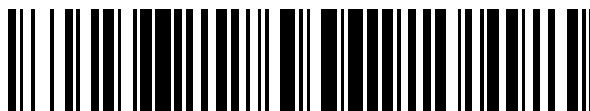


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 793 938**

51 Int. Cl.:

C22C 38/00	(2006.01)	C22C 38/12	(2006.01)
C21D 8/02	(2006.01)	C22C 38/14	(2006.01)
C21D 9/46	(2006.01)	C22C 38/28	(2006.01)
C22C 38/38	(2006.01)	C21D 1/60	(2006.01)
B22D 11/00	(2006.01)		
C21D 9/60	(2006.01)		
C21D 1/613	(2006.01)		
C22C 38/02	(2006.01)		
C22C 38/04	(2006.01)		
C22C 38/06	(2006.01)		

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **28.05.2014 PCT/JP2014/064150**
- 87 Fecha y número de publicación internacional: **03.12.2015 WO15181911**
- 96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **28.05.2014 E 14893619 (8)**
- 97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **22.04.2020 EP 3150733**

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

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
17.11.2020

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

72 Inventor/es:
TOYODA TAKESHI;
OKAMOTO RIKI;
NIIYA RYOHTA;
SAKAI HIROSHI y
SHINDO HIDETOSHI

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

ES 2 793 938 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 de producción de la misma

Campo técnico de la invención

5 La presente invención se refiere a una chapa de acero laminada en caliente de alta resistencia que tiene una excelente apariencia externa y un excelente equilibrio entre el alargamiento y la expansibilidad de orificio y tiene una resistencia a la tracción de 590 MPa o más, y un método de producción de la misma.

Técnica relacionada

10 En los últimos años, con el fin de mejorar la eficacia de los combustibles de los vehículos y mejorar la seguridad frente a las colisiones, se ha logrado una reducción en el peso de la carrocería de los vehículos mediante la aplicación de una chapa de acero de alta resistencia. En el caso de que se aplique una chapa de acero de alta resistencia a la carrocería de un vehículo o similar a un vehículo, es importante garantizar la conformabilidad en prensa. Además, por ejemplo, para mejorar la capacidad de diseño de la superficie del disco de la rueda de un vehículo, es necesario eliminar la formación de cascarilla de Si tanto como sea posible. Además, dado que se realizan alargamientos y desbarbado, una chapa de acero como material requiere una excelente apariencia externa y un alto alargamiento y
15 expansibilidad de orificio.

El documento de patente 1, sugiere una chapa de acero laminada en caliente en la cual la fracción de estructura de martensita es del 3 % o superior e inferior al 10 %. En el Documento de patente 1, se describe que se obtiene una chapa de acero laminada en caliente que tiene un excelente equilibrio entre el alargamiento y la expansibilidad de orificio al mejor la resistencia a través del refuerzo por precipitación de ferrita usando Ti y Nb.

20 El Documento de patente 2, describe un acero que tiene una estructura combinada de ferrita y martensita en la que la proporción de ferrita en una microestructura es del 40 % o superior al añadir Al a la misma para evitar la generación de cascarillas de Si, que es una de las causas del deterioro de las propiedades de conversión química.

Documentos de la técnica anterior

Documentos de patente

- 25 Documento de patente 1: Solicitud de patente japonesa no examinada, primera publicación nº 2011-184788
- Documento de patente 2: Solicitud de patente japonesa no examinada, primera publicación nº 2005-120438
- Documento de patente 3: US 2006/113012 A1
- Documento de patente 4: US 2014/000769 A1

Descripción de la invención

30 **Problemas a resolver por la invención**

En la técnica descrita en el Documento de patente 1 se añade Ti o Nb para fortalecer mediante precipitación de ferrita. Por lo tanto, se desarrolla una textura durante la laminación en caliente, y la anisotropía plástica de la ferrita se vuelve fuerte. Como resultado, no se puede obtener suficiente expansibilidad de orificio.

35 Además, en la técnica descrita en el Documento de patente 1 se añade 0,5 % o más de Si. Por lo tanto, debido a la cascarilla generada durante la laminación en caliente, se genera un patrón de bandas (en lo sucesivo denominado patrón de cascarilla) en la chapa de acero, y no se puede obtener un aspecto externo excelente.

En el Documento de patente 3 se describe un acero delgado de alta resistencia excelente en las características de expansibilidad de orificio, ductilidad y tratamiento químico y su método de producción, y su campo de aplicación son las carrocerías de automóviles.

