

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 707 893**

51 Int. Cl.:

C22C 38/32	(2006.01)	C22C 38/00	(2006.01)	C22C 38/54	(2006.01)
C22C 38/58	(2006.01)	C22C 38/02	(2006.01)		
C23C 2/06	(2006.01)	C22C 38/06	(2006.01)		
C23C 2/12	(2006.01)	C22C 38/20	(2006.01)		
C23C 2/40	(2006.01)	C22C 38/26	(2006.01)		
C21D 8/02	(2006.01)	C22C 38/28	(2006.01)		
C21D 9/46	(2006.01)	C22C 38/38	(2006.01)		
C25D 5/26	(2006.01)	C22C 38/40	(2006.01)		
C21D 1/673	(2006.01)	C22C 38/48	(2006.01)		
C21D 1/18	(2006.01)	C22C 38/50	(2006.01)		

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **28.08.2013 PCT/JP2013/072989**
- 87 Fecha y número de publicación internacional: **06.03.2014 WO14034714**
- 96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **28.08.2013 E 13832615 (2)**
- 97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **07.11.2018 EP 2891727**

54 Título: **Chapa de acero**

30 Prioridad:

28.08.2012 JP 2012187959

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

05.04.2019

73 Titular/es:

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

72 Inventor/es:

**HIKIDA, KAZUO;
TAMAKI, AKARI;
KOJIMA, NOBUSATO y
TAKAHASHI, MASARU**

74 Agente/Representante:

ELZABURU, S.L.P

ES 2 707 893 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

5 [Campo técnico de la Invención]

La presente invención se refiere a una chapa de acero (chapa de acero para conformación en caliente) que es adecuada para aplicaciones en las que el enfriamiento instantáneo se lleva a cabo al mismo tiempo que la conformación en caliente o inmediatamente después de la conformación en caliente, tal como en un prensado en caliente. Más específicamente, la presente invención se refiere a una chapa de acero para conformación en caliente en la que, por ejemplo, aun en el caso en el que se lleva un proceso de conformación acompañado por una conformación de elevada deformación, que es un proceso de conformación en la que una porción conformada recibe una deformación plástica del 20% o superior, la transformación ferrítica, inducida por la deformación en la porción conformada, es suprimida, y por lo tanto la dureza después de la conformación en caliente es uniforme, resultando una excelente tenacidad y una baja anisotropía de la tenacidad después de la conformación en caliente.

15 [Técnica relacionada]

En tiempos recientes, en el campo de las chapas de acero utilizadas para vehículos, con el fin de mejorar la eficiencia del combustible o la resistencia de un vehículo a los impactos, las aplicaciones de una chapa de acero de alta resistencia mecánica que tiene una elevada resistencia a la tracción han aumentado. En general, a medida que la resistencia de la chapa de acero aumenta, la conformabilidad por prensado disminuye. Por lo tanto, y en función de la aplicación prevista para la chapa de acero de alta resistencia, es difícil fabricar un producto que tenga una forma compleja. Específicamente, dado que la ductilidad disminuye a medida que aumenta la resistencia de la chapa de acero, puede tener lugar una ruptura a partir de una región pesadamente trabajada, o aumenta un grado de salto hacia atrás o de comba de pared a medida que aumenta la resistencia mecánica de la chapa de acero. Como resultado, existe un problema de deterioro en la exactitud dimensional de un miembro trabajado, y similares. Por consiguiente, no es fácil fabricar un material que tenga una forma compleja mediante conformación por prensado utilizando una chapa de acero de elevada resistencia mecánica, que tenga, en particular, una resistencia a la tracción de 780 MPa o superior.

30 Cuando se lleva a cabo la conformación por laminación como conformación en lugar de conformación por prensado, es posible elaborar hasta cierta medida una chapa de acero de elevada resistencia mecánica. Sin embargo, la conformación por laminación tiene limitaciones por el hecho de que puede aplicarse solamente a un miembro provisto de una sección transversal uniforme en la dirección longitudinal, por lo que el grado de libertad para la configuración de un miembro presenta una limitación significativa.

35 En la presente, como una técnica para la conformación por prensado de un material difícilmente conformable por prensado tal como una chapa de acero de elevada resistencia mecánica, por ejemplo, en el Documento de Patente 1, se divulga una técnica de conformación en caliente para llevar a cabo la conformación después de calentar un material por conformar (por ejemplo, por prensado en caliente). Esta técnica es una técnica para llevar a cabo el enfriamiento instantáneo simultáneamente o inmediatamente después de conformar una chapa de acero que es blanda antes de la conformación de manera tal que se obtiene un miembro conformado provisto de una elevada resistencia mecánica gracias al enfriamiento instantáneo llevado a cabo después de la conformación, obteniéndose al mismo tiempo una buena conformabilidad durante la conformación. De acuerdo con esta técnica, puede obtenerse una estructura que incluya principalmente martensita después del enfriamiento instantáneo, y por lo tanto puede obtenerse un miembro conformado provisto de excelente deformabilidad y tenacidad locales en comparación con el caso en el que se utiliza una chapa de acero de elevada resistencia mecánica que tenga una estructura de fase dual.

50 En la actualidad, el prensado en caliente, descrito en lo que precede, se aplica a un miembro provisto en una forma relativamente sencilla, y en el futuro, se prevé la aplicación del prensado en caliente en el que se prevé una conformación más difícil tal como una formación de rebordes. Sin embargo, cuando el prensado en caliente se aplica a un miembro sobre el cual se lleva a cabo una conformación más difícil, existe un tema de preocupación de que puede suceder una transformación ferrítica, inducida por la deformación, en una porción conformada de elevada deformación y que, por lo tanto, es posible que se reduzca localmente la dureza del miembro después de la conformación en caliente.

60 Para suprimir la transformación ferrítica inducida por la deformación, es posible llevar a cabo la conformación en caliente en un intervalo de temperaturas más elevado. Sin embargo, un incremento en la temperatura de la conformación en caliente es causa de una reducción en la productividad, de un incremento en los costos de fabricación, el deterioro de las propiedades de la superficie, y similares, por lo que no es de aplicación fácil a la tecnología de la producción en masa. Por ejemplo, en el Documento de Patente 1, se describe una técnica para llevar a cabo un trabajo por prensado a 850° C o más elevado. Sin embargo, en el prensado en caliente actual, puede haber un caso en el que la temperatura de la chapa de acero disminuye a 850° C o menos mientras la chapa de acero que se está calentando a aproximadamente 900° C en un horno de calentamiento es extraída del horno de calentamiento y es seguidamente transportada e insertada en una máquina prensadora. En este caso, es difícil suprimir la transformación ferrítica inducida por las deformaciones durante la conformación.

65

Desde el punto de vista de incrementar la productividad del prensado en caliente y de aumentar la estabilidad del material en un miembro después de la conformación, en el Documento de Patente 2 se divulga un método para fabricar un miembro de acero de elevada resistencia, prensado en caliente, provisto de una excelente productividad, en el que puede omitirse un proceso de refrigerar un material mediante disipación de calor desde una matriz de prensado. El método divulgado en el Documento de Patente 2 es excelente; sin embargo, es necesario que haya una gran cantidad de elementos con una acción reforzadora de la endurecibilidad tales como Mn, Cr, Cu y Ni, contenidos en el acero. Por ello, la técnica divulgada en el Documento de Patente 2 presenta el problema del incremento de los costos. Además, en el miembro fabricado mediante la utilización de la técnica divulgada en el Documento de Patente 2, existe la preocupación de que tendrá lugar un deterioro de la tenacidad debido a diversas inclusiones presentes y la anisotropía de la tenacidad causada por las inclusiones (principalmente, MnS) que se estiran en la dirección del laminado. El rendimiento real del miembro está restringido por las propiedades en el lado de la baja tenacidad, por lo que las propiedades básicas originales del metal no pueden manifestarse en un grado suficiente cuando exista una anisotropía en la tenacidad. La anisotropía de la tenacidad puede reducirse llevando a cabo un control de la morfología sobre las inclusiones estiradas mediante un tratamiento al calcio descrito, por ejemplo, en el Documento de Patente 3. Sin embargo, en este caso, el valor de la tenacidad se refuerza en una dirección en la que la tenacidad es la más baja. Sin embargo, el número de inclusiones en el miembro aumenta, por lo que existe un problema en el hecho de que los valores de la tenacidad en las otras direcciones se reducen.

