: 0,50% a 3,00%

El Mn es un elemento que contribuye a mejorar la resistencia del acero mediante el fortalecimiento de la disolución sólida y/o la mejora de la templabilidad del acero. Para obtener el efecto mencionado anteriormente, el límite inferior del contenido de Mn se establece en 0,50%. El límite inferior del contenido de Mn es preferiblemente 0,65%, y el límite inferior del contenido de Mn es además preferiblemente 0,70%. Por otro lado, cuando el contenido de Mn es mayor que 3,00%, la relación de los granos que tienen una diferencia de orientación intragranular en un intervalo de 5° a 14° disminuye, y por lo tanto la capacidad de estiramiento de la brida se deteriora. Por esta razón, el límite superior del contenido de Mn se establece en 3,00%. El límite superior del contenido de Mn es preferiblemente 2,60%, y además es preferiblemente el límite superior del contenido de Mn es 2,30%.

Al: 0,010% a 1,00%

El Al es un elemento eficaz como agente desoxidante del acero fundido. Para obtener tales efectos, el límite inferior del contenido de Al se establece en 0,010%. El límite inferior del contenido de Al es preferiblemente 0,015%, y el límite inferior del contenido de Al es además preferiblemente 0,020%. Por otro lado, el contenido de Al es mayor que 1,00%, la soldabilidad y la tenacidad se deterioran. Por esta razón, el límite superior del contenido de Al se establece en 1,00%. El límite superior del contenido de Al es preferiblemente 0,90%, y el límite superior del contenido de Al es además preferiblemente 0,80%.

P: igual o menor que 0,050%

El P es una impureza. El P hace que la tenacidad, la trabajabilidad y la soldabilidad se deterioren y, por lo tanto, cuanto menor sea el contenido, mejor. Sin embargo, en un caso donde el contenido de P es mayor que 0,050%, la capacidad de estiramiento de la brida se deteriora notablemente y, por lo tanto, el contenido de P se limita a ser igual o menor que 0,050%. El contenido de P además es preferiblemente igual o menor que 0,040%. Aunque no es necesario especificar particularmente el límite inferior del contenido de P, la reducción excesiva del contenido de P no es deseable desde el punto de vista del coste de fabricación, y por lo tanto el contenido de P puede ser igual o mayor que 0,005%.

S: igual o menor que 0,010%

El S es un elemento para conformar una inclusión de tipo A que no solo causa grietas en el momento de la laminación en caliente, sino que también deteriora la capacidad de estiramiento de la brida. Por esta razón, cuanto menor sea el contenido de S, mejor. Sin embargo, cuando el contenido de S es mayor que 0,010%, la capacidad de estiramiento de la brida se deteriora notablemente y, por lo tanto, el límite superior del contenido de S se limita a 0,010%. El contenido de S es además preferiblemente igual o menor que 0,005%. Aunque no es necesario especificar particularmente el límite inferior del contenido de S, la reducción excesiva del contenido de S no es deseable desde el punto de vista del coste de fabricación, y por lo tanto el contenido de S puede ser igual o mayor que 0,001%.

N: igual o menor que 0,0060%

El N es un elemento que forma AlN durante el enfriamiento después de la laminación en caliente y deteriora la conformabilidad de la chapa de acero. Particularmente, en un caso en el que el contenido de N es mayor que 0,0060%, la capacidad de estiramiento de la brida se deteriora notablemente. Por esta razón, el límite superior del contenido de N está limitado a ser igual o menor que 0,0060%. El límite superior del contenido de N es preferiblemente 0,0040%. Aunque no es necesario especificar particularmente el contenido de N, la reducción excesiva del contenido de N es indeseable desde el punto de vista del coste de fabricación, y por lo tanto el límite inferior del contenido de N puede ser igual o mayor que 0,0010%.

Los elementos químicos descritos anteriormente son elementos base contenidos en la chapa de acero laminada en caliente según la presente realización, y una composición química que contiene tales elementos básicos, con el resto incluyendo Fe e impurezas es una composición base de la chapa acero laminada en caliente según la presente realización. Las impurezas son elementos contaminados en el acero, que son causados por materias primas como mineral y chatarra en el momento de la fabricación industrial de una aleación como As y Sn, o causados por varios factores en el proceso de fabricación, y están en un intervalo permitido que no afecta negativamente a las propiedades de la chapa de acero laminada en caliente según la presente realización.

Sin embargo, con el fin de mejorar aún más la resistencia y la tenacidad, la chapa de acero laminada en caliente contiene, si es necesario, uno o más de B, Cr, Mo, Cu, Ni, Mg, REM, Ca y Zr dentro de un intervalo descrito a

continuación. No es necesario contener estos elementos y, por lo tanto, el límite inferior del contenido es 0%. Entre los elementos mencionados anteriormente, el Nb y el Ti limitan la recristalización y, por lo tanto, la trabajabilidad se deteriora. Por esta razón, el Nb es preferiblemente inferior a 0,005% y el Ti es preferiblemente inferior que 0,015.

B: 0,0001% a 0,0050%

- 5 El B es un elemento que mejora la templabilidad y contribuye al fortalecimiento del acero. Para obtener el efecto mencionado anteriormente, el contenido de B se establece preferiblemente para que sea igual o mayor que 0,0001%. Por otro lado, cuando el contenido de B es mayor que 0,0050%, la trabajabilidad se deteriora. Además, es probable que se genere bainita que tenga una gran dispersión de orientación en el momento del enfriamiento, y la relación de los granos que tienen una diferencia de orientación intragranular en un intervalo de 5° a 14° disminuye.
- 10 Por esta razón, incluso en el caso de contener B, el límite superior del contenido de B es preferiblemente 0,0050%.

Cr: 0,01 a 1,0%

- 15 El Cr es un elemento que contribuye a mejorar la resistencia del acero. Además, Cr es un elemento que tiene el efecto de limitar la cementita. En el caso de obtener tales efectos, el contenido de Cr es preferiblemente igual o mayor que 0,01%. Por otro lado, cuando el contenido de Cr es mayor que 1,0%, la ductilidad se deteriora. Por consiguiente, incluso en el caso de contener Cr, el límite superior del contenido de Cr es preferiblemente 1,0%.

Mo: 0,01% a 1,0%

- 20 El Mo es un elemento que mejora la templabilidad y tiene el efecto de mejorar la resistencia formando un carburo. Para obtener tales efectos, el contenido de Mo es preferiblemente igual o mayor que 0,01%. Por otro lado, cuando el contenido de Mo es mayor que 1,0%, la ductilidad y la soldabilidad se deterioran. Por esta razón, el límite superior del contenido de Mo se establece en 1,0% incluso en el caso de que contenga Mo.

