

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 698 572**

51 Int. Cl.:

C21D 8/04	(2006.01)	C25D 5/36	(2006.01)
B32B 15/01	(2006.01)	C22C 18/04	(2006.01)
C21D 6/00	(2006.01)	C22C 38/00	(2006.01)
C21D 8/02	(2006.01)	C22C 38/02	(2006.01)
C23C 2/02	(2006.01)	C22C 38/04	(2006.01)
C23C 2/06	(2006.01)	C22C 38/06	(2006.01)
C23C 2/16	(2006.01)	C22C 38/12	(2006.01)
C23C 2/26	(2006.01)	C22C 38/14	(2006.01)
C23C 2/28	(2006.01)	C23C 28/02	(2006.01)
C23C 2/40	(2006.01)	C21D 9/46	(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **19.12.2012 PCT/JP2012/082952**
- 87 Fecha y número de publicación internacional: **26.06.2014 WO14097430**
- 96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **19.12.2012 E 12890201 (2)**
- 97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **05.09.2018 EP 2896710**

54 Título: **Chapa de acero laminada en caliente y método para fabricar la misma**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
05.02.2019

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

72 Inventor/es:
TOYODA, TAKESHI;
TAKAHASHI, TAKEHIRO;
IMAI, TAKESHI y
YAMAMOTO, TAKESHI

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

ES 2 698 572 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 y método para fabricar la misma

5 [Campo técnico]

La presente invención se refiere a una chapa de acero laminada en caliente y a un método para fabricar la chapa de acero laminada en caliente. Más específicamente, la presente invención se refiere a una chapa de acero laminada en caliente que tiene excelente tenacidad a baja temperatura, excelente capacidad de expansión de orificio y una resistencia a la tracción de 900 MPa o más, y a un método para fabricar la chapa de acero laminada en caliente.

10

[Antecedentes de la técnica]

En los últimos años, para reducir el peso de la carrocería de un coche para aumentar el aprovechamiento de combustible de los automóviles, por ejemplo, se han usado chapas de acero de alta resistencia para piezas de suspensión. Además, puesto que la normativa sobre seguridad frente a colisiones se ha vuelto más férrea, existen necesidades de usar chapas de acero de alta resistencia también para piezas que tienen formas complejas, que se han producido a partir de chapas de acero de baja resistencia únicamente. Sin embargo, en general, a medida que la resistencia de la chapa de acero se vuelve mayor, disminuye la ductilidad de la misma y se degrada la conformabilidad. Por consiguiente, para usar la chapa de acero de alta resistencia para una pieza que tiene una forma compleja, es necesario fabricar una chapa de acero que tenga tanto alta conformabilidad como alta resistencia. En particular, puesto que una chapa de acero de alta resistencia laminada en caliente se somete a estirado-rebordeado para usarse para piezas de suspensión de automóviles, la capacidad de expansión de orificio embutido es importante como índice de resistencia y estirado-rebordeado. La capacidad de expansión de orificio embutido de una chapa de acero puede evaluarse mediante un método de evaluación regulado en la norma ISO 16630.

25

El documento de patente 1 da a conocer un método de realización de enfriamiento, inmediatamente después de la laminación final a una temperatura menor de "punto $Ar_3+100^\circ C$ ", a una velocidad de enfriamiento promedio de más de o igual a $400^\circ C/segundo$ hasta que la temperatura se vuelve de "punto $Ar_3-100^\circ C$ " para refinar granos de ferrita y obtener una textura en $\langle 111 \rangle$ resistente. Este método mejora la ductilidad y la propiedad de estirado-rebordeado, dando como resultado una mejora de la anisotropía de características mecánicas.

30

El documento de patente 2 suprime texturas de laminación y refina colonias que tienen las texturas de laminación aumentando la temperatura final de la laminación en caliente después de la adición de B. Además, realizando un enfriamiento brusco a una temperatura mayor de o igual a la menor temperatura de enfriamiento que se decide mediante la cantidad de B en una mesa de salida, se fomenta la recristalización de austenita, disminuye la resistencia de superficie en $\{110\}$ superficie de las texturas de laminación, y se suprime la expansión de inclusiones y granos cristalinos de ferrita. Por tanto, se propone un método que tiene variaciones de supresión y alta capacidad de expansión de orificio.

35

De manera similar, como técnica de aumento de la capacidad de expansión de orificio mientras se aumenta la resistencia de la chapa de acero, por ejemplo, el documento de patente 3 da a conocer una técnica de mejora del equilibrio entre la resistencia y la capacidad de expansión de orificio optimizando la fracción de una estructura de acero de ferrita, bainita o similar, y precipitados en la estructura de ferrita. Sin embargo, la técnica del documento de patente 3 no tiene un valor de expansión de orificio suficiente, y no tiene un equilibrio suficiente entre la resistencia y la capacidad de expansión de orificio. En cambio, el documento de patente 4 revela que la capacidad de expansión de orificio de la chapa de acero laminada en caliente puede mejorarse reduciendo la razón de intensidad aleatoria de rayos X en el plano $\{211\}$ que es paralelo a la superficie laminada usando V como elemento esencial. Además, el documento de patente 4 revela que como la temperatura de finalización de laminación final es mayor en el proceso de laminación en caliente, la razón de intensidad aleatoria de rayos X en el plano $\{211\}$ se reduce aún más. El documento de patente 5 se refiere a una plancha de acero laminada en caliente de alta resistencia que tiene una resistencia a la tracción de ≥ 590 MPa caracterizada porque la temperatura de transición dúctil-frágil es $\leq -50^\circ C$ y la razón de intensidad aleatoria de rayos X en una orientación $\{211\}\langle 011 \rangle$ paralela al plano de laminación y la dirección de laminación es $\leq 2,5$. El documento de patente 6 da a conocer una chapa de acero de alta resistencia laminada en caliente específica, en la que ferrita o bainita es la fase máxima en cuanto a volumen en porcentaje y un método de producción de la misma.

55

[Documento(s) de la técnica anterior]

[Documento(s) de patente]

60 [Documento de patente 1] Documento JP 2004-137565A

[Documento de patente 2] Documento JP 2009-24226A

[Documento de patente 3] Documento JP 2004-339606A

[Documento de patente 4] Documento JP 2010-90476A

[Documento de patente 5] Documento JP 2012-136773A

65 [Documento de patente 6] Documento EP 1 636 392 A

[Sumario de la Invención]

[Problema(s) que ha de resolver la Invención]

5 Sin embargo, en los últimos años, en cuanto a piezas de automóviles que van a usarse en áreas frías, por ejemplo, ha habido una mayor demanda de mejora en la anisotropía de características mecánicas y un aumento de la tenacidad a baja temperatura.

10 La presente invención tiene como objetivo proporcionar una chapa de acero de alta resistencia laminada en caliente que tiene excelente capacidad de expansión de orificio, excelente tenacidad a baja temperatura y una resistencia a la tracción de 900 MPa o más, y un método para fabricar la chapa de acero laminada en caliente.

Es decir, el sumario de la presente invención es el siguiente. [

15 [1] Una chapa de acero laminada en caliente que tiene una resistencia a la tracción de 900 MPa o más, consistiendo la chapa de acero laminada en caliente, en % en masa, en

C: más del 0,050% y menos del o igual al 0,10%,
 Si: más del o igual al 0,1% y menos del o igual al 2,0%,
 Mn: más del o igual al 1,0% y menos del o igual al 3,0%,
 20 P: menos del o igual al 0,1%,
 S: menos del o igual al 0,01%,
 Al: más del o igual al 0,005% y menos del o igual al 0,05%,
 N: menos del o igual al 0,01%,
 Ti: más del o igual al 0,10% y menos del o igual al 0,20%,
 25 Nb: más del o igual al 0% y menos del o igual al 0,06%,
 B: más del o igual al 0% y menos del o igual al 0,03%,
 Ca: más del o igual al 0% y menos del o igual al 0,005%, y
 el resto: Fe e impurezas,

30 en la que el tamaño de grano cristalino promedio es menor de o igual a 7,0 μm , y en la que la razón de intensidad aleatoria de rayos X en la orientación $\{211\} \langle 011 \rangle$ que es paralela a una superficie laminada y una dirección de laminación es menor de o igual a 2,5.

[2] La chapa de acero laminada en caliente según [1], que incluye uno o más seleccionados del grupo que consiste, % en masa, en

35 Nb: más del o igual al 0,001% y menos del o igual al 0,06%,
 B: más del o igual al 0,0005% y menos del o igual al 0,03%, y
 Ca: más del o igual al 0,0005% y menos del o igual al 0,005%.

[3] La chapa de acero laminada en caliente según [1] o [2], que incluye además:
 una capa de recubrimiento de Zn o una capa de recubrimiento de aleación de Fe-Zn sobre una superficie de la
 40 chapa de acero laminada en caliente.