40 En el Documento de patente 3 no se describe la microestructura y la textura.

El método de acuerdo con el Documento de Patente 3 comprende un FTR \geq Ar3, que se enfría a 20 °C/s o más hasta 650-750 °C, luego se enfría al aire durante 2-15 segundos, se enfría aún más; y se enrolla a una temperatura de menos de 300 °C.

45 En el Documento de patente 4 se describe una chapa de acero laminada en caliente y su método de producción. El acero de acuerdo con el Documento de patente 4 contiene niveles más altos de Si.

El campo de aplicación es el de chapa para automóvil, que requiere alta resistencia, conformabilidad y expansibilidad de orificio.

5 El método descrito en el Documento de patente 4 comprende: precalentamiento a 1.200-1.400 °C, laminación en bruto con una relación de reducción acumulada del 10-70 %, laminación en bruto secundaria con una relación de reducción acumulada del 10-25 %, temperatura de inicio de la laminación de acabado 1.000-1.070 °C y FTR: de (Ar3 + 60 °C) a (Ar3 + 200 °C), enfriamiento primario a 20-150 °C/s, enfriamiento secundario a 1-15 °C/s en el intervalo de 750-650 °C, enfriamientos cuyos tiempos de enfriamiento son de 1 segundo o más y de 10 segundos o inferior después de dicho proceso de enfriamiento primario por intervalo de temperatura, y tercer enfriamiento a 20-150 °C/s hasta 0-200 °C.

10 En la técnica descrita en el Documento de Patente 2, la apariencia externa o las propiedades de conversión química se mejoran añadiendo Al como alternativa al Si a una chapa de acero. Sin embargo, cuando se añade Al, la temperatura de inicio de la transformación de ferrita se convierte en una temperatura alta, y se forman ferrita y martensita gruesas. Como resultado, en la chapa de acero descrita en el Documento de patente 2, se producen grietas fácilmente en la interfase entre ferrita y martensita, y son insuficientes el alargamiento y la expansibilidad del orificio.

15 En vista de las circunstancias descritas anteriormente, un objeto de la presente invención es proporcionar una chapa de acero laminada en caliente de alta resistencia que tenga una excelente apariencia externa y un excelente equilibrio entre el alargamiento y la expansibilidad de orificio y que tenga una resistencia a la tracción de 590 MPa o más, y un método de producción de la misma.

En la presente invención, la excelente apariencia externa indica una menor generación de patrones de cascarilla en una superficie, y el excelente equilibrio entre el alargamiento y la expansibilidad de orificio indica un alargamiento del 20 % o más y una relación de expansión del agujero del 100 % o más, que son simultáneos.

Medios para resolver el problema

20 Los autores de la presente invención realizaron varios exámenes sobre los medios para resolver los problemas.

Cuando una microestructura contiene martensita, la resistencia mejora, pero la reducción de la expansibilidad de orificio es una preocupación. Por lo tanto, con el fin de mejorar la resistencia, se contempla el uso de refuerzo por precipitación de Ti o Nb en lugar del aumento de la resistencia por martensita (refuerzo por transformación). Sin embargo, cuando Ti o Nb están presentes, se forma una textura durante la laminación en caliente.

25 Además, con el fin de mejorar la apariencia externa, cuando Al está presente como una alternativa al Si, que es la causa de la generación de patrones de cascarilla, se forma martensita gruesa, lo que da como resultado un deterioro en la expansibilidad de orificio. Los autores de la presente invención descubrieron recientemente que es importante controlar una estructura austenítica inmediatamente antes de la transformación con el fin de resolver estos dos problemas.

30 Específicamente, se descubrió que al hacer que la reducción por laminación sea del 20 % o más en la pasada final de la laminación final y al hacer que la temperatura de la laminación final sea de 880 °C a 1.000 °C, se puede provocar la recristalización de austenita y, en consecuencia, se puede lograr una mejora en una textura. Además, se descubrió que al iniciar el enfriamiento con agua de una chapa de acero en un tiempo entre 0,01 segundos y 1,0 segundos después del final de la laminación de acabado, la recristalización se puede completar en un corto período de tiempo y, en consecuencia, se puede obtener austenita finamente recristalizada. Durante la transformación a partir de la austenita finamente recristalizada, hay muchos sitios de nucleación de ferrita, y la transformación avanza rápidamente. Por lo tanto, al realizar el enfriamiento por aire después de la finalización del enfriamiento, se forma una ferrita fina y queda la austenita residual finamente recristalizada durante el enfriamiento por aire. Como resultado, se hace posible refinar la martensita después de la transformación.