Cu: 0,01% a 2,0%

- 25 El Cu es un elemento que mejora la resistencia de la chapa de acero y mejora la resistencia a la corrosión y las propiedades de exfoliación de la incrustación. Para obtener tales efectos, el contenido de Cu es preferiblemente igual o mayor que 0,01%, y además es preferiblemente igual o mayor que 0,04%. Por otro lado, cuando el contenido de Cu es mayor que 2,0%, preocupa que ocurran defectos en la superficie. Por esta razón, incluso en el caso de contener Cu, el límite superior del contenido de Cu se establece preferiblemente en 2,0%, y se establece además preferiblemente en 1,0%.

Ni: 0,01% a 2,0%

- 30 El Ni es un elemento que aumenta la resistencia y mejora la tenacidad de la chapa de acero. Para obtener tales efectos, el contenido de Ni es preferiblemente igual o mayor que 0,01%. Por otro lado, cuando el contenido de Ni es mayor que 2,0%, la ductilidad se deteriora. Por esta razón, incluso en el caso de contener Ni, el límite superior del contenido de Ni se establece preferiblemente en 2,0%.

Ca: 0,0001% a 0,05%

Mg: 0,0001% a 0,05%

- 35 Zr: 0,0001% a 0,05%

REM: 0,0001% a 0,05%

- 40 Todo el Ca, Mg, Zr y REM son elementos que mejoran la tenacidad al controlar la forma de los sulfuros y óxidos. Por consiguiente, para obtener tales efectos, cada uno de estos elementos es preferiblemente igual o mayor que 0,0001%, y además es preferiblemente igual o mayor que 0,0005%. Sin embargo, cuando la cantidad de estos elementos es excesivamente alta, la capacidad de estiramiento de la brida se deteriora. Por esta razón, incluso en el caso de contener estos elementos, el límite superior de cada contenido se establece preferiblemente en 0,05%.

A continuación, se describirá la estructura (estructura metalográfica) de la chapa de acero laminada en caliente según la presente realización.

- 45 Es necesario que la chapa de acero laminada en caliente según la presente realización contenga, por relación de área, ferrita y bainita en un intervalo de 75% a 95% en total, y martensita en un intervalo de 5% a 20%, en la estructura observada utilizando un microscopio óptico. Con dicha estructura compuesta, es posible mejorar la resistencia y la capacidad de estiramiento de la brida en buen equilibrio. Cuando la cantidad total de ferrita y bainita es menor que 75% por relación de área, la capacidad de estiramiento de la brida se deteriora. Además, cuando la proporción del área total de la ferrita y la bainita es mayor que 95%, la resistencia se deteriora, la ductilidad se deteriora y, por lo tanto, es difícil asegurar las propiedades que generalmente se requieren para los miembros del vehículo. Aunque cada una de las fracciones (la relación de área) de la ferrita y la bainita no está necesariamente limitada, cuando la fracción de la ferrita es mayor que 90%, no se puede obtener suficiente resistencia en algunos
- 50

casos, y por lo tanto la fracción de la ferrita es preferiblemente igual a menor que 90%, y además es preferiblemente menor que 70%. Por otro lado, cuando la fracción de bainita es mayor que 60%, la ductilidad puede deteriorarse y, por lo tanto, la fracción de bainita es preferiblemente menor que 60%, y además es preferiblemente menor que 50%.

5 En la chapa de acero laminada en caliente según la presente realización, las estructuras de los restos distintos de la ferrita, bainita y martensita no están particularmente limitadas y, por ejemplo, puede ser austenita residual, perlita o similares. Sin embargo, cuando las estructuras del resto distintas de la ferrita, la bainita y la martensita son mayores que 5% en total, la capacidad de estiramiento la brida y la ductilidad se deterioran. Por esta razón, la relación de las estructuras de los restos es preferiblemente igual o menor que 5%, más preferiblemente igual o menor que 3%, y aún más preferiblemente 0%, por relación de área.

10 La fracción de estructura (la relación de área) se puede obtener utilizando el siguiente método. Primero, una muestra recolectada de la chapa de acero laminada en caliente se graba químicamente con nital. Después del grabado químico, una fotografía de la estructura obtenida en una posición de 1/4 de espesor en un campo visual de $300\ \mu\text{m} \times 300\ \mu\text{m}$ utilizando un microscopio óptico se somete a análisis de imagen y, por lo tanto, se obtienen la relación de área de ferrita y perlita, y la relación de área total de bainita y martensita. Después, una muestra grabada
15 químicamente con una disolución de LePera, la fotografía de la estructura obtenida en una posición de 1/4 de espesor en el campo visual de $300\ \mu\text{m} \times 300\ \mu\text{m}$ utilizando el microscopio óptico se somete al análisis de imagen y, por lo tanto, se calcula la relación de área total de austenita residual y martensita.

Además, con una muestra obtenida moliendo la superficie a una profundidad de 1/4 de espesor desde la dirección normal a la superficie laminada, la fracción de volumen de la austenita residual se obtiene a través de la medición de difracción de rayos X. La fracción de volumen de la austenita residual es equivalente a la relación de área y, por lo tanto, se establece como la relación de área de la austenita residual.
20

Con tal método, es posible obtener la relación de área de cada ferrita, bainita, martensita, austenita residual y perlita.

En la chapa de acero laminada en caliente según la presente realización, es necesario controlar la estructura observada usando el microscopio óptico para estar dentro del intervalo descrito anteriormente, y controlar la relación de los granos que tienen una diferencia de orientación intragranular en un intervalo de 5° a 14° , obtenida usando un método EBSD (método de análisis de patrón de difracción de dispersión de haz de electrones) usado frecuentemente para el análisis de orientación de cristales. Específicamente, en un caso donde un límite que tiene una diferencia de orientación igual o superior a 15° se define como un límite de grano, y un área que está rodeada por el límite de grano y tiene un diámetro de círculo equivalente igual o mayor que $0,3\ \mu\text{m}$ se define como un grano,
25 la relación de los granos que tienen una diferencia de orientación intragranular en un intervalo de 5° a 14° se establece en un intervalo de 10% a 60% por relación de área, con respecto a los granos enteros.