[4] Un método para fabricar una chapa de acero laminada en caliente, incluyendo el método:

45 realizar laminación en caliente con un desbaste plano que tiene una composición química según [1] o [2] a una temperatura mayor de o igual a 1200° C y menor de o igual a 1350° C;

finalizar la laminación en caliente a una temperatura mayor de o igual a 960° C y menor de o igual a 1100° C;

en un plazo de 1,0 segundos después de la finalización de la laminación en caliente, iniciar el enfriamiento;

50 enfriar la chapa de acero laminada en caliente a una velocidad de enfriamiento promedio de más de o igual a 80° C/segundo y 1000° C/segundo o menos hasta que la temperatura se vuelva menor que la temperatura a la finalización de la laminación en caliente en de 50° C a 200° C; y

enrollar la chapa de acero laminada en caliente a una temperatura mayor de o igual a 400° C y menor de o igual a 600° C.

55 [5] El método para fabricar una chapa de acero laminada en caliente según [4], que incluye además:

después del enrollado, eliminar la cascarilla mediante limpieza con ácido y realizar recubrimiento de Zn para formar una capa de recubrimiento de Zn.

60 [6] El método para fabricar una chapa de acero laminada en caliente que tiene una resistencia a la tracción de 900 MPa o más, incluyendo el método: después del enrollado de la chapa de acero laminada en caliente fabricada mediante el método según [4], eliminar la cascarilla mediante limpieza con ácido;

calentar la chapa de acero laminada en caliente a una temperatura mayor de o igual a 500° C y menor de o igual a 650° C en una atmósfera reductora para activar una superficie de la chapa de acero laminada en caliente;

65 sumergir la chapa de acero laminada en caliente en un baño de Zn fundido a una temperatura de baño mayor de o igual a 430° C y menor de o igual a 490° C en un estado en el que la temperatura en el

momento de la inmersión es mayor de o igual a 420° C y menor de o igual a 500° C; y ajustar la cantidad depositada del recubrimiento de Zn mediante barrido con gas.

5 [7] El método para fabricar una chapa de acero laminada en caliente que tiene una resistencia a la tracción de 900 MPa o más, incluyendo el método:

después del enrollado de la chapa de acero laminada en caliente fabricada mediante el método según [4], eliminar la cascarilla mediante limpieza con ácido;
 10 recubrir la chapa de acero laminada en caliente con Ni en más de o igual a 0,05 g/m² y menos de o igual a 3 g/m² mediante electrólisis;
 calentar la chapa de acero laminada en caliente a una temperatura mayor de o igual a 420° C y menor de o igual a 500° C en una atmósfera reductora;
 15 sumergir la chapa de acero laminada en caliente en un baño de Zn fundido a una temperatura de baño mayor de o igual a 430° C y menor de o igual a 490° C; y
 ajustar la cantidad depositada del recubrimiento de Zn mediante barrido con gas.

[8] El método para fabricar una chapa de acero laminada en caliente según [6] o [7], que incluye además:

20 después del barrido con gas, calentar la chapa de acero laminada en caliente a una temperatura mayor de o igual a 500° C y menor de o igual a 650° C para formar una capa de recubrimiento de Fe-Zn.

[Efecto(s) de la Invención]

Según la presente invención, en una chapa de acero de alta resistencia laminada en caliente que tiene una resistencia a la tracción de 900 MPa o más, mediante la aleatorización de texturas de una chapa de acero aumentando la temperatura de laminación en caliente hasta una alta temperatura, la capacidad de expansión de orificio se mantiene favorablemente. Además, según la presente invención, iniciando un enfriamiento brusco en un plazo de 1,0 segundos después de la finalización de la laminación en caliente, se refinan los granos cristalinos y se logra una tenacidad a baja temperatura favorable.

30 [Modo(s) para llevar a cabo la Invención]

La presente invención tiene como objetivo una chapa de acero de alta resistencia laminada en caliente que tiene una resistencia a la tracción de 900 MPa o más. En lo que respecta a la chapa de acero de alta resistencia laminada en caliente, la presente invención tiene como objetivo además establecer tanto una alta capacidad de expansión de orificio como un estirado de tal manera que la relación entre la razón de expansión de orificio embutido (λ (%)) de una chapa de acero regulada en la norma ISO 16630 y la resistencia a la tracción (TS (MPa)) de la chapa de acero satisface $TS \times \lambda \geq 60000$ y la relación entre el estirado (EI (%)) de la chapa de acero y la resistencia a la tracción (TS (MPa)) satisface $TS \times EI \geq 14000$.

Para lograr la mejora de la capacidad de expansión de orificio de la chapa de acero de alta resistencia, tal como se muestra en el documento de patente 4, resulta eficaz reducir la razón de intensidad aleatoria de rayos X en el plano {211} que es paralelo a la superficie laminada. Sin embargo, como mecanismo para mejorar la capacidad de expansión de orificio, los presentes inventores han descubierto que es necesario reducir la razón de intensidad aleatoria de rayos X en el plano {211} que es paralelo a la superficie laminada, más estrictamente, la razón de intensidad aleatoria de rayos X en la orientación {211} <011> en la que la dirección de laminación se vuelve paralela a <011> en el plano {211}. Específicamente, en el objetivo de la presente invención, que es la chapa de acero de alta resistencia laminada en caliente que tiene una resistencia a la tracción de 900 MPa o más, estableciendo la razón de intensidad aleatoria de rayos X en menos de o igual a 2,5 en la orientación {211} <011>, se logra una capacidad de expansión de orificio favorable. Además, se obtiene la razón de intensidad aleatoria de rayos X fomentando la recristalización de austenita aumentando la temperatura de laminación en caliente final hasta mayor de o igual a 960° C en el proceso de laminación en caliente.

Sin embargo, como resultado del aumento de la temperatura de laminación en caliente final, aunque se mejora la capacidad de expansión de orificio, los granos cristalinos se vuelven gruesos y se degrada la tenacidad a baja temperatura. En general, el enfriamiento brusco de la chapa de acero después de la laminación en caliente hace que se refinan los granos cristalinos. Sin embargo, cuando la temperatura de laminación en caliente final es una alta temperatura, que es mayor de o igual a 960° C, el enfriamiento brusco de la chapa de acero mediante enfriamiento con agua habitual usando una mesa de salida (ROT, *run out table*) de una línea de laminación en caliente no ha logrado el refinado de los granos cristalinos de modo que se mejore la tenacidad a baja temperatura.

60 Según la presente invención, se ha resuelto este problema iniciando un enfriamiento brusco en un plazo de 1,0 segundos después de la finalización de la laminación en caliente final. Es decir, en la chapa de acero de alta resistencia laminada en caliente que tiene una resistencia a la tracción de 900 MPa o más, incluso cuando la temperatura de laminación en caliente final es una alta temperatura, que es mayor de o igual a 960° C, iniciando un enfriamiento brusco en un plazo de 1,0 segundos después de la finalización del final laminación en caliente, se refinan los granos cristalinos a menos de o igual a 7,0 μm . Por consiguiente, se vuelve posible mejorar la tenacidad a baja temperatura y establecer una temperatura de transición dúctil-frágil en menor de o igual a -40° C.

Se describirán a continuación detalles de la presente invención.

5 En primer lugar, se describirá la composición química de la chapa de acero según la presente invención. Obsérvese que % en la composición química significa % en masa.

10 Una chapa de acero laminada en caliente según la presente invención consiste, en % en masa, en C: más del 0,050% y menos del o igual al 0,10%, Si: más del o igual al 0,1% y menos del o igual al 2,0%, Mn: más del o igual al 1,0% y menos del o igual al 3,0%, P: menos del o igual al 0,1%, S: menos del o igual al 0,01%, Al: más del o igual al 0,005% y menos del o igual al 0,05%, N: menos del o igual al 0,01%, Ti: más del o igual al 0,10% y menos del o igual al 0,20%, Nb: más del o igual al 0% y menos del o igual al 0,06%, B: más del o igual al 0% y menos del o igual al 0,03%, Ca: más del o igual al 0% y menos del o igual al 0,005%, y el resto: Fe e impurezas.

15 El C es un elemento eficaz en el aumento de la resistencia. Si el contenido de C es de menos del o igual al 0,050%, será difícil asegurar la resistencia deseada. Por consiguiente, el contenido de C es de más del 0,050%, preferiblemente de más del o igual al 0,06%. Mientras tanto, si el contenido de C es de más del 0,10%, se producirán carburos de modo que se degradará la procesabilidad. Por consiguiente, el contenido de C es de menos del o igual al 0,10%.

20 El Si es necesario para una desoxidación preliminar y es eficaz en el aumento de la resistencia como elemento de potenciación de disolución. Si el contenido de Si es menos del 0,1%, será difícil asegurar la resistencia deseada. Por consiguiente, el contenido de Si es de más del o igual al 0,1%. Mientras tanto, si el contenido de Si es de más del 2,0%, el punto de transformación se volverá una temperatura excesivamente alta, de modo que será difícil suprimir texturas de laminación residuales antes de la recristalización de austenita, incluso cuando se aplica el siguiente método de fabricación. Por consiguiente, el contenido de Si es de menos del o igual al 2,0%.