El Documento de Patente 4 se refiere a una chapa de acero que tiene una composición química que comprende, en % en masa, 0,09-0,60% de C, 2,0% o menos de Si, 0,5-3,5% de Mn, 0,10% o menos de P, 0,05% o menos de S, 0,005-2,0% de Al, 0,01% o menos de N, además 0,2% o menos de Ti, 0,2% o menos de Nb, 1,0% o menos de V, 1,0% o menos de Cr, 1,0% o menos de Mo, 1,0% o menos de Cu, 1,0% o menos de Ni, 0,01 % o menos de B, 0,01% o menos de Ca, 0,01% o menos de Mg, 0,1% o menos de REM, según el caso, y el resto consiste en hierro con impurezas, tiene un factor de limpieza del 0,08% o menos; y tiene un factor de segregación α de $P = 1,6$ o menos, que se define mediante la siguiente expresión (1): $\alpha = [\text{concentración de P máxima (\% en masa) en la parte central del espesor de la chapa} / \text{concentración de P media (\% en masa) en la posición 1/4 de la profundidad del espesor de la chapa con respecto a la superficie}]$, y un grado de segregación β de $S = 1,6$ o menos, definido por la siguiente expresión (2): $\beta = [\text{concentración de S máxima (\% en masa) en la parte central del espesor de la chapa}] / [\text{concentración de S media (\% en masa) en la posición 1/4 de la profundidad de la espesor de la capa con respecto a la superficie}]$ (2).

El Documento de Patente 5 se refiere a un método para la conformación en caliente que comprende calentar una chapa de acero que consiste esencialmente, en porcentaje en masa, en: C: 0,15 – 0,45%; Mn: 0,5 – 3,0%; Cr: 0,1 – 0,5%; Ti: 0,01 – 0,1%; B: 0,0002 – 0,004%; Si: a lo sumo el 0,5%; P: a lo sumo el 0,05%; S: a lo sumo el 0,05%; Al: a lo sumo el 1%; N: a lo sumo el 0,01%; uno o más de Ni: a lo sumo el 2%, Cu: a lo sumo el 1%, Mo: a lo sumo el 1%, V: a lo sumo el 1%, y Nb: a lo sumo el 1%; incluyendo el resto hierro y las impurezas inevitables a una temperatura del punto Ac_3 o superior, manteniéndola a dicha temperatura, después de lo cual se conforma la chapa de acero caliente a la forma terminada del miembro, en donde el miembro conformado es enfriado bruscamente mediante enfriamiento a partir de la temperatura de conformación durante la conformación o después de la conformación de una manera tal que el gradiente de enfriamiento al punto de M_s es por lo menos el gradiente de enfriamiento crítico y que el coeficiente de enfriamiento medio desde el punto M_s a 200°C se halla en el intervalo de $25 - 150^\circ\text{C/s}$.

[Documentos de la técnica anterior]

[Documento de Patente]

[Documento de Patente 1] Solicitud de Patente Japonesa no Examinada, Primera Publicación N.º 2002-102980

[Documento de Patente 2] Solicitud de Patente Japonesa no Examinada, Primera Publicación N.º 2006-213959

[Documento de Patente 3] Solicitud de Patente Japonesa no Examinada, Primera Publicación N.º 2009-242910

[Documento de Patente 4] Solicitud de Patente Japonesa no Examinada, Primera Publicación N.º 2007-314817

[Documento de Patente] EP 1 642 991 A1

[Exposición de la Invención]

[Problemas a resolver por la Invención]

Como se describió en lo que precede, en la técnica relacionada, las aplicaciones del prensado en caliente se limitan a miembros que tienen una forma relativamente sencilla. Por ello, los problemas técnicos de una reducción local de la dureza, la anisotropía de la tenacidad, y una reducción del valor de la tenacidad del miembro después de la conformación en caliente (una chapa de acero sometida al proceso de conformación en caliente) causados por la transformación ferrítica inducida por la deformación en una porción sometida a elevada deformación, que tiene lugar en un caso en el que se lleva a cabo una conformación más difícil, tal como una formación de rebordes, no han sido objeto de estudio.

Un objeto de la presente invención es el de proporcionar una chapa de acero para la conformación en caliente en la que, aún en el caso de los problemas arriba descritos, es decir, aun en el caso en que la que se lleva a cabo una conformación en caliente acompañada de una conformación de elevada deformación, se suprime la transformación

ferrítica inducida por la deformación en una porción conformada, por lo que la dureza después de la conformación en caliente es uniforme (las eventuales diferencias en la dureza son pequeñas), resultando una excelente tenacidad y una baja anisotropía en la tenacidad después de la conformación en caliente.

5 [Medios para resolver el problema]

Los inventores llevaron a cabo una diligente investigación para resolver los problemas arriba descritos.

10 Como resultado de ello, se descubrió que mediante el control de la composición química de una chapa de acero, de la cantidad de inclusiones y de la segregación central, es posible obtener una chapa de acero para la conformación en caliente en la que, aun en el caso en el que se lleva a cabo una conformación en caliente acompañada de una conformación de elevada deformación, se suprime la transformación ferrítica inducida por la deformación, y, por lo tanto, la dureza después de la conformación en caliente es uniforme, resultando una excelente tenacidad y una baja anisotropía en tenacidad después de la conformación en caliente. Además, en la siguiente memoria descriptiva, puede haber un caso en la que la expresión "dureza uniforme" puede considerarse equivalente a una "distribución estable de la dureza".

La presente invención, en base a los nuevos descubrimientos, se define en las reivindicaciones. Además, se divulga lo siguiente:

20 (1) Una chapa de acero de acuerdo con un aspecto de la presente invención incluye como composición química, en porcentaje en masa: C: del 0,18% al 0,275%; Si: del 0,02% al 0,15%; Mn: del 1,85% al 2,75%; Al sólido: del 0,0002% al 0,5%; Cr: del 0,05% al 1,00%; B: del 0,0005% al 0,01%; P: 0,1% o menos; S: 0,0035% o menos; N: 0,01% o menos; Ni: del 0% al 0,15%; Cu: del 0% al 0,05%; Ti: del 0% al 0,1%; Nb: del 0% al 0,2%; incluyendo el resto hierro e impurezas, en donde una limpieza de una estructura de metal es del 0,08 % o menos, que es un grado de segregación de Mn expresado por la siguiente expresión α es 1,6 o menos, y en una conformación en caliente, una diferencia ΔHv en una dureza promedio después de la conformación en caliente entre una porción conformada de baja deformación que experimenta una deformación plástica del 5% o menos y una porción conformada de elevada deformación que experimenta una deformación clásica del 20% o superior es 40 o menos.

30 $\alpha = (\text{una máxima concentración de Mn en \% en masa en una porción central de espesor de la chapa de acero}) / (\text{una concentración promedio de Mn en \% en masa en una posición a una profundidad de } \frac{1}{4} \text{ de un espesor de chapa a partir de una superficie de la chapa de acero})$: expresión a

35 (2) En la chapa de acero descrita en (1), la composición química puede incluir, además, en lugar de una porción de Fe, en % en masa, uno o dos seleccionados del grupo que consiste en Ni: del 0,02% al 0,5%, y Cu: del 0,003% al 0,05%.

40 (3) En la chapa de acero descrita en (1) o (2), la composición química puede además incluir, en lugar de una porción de Fe, en porcentaje de masa, uno o dos seleccionados del grupo que consiste en Ti: del 0,005% al 0,1%, y Nb: del 0,005% al 0,2%.

(4) En la chapa de acero de acuerdo con cualquiera de (1) a (3), la superficie de la chapa de acero puede incluir, además, una capa aplicada como revestimiento.

45 [Efectos de la Invención]

De acuerdo con un aspecto de la presente invención, aun en el caso en el que se lleve a cabo la conformación en caliente acompañada por una conformación de elevada deformación tal como una formación de rebordes, la transformación ferrítica, inducida por las deformaciones, en la porción conformada se suprime, y por lo tanto sí es posible obtener una chapa de acero provista de una distribución estable de dureza después de la conformación en caliente, y con una excelente tenacidad y baja anisotropía en cuanto a tenacidad, después de la conformación en caliente. La chapa de acero es adecuada, por ejemplo, para el material de un miembro estructural mecánico inclusive un miembro estructural de chasis, un miembro de chasis inferior, y similar de un vehículo, por lo que la presente invención es muy útil en campos industriales.