Los granos que tienen esa diferencia de orientación intragranular son efectivos para obtener la chapa de acero que tiene la resistencia y la trabajabilidad en el equilibrio excelente, y por lo tanto, cuando se controla la relación, es posible mejorar en gran medida la capacidad de estiramiento de la brida mientras se mantiene la resistencia deseada de la chapa de acero. Cuando la relación de los granos que tienen una diferencia de orientación intragranular en un intervalo de 5° a 14° es menor que 10% en relación de área, la capacidad de estiramiento de la brida se deteriora. Además, cuando la relación de los granos que tienen una diferencia de orientación intragranular en un intervalo de 5° a 14° es mayor que 60% en relación de área, la ductilidad se deteriora.
30

Aquí, se considera que una diferencia de orientación intragranular está relacionada con una densidad de dislocación contenida en los granos. Típicamente, el aumento en la densidad de dislocación intragranular hace que la trabajabilidad se deteriore mientras se produce la mejora de la resistencia. Sin embargo, en el grano en el que se controla la diferencia de orientación intragranular en un intervalo de 5° a 14° , es posible mejorar la resistencia sin deteriorar la trabajabilidad. Por esta razón, en la chapa de acero laminada en caliente según la presente realización, la relación de los granos que tienen una diferencia de orientación intragranular en un intervalo de 5° a 14° se controla para estar en un intervalo de 10% a 60%. Los granos que tienen una diferencia de orientación intragranular menor que menos de 5° son excelentes en la trabajabilidad, pero son difíciles de fortalecer altamente, y los granos que tienen una diferencia de orientación intragranular de más de 14° tienen diferentes deformaciones y, por lo tanto, no contribuyen a la mejora de la capacidad de estiramiento de la brida.
35

La relación de los granos que tienen una diferencia de orientación intragranular en un intervalo de 5° a 14° se puede medir por el siguiente método.
40

Primero, en una posición de profundidad de 1/4 (1/4t porción) de espesor t desde la superficie de la chapa de acero en una sección transversal vertical a una dirección de laminación, un área de $200\ \mu\text{m}$ en la dirección de laminación y $100\ \mu\text{m}$ en la dirección normal a la superficie laminada se somete a análisis EBSD a un paso de medición de $0,2\ \mu\text{m}$ para obtener información de orientación del cristal. Aquí, el análisis EBSD se realiza utilizando un aparato que está configurado para incluir un microscopio electrónico de barrido de emisión de campo térmico (JSM-7001F, fabricado por JEOL) y un detector EBSD (detector HIKARI fabricado por TSL), a una velocidad de análisis en un intervalo de 200 a 300 puntos por segundo. Después, con respecto a la información de orientación del cristal obtenida, un área que tiene una diferencia de orientación igual o mayor que 15° y un diámetro de círculo equivalente igual o mayor que
45

0,3 μm se define como un grano, se calcula la diferencia de orientación intragranular promedio de los granos, y se obtiene la relación de los granos que tienen una diferencia de orientación intragranular en un intervalo de 5° a 14° . El grano definido como se describe anteriormente y la diferencia de orientación intragranular promedio se pueden calcular utilizando el software "OIM Analysis (marca registrada)" conectado a un analizador EBSD.

5 La "diferencia de orientación intragranular" de la presente invención significa "dispersión de orientación de grano (GOS, por sus siglas en inglés Grain Orientation Spread)", que es una dispersión de orientación en los granos, y el valor de la misma se obtiene como un valor promedio de orientaciones de cristal de referencia y desorientaciones de todos los puntos de medición dentro del mismo grano que se describe en " Misorientation Analysis of Plastic Deformation of Stainless Steel by EBSD and X-Ray Diffraction Methods", KIMURA Hidehiko, revista de la Sociedad
10 Japonesa de Ingenieros Mecánicos (Serie A) Vol,71, n.º 712, 2005, p. 1722 a 1728. En la presente realización, la orientación del cristal de referencia es una orientación obtenida promediando todos los puntos de medición en el mismo grano, se puede calcular un valor de GOS usando "OIM Analysis (marca registrada) Versión 7.0.1" que es un software conectado al analizador EBSD.

15 La figura 1 es un ejemplo de un resultado del análisis EBSD de un área de $100 \mu\text{m} \times 100 \mu\text{m}$ en una porción de 1/4t en la sección transversal vertical a la dirección de laminación de la chapa de acero laminada en caliente según la presente realización. En la figura 1, un área en la que un límite que tiene la diferencia de orientación igual o mayor que 15° se indica como un límite de grano en un intervalo de 5° a 14° se muestra en gris. En el dibujo, un área que se muestra en negro indica martensita.

20 En la presente realización, la capacidad de estiramiento de la brida se evalúa usando el método de ensayo de la brida elástica de tipo silla de montar en el que se usa el producto formado en forma de silla de montar. Específicamente, se prensa el producto conformado en forma de silla de montar que simula la forma de la brida elástica conformada por una porción lineal y una porción de arco como se ilustra en la figura 2, y la capacidad de estiramiento de la brida se evalúa utilizando una altura de conformación límite en este momento. En el ensayo de la
25 brida elástica de tipo silla de montar de la presente realización, la altura de conformación límite H (mm) cuando un espacio libre en el momento de perforar una porción de esquina se ajusta a 11% se mide usando el producto conformado de silla de montar en el que un radio de la curvatura R de una esquina se establece en un intervalo de 50 a 60 mm, y un ángulo de apertura θ se establece en 120° . Aquí, el espacio libre indica la relación de un espacio entre un troquel de perforación y un punzón, y el espesor de la pieza de ensayo. En realidad, el espacio libre se determina mediante la combinación de una herramienta de punzonado y el espesor de la chapa, y por lo tanto, el
30 valor de 11% significa un intervalo de 10,5% a 11,5%. La existencia de las grietas que tienen una longitud de 1/3 del espesor de la chapa se observa visualmente después de la conformación, y después se determina una altura de conformación del límite en el que las grietas no están presentes como la altura de conformación límite.

35 En un ensayo de expansión del orificio que se usa como método de ensayo para evaluar la conformabilidad de la brida elástica en la técnica relacionada, la ruptura ocurre sin deformaciones que se distribuyen principalmente en la dirección circunferencial y, por lo tanto, la deformación y el gradiente de tensión en la vecindad de la porción de ruptura durante el ensayo de expansión del orificio son diferentes de las del caso de conformar realmente la brida elástica. Además, en el ensayo de expansión del orificio, la evaluación que refleja la conformación de la brida de elástica original no se realiza ya que la evaluación se realiza cuando se produce la ruptura de la penetración del espesor. Por otro lado, en el ensayo de brida elástica de tipo silla de montar utilizada en la presente realización, es
40 posible evaluar la capacidad de estiramiento de la brida en consideración de la distribución de la deformación, y por lo tanto se puede realizar la evaluación que refleja la conformación de la brida elástica original.

45 En la chapa de acero laminada en caliente según la presente realización, la relación de área de cada una de las estructuras de ferrita y bainita que se observan usando el microscopio óptico no está directamente relacionada con la relación de los granos que tienen una diferencia de orientación intragranular en un intervalo de 5° a 14° . En otras palabras, por ejemplo, incluso si hay chapas de acero laminadas en caliente en las que la relación de área de ferrita y bainita son iguales entre sí, la relación de los granos que tienen una diferencia de orientación intragranular en un intervalo de 5° a 14° no son necesariamente lo mismo. En consecuencia, no es posible obtener las propiedades correspondientes a la chapa de acero laminada en caliente según la presente realización solo controlando la relación de área de ferrita, la relación de área de bainita y la relación del área de martensita. Los detalles para esto se
50 describirán en los ejemplos a continuación.