30 El Mn es eficaz en el aumento de la resistencia como elemento de potenciación de disolución. Si el contenido de Mn es menos del 1,0%, será difícil asegurar la resistencia deseada. Por consiguiente, el contenido de Mn es de más del o igual al 1,0%. Además, en un caso en el que no se añade suficientemente un elemento distinto de Mn, tal como Ti, que suprime la generación de una grieta térmica debida a S, se desea establecer el contenido de Mn de modo que satisfaga $Mn/S > 20$ en % en masa. Mientras tanto, si el contenido de Mn es de más del 3,0%, puede generarse una grieta en un desbaste plano. Por consiguiente, el contenido de Mn es de menos del o igual al 3,0%.

35 El P es un elemento que está contenido habitualmente como impureza. Si el contenido de P supera el 0,1%, se verán afectadas adversamente la procesabilidad y la soldabilidad, y además, se degradarán las características de fatiga. Por consiguiente, el contenido de P es de menos del o igual al 0,1%. El contenido de P es preferiblemente de menos del o igual al 0,02% para usarse para una pieza de suspensión de un automóvil, que se forma de manera severa y requiere características de alta fatiga. En la presente invención, aunque el contenido de P puede ser del 0%, es difícil reducir el contenido de P hasta menos del 0,001% mediante el refinado habitual actual (incluyendo refinado secundario). Por consiguiente, el límite inferior puede ser del 0,001%.

45 El S es un elemento que está contenido como impureza. Si el contenido de S es de más del 0,01%, se formará una inclusión gruesa tal como MnS para degradar la conformabilidad. Por consiguiente, el contenido de S es de menos del o igual al 0,01%. Para que S pueda soportar la formación severa para usarse para una pieza que se somete a procesamiento severo, el contenido de S es preferiblemente de menos del o igual al 0,005%. En la presente invención, aunque el contenido de S puede ser del 0%, es difícil reducir el contenido de S hasta menos del 0,0005% mediante el refinado habitual actual (incluyendo refinado secundario). Por consiguiente, el límite inferior puede ser del 0,0005%.

50 El Al es necesario para la desoxidación de un acero fundido. Si el contenido de Al es menos del 0,005%, será difícil obtener los efectos de desoxidación. Por consiguiente, el contenido de Al es de más del o igual al 0,005%. Mientras tanto, si el contenido de Al es de más del 0,05%, el punto de transformación se volverá una temperatura excesivamente alta, de modo que será difícil suprimir texturas de laminación residuales antes de la recristalización de austenita, incluso cuando se aplica el siguiente método de fabricación. Por consiguiente, el contenido de Al es de menos del o igual al 0,05%.

60 El N es un elemento que está contenido como impureza. El N forma precipitados con Ti y Nb a una mayor temperatura de lo que lo hace C, para consumir estos elementos que aumentan la resistencia mediante la formación de precipitados al acoplarse con C. Además, el N forma BN al acoplarse con B que tiene la función de aumentar la tenacidad aumentando la resistencia de límite de grado en un estado disuelto. Por tanto, el N reduce Ti y B que son eficaces en la fijación del consumo y también forma nitruros de Ti que tienen un gran tamaño para aumentar las variaciones de la razón de expansión de orificio. Por consiguiente, se prefiere reducir el N tanto como sea posible, y un intervalo aceptable es de menos del o igual al 0,01%. El contenido de N es preferiblemente del 0,005%. En la presente invención, aunque el contenido de N puede ser del 0%, es difícil reducir el contenido de N hasta menos del 0,0005% mediante el refinado habitual actual (incluyendo refinado secundario). Por consiguiente, el límite inferior puede ser del 0,0005%.

- 5 El Ti es uno de los elementos más importantes en la presente invención. Es decir, el Ti no sólo contribuye a un aumento de la resistencia de la chapa de acero mediante endurecimiento por precipitación, sino que también destoxifica inclusiones extendidas tales como MnS mediante precipitación de TiS de modo que aumente la tenacidad a baja temperatura y la capacidad de expansión de orificio. Si el contenido de Ti es menos del 0,10%, se vuelve difícil asegurar la resistencia deseada. Por consiguiente, el contenido de Ti es de más del o igual al 0,10%. Mientras tanto, aunque el contenido de Ti es de más del 0,20%, se saturará el efecto de esta función y aumentará el coste de la aleación. Por consiguiente, el contenido de Ti es de menos del o igual al 0,20%.
- 10 La chapa de acero laminada en caliente según la presente invención puede incluir, además la composición de componentes básicos anterior, uno o más de Nb: del 0 al 0,06%, B: del 0 al 0,03%, y Ca: del 0 al 0,005% en % en masa.
- 15 Puesto que el Nb es un elemento que tiene la función de aumentar la resistencia de la chapa de acero mediante endurecimiento por precipitación, puede incluirse Nb. Sin embargo, aunque el contenido de Nb sea de más del 0,06%, se saturará este efecto. Por consiguiente, el contenido de Nb es de menos del o igual al 0,06%. Obsérvese que el contenido de Nb es preferiblemente de más del o igual al 0,001% para obtener el efecto de esta función con mayor seguridad.
- 20 Puesto que el B tiene la función de aumentar la resistencia de límite de grano y la tenacidad, puede incluirse B. Sin embargo, aunque el contenido de B sea de más del 0,03%, se saturará este efecto. Por consiguiente, el contenido de B es de menos del o igual al 0,03%, preferiblemente menos del o igual al 0,003%. Obsérvese que el contenido de B es preferiblemente de más del o igual al 0,0005% para obtener el efecto de esta función con mayor seguridad.
- 25 El Ca tiene la función de dispersar un gran número de óxidos finos en la desoxidación de acero fundido y de refinar la estructura. Además, el Ca tiene la función de aumentar la capacidad de expansión de orificio mediante la fijación de S en el acero como CaS esférico en la desulfuración del acero fundido y mediante la supresión de la generación de inclusiones extendidas tales como MnS. Por consiguiente, puede incluirse Ca. Sin embargo, aunque el contenido de Ca sea de más del 0,005%, se saturará este efecto. Por consiguiente, el contenido de Ca es de menos del o igual al 0,005%. Obsérvese que el contenido de Ca es preferiblemente de más del o igual al 0,0005% para obtener el efecto de esta función con mayor seguridad.
- 30 El resto es Fe e impurezas.
- 35 A continuación, se describirá la microestructura de la chapa de acero según la presente invención.
- 40 En la chapa de acero según la presente invención, es necesario que la razón de intensidad aleatoria de rayos X en la orientación $\{211\} \langle 011 \rangle$ que es paralela a la superficie laminada y la dirección de laminación sea menor de o igual a 2,5. La razón de intensidad aleatoria de rayos X significa un valor de una razón de la intensidad de difracción de rayos X (la intensidad de difracción de rayos X en la orientación $\{211\} \langle 011 \rangle$ que es paralela a la superficie laminada y la dirección de laminación) de una muestra de chapa de acero laminada en caliente que es un objetivo de medición, con respecto a la intensidad de difracción de rayos X de una muestra de polvo (muestra de polvo que no tiene agregación en la orientación específica) que tiene una distribución de orientaciones aleatoria en la medición de difracción de rayos X. La capacidad de expansión de orificio de la chapa de acero laminada en caliente se degrada más cuando la razón de intensidad aleatoria de rayos X en la orientación $\{211\} \langle 011 \rangle$ que es paralela a la superficie laminada y la dirección de laminación es mayor. Cuando la razón de intensidad aleatoria de rayos X es menor de o igual a 2,5, la relación entre la razón de expansión de orificio (λ (%)) regulada en la norma ISO 16630 y la resistencia a la tracción (TS (MPa)) de la chapa de acero satisface $TS\lambda \geq 60000$ y la relación entre el estirado (EI (%)) de la chapa de acero y la resistencia a la tracción (TS (MPa)) satisface $TSxEI \geq 14000$, de modo que se logran una alta capacidad de expansión de orificio y estirado.
- 45 Se obtiene la razón de intensidad aleatoria de rayos X midiendo la intensidad de difracción de rayos X en la orientación $\{211\} \langle 011 \rangle$ que es paralela a la superficie laminada y la dirección de laminación mediante un método con difractómetro usando un tubo de rayos X apropiado, por ejemplo, y comparando la intensidad de difracción de rayos X obtenida con la intensidad de difracción de rayos X de una muestra aleatoria (muestra de polvo). En un caso en el que la medición mediante difracción de rayos X es difícil, usando un patrón de difracción de electrones por retrodispersión (EBSD, *electron backscatter diffraction*), puede medirse una región en la que el intervalo de medición entre píxeles es de 1/5 o menos del tamaño de grano cristalino promedio y pueden medirse 5000 granos cristalinos o más, de modo que se mida una razón de intensidad aleatoria a partir de una distribución de función de distribución de orientaciones (FDO) o figuras de polos.
- 50 En la chapa de acero laminada en caliente, cuando la razón de intensidad aleatoria de rayos X en la orientación $\{211\} \langle 011 \rangle$ que es paralela a la superficie laminada y la dirección de laminación es mayor, la anisotropía de la chapa de acero se vuelve mayor. En particular, cuando la razón de deformación plástica (valor de r) en la dirección de laminación, la razón de deformación plástica (valor de r) en la dirección a 45° con respecto a la dirección de laminación, y la razón de deformación plástica (valor de r) en la dirección a 90° (dirección de anchura de la chapa)
- 55
- 60
- 65