55 Además, la conformación en caliente puede llevarse a cabo siguiendo un método rutinario. Por ejemplo, es posible calentar una chapa de acero a una temperatura de un punto Ac_3 o superior (de aproximadamente $800^\circ C$) y el punto $Ac_3 + 200^\circ C$ o menos, puede mantenerse durante de 0 segundos o más tiempo durante 600 segundos o menos, puede ser transportada a una máquina prensadora después de lo cual es conformada por prensado, y puede ser mantenida durante 5 segundos o más en el centro muerto inferior de la máquina prensadora. En este momento, puede seleccionarse adecuadamente un método de calentamiento, y en caso de un calentamiento rápido, puede llevarse a cabo un calentamiento eléctrico o de alta frecuencia. Además, como calentamiento típico puede utilizarse un calentamiento por horno ajustado a una temperatura de calentamiento, o similar. Se lleva a cabo una refrigeración por aire durante el transporte a la máquina prensadora, por lo que existe una posibilidad de que, cuando se prolonga el tiempo de transporte, pueda tener lugar una transformación ferrítica hasta que se inicie el prensado y pueda tener lugar un ablandamiento. Por ello, el tiempo de transporte es preferiblemente de 15 segundos o menos. Para prevenir un incremento de la temperatura, puede llevarse a cabo una refrigeración de una matriz. En este caso, como método de refrigeración, puede llevarse a cabo una refrigeración adecuada, tal como un

método de refrigeración consistente en instalar una tubería de refrigeración en una matriz y suministrar un refrigerante para que fluya a través de dicha tubería.

[Realización de la Invención]

5 A continuación, se describirá con mayor detalle una chapa de acero de acuerdo con una realización de la presente invención (en algunos casos, con la denominación de "chapa de acero de acuerdo con esta realización"). En la siguiente memoria descriptiva, los porcentajes referidos a la composición química de la chapa de acero consisten en porcentajes en masa.

10 1. Composición química

(1) C: del 0,18% al 0,275%

15 C es un elemento importante para incrementar la aptitud del acero para endurecerse, por el hecho de determinar su resistencia mecánica después del templado, además de controlar la ductilidad local y su tenacidad después de su conformación en caliente. Además, C es un formador de austenita, por lo que tiene una acción de suprimir la transformación ferrítica, inducida por la deformación, durante la conformación bajo elevada deformación, con lo cual se facilita la obtención de una distribución estable de la dureza de un miembro después de la conformación en caliente. Sin embargo, cuando el contenido de C es inferior al 0,18%, es difícil asegurar una resistencia a la tracción de 1100 MPa o superior, que es una resistencia preferible a la tracción después del templado, y es posible obtener un efecto de obtención de una distribución estable de la dureza debida a la acción descrita con anterioridad. Por otra parte, cuando el contenido de C es superior al 0,275%, se reducen la ductilidad y tenacidad locales. Por ello, el contenido de C es del 0,18% al 0,275%. El límite superior preferible del contenido de C es del 0,26%, y su límite superior más preferible es del 0,24%.

25 (2) Si: del 0,02% al 0,15%

30 Si es un elemento que aumenta a endurecibilidad y refuerza la adhesión de las laminillas después de la conformación en caliente. Sin embargo, cuando el contenido de Si es inferior al 0,02%, puede darse el caso en el que el efecto arriba descrito no puede obtenerse en grado suficiente. Por ello, el límite inferior del contenido de Si es del 0,02%. El límite inferior preferible del silicio es del 0,03%. Por otra parte, cuando el contenido de Si es superior al 0,15%, una temperatura de calentamiento necesaria para la transformación austenítica durante la conformación en caliente es significativamente elevada. Por ello, puede darse el caso en el que el costo necesario para un tratamiento térmico aumenta o en el que el templado se lleva a cabo de manera insuficiente, debido a un calentamiento insuficiente. Además, el silicio es un elemento formador de ferrita. Por lo tanto, cuando el contenido de Si es excesivo, la transformación ferrítica inducida por la deformación tendrá lugar probablemente durante la conformación bajo elevada deformación. Por ello puede darse el caso en el que la dureza de un miembro después de la conformación en caliente se reduzca localmente, y que, por lo tanto, no se obtenga una distribución estable de la dureza. Además, puede haber un caso en el que una gran cantidad de Si contenida ocasione una reducción de la humectabilidad en el caso de llevarse a cabo un tratamiento de recubrimiento por inmersión en caliente, resultando partes no recubiertas. Por lo tanto, el límite superior del contenido de Si es del 0,15%.

40 (3) Mn: de 1,85% a 2,75%

45 Mn es un elemento efectivo para incrementar el endurecimiento del acero y el aseguramiento estable de la resistencia mecánica del acero después de su templado. Además, el Mn es un formador de austenita, y por lo tanto suprime la transformación ferrítica inducida por las deformaciones durante la conformación bajo elevada deformación, con lo cual facilita la obtención de una distribución estable de la dureza de un miembro después de la conformación en caliente. Sin embargo, cuando el contenido de Mn es inferior al 1,85%, puede darse un caso en el que el efecto arriba mencionado no pueda obtenerse en un grado suficiente. Por ello, el límite inferior del contenido de Mn es del 1,85%. Por otra parte, cuando el contenido de Mn es superior al 2,75%, el efecto arriba descrito se satura, y se ocasiona un deterioro en la tenacidad después del templado. Por lo tanto, el límite superior del contenido de Mn es del 2,75%. El límite superior preferible del Mn es del 2,5%.

(4) Al sol.: del 0,0002% al 0,5%

55 Al es un elemento que desoxida el acero fundido y, por lo tanto, mejora la robustez del acero. Cuando el contenido de Al sol. es inferior al 0,0002%, la desoxidación se lleva a cabo de una manera insuficiente. Por lo tanto, el límite inferior del contenido del Al sol. es del 0,0002%. Además, Al es también un elemento efectivo para incrementar la endurecibilidad de una chapa de acero y para asegurar de manera estable su resistencia mecánica después de su templado, por lo que puede estar contenido de manera activa. Sin embargo, aun cuando el contenido de Al es superior al 0,5%, el efecto se satura, y se ocasiona un incremento en los costos. Por ello, el límite superior del contenido de Al es del 0,5%. Al sol. indica Al soluble en ácido, y el contenido de Al sol. no incluye el contenido de Al contenido en Al_2O_3 y similar que no se disuelve en un ácido.

(5) Cr: de 0,05% a 1,00%

65 Cr es un elemento que incrementa la endurecibilidad del acero. Además, Cr es un formador de austenita, por lo que suprime la transformación ferrítica inducida por la deformación durante la conformación bajo elevada deformación, con lo cual facilita la obtención de una distribución estable de la dureza de un miembro después de la conformación en caliente. Sin embargo, cuando el contenido de Cr es inferior al 0,05%, puede haber un caso en el que no sea

posible obtener en grado suficiente el efecto arriba descrito. Por ello, el límite inferior del contenido del Cr es del 0,05%. El límite inferior preferible del contenido del cromo es del 0,1%, y el límite inferior más preferible es del 0,2%. Por otra parte, cuando el contenido de Cr es superior al 1,00%, el Cr se concentra en carburos en el acero. Como resultado de ello, cuando se proporciona el acero en la conformación en caliente, la solubilización de los carburos durante un proceso de calentamiento se retarda, y se reduce la endurecibilidad. Por lo tanto, el límite superior del contenido de Cr es del 1,00%. El límite superior preferible del contenido de Cr es del 0,8%.

(6) B: del 0,0005% al 0,01%

B es un elemento efectivo para incrementar la endurecibilidad del acero y para asegurar establemente su resistencia mecánica después de su templado. Cuando el contenido de boro es inferior al 0,0005%, puede darse el caso de que el efecto arriba mencionado no se obtenga en un grado suficiente. Por lo tanto, el límite inferior del contenido de B es del 0,0005%. Por otra parte, cuando el contenido de boro es superior al 0,01 %, el efecto se satura, y se causa un deterioro en la tenacidad de una porción templada. Por ello, el límite superior preferible del contenido de B es del 0,005%.

(7) P: 0,0002 al 0,1%

P es un elemento que generalmente está contenido como una impureza. Sin embargo, el P tiene la acción de aumentar la capacidad de endurecimiento del acero y de asegurar establemente la resistencia del acero después del templado, y por lo tanto puede estar contenido activamente. Sin embargo, cuando el contenido de P es superior al 0,1%, la tenacidad se deteriora significativamente. En consecuencia, el contenido de P se limita al 0,1%. El límite superior preferible del contenido de P es del 0,05%. No es necesario que el límite inferior de P tenga una limitación particular, pero una reducción excesiva en el contenido de P es causa de un aumento significativo en el costo. Por lo tanto, el límite inferior del contenido de P es del 0,0002%.