40 La presente invención se obtuvo sobre la base del conocimiento descrito anteriormente. La esencia de la presente invención es la siguiente.

45 (1) Es decir, de acuerdo con un aspecto de la presente invención, una chapa de acero laminada en caliente incluye, como composición química, % en masa: C: del 0,02 % al 0,10 %, Si: del 0,005 % al 0,1 %, Mn: del 0,5 % al 2,0 %, P: del 0,1 % o inferior, S: del 0,01 % o inferior, Al: del 0,2 % al 0,8 %, N: del 0,01 % o inferior, Ti: del 0,01 % al 0,11 %, Nb: del 0 % al 0,10 %, Ca: del 0 % al 0,0030 %, Mo: del 0 % al 0,5 %, Cr: del 0 % al 1,0 %, y Fe e impurezas como resto, en la que la suma de un contenido de Si y un contenido de Al es superior al 0,20 % e inferior al 0,81 %, una microestructura incluye, por fracción de área, del 90 % al 99 % de una ferrita, del 1 % al 10 % de una martensita, y una bainita limitada al 5 % o inferior, un tamaño de grano de la martensita es de 1 a 10 μm, una relación de intensidad aleatoria de rayos X de una orientación {211} <011> que es paralela a una superficie laminada de la chapa de acero y es paralela a una dirección de laminación es de 3,0 o inferior, y la resistencia a la tracción es de 590 MPa o superior.

50 (2) La chapa de acero laminada en caliente descrita en el punto (1) puede incluir uno o más de, como composición química, en % en masa: Nb: del 0,01 % al 0,10 %, Ca: del 0,0005 % al 0,0030 %, Mo: del 0,02 % al 0,5 % y Cr: del 0,02 % al 1,0 %.

55 (3) De acuerdo con otro aspecto de la presente invención, un método de producción de una chapa de acero laminada en caliente incluye: un proceso de moldeo por colada para obtener un desbaste plano al fundir

5 continuamente un acero que tiene la composición química descrita en el punto (1) o (2); un proceso de calentamiento para calentar el desbaste plano hasta un intervalo de temperatura de 1.200 °C o superior; e inferior a 1.300 °C; un proceso de laminación en bruto para realizar una laminación en bruto sobre el desbaste plano calentado; un proceso de laminación de acabado, después del proceso de laminación en bruto, para realizar un
 10 laminación de acabado continua sobre el desbaste plano utilizando una fila de laminación de acabado que tiene una pluralidad de laminadores conectados en serie para producir una reducción por laminación en una pasada final que sea del 20 % o superior y producir una temperatura de laminación de acabado que sea de 880 °C a 1.000 °C, obteniéndose por lo tanto una chapa de acero; un proceso de enfriamiento primario para realizar un enfriamiento por agua, que se inicia después de 0,01 a 1,0 segundos desde la finalización del proceso de
 15 laminación de acabado, sobre la chapa de acero a un intervalo de temperatura de 600 °C a 750 °C a una velocidad de enfriamiento de 30 °C/s o superior; un proceso de enfriamiento por aire para realizar un enfriamiento por aire sobre la chapa de acero durante un período de tiempo de 3 a 10 segundos después del proceso de enfriamiento primario; un proceso de enfriamiento secundario, después del proceso de enfriamiento por aire, para realizar un enfriamiento por agua sobre la chapa de acero a 200 °C o inferior, a una velocidad de enfriamiento de 30 °C/s o superior; y un proceso de enrollado para enrollar la chapa de acero después del proceso de enfriamiento secundario.

Efectos de la invención

20 De acuerdo con los aspectos de la presente invención, la chapa de acero laminada en caliente que tiene la composición química predeterminada, en la que, en la microestructura, la fracción de estructura de una ferrita es del 90 % al 99 %, el tamaño de grano de una martensita es de 1 µm o superior y de 10 µm o inferior, y la fracción de estructura de la martensita es del 1 % al 10 %, la relación de intensidad aleatoria de rayos X de la orientación {211} <011> que es paralela a la superficie laminada y es paralela a la dirección de laminación es de 3,0 o inferior, y se puede obtener la resistencia a la tracción de 590 MPa o superior. La chapa de acero laminada en caliente tiene una excelente apariencia externa y un excelente equilibrio entre el alargamiento y la expansibilidad de orificio.