La chapa de acero laminada en caliente según la presente realización puede obtenerse usando un método de fabricación que incluye un proceso de laminado en caliente y un proceso de enfriamiento como sigue.

<Proceso de laminación en caliente>

55 En el proceso de laminación en caliente, la chapa de acero laminada en caliente se obtiene calentando y laminando en caliente un planchón que tiene la composición química descrita anteriormente. La temperatura de calentamiento del planchón está preferiblemente en un intervalo de 1050°C a 1260°C . Cuando la temperatura de calentamiento del planchón es menor que 1050°C , es difícil asegurar la temperatura de acabado de la laminación en caliente, lo cual no es preferible. Por otro lado, cuando la temperatura de calentamiento del planchón es igual o superior a 1260°C

°C, el rendimiento disminuye debido a la reducción de la incrustación y, por lo tanto, la temperatura de calentamiento es preferiblemente igual o menor que 1260 °C.

5 En un caso donde la proporción de los granos que tienen una diferencia de orientación intragranular en un intervalo de 5° a 14° se establece en un intervalo de 10% a 60% en relación de área, en la laminación en caliente realizada en el planchón calentado, es importante establecer deformaciones acumulativas en las últimas tres etapas (últimas tres pasadas) de la laminación de acabado para que sean mayores de 0,6 a 0,7, y después realizar el enfriamiento que se describe a continuación. La razón de esto es que, dado que el grano que tiene una diferencia de orientación intragranular en un intervalo de 5° a 14° se genera al transformarse a una temperatura relativamente baja en un estado de para-equilibrio, es posible controlar la generación de grano que tiene una diferencia de orientación intragranular en un intervalo de 5° a 14° limitando la densidad de dislocación de austenita antes de que la transformación esté en un cierto intervalo y limitando la velocidad de enfriamiento después de la transformación para estar en un cierto intervalo. En otras palabras, cuando se controla la tensión acumulada en las últimas tres etapas de la laminación de acabado, y se controla el enfriamiento posterior, la frecuencia de nucleación de grano del grano que tiene una diferencia de orientación intragranular en un intervalo de 5° a 14°, y la posterior la velocidad de crecimiento puede controlarse y, por lo tanto, es posible controlar la relación de área que se obtiene como resultado. Más específicamente, la densidad de dislocación de la austenita introducida a través de la laminación de acabado está relacionada principalmente con la frecuencia de nucleación de grano, y la velocidad de enfriamiento después del laminado está relacionada principalmente con la velocidad de crecimiento.

20 Cuando la deformación acumulada en las últimas tres etapas en la laminación final es igual o menor que 0,6, la relación de los granos que tienen una diferencia de orientación intragranular en un intervalo de 5° a 14° es menor que 10%, lo cual de la austenita ocurre durante el laminado en caliente, la densidad de dislocación acumulada en el momento de la no es preferible. Además, cuando la tensión acumulada en las últimas tres etapas en la laminación de acabado es mayor que 0,7, la recristalización de austenita ocurre durante la laminación en caliente, la densidad de dislocación acumulada en el momento de la transformación disminuye y, por lo tanto, la relación de los granos que tienen una diferencia de orientación intragranular en un intervalo de 5° a 14° es menor que 10%, lo cual no es preferible.

La deformación acumulativa (ϵ_{eff}) en las últimas tres etapas en la laminación de acabado en la presente realización se puede obtener de la siguiente Ecuación (1).

$$\epsilon_{eff} = \sum \epsilon_i(t, T) \dots (1)$$

30 Aquí,

$$\epsilon_i(t, T) = \epsilon_{i0} / \exp\{(t/t_R)^{2/3}\},$$

$$t_R = t_0 \times \exp(Q/RT),$$

$$t_0 = 8.46 \times 10^{-6},$$

$$Q = 183200 \text{ J},$$

35 y

$$R = 8.314 \text{ J/K}\cdot\text{mol},$$

ϵ_{i0} representa una deformación logarítmica en el momento de la reducción de laminación, t representa un tiempo acumulativo inmediatamente antes del enfriamiento en el pase, y T representa una temperatura de laminación en el pase.

40 La temperatura de acabado de la laminación en caliente está preferiblemente en un intervalo de Ar3 °C a Ar3 + 60 °C. Cuando la temperatura de acabado de la laminación es superior a Ar3 + 60 °C, el tamaño de grano de la chapa laminada en caliente se hace más grande, por lo que la trabajabilidad se deteriora y la relación de los granos que tienen una diferencia de orientación intragranular en un intervalo de 5° a 14° disminuye, lo que no es preferible. Además, cuando la temperatura de acabado de la laminación es inferior a Ar3, la laminación en caliente se realiza en la región de dos fases, por lo que la fase de ferrita se deforma, la ductilidad y la capacidad de expansión del orificio de la chapa de acero laminada en caliente se deterioran, y la relación de los granos que tienen una diferencia de orientación intragranular en un intervalo de 5° a 14° disminuye, lo que no es preferible.

Además, la laminación en caliente incluye laminación bruta y laminación de acabado, y la laminación de acabado se realiza preferiblemente usando un molino en tándem con el cual una pluralidad de molinos está dispuesta linealmente y laminando continuamente en una dirección para obtener el espesor deseado. Además, en un caso donde la laminación de acabado se realiza utilizando un molino en tándem, es preferible que el enfriamiento (enfriamiento entre soportes) se realice entre los molinos de manera que la temperatura máxima de la chapa de acero durante la laminación de acabado se controle para estar en un intervalo de Ar3 + 60 °C a Ar3 + 150 °C.

5 Cuando la temperatura máxima de la chapa de acero durante la laminación de acabado es superior a $Ar_3 + 150\text{ °C}$, el tamaño del grano se vuelve excesivamente grande y, por lo tanto, la tenacidad puede deteriorarse y la relación de los granos que tienen una diferencia de orientación intragranular en un intervalo de 5° a 14° puede disminuir. Por otro lado, cuando la temperatura máxima de la chapa de acero durante la laminación de acabado es inferior a $Ar_3 + 60\text{ °C}$, existe la preocupación de que la temperatura de acabado de la laminación de la laminación de acabado no se pueda asegurar.

Cuando la laminación en caliente se realiza en las condiciones descritas anteriormente, el intervalo de la densidad de dislocación de austenita antes de la transformación puede limitarse y, como resultado, es posible obtener una relación deseada de los granos que tienen una diferencia de orientación intragranular en un intervalo de 5° a 14° .