(8) S: del 0,0002% al 0,0035%

S es un elemento que está contenido como una impureza. Además, en particular, el S forma MnS y, por lo tanto, es un factor principal en la reducción de la tenacidad y de la anisotropía de tenacidad. Cuando el contenido de S es superior al 0,0035%, el deterioro de la tenacidad se vuelve significativo y, por lo tanto, el contenido de S se limita al 0,0035%. El límite inferior del contenido de S no necesita estar particularmente limitado, pero una reducción excesiva en el contenido de S es causa de un aumento significativo en el costo. Por lo tanto, el límite inferior del contenido de S es del 0,0002%.

(9) N: del 0,0002% al 0,01%

N es un elemento que está contenido como una impureza. Cuando el contenido de N es superior al 0,01%, se forman nitruros gruesos en el acero y la deformabilidad y tenacidad locales se deterioran significativamente. En consecuencia, el contenido de N se limita al 0,01%. El límite inferior del contenido de N no ha tener una imitación particular, pero una reducción excesiva en el contenido de N provoca un aumento significativo en el costo. Por lo tanto, el límite inferior del contenido de N es del 0,0002%. El límite inferior preferible del contenido de N es del 0,0008% o superior.

Además de los elementos mencionados en lo que precede, la chapa de acero de acuerdo con esta realización puede contener elementos arbitrarios descritos a continuación. Tales elementos no están necesariamente contenidos en la chapa. Por lo tanto, los límites inferiores de las cantidades de los mismos no están particularmente limitados, y los límites inferiores de los mismos son del 0%.

(10) Ni: 0,15 % o menos; Cu: 0,05% o menos

Ni y Cu son elementos efectivos para aumentar la capacidad de endurecimiento del acero y para asegurar la resistencia de manera estable después del templado. Por lo tanto, uno o dos de estos elementos pueden estar contenidos. Sin embargo, incluso cuando se halla contenida una cantidad de cualquiera de ellos en un nivel superior al límite superior, el efecto descrito anteriormente se satura lo que es desventajoso en términos de costo. En consecuencia, la cantidad de cada uno de los elementos se establece como se describió en lo que precede. Es preferible que el contenido de Ni sea del 0,10% o menos, y que el contenido de Cu sea del 0,03% o menos. Para obtener de manera más confiable el efecto descrito anteriormente, es preferible que estén contenidos uno o dos seleccionados del grupo que consiste en Ni: 0,02% o más y en Cu: 0,003% o más.

(11) Ti: de 0,1% o menos; Nb: de 0,2 o menos

Ti y Nb son elementos que suprimen la recristalización y que suprimen aún más el crecimiento de los granos mediante la formación de carburos finos, formándose así finos granos de austenita cuando se calienta una chapa de acero a un punto A_{c3} o superior y se proporciona para la conformación en caliente. Cuando se forman granos finos de austenita, la tenacidad de un miembro formado en caliente se mejora significativamente. Además, el Ti se une principalmente al N en el acero para generar TiN y, por lo tanto, se suprime el consumo de B debido a la precipitación del BN. Como resultado, al incluirse Ti, se puede aumentar la capacidad de endurecimiento a través del B. Para obtener el efecto arriba descrito, uno o dos de los elementos pueden estar contenidos. Cuando se contiene una cantidad de cualquiera de los elementos superior al límite superior, la cantidad de precipitación de TiC o NbC aumenta y, por lo tanto, se consume C, por lo tanto, puede haber un caso en el que se reduzca la resistencia después del templado. Por lo tanto, la cantidad de cada uno de los elementos se establece como se describió

anteriormente. Es preferible que el límite superior del contenido del Ti sea del 0,08%, y que límite superior del contenido de Nb sea del 0,15%. Además, para obtener de manera más confiable el efecto descrito anteriormente, es preferible que estén contenidos uno o dos seleccionados del grupo que consiste en Ti: 0,005% o más y Nb: 0,005% o más.

5 El resto que excluye los componentes descritos anteriormente incluye Fe y una impureza. La impureza indica una materia prima, como mineral o chatarra, o un material incorporado de un entorno de fabricación.

10 La chapa de acero según la presente invención puede ser cualquiera de entre una chapa de acero laminada en caliente y una chapa de acero laminada en frío, y puede ser una chapa de acero laminada en caliente recocida o una chapa de acero laminada en frío recocida que se obtiene efectuando el recocido sobre la chapa de acero laminada en caliente o sobre la chapa de acero laminada en frío.

15 2. Estructura metálica

(1) Limpieza: del 0,003% al 0,08%

La limpieza en esta realización se define como la suma de las cantidades de inclusiones de la serie A, serie B y serie C contenidas en una chapa de acero, que se obtienen mediante un cálculo aritmético especificado en JIS G 0555. Cuando las cantidades de inclusiones aumentan, la propagación de grietas se produce fácilmente, lo que resulta en el deterioro de la tenacidad y en un aumento en el grado de anisotropía en la tenacidad. Por lo tanto, el límite superior de la limpieza es del 0,08%. El límite superior preferible de los mismos es del 0,04%. En la chapa de acero de acuerdo con esta realización, MnS, que es la inclusión de la serie A, es un factor principal de deterioro del grado de anisotropía en la tenacidad. Por lo tanto, en particular, la cantidad de inclusión de la serie A es preferiblemente del 0,06% o menos. Es más preferible que la cantidad de inclusión de la serie A sea de 0,03 % o menos.

25 Además, es preferible que la limpieza sea la baja posible. Sin embargo, desde el punto de vista de los costos, el límite inferior del mismo es del 0,003% o preferiblemente del 0,005%.

(2) Grado de segregación α de Mn: de 1,03 a 1,6

30 Es probable que Mn se separe en la proximidad de una parte central del espesor de una chapa de acero durante la fundición. En caso de que la segregación central se produzca de manera significativa, las inclusiones, como las de MnS, se concentran en una porción segregada, lo que resulta en una reducción de la tenacidad y en un aumento en el grado de anisotropía en la tenacidad. Además, la martensita generada en la porción segregada durante el templado es dura y, por lo tanto, la tenacidad se deteriora. Además, debido a la interacción entre Mn y P, la segregación de P también aumenta en grado en la porción segregada de Mn, lo que también causa el deterioro de la tenacidad. Por lo tanto, un grado de segregación de Mn α , expresado por la siguiente expresión 1, es de 1,6 o menos. El grado de segregación de Mn α es, con preferencia, de aproximadamente 1,0 (es decir, la segregación no ocurre). Sin embargo, desde el punto de vista de los costos, el límite inferior de la misma es de 1,03 o preferiblemente de 1,05.

40 $\alpha = (\text{la máxima concentración de Mn en \% en masa en una porción central de espesor de la chapa de acero}) / (\text{una concentración promedio de Mn (en \% en masa) en una posición a una profundidad de } \frac{1}{4} \text{ de un espesor de chapa a partir de una superficie de la chapa de acero}) \dots (\text{expresión 1})$

(3) Capa de revestimiento

45 Puede formarse una capa de revestimiento sobre la superficie de la chapa de acero para conformación en caliente según la presente invención con el fin de mejorar la resistencia a la corrosión y similares, y obtener una chapa de acero tratada en la superficie. Incluso cuando se proporciona la capa recubierta, el efecto de esta realización no se reduce. La capa recubierta puede ser una capa aplicada por electrorrevestimiento, o puede ser una capa aplicada por revestimiento en caliente. Como la capa de revestimiento eléctrico, se puede ejemplificar una capa recubierta de zinc electrolítico, una capa recubierta de aleación de Zn-Ni electrolítica, y similares. Como capa recubierta por inmersión en caliente, una capa galvanizada por inmersión en caliente, una capa galvanizada, una capa recubierta de aluminio por inmersión en caliente, una capa recubierta de aleación Zn-Al por inmersión en caliente, una aleación por inmersión en caliente Zn-Al-Mg la capa recubierta, una capa recubierta de aleación de Zn-Al-Mg-Si por inmersión en caliente, y similares, pueden ser ejemplificadas. Una cantidad recubierta no está particularmente limitada, y puede estar en un intervalo general.

4. Método de fabricación

60 A continuación se describe un método representativo para fabricar la chapa de acero para su conformación en caliente de acuerdo con la presente invención. Mediante la utilización del método de fabricación que incluye los procesos siguientes, es posible obtener fácilmente la chapa de acero de acuerdo con esta realización.