25 Además, cuando el desbaste plano que tiene la composición química predeterminada se lamina en caliente, al hacer que la temperatura de laminación de acabado sea de 880 °C a 1.000 °C, se provoca la recristalización de austenita, y así se puede lograr una mejora en la textura. De igual modo, al hacer que la reducción por laminación de acabado (la reducción por laminación en la pasada final) sea del 20 % o superior y al comenzar el enfriamiento por agua durante un período de tiempo de 0,01 a 1,0 segundos después del final de la laminación, la recristalización se completa en un
 30 corto período de tiempo, y se puede obtener una austenita finamente recristalizada. Durante la transformación a partir de la austenita finamente recristalizada, hay muchos sitios de nucleación de ferrita, y la transformación avanza rápidamente. Por lo tanto, a partir del enfriamiento por aire se forma una ferrita fina. Además, dado que la austenita residual durante el enfriamiento por aire permanece finamente recristalizada, es posible refinar la martensita después de la transformación. Es decir, de acuerdo con los aspectos de la presente invención, se puede producir una chapa
 35 de acero laminada en caliente de alta resistencia que tenga una microestructura predeterminada y una relación de intensidad aleatoria de rayos X, excelente apariencia externa y excelente equilibrio entre el alargamiento y la expansibilidad de orificio, y una resistencia a la tracción de 590 MPa o superior.

Breve descripción de los dibujos

40 La Figura 1 es una vista que muestra el vínculo entre una relación de intensidad aleatoria de rayos X y una relación de expansión de orificio.

La Figura 2 es un diagrama de flujo que muestra un ejemplo de un método de producción de una chapa de acero laminada en caliente de acuerdo con una realización.

Realización de la invención

45 A continuación, se describirá una chapa de acero laminada en caliente de acuerdo con una realización de la presente invención (en lo sucesivo, a veces denominada chapa de acero laminada en caliente de acuerdo con esta realización).

La chapa de acero laminada en caliente de acuerdo con esta realización está dirigida a chapas de acero laminación en caliente de alta resistencia que tienen una resistencia a la tracción de 590 MPa o superior.

50 Con respecto a una chapa de acero laminada en caliente de alta resistencia, con el fin de lograr una mejora en la expansibilidad de orificio, se considera eficaz que en la microestructura (estructura metalográfica) de la misma, la fracción de estructura (fracción de área) de ferrita sea del 90 % o superior y la fracción de estructura (fracción de área) de martensita sea del 10 % o inferior. Por ejemplo, la fracción de estructura y el tamaño de grano de cada estructura se pueden obtener realizando análisis de imagen sobre una fotografía de estructura obtenida de una micrografía óptica (campo visual: un campo visual de 500 x 500 µm) de la chapa de acero que se somete apropiadamente a ataque químico. Para obtener esta estructura, por ejemplo, como se describe en el Documento de patente 1, un método para
 55 realizar el enfriamiento por aire (enfriamiento por aire intermedio) en una chapa de acero que contiene 0,5 % o más de Si en una mesa de salida del transportador (en lo sucesivo denominada MST) en un proceso de laminación en caliente para provocar la transformación ferrítica. Sin embargo, el Si es una causa de generación de patrones de cascarilla debido a las cascarillas de Si. Por lo tanto, cuando Si está presente, existe un problema de mala apariencia

externa durante el uso de la chapa de acero.

5 Por otro lado, en un caso en el que no se añade Si, para provocar la transformación ferrítica, es necesario reducir la temperatura laminación de acabado. Sin embargo, una reducción en la temperatura de laminación de acabado produce el desarrollo de la textura de la chapa de acero. Específicamente, se desarrolla una orientación {211} <110> que es paralela a una superficie laminada y es paralela a una dirección de laminación. Cuando se desarrolla la textura, se vuelve fuerte la anisotropía de la deformación plástica y se deteriora la expansibilidad de orificio.

Es decir, no se ha logrado una mejora en el equilibrio entre el alargamiento y la expansibilidad de orificio en una chapa de acero que no contiene Si añadido a la misma en la técnica relacionada.

10 En la chapa de acero laminada en caliente de esta realización, como alternativa al Si, se provoca la transformación ferrítica usando Al. Al hacer que esté presente una cantidad predeterminada de Al, la ferrita se transforma a partir de austenita fina, y se hace posible evitar el grosamiento de la ferrita.