10 Ar_3 puede calcularse mediante la siguiente Expresión (2) en consideración de la influencia en el punto de transformación mediante reducción de laminación.

$$Ar_3 = 970 - 325 \times [C] + 33 \times [Si] + 287 \times [P] + 40 \times [Al] - 92 \times ([Mn] + [Mo] + [Cu]) - 46 \times ([Cr] + [Ni]) \dots (2)$$

Aquí, [C], [Si], [P], [Al], [Mn], [Mo], [Cu], [Cr] y [Ni] representan cada uno, en % en masa, la cantidad de cada uno de C, Si, P, Al, Mn, Mo, Cu, Cr y Ni. Los elementos que no están contenidos se calculan como 0%.

15 <Proceso de enfriamiento>

En la chapa de acero laminada en caliente que se sometió a la laminación en caliente controlada como se describe anteriormente, se enfría. En el proceso de enfriamiento, la chapa de acero laminada en caliente después de completar el laminación en caliente se enfría (primer enfriamiento) hasta un intervalo de temperatura en un intervalo de 650 °C a 750 °C a una velocidad de enfriamiento igual o mayor que 10 °C/s , y la temperatura se mantiene durante 3 a 10 segundos en el intervalo de temperatura, y después, la chapa de acero laminada en caliente se enfría (segundo enfriamiento) a una temperatura igual o inferior que 100 °C en una velocidad de enfriamiento igual o mayor que 30 °C/s .

25 Cuando la velocidad de enfriamiento en el primer enfriamiento es inferior a 10 °C/s , la relación de los granos que tienen una diferencia de orientación intragranular en un intervalo de 5° a 14° es menor que 10%, lo cual no es preferible. Además, cuando una temperatura de parada de enfriamiento en el primer enfriamiento es inferior a 650 °C , la relación de los granos que tienen una diferencia de orientación intragranular en un intervalo de 5° a 14° es menor que 10%, lo que no es preferible.

30 Por otro lado, cuando la temperatura de parada de enfriamiento en el primer enfriamiento es superior a 750 °C , la fracción de martensita es excesivamente baja, la resistencia disminuye y la relación de los granos que tienen una diferencia de orientación intragranular en un intervalo de 5° a 14° es mayor que 60%, lo que no es preferible. Cuando el tiempo de retención es inferior a tres segundos a un intervalo de temperatura de 650 °C a 750 °C , la fracción de martensita es excesivamente alta, la ductilidad se deteriora y la relación de los granos que tienen una diferencia de orientación intragranular en un intervalo de 5° a 14° es menor que 10%, lo que no es preferible. Cuando el tiempo de retención en un intervalo de temperatura de 650 °C a 750 °C es mayor de 10 segundos, la fracción de martensita disminuye, la resistencia se deteriora y la relación de los granos que tienen una diferencia de orientación intragranular en un intervalo de 5° a 14° es menos que 10%, lo que no es preferible. Además, cuando la velocidad de enfriamiento del segundo enfriamiento es menor que 30 °C/s , la fracción de martensita disminuye, la resistencia se deteriora y la relación de los granos que tienen una diferencia de orientación intragranular en un intervalo de 5° a 14° es mayor que 60%, lo que no es preferible. Cuando la temperatura de parada de enfriamiento del segundo enfriamiento es superior a 100 °C , la relación de los granos que tienen una diferencia de orientación intragranular en un intervalo de 5° a 14° es mayor que 60%, lo que no es preferible.

Aunque el límite superior de la velocidad de enfriamiento en el primer enfriamiento y el segundo enfriamiento no está necesariamente limitado, la velocidad de enfriamiento se puede configurar para que sea igual o menor que 200 °C/s en consideración de la capacidad del equipo de la instalación de enfriamiento.

45 Según el método de fabricación descrito anteriormente, es posible obtener una estructura que tiene, en relación de área, ferrita y bainita en un intervalo de 75% a 95% en total, y martensita en un intervalo de 5% a 20%, en el que un límite que tiene una diferencia de orientación igual o superior a 15° se establece como un límite de grano, y en un caso donde un área que está rodeada por el límite de grano y tiene un diámetro de círculo equivalente igual o mayor que $0,3\text{ }\mu\text{m}$ se define como un grano, la relación de los granos que tienen una diferencia de orientación intragranular en un intervalo de 5° a 14° está, por relación de área, en un intervalo de 10% a 60%.

En el método de fabricación mencionado anteriormente, es importante que las dislocaciones procesadas se introduzcan en la austenita controlando las condiciones de laminación en caliente, y después las dislocaciones procesadas introducidas controlando las condiciones de enfriamiento permanecen adecuadamente. Es decir, las condiciones de laminación en caliente y las condiciones de enfriamiento tienen influencia, es importante controlar

estas condiciones al mismo tiempo. Se puede usar un método conocido para condiciones diferentes a las descritas anteriormente, y no existe una limitación particular.

[Ejemplos]

5 En lo sucesivo, la presente invención se describirá más específicamente con referencia a ejemplos de la chapa de acero laminada en caliente de la presente invención. Sin embargo, la presente invención no se limita al Ejemplo descrito a continuación, y puede implementarse modificándose adecuadamente en la medida en que pueda satisfacer el objeto antes y después de la descripción, que están incluidos en el intervalo técnico de la presente invención.

10 Primero, el acero que tenía la composición química indicada en la siguiente Tabla 1 se fundió y se moldeó continuamente para producir un planchón. Después, el planchón se calentó a la temperatura indicada en la Tabla 2, y se sometió a laminación bruta. Después de la laminación bruta, la laminación de acabado se realizó en las condiciones indicadas en la Tabla 2 para obtener una chapa de acero laminada en caliente que tiene el espesor de la chapa en un intervalo de 2,2 a 3,4 mm. El Ar3 (°C) indicado en la Tabla 2 se obtuvo de la composición química indicada en la Tabla 1 usando la siguiente Expresión (2).

$$15 \quad Ar3 = 970 - 325 \times [C] + 33 \times [Si] + 287 \times [P] + 40 \times [Al] - 92 \times ([Mn] + [Mo] + [Cu]) - 46 \times ([Cr] + [Ni]) \dots (2)$$

Aquí, [C], [Si], [P], [Al], [Mn], [Mo], [Cu], [Cr] y [Ni] representan cada uno, en % en masa, la cantidad de cada uno de C, Si, P, Al, Mn, Mo, Cu, Cr y Ni, en % en masa, y en el caso de no contener los elementos, se sustituye 0.