(1) Proceso de colada continua (S1)

65 Una cantidad de acero fundido que tiene la composición química anteriormente descrita es colada de manera de obtener un planchón mediante una colada continua. En este proceso de colada continua, es preferible que la temperatura del acero fundido sea superior a una temperatura de líquido en 5° C o más, siendo la cantidad de acero vertida por unidad de tiempo de 6 ton/min o menos, y se lleva a cabo un tratamiento de reducción de segregación de

centro antes de que se solidifique por completo una pieza colada.

5 Cuando la cantidad del acero fundido que se está vertiendo por unidad de tiempo (velocidad de vertido) del acero fundido durante la colada continua es mayor que 6 ton/min, el acero fundido en un molde fluye rápidamente, y por lo tanto las inclusiones son fácilmente atrapadas y aumenta la cantidad de las inclusiones en el planchón. Cuando la temperatura del acero fundido es superior a la temperatura del líquido en menos de 5° C, la viscosidad aumenta, y por lo tanto es menos probable que las inclusiones floten. Por ello, la cantidad de inclusiones en el acero aumenta, y la limpieza se deteriora (el valor de la limpieza aumenta). Cuando el acero fundido es colado de manera continua, es más preferible que la temperatura del acero fundido sea superior a la temperatura del líquido en 8° C o más, y que la cantidad vertida sea de 5 ton/min o menos.

10 Como tratamiento para la reducción de la segregación del centro, por ejemplo, mediante la realización de una agitación electromagnética o de una reducción de la capa no solidificada sobre una capa no solidificada antes de que se solidifique por completo la pieza colada, es posible llevar a cabo un alivio o extracción de una porción concentrada.

15 (2) Proceso de tratamiento para la homogeneización del planchón (S2)
 Como un tratamiento para la reducción de la segregación después de que el planchón se haya solidificado por completo, es posible llevar a cabo adicionalmente un tratamiento de homogeneización del planchón consistente de calentar el planchón de 1150° C a 1350° C y manteniendo el resultante durante de 10 horas a 50 horas. Mediante la realización del tratamiento de homogeneización del planchón en las condiciones mencionadas, es posible reducir más el grado de segregación. Además, el límite superior preferible de la temperatura de calentamiento es de 1300° C, y el límite superior preferible del tiempo de retención es de 30 horas.

20 (3) Proceso de laminación en caliente (S3), proceso de enfriamiento (S4), y proceso de arrollamiento (S5)
 El planchón obtenido llevando a cabo el proceso de colada continua arriba descrito y el proceso de tratamiento para la homogeneización del planchón en la medida de lo necesario, se calienta de 1050° C a 1350° C, y después se lo lamina obteniendo una chapa de acero. La chapa de acero laminado en caliente se mantiene en el intervalo de temperaturas mencionado durante de 5 segundos a 20 segundos. Después de haber sido mantenido, la chapa de acero se enfría en un intervalo de temperaturas de 400° C a 700° C mediante enfriamiento con agua. Seguidamente la chapa de acero enfriada es enrollada.

25 Puede haber un caso en el que planchón contiene inclusiones no metálicas que son una causa de deterioro de la tenacidad y de deformabilidad local de un miembro después de haberse llevado a cabo el templado sobre la chapa de acero. Por ello, cuando el planchón se proporciona para su laminación en caliente, es preferible que tales inclusiones no metálicas estén suficientemente solubilizadas. En cuanto al planchón que tiene la composición química arriba descrita, mediante el calentamiento del planchón a 1050° C o a una temperatura superior para ser proporcionado a la laminación en caliente, se acelera la solubilización de las inclusiones no metálicas. Por lo tanto, es preferible que la temperatura del planchón proporcionado para su laminación en caliente sea de 1050° C o superior. Además, la temperatura del planchón proporcionado para su laminación en caliente puede ser de 1050° C o superior, y el planchón que tiene una temperatura inferior a 1050° C puede ser calentado a 1050° C o superior.

30 En caso de que la transformación obtenida a partir de la austenita elaborada se permita después de terminado la laminación, subsiste una textura laminada, que causa una anisotropía del producto final. Por ello, a efectos de permitir que tenga lugar la transformación a partir de la austenita recristalizada, es preferible que la chapa de acero, después de haber sido laminada sea mantenida durante 5 segundos o más en el intervalo de temperaturas anteriormente indicado. Para mantener la chapa de acero durante cinco segundos o más en la línea de fabricación, es posible transportar la chapa de acero sin ser refrigerada por agua a una zona de refrigeración una vez terminada la laminación.

35 Mediante el ajuste de una temperatura de arrollamiento a 400° C o superior, es posible incrementar una relación de áreas de ferrita en la estructura de metal. Cuando la relación entre las áreas de ferrita es elevada, la resistencia de la chapa de acero laminada en caliente se suprime, y por lo tanto el control de la carga, el control del aplanamiento de la chapa de acero, y el control del espesor de la chapa, se facilitan durante la laminación en frío en un proceso subsiguiente, resultando un incremento en la eficiencia de la fabricación. Por ello, es preferible que la temperatura de arrollamiento sea de 400° C o superior.

40 Por otra parte, mediante el ajuste de la temperatura de arrollamiento a 700° C o menos, se suprime el desarrollo de la laminilla después del arrollamiento, y por lo tanto se suprime la generación de defectos de laminilla. Además, la deformación de un arrollamiento debido a su peso después del arrollamiento se suprime, y la generación de rasguños sobre la superficie del arrollamiento debido a la deformación puede suprimirse. Por ello, la temperatura de arrollamiento es preferiblemente de 700° C o menos. La deformación es causada por la expansión volumétrica debida a la transformación ferrítica y subsiguiente contracción térmica, y la desaparición de la tensión de arrollamiento en el arrollamiento en un caso en que subsista austenita no transformada después del arrollamiento y la austenita no transformada se transforma en ferrita después del arrollamiento.

(4) Proceso de decapado (S6)

El decapado puede llevarse a cabo sobre la chapa después del proceso de arrollamiento. El decapado puede llevarse a cabo de acuerdo con un método de rutina. Antes o después del decapado, a efectos de asegurar la corrección de la calidad de plano o la exfoliación de las laminillas, puede efectuarse una laminación de pasada de piel, y esto no influye sobre el efecto de esta realización. Un coeficiente de elongación en un caso de llevar a cabo una laminación de pasada de piel no ha de presentar limitaciones particulares, y por ejemplo, puede ser superior o inferior al 3,0%.

(5) Proceso de laminación en frío (S7)

La laminación en frío puede llevarse a cabo sobre la chapa de acero decapada obtenida mediante el proceso de decapado, de acuerdo con la necesidad.

Es posible llevar a cabo un método de laminación en frío de acuerdo con un método rutinario. La reducción de laminación de la laminación en frío puede estar en un intervalo típico, y por lo general es del 30 al 80%

(6) Proceso de recocido (S8)

El recocido a una temperatura de 700 a 950° C puede llevarse a cabo sobre la chapa de acero laminada en caliente obtenida mediante el proceso de arrollamiento (S5) o mediante la chapa de acero laminada en frío obtenida mediante el proceso de laminación en frío (S7), en función de la necesidad.

Por el hecho de llevar a cabo el recocido en el mantenimiento de la chapa de acero laminada en caliente y de la chapa de acero laminado en frío dentro de un intervalo de temperaturas de 700° C o superior, es posible reducir el efecto de las condiciones de laminación en caliente, y, por lo tanto, es posible lograr una mayor estabilización de las propiedades después del templado. Además, en cuanto a la chapa de acero laminado en frío, la chapa de acero puede ablandarse por recristalización, y, por lo tanto, es posible mejorar la procesabilidad de la conformación en caliente. Por ello, en el caso de llevarse a cabo el recocido sobre la chapa de acero laminado en caliente o sobre la chapa de acero laminada en frío, es preferible que la chapa de acero sea mantenida dentro de un intervalo de temperaturas de 700° C o superior.

Por otra parte, mediante el ajuste de la temperatura de recocido a un valor de 950° C o menos, es posible suprimir el costo necesario para el recocido, y puede asegurarse una elevada productividad. Además, dado que el engrosamiento de la estructura puede suprimirse, es posible lograr una mejor tenacidad después del templado. Por ello, en el caso de llevarse a cabo el recocido sobre la chapa de acero laminada en caliente o sobre la chapa de acero laminada en frío, es preferible que la chapa de acero sea mantenida dentro de un intervalo de temperaturas de 950° C o menos.