- con respecto a la dirección de laminación se representan como r_0 , r_{45} y r_{90} , respectivamente, en el caso anterior, la diferencia entre r_0 y r_{45} y la diferencia entre r_0 y r_{90} se vuelven más grandes y r_{90} se vuelve mucho más pequeña. Por consiguiente, en el momento de la formación de expansión de orificio, la reducción del grosor de chapa se vuelve grande en una superficie de extremo en la dirección de laminación, que se somete a deformación por tracción en la dirección de anchura, y se genera una alta tensión en la superficie de extremo de modo que se genera y se propaga fácilmente una grieta. Por tanto, en un caso en el que la razón de intensidad aleatoria de rayos X en la orientación $\{211\} \langle 011 \rangle$ que es paralela a la superficie laminada y la dirección de laminación es alta, puede degradarse la razón de expansión de orificio.
- La chapa de acero según la presente invención tiene un tamaño de grano cristalino promedio de menos de o igual a $7,0 \mu\text{m}$. Mediante el refinado de los granos cristalinos de la chapa de acero y el establecimiento del tamaño de grano cristalino promedio en menos de o igual a $7,0 \mu\text{m}$, es posible establecer la temperatura de transición dúctil-frágil como menor de o igual a -40°C .
- El "tamaño de grano cristalino promedio" en la presente invención se define de la siguiente manera realizando un análisis usando el patrón de difracción de electrones por retrodispersión (EBSD) (análisis de orientación de los cristales con microscópico electrónico de barrido). En un caso en el que la diferencia de ángulo de orientación de los cristales entre píxeles adyacentes medidos usando el EBSD en una parte a una profundidad de $1/4$ del grosor de chapa es de 5° o más, el límite entre los píxeles se considera el límite de grano. Al definir el límite de grano de esta manera, se considera una región rodeada por los límites de grano como un grano cristalino. Entonces, se considera que el diámetro de un círculo que tiene la misma área que el área (el área de una parte rodeada por los límites de grano) de la parte que se considera como el grano cristalino, como el tamaño de grano cristalino. El "tamaño de grano cristalino promedio" es el promedio de los tamaños de grano cristalino, que se obtiene calculando el valor promedio usando un método de fracción de área.
- Obsérvese que, en el análisis mediante EBSD, por ejemplo, se mide la orientación de los cristales a una profundidad de menos de o igual a $0,5 \mu\text{m}$ a un aumento de 1500 veces, y se considera una posición en la que la diferencia de orientación entre puntos de medición adyacentes (píxeles) supera 5° como el límite (límite de grano) de los granos cristalinos. Además, la región rodeada por los límites de grano se considera el grano cristalino.
- El tamaño de grano cristalino promedio en la parte a la profundidad de $1/4$ del grosor de chapa se obtiene a partir del siguiente motivo. Estableciendo el tamaño de grano cristalino promedio en menos de o igual a $7,0 \mu\text{m}$ en tantos puntos como sea posible en el grosor, incluyendo la parte a la profundidad de $1/4$ del grosor de chapa, se aumenta adicionalmente la tenacidad a baja temperatura. Sin embargo, midiendo el tamaño de grano cristalino promedio en la parte a la profundidad de $1/4$ desde la superficie de la chapa de acero, puede obtenerse una propiedad material generalmente típica de toda la chapa de acero. Por consiguiente, la parte a la profundidad de $1/4$ del grosor de chapa se fija como el punto de medición.
- La chapa de acero según la presente invención puede incluir una capa de recubrimiento de Zn o una capa de recubrimiento de aleación de Fe-Zn sobre la superficie de la misma. La capa de recubrimiento de Zn puede formarse de Zn sustancialmente puro mediante electrólisis o puede contener del 0,1 al 0,5% en masa Al sumergiendo la chapa de acero en un baño de Zn fundido. La capa de recubrimiento de aleación de Fe-Zn puede contener del 7 al 15% en masa Fe sumergiendo la chapa de acero en un baño de Zn fundido y entonces calentando la chapa de acero de modo que difunda el Fe en la capa de recubrimiento.
- A continuación, se describirá el método para fabricar la chapa de acero laminada en caliente según la presente invención.
- En el momento de la laminación en caliente de un desbaste plano que tiene la composición química anterior según la presente invención, la temperatura del desbaste plano se establece como mayor de o igual a 1200°C y menor de o igual a 1350°C . Si la temperatura del desbaste plano que va a usarse para la laminación en caliente es menor de 1200°C , no se disolverán precipitados que contienen Ti y Nb en el desbaste plano suficientemente y se engrosarán, de modo que no se obtendrá la capacidad de endurecimiento por precipitación por los precipitados de Ti y Nb. Además, estos precipitados gruesos seguirán permaneciendo en la chapa de acero, de modo que se degradará la capacidad de expansión de orificio. Mientras tanto, para impedir que se engrose la estructura, la temperatura del desbaste plano usada para la laminación en caliente se establece como menor de o igual a 1350°C .
- Después de establecer la temperatura del desbaste plano como mayor de o igual a 1200°C y menor de o igual a 1350°C , se realiza la laminación en caliente. En la presente invención, para impedir que haya texturas de laminación residuales antes de la recristalización, las texturas de laminación que provocan que aumente la razón de intensidad aleatoria de rayos X en la orientación $\{211\} \langle 011 \rangle$, la laminación en caliente finaliza a una temperatura mayor de o igual a 960°C , preferiblemente mayor de o igual a 1000°C . Mientras tanto, para impedir el tamaño de grano cristalino promedio se vuelva de más de $7,0 \mu\text{m}$ mediante engrosamiento de la estructura, la laminación en caliente finaliza a una temperatura menor de o igual a 1100°C .

La razón de intensidad aleatoria de rayos X en la orientación $\{211\} \langle 011 \rangle$ se reduce más cuando la temperatura de finalización de la laminación en caliente en el proceso de laminación en caliente es mayor. La razón de intensidad aleatoria de rayos X en la orientación $\{211\} \langle 011 \rangle$ aumenta cuando se almacenan deformaciones debidas a la laminación en la chapa de acero sin generar recristalización después de la laminación en caliente. Por consiguiente, en un caso en el que la temperatura de finalización de la laminación en caliente es alta, se fomenta la recristalización después de la finalización de la laminación en caliente, y por consiguiente, puede reducirse la razón de intensidad aleatoria de rayos X en la orientación $\{211\} \langle 011 \rangle$.

Después de la finalización de la laminación en caliente, en un plazo de 1,0 segundos, se inicia un enfriamiento brusco. Se continúa con el enfriamiento brusco a una velocidad de enfriamiento promedio de $80^\circ \text{C/segundo}$ o más y $1000^\circ \text{C/segundo}$ o menos hasta que la temperatura se vuelve menor que la temperatura en el momento de la finalización de la laminación en caliente en de 50 a 200°C . En la presente invención, puesto que la temperatura de finalización de la laminación en caliente es alta, que es mayor de o igual a 960°C , si se inicia el enfriamiento brusco cuando transcurre un período de tiempo más largo de 1,0 segundos después de la finalización de la laminación en caliente, no se refinarán los granos cristalinos suficientemente. Al iniciar el enfriamiento brusco en un plazo de 1,0 segundos después de la finalización de la laminación en caliente, se refinan los granos cristalinos de modo que se mejora la tenacidad a baja temperatura.

En la presente invención, en un plazo de 1,0 segundos después de la finalización de la laminación en caliente, se inicia el enfriamiento brusco. Se continúa con este enfriamiento brusco a una velocidad de enfriamiento promedio de $80^\circ \text{C/segundo}$ o más y $1000^\circ \text{C/segundo}$ o menos hasta que la temperatura se vuelva menor que la temperatura de finalización de la laminación en caliente en de 50 a 200°C .

Si la velocidad de enfriamiento en este enfriamiento brusco es más lenta, la estructura después de la recristalización de austenita no puede congelarse, y crecerán los granos durante el enfriamiento. Cuando la velocidad de enfriamiento promedio es de $80^\circ \text{C/segundo}$ o más en el enfriamiento brusco, no surge tal problema. Además, si la temperatura de finalización del enfriamiento brusco es demasiado alta, la chapa de acero se verá sometida a altas temperaturas a las que pueden crecer los granos incluso después de finalizar el enfriamiento brusco, y por consiguiente, se formarán granos gruesos y se degradará la tenacidad. En cambio, si la temperatura de finalización del enfriamiento brusco es demasiado baja, la temperatura pasa por el punto de transformación rápidamente, y por consiguiente, se formará una fase dura y no puede obtenerse una excelente capacidad de expansión de orificio. Cuando la temperatura de finalización del enfriamiento brusco está en un intervalo en el que la temperatura es menor que la temperatura de finalización de la laminación en caliente en de 50 a 200°C , no surge tal problema.