Además, en la Tabla 2, las deformaciones acumulativas en las últimas tres etapas de la laminación de acabado fueron el valor obtenido por la siguiente Expresión (1).

$$20 \quad \epsilon_{eff} = \sum \epsilon_i(t, T) \dots (1)$$

Aquí,

$$\epsilon_i(t, T) = \epsilon_{i0} / \exp\{(t/\tau R)^{2/3}\},$$

$$\tau R = \tau_0 \cdot \exp(Q/RT),$$

$$\tau_0 = 8.46 \times 10^{-6},$$

$$25 \quad Q = 183200 \text{ J},$$

y

$$R = 8.314 \text{ J/K} \cdot \text{mol},$$

30 ϵ_{i0} representa una deformación logarítmica en el momento de la reducción de laminación, t representa un tiempo acumulativo inmediatamente antes del enfriamiento en el pase, y T representa una temperatura de laminación en el pase.

La columna en blanco en la Tabla 1 significa que el valor del análisis fue menor que el límite de detección.

[Tabla 1]

Acero n.º	Composición química (% en masa, resto: Fe e impurezas)																	A13 (°C)
	C	Si	Mn	P	S	Al	N	B	Cr	Mo	Cu	Ni	Mg	REM	Ca	Zr		
A	0.06	0.90	1.90	0.018	0.005	0.35	0.0018										825	
B	0.06	1.20	1.20	0.030	0.002	0.030	0.0021		0.10								885	
C	0.07	0.50	1.80	0.010	0.003	0.25	0.0020				0.06	0.03					804	
D	0.06	1.00	1.10	0.030	0.004	0.25	0.0031										901	
E	0.09	0.90	0.90	0.020	0.003	0.030	0.0028								0.0005		895	
F	0.09	0.30	1.00	0.015	0.004	0.040	0.0025		0.15								858	
G	0.08	0.80	1.60	0.009	0.004	0.30	0.0032										838	
H	0.12	1.00	1.50	0.030	0.003	0.040	0.0038	0.0005									836	
I	0.10	0.40	0.80	0.012	0.003	0.030	0.0020										882	
J	0.14	0.50	1.10	0.006	0.002	0.030	0.0026			0.13		0.0003					831	
K	0.10	0.70	0.80	0.013	0.003	0.020	0.0031		0.20								882	
L	0.09	0.90	0.90	0.015	0.003	0.040	0.0028										894	
M	0.08	1.20	1.30	0.013	0.004	0.030	0.0018									0.0005	869	
N	0.09	0.80	1.50	0.012	0.003	0.050	0.0020							0.0005			835	
O	0.06	1.20	1.30	0.010	0.005	0.030	0.0042										875	
P	0.07	0.90	1.10	0.011	0.004	0.100	0.0035		0.30								869	
Q	0.08	1.00	0.90	0.015	0.005	0.030	0.0040				0.10	0.05					888	
a	0.23	0.50	1.30	0.010	0.003	0.030	0.0018										796	
b	0.05	2.30	0.70	0.015	0.003	0.030	0.0022										971	
c	0.16	0.80	3.50	0.013	0.004	0.040	0.0025		0.15								621	
d	0.01	0.50	0.90	0.016	0.003	0.030	0.0043					0.0020					906	
e	0.10	1.00	1.20	0.015	0.005	0.020	0.0038	0.0200									865	
f	0.09	0.90	0.20	0.018	0.003	0.030	0.0023								0.0006		958	

Subrayado significa que está fuera del intervalo definido en la presete invención

[Tabla 2]

Ensayo n°	Ace ro n°	Temperatura de calentamiento (°C)	Temperatura de acabado de laminación (°C)	Diferencia de temperatura de acabado de laminación y A13 (°C)	Deflexiones acumuladas en las zonas de laminación de acabado (°C)	Temperatura máxima de la zona de laminación de acabado (°C)	Velocidad de empuje en el primer empuje (°C/s)	Temperatura de parada en el primer empuje (°C)	Tiempo de reposo a una velocidad de 600 °C a 750 °C	Velocidad de empuje en el segundo empuje (°C/s)	Temperatura de parada de empuje en el segundo empuje (°C)
1	A	825	1150	37	0,678	957	15	670	4	35	90
2	B	885	1150	38	0,623	1012	20	680	5	40	80
3	C	804	1150	41	0,665	947	38	700	6	46	70
4	D	901	1200	11	0,618	1030	42	720	5	50	80
5	E	895	1150	31	0,623	1030	18	730	6	38	50
6	F	858	1100	42	0,666	1000	25	700	7	62	30
7	G	838	1170	40	0,682	975	42	660	5	40	30
8	H	836	1150	54	0,643	982	40	680	4	45	30
9	I	882	1120	28	0,635	1020	35	690	5	69	40
10	J	831	1140	58	0,614	970	40	700	8	33	30
11	K	882	1150	41	0,623	1010	50	710	7	38	60
12	L	894	1150	49	0,65	1020	30	720	5	40	40
13	M	869	1160	50	0,679	1000	28	730	9	36	80
14	N	835	1150	59	0,647	981	36	740	7	41	50
15	O	875	1090	55	0,653	1018	19	690	5	43	70
16	P	869	1150	49	0,629	1002	26	680	4	56	60
17	Q	888	1180	35	0,691	1030	30	670	6	37	80
18	a	796	1200	31	0,624	927	25	690	9	37	80
19	b	971	1150	-16	0,610	1050	15	720	5	43	50
20	c	621	1150	820	0,654	950	25	720	6	38	50
21	d	906	1100	936	0,672	1002	30	680	7	36	80
22	e	865	1180	895	0,601	1000	25	700	7	40	70
23	f	958	1150	988	0,615	1085	40	680	5	39	40
24	B	885	1000	875	0,623	1002	18	670	4	50	60
25	B	885	1150	840	0,658	987	32	670	6	35	70
26	B	885	1160	990	0,653	1001	19	700	6	43	80
27	B	885	1090	917	0,473	1013	22	690	7	47	70
28	B	885	1100	920	0,821	1005	21	710	4	33	70
29	B	885	1240	925	0,627	1120	18	740	9	41	80
30	B	885	1150	900	0,674	1034	3	710	7	49	80
31	D	901	1150	920	0,662	1017	32	820	5	46	70
32	D	901	1160	913	0,632	1010	25	690	9	38	40
33	H	836	1120	889	0,654	982	19	690	1	34	50
34	H	836	1130	890	0,682	990	32	670	15	37	60
35	O	875	1150	895	0,612	1010	35	700	7	2	80
36	O	875	1160	907	0,692	1000	27	680	6	38	500

Con respecto a la chapa de acero laminada en caliente obtenida, se obtuvieron cada fracción de estructura (la relación de área) y la relación de los granos que tienen una diferencia de orientación intragranular en un intervalo de 5° a 14°. La fracción de estructura (la relación de área) se obtuvo usando el siguiente método. Primero, se grabó químicamente una muestra recogida de la chapa de acero laminada en caliente usando nital. Después del grabado químicamente una fotografía de la estructura obtenida en una posición de 1/4 de espesor en un campo visual de 300 μm × 300 μm utilizando un microscopio óptico se sometió a un análisis de imagen y, por lo tanto, se obtuvieron la relación de área de ferrita y perlita y la relación de área total de bainita y martensita. Después, con una muestra grabada químicamente con disolución de LePera, la fotografía de la estructura obtenida en una posición de 1/4 de espesor en el campo visual de 300 μm × 300 μm utilizando el microscopio óptico se sometió al análisis de imagen y, por lo tanto, se calculó la relación de área total de residuos austenita y martensita.