El enfriamiento a 550° C después del recocido en el caso de realzar el recocido se lleva preferiblemente a cabo con un gradiente de enfriamiento promedio de 3° C/s a 20° C/s. Mediante el ajuste del gradiente de enfriamiento promedio a 3° C/s o superior, es posible suprimir la generación de perlita grosera o de cementita grosera, y, por lo tanto, es posible mejorar las propiedades después del templado. Además, mediante el ajuste del gradiente de diámetro promedio a 20° C/s o menos, se logra fácilmente estabilizar el material.

(7) Proceso de revestimiento (S9)

En un caso en el que se forma una capa de revestimiento sobre la superficie de la chapa de acero para obtener una chapa de acero revestida, es posible llevar a cabo un revestimiento eléctrico o un revestimiento por inmersión en caliente de acuerdo con un método rutinario. En el caso de la galvanización por inmersión en caliente, puede utilizarse una instalación industrial de galvanización continua por inmersión en caliente y puede llevarse a cabo el proceso del recocido y un subsiguiente tratamiento de revestimiento puede llevarse a cabo en la instalación industrial. En caso contrario, el tratamiento de revestimiento puede realizarse independientemente con respecto al proceso de recocido. Además es posible llevar a cabo un tratamiento de aleación además de la galvanización por inmersión en caliente para la galvanización. En caso de efectuar el tratamiento de aleación, es preferible que la temperatura para el tratamiento de aleación sea de 480° C a 600° C. Mediante el ajuste de la temperatura del tratamiento con la aleación en un valor de 480° C o superior, es posible suprimir las faltas de uniformidad en el tratamiento con la aleación. Mediante el ajuste de la temperatura del tratamiento con la aleación en un valor de 600° C o menos, es posible suprimir los costos de fabricación, y puede asegurarse una elevada productividad. En caso de ser necesario, después de la galvanización por inmersión en caliente, es posible llevar a cabo la laminación por pasada de piel para corregir la condición de plano. El coeficiente de elongación de la laminación de pasada de piel puede seguir un método rutinario.

La cantidad de inclusiones y el grado de segregación en la chapa de acero están principalmente determinados por los procesos que intervienen en la laminación en caliente y no cambian sustancialmente ni antes ni después de la conformación en caliente. Por lo tanto, cuando la composición química, la cantidad de inclusiones (grado de limpieza), y el grado de segregación de la chapa de acero antes de la conformación en caliente satisfacen los intervalos de esta realización, un miembro prensado en caliente fabricado mediante el prensado en caliente llevado a cabo a continuación también satisface los intervalos de esta realización.

Ejemplos

Unos aceros que tienen las composiciones químicas que se muestran en la Tabla 1 se fundieron en un convertidor para un ensayo, y se llevó a cabo una colada continua en una máquina de colada continua para una prueba. Como se muestra en la Tabla 2, en el proceso de colada continua, la velocidad de vertido y la diferencia de temperaturas de calentamiento del acero fundido (temperatura del acero fundido - temperatura del líquido) se modificaron de manera diversa durante la colada. Además, en un procedimiento de solidificación de planchones, se realizó una agitación electromagnética. Además, en una porción de planchón solidificada final, la extracción de una porción central segregada se realizó mediante una reducción de capa no consolidada (extrusión) en la que se estrechó el intervalo entre un par de rodillos superior e inferior en la máquina de colada continua. Para comparación, se produjeron parcialmente planchones sobre los que no se realizó una agitación y/o extrusión electromagnéticas (tratamiento de reducción de la segregación central). Posteriormente, se realizó un tratamiento de homogeneización de planchones a 1300° C durante 20 horas. El tratamiento de homogeneización de planchones se omitió para algunos planchones. Al utilizarse los planchones producidas como se describió anteriormente, se realizó la laminación en caliente, y luego los resultantes se enfriaron y arrollaron para obtener chapas de acero laminadas en caliente con un espesor de chapa de 5,0 mm o de 2,9 mm. En cuanto a las condiciones de laminación en caliente en este momento, la temperatura de calentamiento de los planchones fue de 1250° C, la temperatura de inicio de la laminación fue de 1150° C, la temperatura del acabado de laminación fue de 900° C y la temperatura de arrollamiento fue de 650° C. La laminación en caliente se realizó a través de una laminación de varias pasadas y la retención durante 10 segundos se realizó después de terminar la laminación. El enfriamiento después de la laminación en caliente se realizó mediante enfriamiento con agua. Para comparación, partes de las mismas no fueron sometidas a la retención.

Además, en cuanto a los coeficientes de vertido, una magnitud de una instalación de producción real es diferente de la de la máquina de colada continua para un ensayo utilizado en este ejemplo. Por ello, en la Tabla 2, teniendo en cuenta los factores de tamaño, se describe un valor que se convierte en la velocidad de colada en la instalación de producción real. Además, la diferencia de temperaturas del calentamiento del acero fundido en la Tabla 2 es un valor obtenido restando una temperatura de líquido de una temperatura del acero fundido.

Las chapas de acero laminadas en caliente obtenidas fueron sometidas a un tratamiento de decapado de acuerdo con un método rutinario de manera de obtener chapas de acero decapadas. Las chapas de acero decapadas que tienen un espesor de chapa de 5,0 mm fueron sometidas a una laminación en frío a efectos de obtener chapas de acero laminadas en frío con un espesor de chapa de 2,9 mm. Partes de las chapas de acero laminadas en caliente fueron sometidas a un electrorrevestimiento. Partes de las chapas de acero laminadas en frío fueron sometidas a un recocido por recristalización (a una temperatura de recocido de 800° C para un tiempo de recocido de 60 segundos) en una instalación de recocido continuo, y partes de las partes fueron seguidamente sometidas a un recubrimiento electrolítico de zinc. Además, partes de las chapas de acero laminadas en caliente y de las chapas de acero laminadas en frío fueron sometida a recocido (a una temperatura de recocido de 800° C para un tiempo de recocido de 60 segundos) y a una galvanización por inmersión en caliente en una instalación de galvanizado de inmersión en caliente continua. La temperatura del baño de galvanización por inmersión en caliente era de 460° C, y partes de ellas fueron sometidas a un tratamiento de aleación a 540° C durante 20 segundos, con lo que se obtuvieron chapas de acero galvanizadas por inmersión en caliente y chapas de acero galvanizadas.

[Tabla 1]

(% en masa)														
Tipo de acero	C	Si	Mn	P	S	Al sol.	N	B	Cr	Ni	Cu	Ti	Nb	Temperatura del liquido (°C)
A	0,190	0,10	2,45	0,007	0,0015	0,040	0,0050	0,0030	0,47	-	-	0,06	-	1508
B	0,220	0,12	2,20	0,010	0,0025	0,040	0,0030	0,0008	0,21	-	-	0,09	0,02	1508
C	0,260	0,09	2,14	0,015	0,0020	0,008	0,0040	0,0050	0,40	0,05	-	-	-	1505
D	0,210	0,09	2,20	0,011	0,0018	0,026	0,0062	0,0022	0,20	-	-	0,03	-	1509
E	0,250	0,10	1,88	0,010	0,0020	0,020	0,0030	0,0011	0,30	0,01	-	0,01	0,02	1507
F	0,255	0,12	2,00	0,010	0,0080	0,030	0,0040	0,0022	0,25	-	-	-	-	1506
G	0,190	0,03	2,00	0,010	0,0020	0,010	0,0030	0,0030	0,80	-	0,04	-	-	1511
H	0,230	0,05	2,68	0,020	0,0020	0,020	0,0035	0,0025	0,85	-	-	-	-	1504
I	0,220	0,05	2,20	0,010	0,0023	0,100	0,0030	0,0010	0,50	-	-	0,02	-	1508
J	0,210	0,20	1,30	0,011	0,0026	0,026	0,0062	0,0022	0,20	-	-	0,03	-	1514
K	0,200	0,90	2,00	0,012	0,0020	0,042	0,0039	0,0010	0,28	-	-	-	-	1500
L	0,160	0,13	1,93	0,010	0,0050	0,038	0,0048	0,0015	0,02	-	-	-	-	1515
M	0,210	0,10	1,60	0,010	0,0020	0,038	0,0038	0,0010	0,22	-	-	0,03	-	1512
N	0,320	0,10	2,00	0,010	0,0028	0,025	0,0039	0,0015	0,22	-	-	0,02	-	1502
O	0,120	0,13	2,10	0,012	0,0026	0,040	0,0045	0,0020	0,25	-	-	0,04	-	1516
P	0,190	0,10	1,90	0,009	0,0023	0,035	0,0038	0,0018	0,02	-	-	0,03	-	1513
Q	0,210	0,14	5,00	0,020	0,0030	0,025	0,0030	0,0025	0,20	-	-	0,02	-	1492
R	0,220	0,12	2,10	0,015	0,0028	0,038	0,0042	0,0150	0,30	-	-	0,05	-	1508