Al iniciar el enfriamiento brusco de manera tan inmediata como sea posible después de la finalización de la laminación en caliente, puede suprimirse preferentemente el crecimiento de los granos cristalinos. Por otro lado, si se inicia el enfriamiento brusco cuando transcurre un determinado período de tiempo después de la finalización de la laminación en caliente, la orientación de los cristales está más aleatorizada por la recristalización. El tiempo de inicio del enfriamiento brusco puede decidirse según sea apropiado en un plazo de 1,0 segundos después de la finalización de la laminación en caliente, dependiendo de si se da prioridad a la supresión del crecimiento de los granos cristalinos o a la aleatorización de la orientación de los cristales.

Obsérvese que el enfriamiento brusco después de la finalización de la laminación en caliente se inicia de manera deseada después de que transcurra un período de tiempo de 0,01 segundos después de la finalización de la laminación en caliente para fomentar la aleatorización de la orientación de los cristales mediante recristalización. El enfriamiento brusco se inicia preferiblemente después de que transcurra un período de tiempo de 0,05 segundos, más preferiblemente 0,1 segundos, después de la finalización de la laminación en caliente.

Mediante la limitación del equipo, el límite superior real es de aproximadamente $1000^\circ \text{C/segundo}$.

Después de la finalización del enfriamiento brusco, se realiza enfriamiento usando la mesa de salida, y la chapa de acero se enrolla a una temperatura de chapa de acero de 400 a 600°C . El enfriamiento después de la finalización del enfriamiento brusco hasta el enrollado se realiza preferiblemente a, pero sin limitarse particularmente a, una velocidad de enfriamiento promedio de $20^\circ \text{C/segundo}$ o más.

En la presente invención, controlando la forma de los precipitados de Ti, se aumenta la resistencia. Estableciendo la temperatura de enrollado como menor de o igual a 600°C , se aumenta la resistencia. Obsérvese que una temperatura de enrollado demasiado baja no genera precipitados y no se aumenta la resistencia suficientemente. Por tanto, la temperatura de enrollado es mayor de o igual a 400°C .

En la presente invención, la capa de recubrimiento de Zn o la capa de recubrimiento de aleación de Fe-Zn puede formarse sobre la superficie de la chapa de acero mediante un método de recubrimiento conocido. Por ejemplo, para formar la capa de recubrimiento de Zn, después de enfriarse hasta temperatura ambiente la chapa de acero enrollada, puede realizarse limpieza con ácido para eliminar la cascarilla, y entonces puede realizarse el recubrimiento de Zn mediante electrólisis en un baño de sulfato. Alternativamente, puede realizarse el recubrimiento de Zn sumergiendo la chapa de acero en un baño de galvanización por inmersión en caliente que contiene del 0,1 al

0,5% en masa Al. La cantidad depositada de recubrimiento de Zn se ajusta mediante barrido con gas.

En un caso de formación de la capa de recubrimiento de Zn sumergiendo la chapa de acero en un baño de galvanización por inmersión en caliente, es necesario asegurar la humectabilidad del recubrimiento. Por tanto, en general, se calienta la chapa de acero de la que se elimina la cascarilla mediante limpieza con ácido, en una atmósfera reductora para activar la superficie, y entonces la chapa de acero se sumerge en el baño de galvanización por inmersión en caliente. En este caso, para realizar el recubrimiento de Zn mientras se mantiene la propiedad material de la chapa de acero, se realiza el calentamiento a menos de o igual a 650° C en una atmósfera reductora. Además, puesto que la temperatura de calentamiento menor de 500° C no puede asegurar una humectabilidad suficiente, el límite inferior del calentamiento en la atmósfera reductora es de 500° C.

Después de eliminarse la cascarilla mediante limpieza con ácido, en un caso de realización de recubrimiento de Ni mediante electrólisis, la chapa de acero se calienta en una atmósfera reductora hasta una temperatura próxima a la temperatura de baño de galvanización por inmersión en caliente y entonces se sumerge en el baño de galvanización por inmersión en caliente de modo que se asegure la humectabilidad. En este caso, si la cantidad de recubrimiento de Ni es de menos de 0,05 g/m², será difícil obtener suficiente humectabilidad. Además, si la cantidad de recubrimiento de Ni es de más del 3 g/m², se saturará el efecto de aumento de la humectabilidad. Por consiguiente, la cantidad de recubrimiento de Ni es preferiblemente de más de o igual a 0,05 g/m² y menos de o igual a 3 g/m².

Como en un caso sin recubrimiento de Ni, el calentamiento después del recubrimiento de Ni se realiza preferiblemente a una temperatura menor de o igual a 650° C porque el hecho de que la temperatura supere los 650° C impide que se mantenga la propiedad material del material de base. Si la temperatura de la chapa de acero es menor que el punto de fusión de Zn en el momento de la inmersión en el baño de galvanización por inmersión en caliente, la superficie del baño se solidificará instantáneamente, y no se obtendrá un aspecto uniforme. Por tanto, se prefiere que la temperatura de la chapa de acero sea mayor de o igual a 420° C en el caso de la inmersión en el baño de galvanización por inmersión en caliente. Además, si la chapa de acero se sumerge a temperaturas de más de 500° C, avanzará la reacción de formación de aleación en el baño de galvanización por inmersión en caliente, y disminuirá la adhesión del recubrimiento. Por tanto, se prefiere que la temperatura de la chapa de acero sea menor de o igual a 500° C en el instante de la inmersión.

Si la temperatura del baño de galvanización por inmersión en caliente es menor de 430° C, la temperatura es próxima al punto de fusión de Zn, de modo que una parte que esté expuesta al aire libre podría solidificar y se vuelve difícil una fabricación estable. Por consiguiente, la temperatura del baño de galvanización por inmersión en caliente es preferiblemente mayor de o igual a 430° C. Puesto que la chapa de acero se mantiene a la temperatura del baño de galvanización por inmersión en caliente mientras se sumerge en el baño de galvanización por inmersión en caliente, la temperatura del baño de recubrimiento tiene una mayor influencia sobre la formación de aleación en el baño que la temperatura de la chapa de acero en el momento de entrar en el baño (denominada a continuación en el presente documento "temperatura de chapa entrante"). Si la temperatura del baño de galvanización por inmersión en caliente es mayor de 490° C, la formación de aleación avanzará fácilmente en el baño. Puesto que el avance de la formación de aleación en el baño disminuye la adhesión del recubrimiento, la temperatura del baño de galvanización por inmersión en caliente es preferiblemente menor de o igual a 490° C.

La capa de recubrimiento de aleación de Fe-Zn puede formarse sobre la superficie de la chapa de acero sumergiendo la chapa de acero en el baño de Zn fundido y realizando barrido con gas, y entonces calentando la chapa de acero de modo que difunda el Fe en la capa de recubrimiento de Zn. En la galvanización por inmersión en caliente aleada, la cantidad de difusión de Fe en la capa de recubrimiento de Zn es preferiblemente del 7 al 15% en masa. Las condiciones de formación de aleación que son necesarias para esto son diferentes dependiendo del componente de la chapa de acero, el tamaño de grano cristalino, la concentración de Al en el baño de recubrimiento, y similares. Si se realiza el calentamiento a una temperatura menor de 500° C, la formación de aleación requerirá un largo tiempo. Por consiguiente, considerando la productividad, la temperatura de calentamiento es preferiblemente mayor de o igual a 500° C. Además, si se realiza el calentamiento a una temperatura mayor de 650° C, cambiará la propiedad material del material de base. Por consiguiente, el límite superior de la temperatura de calentamiento es de 650° C. Además, si el tiempo de calentamiento es más corto que cuatro segundos, es difícil la formación de aleación uniforme. Por consiguiente, el tiempo de calentamiento es más largo que o igual a cuatro segundos. Además, un tiempo de calentamiento más largo que 60 segundos no es razonable en cuanto a la productividad en una línea continua de chapas de acero. Por consiguiente, el límite superior del tiempo de calentamiento es preferiblemente de 60 segundos.

[Ejemplos]

(Ejemplo 1)

Se sometieron a fundición varios tipos de acero que contenían los componentes mostrados en la tabla 1 y se sometieron a colada continua para ser un desbaste plano que tenía un grosor de 230 μm cada uno. Entonces, se calentó cada desbaste plano hasta una temperatura de 1250 a 1280° C, se sometió a laminación en bruto y laminación final mediante un aparato de laminación en caliente continua, se enfrió con agua en determinadas condiciones, se sometió a enfriamiento por radiación, se enfrió con agua de nuevo, y luego se enrolló. Por tanto, se

fabricaron chapas de acero laminadas en caliente. La tabla 2 muestra los números de los tipos de acero usados, las condiciones para la laminación en caliente y los grosores de las chapas de acero. En la tabla 2, "FT" representa la temperatura de finalización de la laminación final, "Tiempo de inicio de enfriamiento" representa el periodo de tiempo desde la finalización de la laminación final hasta el inicio del enfriamiento con agua, "Velocidad de enfriamiento" representa la velocidad de enfriamiento promedio del enfriamiento con agua, y "Cantidad de enfriamiento" representa la diferencia entre la temperatura de chapa de acero en el momento de la finalización del enfriamiento con agua y la temperatura de finalización de la laminación final. "CT" representa la temperatura de enrollado.