Además, con una muestra obtenida moliendo la superficie a una profundidad de 1/4 de espesor en la dirección normal a la superficie laminada, la fracción de volumen de la austenita residual se obtuvo mediante medición de difracción de rayos X. La fracción de volumen de la austenita residual era equivalente a la relación de área y, por lo tanto, se estableció como la relación de área de la austenita residual.

Con dicho método, se obtuvo la relación de área de cada ferrita, bainita, martensita, austenita residual y perlita.

Además, la relación de los granos que tienen una diferencia de orientación intragranular en un intervalo de 5° a 14° se midió usando el siguiente método. Primero, en una posición de profundidad de 1/4 (porción 1/4t) de espesor t desde la superficie de la chapa de acero en una sección transversal vertical a una dirección de laminación, un área de 200 μm en la dirección de laminación y 100 μm en la dirección normal a la superficie laminada se sometió a análisis EBSD a un paso de medición de 0,2 μm para obtener información de orientación del cristal. Aquí, el análisis EBSD se realizó usando un aparato que está configurado para incluir un microscopio electrónico de barrido de emisión de campo térmico (JSM-7001F, fabricado por JEOL) y un detector EBSD (detector HIKARI fabricado por TSL), a una velocidad de análisis en un intervalo de 200 a 300 puntos por segundo. Después, con respecto a la información de orientación del cristal obtenida, un área que tiene una diferencia de orientación igual o mayor que 15° y un diámetro de círculo equivalente igual o mayor que 0,3 μm se definió como un grano, la diferencia de orientación intragranular promedio de se calcularon los granos y se obtuvo la relación de los granos que tienen una diferencia de orientación intragranular en un intervalo de 5° a 14°. El grano definido como se describe anteriormente y la diferencia de orientación intragranular promedio se pueden calcular utilizando el software "OIM Analysis (marca registrada)" conectado a un analizador EBSD.

A continuación, el límite elástico y la resistencia a la tracción se obtuvieron en el ensayo de tracción, y la altura de conformación límite se obtuvo mediante el ensayo de brida elástica de tipo silla de montar. Además, se evaluó un producto de resistencia a la tracción (MPa) y altura de conformación límite (mm) como un índice de la capacidad de estiramiento de la brida, y en un caso en donde el producto del mismo es igual o mayor que 19500 mm-MPa, se determinó que la chapa de acero era excelente en la capacidad de estiramiento de la brida.

El ensayo de tracción se realizó en base a JIS Z 2241 usando piezas de ensayo de tracción n.º 5 de JIS que se recogieron en la dirección longitudinal que es ortogonal a la dirección de laminación.

Además, el ensayo de brida elástica de tipo silla de montar se realizó estableciendo un espacio libre en el momento de perforar una porción de esquina al 11% usando un producto conformado de tipo silla de montar en el que el radio de curvatura R de una esquina se ajustó a 60 mm, y un ángulo de apertura θ se ajustó a 120°. Además, se observó visualmente la existencia de las grietas que tenían una longitud de 1/3 del espesor de la chapa después de la conformación, y después se determinó una altura de conformación del límite en el que las grietas no estaban presentes como la altura de conformación límite.

Los resultados se indican en la Tabla 3.

[Tabla 3]

Ensayo n.º	Relación de área de fibra (%)	Relación de área de fibra (%)	Relación de área de fibra de fibra-batida (%)	Relación de área de manzana (%)	Relación de granos que tienen una diferencia de orientación intragranelar en el intervalo de 5° a 14° (%)	Límite elástico (MPa)	Resistencia a la tracción (MPa)	Índice de birrefringencia elástica (nm/10g)	Observaciones
1	4,5	4,2	8,7	1,3	5,0	5,25	8,51	21,346	Ejemplo de la presente invención
2	8,7	6	9,3	7	3,1	3,72	6,02	21,672	Ejemplo de la presente invención
3	5,5	3,3	8,8	1,2	4,2	5,41	8,73	20,079	Ejemplo de la presente invención
4	9,0	3	9,3	7	3,3	4,12	6,10	21,310	Ejemplo de la presente invención
5	7,9	1,6	9,5	5	4,1	4,50	6,52	20,864	Ejemplo de la presente invención
6	5,6	3,4	9,0	10	4,6	5,12	8,00	21,690	Ejemplo de la presente invención
7	4,2	4,5	8,7	5,8	8,17	5,43	8,17	21,242	Ejemplo de la presente invención
8	4,8	4,2	9,0	10	5,8	5,51	8,10	22,680	Ejemplo de la presente invención
9	6,7	2,4	9,1	9	4,7	5,00	7,87	21,249	Ejemplo de la presente invención
10	3,8	5,1	8,0	11	2,1	5,31	8,50	21,250	Ejemplo de la presente invención
11	4,2	5,1	9,3	28	5,69	5,69	8,30	20,750	Ejemplo de la presente invención
12	8,6	8	9,4	6	5,9	4,26	6,40	22,400	Ejemplo de la presente invención
13	8,0	1,3	9,3	7	5,7	4,11	6,32	20,856	Ejemplo de la presente invención
14	5,2	3,8	9,0	10	5,1	5,10	8,10	20,250	Ejemplo de la presente invención
15	8,8	4	9,2	8	4,6	3,99	6,99	21,924	Ejemplo de la presente invención
16	6,9	1,8	8,7	13	3,2	3,93	6,45	20,640	Ejemplo de la presente invención
17	8,3	5	8,8	12	5,7	3,72	6,00	20,400	Ejemplo de la presente invención
18	0	0	0	10,4	0	9,18	9,07	3,988	Ejemplo comparativo
19	9,5	5	9,6	6	7	3,45	4,59	16,065	Ejemplo comparativo
20	3	4,2	3,5	6,5	4	8,20	11,20	11,200	Ejemplo comparativo
21	8,8	10	9,8	2	5	2,76	4,60	188,60	Ejemplo comparativo
22	2,0	5,8	7,8	18	3	6,89	8,99	13,484	Ejemplo comparativo
23	9,0	6	9,6	3	1,5	2,92	4,63	17,594	Ejemplo comparativo
24	8,8	5	9,3	7	6	3,89	5,85	18,720	Ejemplo comparativo
25	8,2	1,3	9,5	5	1	4,18	5,92	17,760	Ejemplo comparativo
26	5,6	2,2	7,8	2,2	2	5,26	8,13	16,432	Ejemplo comparativo
27	8,4	3	8,7	8	1	4,05	6,10	15,250	Ejemplo comparativo
28	7,9	4	8,3	17	4	3,78	5,93	17,790	Ejemplo comparativo
29	7,8	1,4	9,2	8	2	4,03	6,05	17,545	Ejemplo comparativo
30	6,7	1,9	8,6	1,4	3	4,10	6,13	18,390	Ejemplo comparativo
31	7,9	1,8	9,2	1	2,8	4,08	5,75	18,075	Ejemplo comparativo
32	7,2	9	8,1	1,9	4	4,11	6,23	18,630	Ejemplo comparativo
33	4,6	2,6	7,2	2,8	5	5,70	8,12	18,676	Ejemplo comparativo
34	9,0	7	9,2	3	7	5,10	7,50	18,750	Ejemplo comparativo
35	8,8	4	9,2	2	6,2	4,32	5,49	18,656	Ejemplo comparativo
36	8,9	1,1	10,1	0	7,3	4,95	5,82	11,640	Ejemplo comparativo