15 Además, durante la laminación de acabado, la temperatura de acabado se establece en un intervalo de 880 °C a 1.000 °C y una reducción por laminación en la pasada final se establece en 20 % o más. En un momento entre 0,01 y 1,0 segundos después del final de la laminación de acabado, se inicia el enfriamiento primario. Durante el enfriamiento primario, el enfriamiento se realiza a una temperatura de 600 °C a 750 °C a una velocidad de enfriamiento de 30 °C/ o superior. Después del enfriamiento primario, se realiza el enfriamiento por aire durante un período de tiempo de 3 a 10 segundos. Después del enfriamiento por aire, se realiza el enfriamiento secundario a 200 °C o menos, a una velocidad de enfriamiento de 30 °C/s o superior, y la chapa resultante se enrolla. En el método de producción descrito anteriormente, una chapa de acero laminada en caliente en la cual la fracción de estructura de ferrita es del 90 % al 99 %, el tamaño de grano de martensita es de 1 a 10 µm, la fracción de estructura de martensita es del 1 % al 10 %, una relación de intensidad aleatoria de rayos X de una orientación {211} <011> que es paralela a la superficie laminada y paralela a la dirección de laminación en la textura de la chapa de acero es de 3,0 o inferior, y se puede obtener una resistencia a la tracción de 590 MPa o superior. La chapa de acero laminada en caliente tiene una excelente apariencia externa y un excelente equilibrio entre el alargamiento y la expansibilidad de orificio.

25 A continuación, se describirá con detalle la chapa de acero laminada en caliente de acuerdo con esta realización.

Primero, se describirá el motivo por el que se limita la composición química.

C: del 0,02 % al 0,10 %

30 El C es un elemento importante para mejorar la resistencia de la chapa de acero. con el fin de obtener este efecto, el límite inferior del contenido de C se establece en 0,02 %. Un límite inferior preferible del contenido de C es del 0,04 %. Por otro lado, cuando el contenido de C es superior al 0,10 %, la tenacidad se deteriora y las propiedades fundamentales de la chapa de acero no se pueden garantizar. Por lo tanto, el límite superior del contenido de C se establece en 0,10 %.

Si: del 0,005 % al 0,1 %

35 El Si es un elemento necesario para la pre-desoxidación. Por lo tanto, el límite inferior del contenido de Si se establece en 0,005 %. Por otro lado, dado que el Si es un elemento que produce una apariencia externa deficiente, el límite superior del contenido de Si se establece en 0,1 %.

El contenido de Si es preferentemente inferior al 0,1 %, más preferentemente del 0,07 % o inferior, e incluso más preferentemente del 0,05 % o inferior.

Mn: del 0,5 % al 2,0 %

40 El Mn es un elemento que contribuye a aumentar la resistencia de la chapa de acero al mejorar la capacidad de endurecimiento y al fortalecer la disolución sólida. Con el fin de obtener la resistencia deseada, el límite inferior del contenido de Mn se establece en 0,5 %. Sin embargo, cuando el contenido de Mn es excesivo, se forma MnS, que es perjudicial para la isotropía de la tenacidad. Por lo tanto, el límite superior del contenido de Mn se establece en el 2,0 %.

P: del 0,1 % o inferior

45 El P es una impureza y es un elemento que tiene un efecto adverso sobre la trabajabilidad y soldabilidad y reduce las propiedades frente a la fatiga. Por lo tanto, el contenido de P es preferiblemente lo más bajo posible. Sin embargo, en vista de los costes de desfosforización, el límite inferior del mismo se puede establecer en el 0,0005 %. Cuando el contenido de P es superior al 0,1 %, el efecto adverso se vuelve significativo y, por lo tanto, el contenido de P se limita al 0,1 % o inferior.

50 S: del 0,01 % o inferior

El S forma inclusiones tales como MnS que es perjudicial para la isotropía de la tenacidad. Por lo tanto, el contenido de S es preferiblemente lo más bajo posible. Sin embargo, en vista de los costes de desulfuración, el límite inferior del

mismo se puede establecer en el 0,0005 %. Cuando el contenido de S es superior al 0,01 %, el efecto adverso se vuelve significativo y, por lo tanto, el contenido de S se limita a 0,01 % o inferior. En un caso en el que se requiere una tenacidad a baja temperatura particularmente estricta, el contenido de S se limita preferiblemente al 0,006 % o inferior.

Al: del 0,2 % al 0,8 %

- 5 El Al es un elemento importante para la chapa de acero laminada en caliente de acuerdo con esta realización. Con el fin de provocar la transformación ferrítica durante el enfriamiento en la MST después de la laminación de acabado, el límite inferior del contenido de Al se establece en el 0,2 %. Sin embargo, cuando el contenido de Al es excesivo, la alúmina se precipita en forma de aglomeración, lo que da como resultado un deterioro de la tenacidad. Por lo tanto, el límite superior del contenido de Al se establece en el 0,8 %.