[Tabla 2]

Ensayo N.º	Tipo de acero	Temperatura de calentamiento del acero fundido (°C)	Coefficiente de vertido (ton/min)	Agitación electromagnética	Extrusión	Tratamiento de homogeneización del planchón	Permanencia de pues de terminación	Limpieza (%)	Grado de segregación de Mn α	Nota
1	A	32	4,2	Presencia	Presencia	Presencia	Presencia	0,02	1,2	Ejemplo de la invención
2	A	32	4,2	Presencia	Presencia	Presencia	Ausencia	0,02	1,2	Ejemplo de la invención
3	B	32	5,5	Presencia	Presencia	Presencia	Presencia	0,03	1,2	Ejemplo de la invención
4	B	32	7,0	Presencia	Presencia	Presencia	Presencia	0,16	1,3	Ejemplo comparativo
5	C	35	2,3	Presencia	Presencia	Ausencia	Presencia	0,01	1,3	Ejemplo de la invención
6	C	35	2,3	Presencia	Presencia	Presencia	Presencia	0,01	1,1	Ejemplo de la invención
7	D	31	3,3	Presencia	Presencia	Presencia	Presencia	0,02	1,3	Ejemplo de la invención
8	D	31	3,3	Ausencia	Presencia	Presencia	Presencia	0,02	1,8	Ejemplo comparativo
9	E	33	2,5	Presencia	Presencia	Presencia	Presencia	0,01	1,2	Ejemplo de la invención
10	F	34	6,0	Presencia	Presencia	Presencia	Presencia	0,12	1,3	Ejemplo comparativo
11	G	30	3,0	Presencia	Presencia	Presencia	Presencia	0,02	1,3	Ejemplo de la invención

12	H	36	2,8	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Presencia	0,02	2,0	Ejemplo comparativo
13	H	36	2,8	Presencia	Presencia	Presencia	Presencia	0,02	1,2	Ejemplo de la invención
14	I	32	5,7	Presencia	Presencia	Presencia	Presencia	0,04	1,1	Ejemplo de la invención
15	I	2	5,7	Presencia	Presencia	Presencia	Presencia	0,17	1,3	Ejemplo comparativo
16	J	26	3,4	Presencia	Presencia	Presencia	Presencia	0,02	1,2	Ejemplo comparativo
17	K	40	4,8	Presencia	Presencia	Presencia	Presencia	0,03	1,3	Ejemplo comparativo
18	L	25	5,5	Presencia	Presencia	Presencia	Presencia	0,09	1,3	Ejemplo comparativo
19	M	28	2,5	Presencia	Presencia	Presencia	Presencia	0,01	1,1	Ejemplo comparativo
20	N	38	3,0	Presencia	Presencia	Presencia	Presencia	0,02	1,2	Ejemplo comparativo
21	O	24	5,5	Presencia	Presencia	Presencia	Presencia	0,03	1,1	Ejemplo comparativo
22	P	27	3,0	Presencia	Presencia	Presencia	Presencia	0,02	1,2	Ejemplo comparativo
23	Q	48	2,2	Presencia	Presencia	Presencia	Presencia	0,01	1,5	Ejemplo comparativo
24	R	32	5,2	Presencia	Presencia	Presencia	Presencia	0,03	1,2	Ejemplo comparativo

5 Se llevó a cabo una conformación de prensado en caliente sobre las chapas de acero fabricadas como muestras, para lo cual se utilizó un aparato de ensayo de prensado en caliente. Las chapas de acero sobre las cuales se efectuó un punzonado con un tamaño de 150 mm cuadrados y un orificio con un orificio pasante de 36 mm de diámetro (juego: 10%) fueron calentadas en un horno de calentamiento hasta que la superficie de la chapa de acero
10 había alcanzado una temperatura de 900° C, y se las mantuvo a dicha temperatura durante 4 minutos, y se las extrajo del horno de calentamiento. A continuación, las chapas de acero fueron enfriadas a 750° C mediante enfriamiento por aire, sometidas a formación de rebordes en caliente en el momento en que la temperatura había alcanzado los 750° C, mantenidas durante 1 min en el centro muerto inferior de la máquina de prensado. Las condiciones de formación de los rebordes son como sigue:

Forma de punzonado: cónica
Diámetro de punzonado: 60 mm
Velocidad de la prensa: 40 mm/s,

15 El enfriamiento después de la conformación se llevó a cabo enfriando la matriz, de manera tal que la chapa de acero se mantuvo durante un minuto en el centro muerto inferior.

20 En la sección transversal de la chapa de acero prensada en caliente que es paralela a la dirección de la laminación, se midieron mediante un medidor de dureza Vickers las durezas de una porción de formación de reborde (una porción formada con elevada deformación que había experimentado una deformación plástica del 20% o superior) y una porción de brida (una porción formada de baja deformación que había experimentado una cantidad de deformación plástica del 5% o menos) en las posiciones a un ¼ del espesor de la chapa en la sección transversal. La carga de medición era de 98 kN. Un método de medición se basaba en el documento JIS Z 2244. La medición de la dureza se llevó a cabo un total de cinco veces mientras se movía con un paso de 200 µm en la misma posición del
25 espesor. El valor promedio de los cinco valores de dureza Vickers obtenidos a partir de cada uno de los miembros se obtuvo como una dureza promedio (Hv). Se obtuvo la diferencia entre la dureza promedio de la porción de formación de rebordes y la dureza promedio de la porción de brida ($\Delta Hv = (\text{porción de brida Hv}) - (\text{proceso de formación de rebordes Hv})$) y se determinó que era aceptable un caso en el que ΔHv era de 40 o menos. Los resultados del examen de la dureza se muestran en Tabla 3.

30 Además, se obtuvo la magnitud de la deformación para lo cual se midió el espesor de la chapa en cada una de las posiciones de la chapa de acero trabajada y se calculó una cantidad de una reducción en el espesor de la chapa después del trabajo hecho a partir del espesor de la chapa antes del trabajo.

35 Por otra parte, sobre las chapas de acero manufacturadas como muestras, se llevó a cabo un examen de un valor de la tenacidad (valor absoluto de la tenacidad) y de la anisotropía de la tenacidad.

40 El examen se llevó a cabo de la siguiente manera. Primero se calentó la chapa de acero que tenía un espesor de chapa de 2,9 mm hasta que la temperatura de la superficie de la chapa de acero había llegado a los 900° C en el horno de calentamiento, se mantuvo durante 4 minutos a la temperatura, y después se extrajo del horno de calentamiento. A continuación se enfrió la chapa de acero a 750° C mediante refrigeración por aire, se interpuso entre las matrices de la placa plana en el momento cuando la temperatura había llegado los 750° C y se mantuvo durante un minuto. A continuación se molieron la superficie frontal y posterior de las muestras hasta un espesor de 2,5 mm. Se recolectaron unas muestras del ensayo del impacto de Charpy de manera tal que la dirección longitudinal de las muestras era la dirección de laminación y una dirección perpendicular con respecto a la laminación. En este momento, una entalladura era una entalladura en "V" a una profundidad de 2 mm. El ensayo de impacto se llevó a cabo sobre la base del documento JIS Z 2242 a temperatura ambiente como temperatura de ensayo. La relación entre un valor del impacto en la dirección de la laminación (energía absorbida/área en sección transversal) y un valor del impacto en la dirección perpendicular con respecto a la laminación se utilizó como índice de la anisotropía.
50

Los resultados se muestran en la Tabla 3. Como resultado del ensayo, cuando el valor del impacto en la dirección de laminación longitudinal era de 70 J/cm² o más, y la relación entre los valores del impacto fue del 0,65 o superior, se determinaron buenas propiedades.
55

La limpieza de la chapa de acero fue examinada sobre la base del documento JIS G 0555. Unas muestras fueron cortadas de la chapa de acero de cada uno de los números de ensayo en cinco puntos, y se examinó la limpieza de cada una de las posiciones en 1/8, 1/4, 1/2, 3/4 y 7/8 del espesor de la chapa, mediante un método para el conteo de puntos. Entre los resultados en cada una de las posiciones del espesor de la chapa, un valor provisto de una mayor limpieza se adoptó como la limpieza de la muestra. Entre los resultados en cada una de las porciones de espesor de la capa, se adoptó un valor provisto de la mayor limpieza como la limpieza de la muestra. La limpieza fue la suma de las inclusiones de la serie A, serie B y serie C.
60

65 El grado de segregación de Mn se obtuvo llevando a cabo el análisis de la superficie de los componentes de Mn para lo cual se utilizó un EPMA. Unas muestras fueron recortadas de la chapa de acero de cada una de los números de ensayo en cinco puntos; se midieron 10 campos visuales en cada una de las posiciones en 1/4 y 1/2 de los

espesores de chapa con una amplificación de 500 veces, y se utilizó el valor promedio de los grados de segregación de Mn de cada uno de los campos visuales.