En lo que respecta a los ensayos de tracción de las chapas de acero, se evaluaron el límite de elasticidad (YP (MPa)), la resistencia a la tracción (TS (MPa)) y el estirado (EI (%)) extrayendo probetas según las normas JIS n.º 5 en la dirección de anchura (dirección C) de las chapas de acero. En lo que respecta a los valores de Lankford (valor de r), la razón de deformación plástica (valor de r) en la dirección a 0° con respecto a la dirección de laminación, la razón de deformación plástica (valor de r) en la dirección a 45° con respecto a la dirección de laminación, y la razón de deformación plástica (valor de r) en la dirección a 90° (dirección de anchura de la chapa) con respecto a la dirección de laminación se representan como r₀, r₄₅ y r₉₀, respectivamente. Además, se evaluó Δr basándose en la siguiente expresión.

$$\Delta r = (r_0 + r_{90} - 2 \times r_{45}) / 2$$

En lo que respecta a la medición de la temperatura de transición dúctil-frágil, se llevaron a cabo ensayos de impacto Charpy en probetas entalladas en V que tenían, cada una, un tamaño de 2,5 mm inferior a lo regulado en la norma JIS Z 2242, y se establece la temperatura a la que la fractura frágil en porcentaje se vuelve del 50% como la temperatura de transición dúctil-frágil. En lo que respecta a chapas de acero que tienen un grosor final de menos de 2,5 mm, se usó todo el grosor para la medición. Las chapas de acero que tenían temperaturas de transición dúctil-frágil menores de -40° C se consideraron muestras satisfactorias.

En lo que respecta a la razón de expansión de orificio (λ (%)), se realizó una evaluación según el método regulado en la norma ISO 16630. Las chapas de acero que tenían T8xλ ≥ 60000 como la relación entre la razón de expansión de orificio (λ (%)) y la resistencia a la tracción (TS (MPa)) de la chapa de acero y TSxE1 ≥ 14000 como la relación entre el estirado (EI (%)) de la chapa de acero y la resistencia a la tracción (TS (MPa)) se consideraron muestras satisfactorias.

En lo que respecta a las texturas, se evaluaron las razones de intensidad aleatoria de rayos X en la orientación {211} <011> que es paralela a la superficie laminada y la dirección de laminación en una parte de 1/4 del grosor de chapa. Usando el patrón de difracción de electrones por retrodispersión (EBSD), se realizó la medición en una región en la que el intervalo de medición entre píxeles es de 1/5 o menos del tamaño de grano cristalino promedio y pueden medirse 5000 granos cristalinos o más. Las chapas de acero que tenían una razón de intensidad aleatoria de 2,5 o menos obtenida a partir de la distribución de función de distribución de orientaciones (FDO) se consideraron muestras satisfactorias.

En lo que respecta a el tamaño de grano cristalino promedio de la chapa de acero, se midió el tamaño de grano cristalino promedio usando el patrón de difracción de electrones por retrodispersión (EBSD), en una región en la que el intervalo de medición entre píxeles es de 1/5 o menos del tamaño de grano cristalino promedio y pueden medirse 1000 granos cristalinos o más en una parte de 1/4 del grosor de chapa. Entonces, cuando se considera una diferencia de ángulo de orientación de los cristales de 5° o más entre píxeles adyacentes como límite de grano, el diámetro de un círculo que tiene la misma área que el área del grano cristalino representa el tamaño de grano, y se calculó el valor promedio mediante el método de fracción de área.

La tabla 2 muestra los resultados de evaluación. Las cifras numéricas que no están dentro del intervalo de la presente invención están subrayadas.

[Tabla 1]

Tipo de acero	Composición química (unidad: % en masa, el resto: Fe e impurezas)										
	C	Si	Mn	P	S	Al	N	Ti	B	Nb	Ca
	%	%	%	%	%	%	ppm	%	ppm	%	ppm
A	0,051	1,20	2,50	0,010	0,002	0,030	30	0,160			
B	0,064	1,17	2,46	0,007	0,004	0,045	36	0,158		0,022	21
C	0,062	0A2	1,58	0,006	0,003	0,028	28	0,110		0,033	
D	0,098	0,53	1,12	0,007	0,006	0,043	34	0,128	12		
E	0,058	0,87	1,98	0,009	0,004	0,032	42	0,180	10		16
F	0,061	1,01	2,61	0,015	0,003	0,038	51	0,174	9	0,041	
G	0,072	1,80	2,23	0,023	0,008	0,027	39	0,163			11
H	0,062	1,02	1,80	0,007	0,006	0,043	34	0,060			

[Tabla 2]

N.º	Tipo de acero	Historial de laminación en caliente				Ensayo de tracción (norma JIS n.º 5)				Textura	Tamaño de grano cristalino promedio	Valor de r (deformación: 3%)				Razón de expansión de orificio	TSx.	TSxEI	Ensayo de Charpy
		FT °C	Tiempo de inicio de enfriamiento s	Velocidad de enfriamiento °C/s	Cantidad de entramiento °C	CT (°C)	Grosor (mm)	YP (MPa)	TS (MPa)			EI (%)	(211) <011> Xaleatorio	d µm	Δr				
1	A	891	1.4	30	15	541	3.7	905	987	15.6	5.0	-0.24	0.60	0.96	0.85	50	48737	15085	-62
2	A	903	0.7	23	300	553	3.6	776	982	15.8	6.4	-0.37	0.52	0.98	0.70	52	50671	15516	-81
3	A	1048	0.1	30	421	421	3.7	803	978	13.0	1.7	-0.04	0.71	0.78	0.77	88	85673	12714	-3
4	A	1053	0.7	80	50	470	3.7	860	967	15.0	2.2	-0.11	0.77	0.90	0.81	90	87030	14505	-53
5	A	1035	0.1	150	80	401	3.7	873	983	16.3	2.3	-0.15	0.71	0.83	0.65	85	83752	16023	-48
6	A	1013	1.4	24	15	543	3.6	892	1018	14.2	1.5	-0.06	0.73	0.81	0.78	86	87955	14456	-15
7	A	976	0.1	160	80	461	3.8	862	1003	15.2	1.4	-0.13	0.68	0.95	0.97	71	71213	15246	-68
8	B	931	1.4	31	10	581	2.9	787	981	15.8	2.8	-0.42	0.67	1.18	0.85	46	44734	15500	-80
9	B	946	1.2	28	13	554	2.9	789	993	14.8	2.9	-0.45	0.71	1.22	0.83	49	48856	14696	-81
10	B	976	1.3	29	16	495	2.8	842	1001	14.2	2.1	-0.11	0.83	0.99	0.93	54	54054	14214	-12
11	B	1063	0.7	88	57	484	2.9	831	991	15.8	1.0	-0.09	0.85	1.00	0.98	83	82253	15658	-65
12	B	974	1.4	28	15	496	3.0	838	994	14.6	1.3	-0.04	0.95	1.01	0.99	52	51290	14512	-25
13	B	994	0.6	89	80	546	2.9	813	988	15.8	0.8	0.01	0.87	0.91	0.97	76	73181	15294	-61
14	B	1007	0.1	148	115	551	2.9	864	991	18.4	0.8	-0.11	0.88	1.02	0.95	73	72541	18234	-51
15	B	1042	1.3	25	15	535	2.9	851	995	17.8	0.8	0.00	0.89	0.94	0.99	90	89550	17711	15
16	B	1043	0.7	92	80	500	2.8	882	989	14.9	0.9	-0.02	0.85	0.92	0.95	73	72197	14736	-55
17	B	963	0.1	155	112	503	2.8	859	966	15.0	1.1	-0.03	0.85	0.91	0.91	79	76314	14490	-62
18	C	991	0.1	102	10	496	2.6	836	961	14.8	1.2	-0.14	0.84	1.05	0.99	66	63426	14223	-13
19	C	963	0.7	81	65	544	2.6	854	1018	14.4	1.8	-0.20	0.81	1.08	0.95	70	70853	14659	-71
20	C	981	1.3	18	123	548	2.6	876	1020	15.3	1.2	-0.11	0.83	0.99	0.93	64	64872	15606	-23
21	C	996	0.7	88	118	528	2.6	884	991	18.1	1.0	-0.09	0.85	1.00	0.98	74	73730	17937	-65
22	D	933	0.7	88	57	550	2.5	899	1008	14.1	3.5	-0.46	0.65	1.15	0.73	49	49594	14213	-75
23	D	1051	0.2	102	103	501	2.5	860	967	15.0	1.1	-0.03	0.85	0.91	0.91	84	81228	14505	-62
24	E	1024	0.1	115	85	552	2.6	881	1011	14.8	1.3	-0.09	0.74	0.85	0.78	78	78858	14963	-72
25	F	1038	0.1	135	93	526	2.9	806	961	16.0	1.6	-0.08	0.78	0.76	0.76	82	78418	15376	-61
26	G	999	0.2	83	153	547	2.8	918	1018	15.6	1.8	-0.04	0.89	0.94	0.91	73	74314	15881	-78
27	H	1023	0.2	102	115	558	2.9	751	883	18.0	1.3	-0.02	0.85	0.92	0.95	65	57395	15894	-81