- 10 N: del 0,01 % o inferior

El N es un elemento que forma precipitados de Ti en un intervalo de temperatura superior al del S. Cuando el contenido de N es excesivo, no sólo se reduce la cantidad de Ti eficaz en la fijación de S, sino que también se forman nitruros de Ti gruesos, lo que da como resultado un deterioro de la dureza de la chapa de acero. Por lo tanto, el contenido de N está limitado al 0,01 % o inferior.

- 15 Ti: del 0,01 % al 0,11 %

El Ti es un elemento que mejora la resistencia de la chapa de acero a través del fortalecimiento por precipitación. Para lograr el fortalecimiento por precipitación de ferrita y un excelente equilibrio entre el alargamiento y la expansibilidad de orificio, el límite inferior del contenido de Ti se establece en el 0,01 %. Sin embargo, cuando el contenido de Ti es superior al 0,11 %, se forman inclusiones producidas por TiN, y se deteriora la expansibilidad de orificio. Por lo tanto, el límite superior del contenido de Ti se establece en el 0,11 %.

- 20

$0,20 \% < Si + Al < 0,81 \%$

Tanto el Si como el Al son elementos que provocan la transformación ferrítica. Cuando Si + Al, que es la suma del contenido de Si y el contenido de Al es del 0,20 % o inferior, la transformación ferrítica no se produce durante el enfriamiento por aire intermedio, y no se puede obtener una fracción de estructura de ferrita deseada durante el enfriamiento MST. Por otro lado, cuando Si + Al es del 0,81 % o superior, la temperatura de transformación ferrítica aumenta excesivamente, y la transformación ferrítica tiene lugar durante la laminación, lo que fortalece la anisotropía de la textura. Si + Al es preferiblemente superior al 0,20 % y del 0,60 % o inferior.

- 25

La chapa de acero laminada en caliente de acuerdo con esta realización tiene básicamente la composición química descrita anteriormente y Fe e impurezas como el resto.

- 30 Sin embargo, con el fin de reducir las variaciones de producción y mejorar aún más la resistencia, uno o más de los siguientes elementos seleccionados de Nb, Ca, Mo y Cr pueden estar presentes en los siguientes intervalos. Estas composiciones químicas no necesariamente se añaden a la chapa de acero y, por lo tanto, sus límites inferiores son del 0 %.

Nb: del 0,01 % al 0,10 %

- 35 El Nb puede aumentar la resistencia de la chapa de acero al reducir el tamaño de grano de la chapa de acero laminada en caliente y provocar el fortalecimiento por precipitación de NbC. En el caso de obtener estos efectos, el contenido de Nb se establece preferiblemente en el 0,01 % o superior. Por otro lado, cuando el contenido de Nb es superior al 0,10 %, los efectos están saturados. Por lo tanto, el límite superior del contenido de Nb se establece en el 0,10 %.

Ca: del 0,0005 % al 0,0030 %

- 40 El Ca tiene el efecto de dispersar una gran cantidad de óxidos finos en el acero fundido y refinar la estructura. Además, el Ca es un elemento que mejora la expansibilidad de orificio de la chapa de acero al fijar S en el acero fundido como CaS esférico y al suprimir la generación de inclusiones alargadas tales como MnS. En el caso de obtener estos efectos, el contenido de Ca se establece preferiblemente en el 0,0005 % o superior. Por otro lado, incluso cuando el contenido de Ca supera el 0,0030 %, estos efectos están saturados y, por lo tanto, el límite superior del contenido de Ca se establece en el 0,0030 %.

- 45

Mo: del 0,02 % al 0,5 %

El Mo es un elemento eficaz en el fortalecimiento por precipitación de ferrita. En el caso de obtener este efecto, el contenido de Mo se establece preferiblemente en el 0,02 % o superior. Sin embargo, cuando el contenido de Mo es excesivo, aumenta la sensibilidad al agrietamiento en el desbaste plano y se hace difícil manejar el desbaste plano. Por lo tanto, el límite superior del contenido de Mo se establece en el 0,5 %.

- 50

Cr: del 0,02 % al 1,0 %

El Cr es un elemento eficaz para mejorar la resistencia de la chapa de acero. En el caso de obtener este efecto, el contenido de Cr se establece preferiblemente en el 0,02 % o superior. Sin embargo, cuando el contenido de Cr es excesivo, el alargamiento disminuye. Por lo tanto, el límite superior del contenido de Cr se establece en el 1,0 %.