[Tabla 3]

5

Ensayo N.º	Tipo de acero	Proceso	Tipo de revestimiento	Dureza			Valor de impacto en la dirección de laminación (J/cm ²)	Relación de valores de impacto	Nota
				Porción de brida	Porción de formación de rebordes	ΔHv			
1	A	Laminación en caliente	-	436	440	-4	110,9	0,785	Ejemplo de la invención
2	A	Laminación en caliente	-	440	438	2	101,5	0,727	Ejemplo de la invención
3	B	Laminación en frío y recocido	Galvanización inmersión en caliente	468	455	13	88,9	0,681	Ejemplo de la invención
4	B	Laminación en frío y recocido	Galvanización inmersión en caliente	467	450	17	<u>52,9</u>	<u>0,466</u>	Ejemplo comparativo
5	C	Laminación en caliente	Electrorrevestimiento	509	489	20	73,2	0,729	Ejemplo de la invención
6	C	Laminación en caliente	Electrorrevestimiento	507	483	24	78,2	0,769	Ejemplo de la invención
7	D	Laminación en caliente	Galvanización inmersión en caliente	459	438	21	89,5	0,725	Ejemplo de la invención
8	D	Laminación en caliente	Galvanización inmersión en caliente	456	440	16	79,0	<u>0,625</u>	Ejemplo comparativo
9	E	Laminación en frío	-	496	480	16	79,3	0,749	Ejemplo de la invención
10	F	Laminación en frío	-	503	470	33	<u>58,5</u>	<u>0,407</u>	Ejemplo comparativo
11	G	Laminación en frío y recocido	Electrorrevestimiento	438	428	10	106,6	0,714	Ejemplo de la invención
12	H	Laminación en frío y recocido	Galvanización inmersión en caliente	476	473	3	<u>66,9</u>	<u>0,574</u>	Ejemplo comparativo
13	H	Laminación en frío y recocido	galvanización inmersión en caliente	481	480	1	88,9	0,734	Ejemplo de la invención

14	I	Laminación en frío y recocido	-	470	471	-1	85,9	0,701	Ejemplo de la invención
15	I	Laminación en frío y recocido	-	467	462	5	<u>55,4</u>	<u>0,466</u>	Ejemplo comparativo
16	J	Laminación en caliente	-	456	395	61	99,0	0,688	Ejemplo comparativo
17	K	Laminación en caliente	Galvanización inmersión en caliente	447	392	55	99,6	0,699	Ejemplo comparativo
18	L	Laminación en frío		409	310	99	111,3	<u>0,511</u>	Ejemplo comparativo
19	M	Laminación en frío y recocido	Galvanización inmersión en caliente	458	417	41	101,0	0,769	Ejemplo comparativo
20	N	Laminación en frío y recocido	Galvanización inmersión en caliente	567	557	10	<u>37,9</u>	0,674	Ejemplo comparativo
21	O	Laminación en frío y recocido	-	366	322	44	136,0	0,693	Ejemplo comparativo
22	P	Laminación en frío y recocido	-	435	372	63	109,1	0,711	Ejemplo comparativo
23	Q	Laminación en frío y recocido	-	519	517	2	<u>62,0</u>	<u>0,615</u>	Ejemplo comparativo
24	R	Laminación en frío y recocido	-	463	432	31	<u>61,9</u>	0,659	Ejemplo comparativo

En la totalidad de los números de ensayo 16 a 19, 21 y 22, la duración promedio de la porción de formación de rebordes que era la porción deformada de elevada deformación estaba significativamente reducida en comparación con la dureza promedio de la porción de brida que era la porción deformada de baja deformación, y los valores de ΔH_v se incrementaron de 41 a 99. Esto se debe por cuanto la porción de formación de rebordes estaba ablandada por la transformación ferrítica, inducida por la deformación, causada por el trabajo de formación de rebordes. En este caso, el producto conformado en caliente, fabricado, la dureza era localmente diferente, por lo que la resistencia mecánica del producto conformado no era uniforme sino estaba parcialmente reducida. Por ello se redujo su fiabilidad como producto.

Además, en los números de ensayo 4, 8, 10, 12, 15, 18, 20, 23, y 24, las composiciones químicas, la limpieza o el grado de segregación estaban fuera de los intervalos de la presente invención, por lo que el valor del impacto en la dirección de laminación y/o la relación del valor del impacto eran insuficientes.

Contrariamente a esto, en la totalidad de las chapas de acero que tenían la composición química de la presente invención, independientemente de la presencia o ausencia del proceso de la laminación en frío y del recocido, o del tipo de revestimiento, el ΔH_v era de -4 a 24, la diferencia entre la dureza promedio de la porción de brida y la dureza promedio de la porción de formación de rebordes era pequeña, y la estabilidad de dureza y resistencia mecánica durante la conformación bajo elevada de formación era excelente.

Además, la tenacidad después de la laminación en caliente y la anisotropía de la tenacidad presentaron valores suficientes.

[Aplicabilidad industrial]

5 En la chapa de acero de la presente invención, aun en el caso en que se lleva a cabo una conformación en caliente acompañada de una conformación de elevada deformación, la transformación ferrítica inducida por la deformación en la porción formada se suprime. Por ello, es posible obtener una chapa de acero provista de una distribución estable de la dureza después de la conformación en caliente, excelente tenacidad y bajo anisotropía en tenacidad después de la conformación en caliente. La chapa de acero es adecuada para, por ejemplo, un material de un miembro estructural mecánico incluye un miembro estructural de un chasis, un miembro de chasis inferior, y similar de un vehículo, por lo que la presente invención es muy útil en los campos industriales.

10

REIVINDICACIONES

1. Una chapa de acero que tiene una composición química que consiste, en porcentaje en masa, en:

- 5 C: del 0,18% al 0,275%;
 Si: del 0,02% al 0,15%;
 Mn: del 1,85% al 2,75%;
 Al sol.: del 0,0002% al 0,5%;
 10 Cr: del 0,05% al 1,00%;
 B: del 0,0005% al 0,01%;
 P: del 0,0002% al 0,1%;
 S: del 0,0002% al 0,0035%;
 N: del 0,0002% al 0,01%;
 15 Ni: del 0% al 0,15%;
 Cu: del 0% al 0,05%;
 Ti: del 0% al 0,1%;
 Nb: del 0% al 0,2%; y

incluyendo el resto hierro e impurezas;

- 20 en donde una limpieza de una estructura de metal es del 0,003% al 0,08%, definiéndose la limpieza como la suma de las cantidades de Inclusiones de la serie A, serie B y serie C contenidas en la chapa de acero, que se obtienen mediante un cálculo aritmético especificado en el documento JIS G 0555,
 α , que es un grado de segregación de Mn expresado por la siguiente expresión 1 es de 1,03 a 1,6, y
 25 en la conformación en caliente, un ΔHv de diferencia en una dureza promedio después de la conformación en caliente entre una porción formada de baja deformación que experimenta una deformación plástica del 5% o menos y una porción formada de elevada deformación que experimenta una deformación plástica del 20% o más es de 40 o menos;

- 30
$$\alpha = \frac{\text{(una concentración máxima de Mn, en porcentaje en masa, en una porción central de espesor de la chapa de acero)}}{\text{(una concentración promedio de Mn, en porcentaje en masa, en una posición a una profundidad de 1/4 del espesor de una chapa medida desde una superficie de la chapa de acero) ... expresión 1.}}$$

2. La chapa de acero según la reivindicación 1, en donde la composición química además incluye, en lugar de una porción de Fe, en porcentaje de masa, uno o dos seleccionados del grupo que consiste en Ni: del 0,02% al 0,15%, y Cu: del 0,003% al 0,05%.

3. La chapa de acero según la reivindicación 1 ó 2, en donde la composición química además incluye, en lugar de una porción de Fe, en porcentaje de masa, uno o dos seleccionados del grupo que consiste en Ti: del 0,005% al 0,1%, y Nb: del 0,005% al 0,2%.

4. La chapa de acero según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, en donde la superficie de la chapa de acero incluye, además, una capa de revestimiento.