Cada chapa de acero según los ejemplos de la presente invención tiene una razón de intensidad aleatoria de rayos X de 2,5 o menos, un valor de $TSx\lambda$ de 60000 o más en la evaluación de la capacidad de expansión de orificio, y un valor de $TSxE1$ de 14000 o más en la evaluación de la ductilidad. Por tanto, cada chapa de acero según los ejemplos de la presente invención tiene una capacidad de expansión de orificio y ductilidad favorables. Además, el tamaño de grano cristalino promedio de cada chapa de acero según los ejemplos de la presente invención es $7,0 \mu\text{m}$ o menos. Por tanto, cada chapa de acero según los ejemplos de la presente invención tiene una tenacidad a baja temperatura favorable al tener una temperatura de transición dúctil-frágil de menor de o igual a -40°C .

Además, cada chapa de acero según los ejemplos de la presente invención tiene condiciones preferibles satisfechas de la presente invención en cuanto al método de fabricación. Como resultado, se aseguraron valores preferidos de la presente invención en cuanto a la razón de intensidad aleatoria de rayos X, el tamaño de grano cristalino promedio, y la temperatura de transición dúctil-frágil.

En lo que respecta a cada uno de los ejemplos comparativos 1, 2, 8, 9 y 22, la temperatura final fue menor de 960°C , la razón de intensidad aleatoria de rayos X superó los 2,5, y la evaluación sobre la capacidad de expansión de orificio fue escasa. En lo que respecta a cada uno de los ejemplos comparativos 3, 6, 10, 12, 15, 18 y 20, aunque la temperatura final fue mayor de o igual a 960°C , las condiciones de enfriamiento después de la laminación final no estuvieron dentro del intervalo de la presente invención, y el tamaño de grano cristalino promedio y la temperatura de transición dúctil-frágil no estuvieron dentro del intervalo de la presente invención. En lo que respecta al ejemplo 27 comparativo, el contenido de Ti no estuvo dentro del intervalo de la presente invención, y la evaluación sobre la resistencia a la tracción fue escasa.

Cada chapa de acero según los ejemplos de la presente invención y los ejemplos comparativos contiene Ti en el intervalo de la presente invención, y la temperatura de enrollado es mayor de o igual a 400°C y menor de o igual a 600°C . Por consiguiente, la resistencia a la tracción es de más de o igual a 900 MPa, que es la alta resistencia deseada en la presente invención.

(Ejemplo 2)

Sobre las chapas de acero laminadas en caliente según los ejemplos de la presente invención mostrados en el ejemplo 1, se formaron capas de recubrimiento mediante los siguientes dos métodos I y II. Las chapas originales con recubrimiento (cifras del método de fabricación de chapa de acero laminada en caliente) en la tabla 3 muestran que se usó la chapa de acero laminada en caliente en los ejemplos de la presente invención en el ejemplo 1.

Método I: Se eliminó la cascarilla sobre la chapa de acero laminada en caliente mediante limpieza con ácido, y se secó inmediatamente la chapa de acero laminada en caliente. Calentando la chapa de acero laminada en caliente en una atmósfera del 4% de $\text{H}_2\text{-N}_2$ en las condiciones mostradas como "Condiciones de activación" en la tabla 3, se redujo la superficie de la chapa de acero y se aumentó la humectabilidad del recubrimiento. Se sumergió la chapa de acero en un baño de recubrimiento de Zn fundido, y se ajustó la cantidad depositada mediante barrido con gas.

La temperatura de calentamiento y el tiempo de mantenimiento mostrados en las "Condiciones de activación" en la tabla 3 se definen de la siguiente manera. El tiempo de mantenimiento corresponde al periodo en el que la temperatura se mantiene entre la mayor temperatura durante el procesamiento de activación y una temperatura que es menor que la mayor temperatura en 20°C , y la temperatura de calentamiento corresponde a la mayor temperatura. Se ajustó la temperatura a la que la chapa de acero entró en el baño de recubrimiento tal como se muestra en "Temp. de chapa entrante" en la tabla 3.

Método II: Se eliminó la cascarilla sobre la chapa de acero laminada en caliente mediante limpieza con ácido, y se secó inmediatamente la chapa de acero laminada en caliente. Se realizó mediante electrólisis el recubrimiento de Ni en las cantidades mostradas en la tabla 3. Se calentó la chapa en una atmósfera del 4% de $\text{H}_2\text{-N}_2$, se sumergió en un baño de recubrimiento de Zn fundido, y se ajustó la cantidad depositada mediante barrido con gas. En este método, en el calentamiento durante el procesamiento de activación, después de volverse la temperatura de la chapa de acero la mayor temperatura, en algunos casos, se sumerge la chapa de acero en un baño de recubrimiento antes de disminuir la temperatura en 20°C . En esos casos, en el momento en el que se sumergió la chapa de acero en el baño de recubrimiento, se consideró que había finalizado el mantenimiento aunque la temperatura de la chapa no hubiera disminuido 20°C con respecto a la mayor temperatura.

Después de recubrir mediante los métodos I y II, se sometieron algunas de las chapas de acero a procesamiento de formación de aleación en las condiciones de calentamientos mostradas como "Condiciones de formación de aleación" en la tabla 3. La temperatura de calentamiento y el tiempo de mantenimiento mostrados en las "Condiciones de formación de aleación" se definen de la siguiente manera. El tiempo de mantenimiento corresponde al periodo en el que la temperatura se mantiene entre la mayor temperatura durante el procesamiento de formación de aleación y una temperatura que es menor que la mayor temperatura en 20°C , y la temperatura de calentamiento corresponde a la mayor temperatura. Se evaluaron chapas de acero que tenían la capa de recubrimiento de Zn o la capa de recubrimiento de aleación de Fe-Zn sobre la superficie de la misma manera que en el ejemplo 1, y se determinaron la presencia y ausencia de partes no recubiertas. Se espera que las chapas de acero que no tienen

partes no recubiertas en esta evaluación tengan una alta resistencia a la corrosión. La tabla 3 muestra las características obtenidas de las chapas de acero recubiertas.

[Tabla 3]

5

N.º	Método de recubrimiento	Número de fabricación de chapa de acero laminada en caliente	Condiciones de activación		Temp. de chapa entrante °C	Baño de recubrimiento de Zn		Condiciones de formación de aleación	Ensayo de tracción (norma JIS n.º 5)		Textura	Tamaño de grano cristalino promedio µm	Valor de r (deformación: 3%)			Razón de expansión de orificio	TS x.	TS xEI	Ensayo de Charpy			
			Temp. de calentamiento °C	Temp. de mantenimiento °C		Temp. de calentamiento °C	Temp. de mantenimiento °C		Temp. de calentamiento °C	Temp. de mantenimiento °C			Y.P. (MPa)	EI (%)	Δr					0	45°	90°
Ejemplo de la invención	Método I	4	-	600	60	460	0,18	45	-	880	967	15	2,2	6,3	-0,05	0,85	0,91	0,88	75	72525	14505	-61
Ejemplo comparativo	Método I	4	-	700	60	460	0,18	45	-	861	883	18	2,3	8,5	-0,11	0,81	0,93	0,83	92	81236	15884	-23
Ejemplo de la invención	Método I	4	-	600	60	460	0,15	45	580	883	938	16	2,1	5,8	-0,06	0,79	0,88	0,85	81	75978	15008	-53
Ejemplo de la invención	Método I	4	-	650	60	460	0,15	45	580	882	975	15	1,8	6,1	-0,09	0,82	0,91	0,83	76	74100	14625	-51
Ejemplo de la invención	Método I	13	-	500	60	460	0,15	45	580	813	968	17	0,8	6,6	-0,02	0,87	0,94	0,97	78	75504	16456	-63
Ejemplo comparativo	Método I	13	-	700	60	460	0,15	45	580	853	883	16	0,9	8,1	-0,01	0,88	0,95	0,99	85	75055	14728	-11
Ejemplo de la invención	Método I	13	-	600	60	460	0,15	45	700	808	875	18	1,1	7,5	-0,02	0,86	0,94	0,98	90	78750	15750	-28
Ejemplo de la invención	Método II	19	0,3	460	1	450	0,19	45	-	854	1018	14	1,7	5,9	-0,13	0,90	1,05	0,94	71	72278	14252	-78
Ejemplo comparativo	Método II	19	0,3	700	60	450	0,19	45	-	783	873	16	1,5	8,4	-0,15	0,83	1,02	0,91	83	72459	13988	Z
Ejemplo de la invención	Método II	19	0,3	460	1	450	0,19	45	-	863	1023	15	1,5	5,6	-0,15	0,85	1,06	0,97	72	73656	15345	-62
Ejemplo de la invención	Método II	19	0,3	460	1	450	0,19	45	580	861	962	16	1,8	6,2	-0,14	0,84	1,04	0,96	78	75036	15382	-75
Ejemplo de la invención	Método II	19	0,1	460	1	450	0,19	45	580	858	1008	15	1,6	5,1	-0,13	0,88	1,01	0,88	73	73584	15120	-73
Ejemplo de la invención	Método II	23	0,3	470	2	460	0,19	45	-	860	975	15	1,1	5,2	-0,05	0,85	0,93	0,91	78	76050	14625	-63
Ejemplo de la invención	Método II	23	0,3	470	1	460	0,19	45	580	815	932	18	0,9	5,5	-0,05	0,86	0,93	0,91	83	77356	16776	-68
Ejemplo de la invención	Método II	23	0,3	470	3	460	0,19	45	550	881	992	16	1,3	5,3	-0,08	0,91	1,01	0,95	73	72416	15872	-73
Ejemplo comparativo	Método II	23	0,3	700	60	460	0,19	45	580	797	893	15	1,2	7,3	-0,04	0,86	0,91	0,88	88	78584	13385	-15
Ejemplo comparativo	Método II	26	0,3	470	1	460	0,19	45	700	732	873	16	1,7	7,2	-0,06	0,91	0,96	0,88	90	78570	13988	-18