- 5 A continuación, se describirá la microestructura y la relación de intensidad aleatoria de rayos X de la chapa de acero laminada en caliente de acuerdo con esta realización.

10 A modo de chapa de acero que logra una alta resistencia y un alto alargamiento, hay una estructura de acero combinada que es una chapa de acero en la que una estructura dura tal como la martensita se dispersa en ferrita, que es suave y tiene un excelente alargamiento. La estructura de acero combinada tiene alta resistencia y alto alargamiento. Sin embargo, en la estructura de acero combinada, la alta deformación se concentra en las proximidades de la estructura dura, y la velocidad de propagación de grietas es alta, lo que da como resultado un problema de baja expansibilidad de orificio.

15 Para limitar el deterioro de la expansibilidad de orificio provocado por la presencia de martensita, es eficaz que el tamaño de grano de la martensita sea de 10 μm o inferior y que la fracción de estructura (fracción de área) de la martensita en la microestructura sea del 10 % o inferior. Por otro lado, con el fin de garantizar las propiedades de fatiga y el equilibrio entre el alargamiento y la resistencia, la fracción de área de la martensita debe ser del 1 % o superior. Además, en un caso en el que la fracción de área de la martensita se reduce al 10 % o menos para suprimir el deterioro de la expansibilidad de orificio, hay la preocupación de que no se pueda obtener la resistencia suficiente.

20 Por lo tanto, en la chapa de acero laminada en caliente de acuerdo con esta realización, para mejorar la resistencia al tiempo que se garantiza el alargamiento, es necesario que la ferrita, que experimenta el fortalecimiento por precipitación debido al Ti, esté presente en una fracción de área del 90 % o más. Sin embargo, cuando el Ti está presente en la chapa de acero con el fin de fortalecer por precipitación, se suprime la recristalización de austenita durante la laminación de acabado y, por lo tanto, se forma una fuerte textura de deformación debido a la laminación de acabado. Esta textura de deformación se transfiere incluso después de la transformación, y una textura en la chapa de acero después de la transformación indica un alto grado de integración. En consecuencia, se deteriora la expansibilidad de orificio. En este caso, en la chapa de acero laminada en caliente de acuerdo con esta realización, además de la optimización de las fracciones de área de la ferrita y la martensita, como un índice de la textura de la chapa de acero, la relación de intensidad aleatoria de rayos X de una orientación $\{211\} \langle 011 \rangle$ que es paralela a la superficie laminada y paralela a la dirección de laminación se hace que sea de 3,0 o inferior. Al hacer que la fracción de estructura y la textura estén en intervalos óptimos, el alto alargamiento y la expansibilidad del orificio pueden ser compatibles entre sí.

30

Además, la bainita es peor en alargamiento y expansibilidad de orificio que la ferrita y, por lo tanto, provoca un aumento menor de la resistencia que la martensita. Por lo tanto, debido a que es difícil hacer que el alargamiento y la expansibilidad de orificio sean compatibles entre sí, es preferible que la fracción de área de la bainita esté limitada al 5 % o menos. En la chapa de acero laminada en caliente de acuerdo con esta realización, no es necesario especificar las fracciones de área de estructuras distintas a la ferrita, martensita, y bainita.

35

A continuación, se describirá un método de producción de la chapa de acero laminada en caliente de acuerdo con esta realización.

40 Primero, al colar continuamente un acero que tiene la composición química descrita anteriormente, se obtiene un desbaste plano de colada continua (en el sucesivo denominado desbaste plano) (proceso de moldeo por colada). Antes de la laminación en caliente, el desbaste plano se calienta hasta 1.200 $^{\circ}\text{C}$ o más y menos de 1.300 $^{\circ}\text{C}$ (proceso de calentamiento). En el caso en que el desbaste plano se calienta a una temperatura inferior a 1200 $^{\circ}\text{C}$, el TiC no está suficientemente fundido en el desbaste plano y, por lo tanto, la cantidad de Ti necesaria para el refuerzo por precipitación de ferrita es insuficiente. Por otro lado, cuando la temperatura de calentamiento es de 1,300 $^{\circ}\text{C}$ o más, la cantidad de cascarilla generada o los costes de mantenimiento para un horno de calentamiento aumentan, lo cual no es preferible.