Como es evidente de los resultados de la Tabla 3, en un caso donde el planchón que incluye la composición química especificada en la presente invención se laminó en caliente en las condiciones preferibles (Ensayos n.º 1 a 17), fue posible obtener la chapa de acero laminada en caliente de alta resistencia en la que la resistencia es igual o mayor que 590 MPa, y un índice de capacidad de estiramiento de la brida es igual o mayor que 19500 mm·MPa.

- 5 Por otro lado, con respecto a los n.º de fabricación 18 a 23, la composición química estaba fuera del intervalo de la presente invención y, por lo tanto, cualquiera o ambas de las estructuras observadas usando el microscopio óptico y la relación de los granos que tienen una diferencia de orientación intragranular en un intervalo de 5° a 14° no satisfizo el intervalo de la presente invención. Como resultado, la capacidad de estiramiento de la brida no satisfizo el valor objetivo. Además, en algunos ejemplos, la resistencia a la tracción también disminuye.
- 10 Además, los n.º 24 a 36 son ejemplos en los que el método de fabricación estaba fuera del intervalo preferible y, por lo tanto, cualquiera o ambas de las estructuras observadas utilizando el microscopio óptico y la relación de los granos que tienen una diferencia de orientación intragranular en un intervalo de 5° a 14° no satisfizo el intervalo de la presente invención. En estos ejemplos, la capacidad de estiramiento de la brida no satisfizo el valor objetivo. Además, en algunos ejemplos, la resistencia a la tracción también disminuyó.
- 15 [Aplicabilidad industrial]

Según la presente invención, es posible proporcionar una chapa de acero laminada en caliente de alta resistencia que es excelente en la capacidad de estiramiento de la brida y se puede aplicar a un miembro que requiere alta resistencia y la estricta capacidad de estiramiento de la brida. La chapa de acero contribuye a mejorar el ahorro de combustible de vehículos y, por lo tanto, tiene una alta aplicabilidad industrial.

20

REIVINDICACIONES

1. Una chapa de acero laminada en caliente que comprende, como composición química, en % en masa,
- C: 0,04% a 0,18%,
- Si: 0,10% a 1,70%,
- 5 Mn: 0,50% a 3,00%,
- Al: 0,010% a 1,00%,
- B: 0% a 0,005%,
- Cr: 0% a 1,0%,
- Mo: 0% a 1,0%,
- 10 Cu: 0% a 2,0%,
- Ni: 0% a 2,0%,
- Mg: 0% a 0,05%,
- REM: 0% a 0,05%,
- Ca: 0% a 0,05%,
- 15 Zr: 0% a 0,05%,
- P: limitado a igual o menor que 0,050%,
- S: limitado a igual o menor que 0,010%, y
- N: limitado a igual o menor que 0,0060%, con el resto incluyendo Fe e impurezas;
- 20 en donde una estructura incluye, por relación de área, una ferrita y una bainita en un intervalo de 75% a 95% en total, y una martensita en un intervalo de 5% a 20%, y
- en donde en la estructura, en un caso donde un límite que tiene una diferencia de orientación igual o mayor que 15° se define como un límite de grano, y un área que está rodeada por el límite de grano y tiene un diámetro de círculo equivalente igual o mayor que 0,3 µm se define como un grano, la relación de los granos que tienen una diferencia de orientación intragranular en un intervalo de 5° a 14° está, por relación de área, en un intervalo de 10% a 60%,
- 25 la relación de los granos que tienen la diferencia de orientación intragranular en el intervalo de 5° a 14° se mide por el método descrito en la descripción, y
- la relación de área de la ferrita y la bainita en total y la relación de la martensita se miden por el método descrito en la descripción.
2. La chapa de acero laminada en caliente según la reivindicación 1,
- 30 en donde una resistencia a la tracción es igual o mayor que 590 MPa, y un producto de la resistencia a la tracción y una altura de conformación límite en un ensayo de brida elástica de tipo silla de montar es igual o mayor que 19500 mm·MPa.
3. La chapa de acero laminada en caliente según la reivindicación 1 o 2,
- en donde la composición química contiene, en % en masa,
- 35 uno o más seleccionados del grupo que consiste en:
- B: 0,0001% a 0,005%,
- Cr: 0,01% a 1,0%,
- Mo: 0,01% a 1,0%,
- Cu: 0,01% a 2,0%, y
- 40 Ni: 0,01% a 2,0%.

4. La chapa de acero laminada en caliente según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3,
en donde la composición química contiene, en % en masa, uno o más seleccionados del grupo que consiste en:

Mg: 0,0001% a 0,05%,

REM: 0,0001%, a 0,05%,

5 Ca: 0,0001% a 0,05%, y

Zr: 0,0001% a 0,05%.

FIG. 1

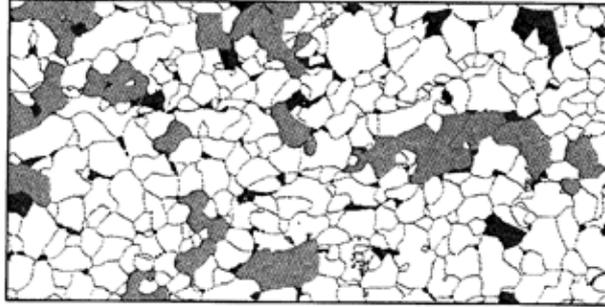


FIG. 2