- 5 Cada chapa de acero según los ejemplos de la presente invención, incluyendo las chapas de acero que tienen la capa de recubrimiento de Zn o la capa de recubrimiento de aleación de Fe-Zn sobre la superficie, tiene una razón de intensidad aleatoria de rayos X de 2,5 o menos y un valor de TSxλ de 60000 o más en la evaluación de la capacidad de expansión de orificio. Por tanto, cada chapa de acero según los ejemplos de la presente invención tiene una capacidad de expansión de orificio favorable. Además, el tamaño de grano cristalino promedio d de cada chapa de acero según los ejemplos de la presente invención es de 7,0 μm o menos. Por tanto, cada chapa de acero según el presente ejemplo de la invención tiene una tenacidad a baja temperatura favorable al tener una temperatura de transición dúctil-frágil de menor de o igual a -40° C.
- 10 Además, cada acero según los ejemplos de la presente invención tiene condiciones preferidas satisfechas de la presente invención en cuanto al método de fabricación. Como resultado, se aseguran valores preferidos de la presente invención en cuanto a la razón de intensidad aleatoria de rayos X, el tamaño de grano cristalino promedio, y la temperatura de transición dúctil-frágil.
- 15 Además, se recubrió satisfactoriamente cada chapa de acero según los ejemplos de la presente invención sin partes sin recubrir, y se usa de manera adecuada para usos que requieren una alta resistencia a la corrosión.
- 20 En lo que respecta a cada uno de los ejemplos comparativos 28, 32, 35 y 42, la temperatura de calentamiento en las condiciones de activación superó los 650° C, y el tamaño de grano cristalino promedio d de la chapa de acero superó los 7,0 μm. Como resultado, la temperatura de transición dúctil-frágil fue mayor de -40° C, y la resistencia a la tracción fue menor de 900 MPa. Por tanto, los ejemplos comparativos 28, 32, 35, y 42 fueron de mala calidad. En lo que respecta a cada uno de los ejemplos comparativos 33 y 43, la temperatura de calentamiento en las condiciones de activación superó los 650° C y el tamaño de grano cristalino promedio d de la chapa de acero superó los 7,0 μm.
- 25 Como resultado, la temperatura de transición dúctil-frágil fue mayor de -40° C, y la resistencia a la tracción fue menor de 900 MPa. Por tanto, los ejemplos comparativos 33 y 43 fueron de mala calidad.

REIVINDICACIONES

1. Chapa de acero laminada en caliente que tiene una resistencia a la tracción de 900 MPa o más, consistiendo la chapa de acero laminada en caliente, en % en masa, en

C: más del 0,050% y menos del o igual al 0,10%,

Si: más del o igual al 0,1% y menos del o igual al 2,0%,

Mn: más del o igual al 1,0% y menos del o igual al 3,0%,

P: menos del o igual al 0,1%,

S: menos del o igual al 0,01%,

Al: más del o igual al 0,005% y menos del o igual al 0,05%,

N: menos del o igual al 0,01%,

Ti: más del o igual al 0,10% y menos del o igual al 0,20%,

Nb: más del o igual al 0% y menos del o igual al 0,06%,

B: más del o igual al 0% y menos del o igual al 0,03%,

Ca: más del o igual al 0% y menos del o igual al 0,005%, y

el resto: Fe e impurezas,

en la que el tamaño de grano cristalino promedio es menor de o igual a 7,0 μm , y en la que la razón de intensidad aleatoria de rayos X en la orientación $\{211\} <011>$ que es paralela a una superficie laminada y una dirección de laminación es menor de o igual a 2,5.

2. Chapa de acero laminada en caliente según la reivindicación 1, que incluye uno o más seleccionados del grupo que consiste, en % en masa, en

Nb: más del o igual al 0,001% y menos del o igual al 0,06%,

B: más del o igual al 0,0005% y menos del o igual al 0,03%, y

Ca: más del o igual al 0,0005% y menos del o igual al 0,005%.

3. Chapa de acero laminada en caliente según la reivindicación 1 o la reivindicación 2, que comprende además:

una capa de recubrimiento de Zn o una capa de recubrimiento de aleación de Fe-Zn sobre una superficie de la chapa de acero laminada en caliente.

4. Método para fabricar una chapa de acero laminada en caliente, comprendiendo el método:

realizar laminación en caliente con un desbaste plano que tiene una composición química según la reivindicación 1 o la reivindicación 2 a una temperatura mayor de o igual a 1200° C y menor de o igual a 1350° C;

finalizar la laminación en caliente a una temperatura mayor de o igual a 960° C y menor de o igual a 1100° C;

en un plazo de 1,0 segundos después de la finalización de la laminación en caliente, iniciar el enfriamiento;

enfriar la chapa de acero laminada en caliente a una velocidad de enfriamiento promedio de más de o igual a 80° C/segundo y 1000° C/segundo o menos hasta que la temperatura se vuelva menor que la temperatura a la finalización de la laminación en caliente en de 50° C a 200° C; y

enrollar la chapa de acero laminada en caliente a una temperatura mayor de o igual a 400° C y menor de o igual a 600° C.

5. Método para fabricar una chapa de acero laminada en caliente según la reivindicación 4, que comprende además:

después del enrollado, eliminar la cascarilla mediante limpieza con ácido y realizar recubrimiento de Zn para formar una capa de recubrimiento de Zn.

6. Método para fabricar una chapa de acero laminada en caliente que tiene una resistencia a la tracción de 900 MPa o más, comprendiendo el método:

después del enrollado de la chapa de acero laminada en caliente fabricada mediante el método según la reivindicación 4, eliminar la cascarilla mediante limpieza con ácido;

calentar la chapa de acero laminada en caliente a una temperatura mayor de o igual a 500° C y menor de o igual a 650° C en una atmósfera reductora para activar una superficie de la chapa de acero laminada en caliente;

sumergir la chapa de acero laminada en caliente en un baño de Zn fundido a una temperatura de baño mayor de o igual a 430° C y menor de o igual a 490° C en un estado en el que la temperatura en el momento de la inmersión es mayor de o igual a 420° C y menor de o igual a 500° C; y

ajustar la cantidad depositada del recubrimiento de Zn mediante barrido con gas.

7. Método para fabricar una chapa de acero laminada en caliente que tiene una resistencia a la tracción de 900 MPa o más, comprendiendo el método:

- después del enrollado de la chapa de acero laminada en caliente fabricada mediante el método según la reivindicación 4, eliminar la cascarilla mediante limpieza con ácido;
recubrir la chapa de acero laminada en caliente con Ni en más de o igual a 0,05 g/m² y menos de o igual a 3 g/m² mediante electrólisis;
- 5 calentar la chapa de acero laminada en caliente a una temperatura mayor de o igual a 420° C y menor de o igual a 500° C en una atmósfera reductora;
- sumergir la chapa de acero laminada en caliente en un baño de Zn fundido a una temperatura de baño mayor de o igual a 430° C y menor de o igual a 490° C; y
- 10 ajustar la cantidad depositada del recubrimiento de Zn mediante barrido con gas.
8. Método para fabricar una chapa de acero laminada en caliente según la reivindicación 6 o la reivindicación 7, que comprende además:
- 15 después del barrido con gas, calentar la chapa de acero laminada en caliente a una temperatura mayor de o igual a 500° C y menor de o igual a 650° C para formar una capa de recubrimiento de Fe-Zn.