45

El desbaste plano calentado se somete a laminación en bruto (proceso de laminación en bruto), y se somete además a laminación de acabado continua en una fila de laminación de acabado que tiene una pluralidad de laminadores conectados en serie (proceso de laminación de acabado). En este momento, una reducción por laminación final de la laminación de acabado (una reducción por laminación en la pasada final de la laminación de acabado) se hace que sea del 20 % o más, y una temperatura de acabado TA (una temperatura al finalizar la pasada final) de la laminación de acabado final se hace que sea de 880 $^{\circ}\text{C}$ a 1000 $^{\circ}\text{C}$. Con el fin de hacer que la recristalización de austenita tenga lugar a una temperatura alta, como la reducción por laminación de la pasada final, es necesaria una reducción por laminación del 20 % o más. Cuando la reducción por laminación de la pasada final es inferior al 20 %, la potencia de accionamiento necesaria para la recristalización es insuficiente, y se produce el crecimiento del grano en un momento entre la finalización de la pasada final de la laminación de acabado y el inicio del enfriamiento. Como resultado, la martensita se vuelve gruesa y la expansibilidad de orificio se deteriora. Cuando la temperatura laminación de acabado es inferior a 880 $^{\circ}\text{C}$, no se produce la recristalización de austenita, se desarrolla la textura de la chapa de acero, y la relación de intensidad aleatoria de rayos X de la orientación $\{211\} \langle 011 \rangle$ que es paralela a la superficie laminada y

50

55

paralela a la dirección de laminación llega a ser superior a 3,0, da como resultado el deterioro de la expansibilidad de orificio. Cuando la temperatura de laminación de acabado es superior a 1.000 °C, el tamaño de grano de austenita se engrosa, la densidad de dislocación disminuye rápidamente y, por lo tanto, la transformación ferrítica se retrasa significativamente. Como resultado, no se puede obtener una fracción de estructura de ferrita del 90 % o superior.

- 5 Con el fin de recristalizar la austenita de manera más fiable, la temperatura de la laminación de acabado se establece preferiblemente en 900 °C o más.

Después de la laminación de acabado, se realiza el enfriamiento primario (proceso de enfriamiento primario). El enfriamiento primario se inicia en un período de tiempo entre 0,01 a 1,0 segundos después de la finalización de la laminación de acabado. Aunque el enfriamiento con agua se realiza durante el enfriamiento primario, con el fin de completar la recristalización de austenita después de la laminación, el enfriamiento por aire debe realizarse durante 0,01 segundos o más, desde la finalización de la laminación de acabado hasta el inicio del enfriamiento primario. Con el fin de completar de manera fiable la recristalización, el tiempo desde la finalización de la laminación de acabado hasta el inicio del enfriamiento primario se establece preferiblemente en 0,02 segundos o superior, y más preferiblemente en 0,05 segundos o superior. Sin embargo, cuando aumenta el tiempo de enfriamiento por aire, los granos de austenita recristalizada se vuelven gruesos, la transformación ferrítica se retrasa significativamente, y se forma la martensita gruesa. Con el fin de suprimir los huecos generados en la interfase entre la ferrita y la martensita y obtener una excelente expansibilidad de orificio, es importante hacer que el tamaño de grano de la martensita sea de 10 µm o inferior. Para esto, se hace necesario suprimir el engrosamiento de la austenita. Por lo tanto, el enfriamiento primario se inicia dentro de 1,0 segundos después de la finalización de la laminación de acabado.

- 20 El enfriamiento primario después de la laminación de acabado se realiza para hacer que la temperatura de parada de enfriamiento esté en un intervalo de temperatura de 600 °C a 750 °C a una velocidad de enfriamiento de 30 °C/s o más. Además, después de finalizar el enfriamiento primario, se realiza el enfriamiento por aire intermedio durante un período de tiempo de 3 a 10 segundos en este intervalo de temperatura (proceso de enfriamiento por aire). La austenita fina tiene una velocidad rápida de alargamiento del grano, y el crecimiento del grano se produce durante el enfriamiento a una velocidad de enfriamiento inferior a 30 °C/s, lo que da como resultado una estructura gruesa. Por otro lado, cuando la velocidad de enfriamiento del enfriamiento primario es demasiado rápida, se produce fácilmente una distribución de la temperatura en la dirección del espesor de la chapa de acero. Cuando hay una distribución de la temperatura en la dirección del espesor, los tamaños de grano de ferrita y martensita varían entre la parte central y la parte superficial de la chapa de acero, y existe la preocupación de que aumenten las variaciones de material. Por lo tanto, la velocidad de enfriamiento del enfriamiento primario se establece preferiblemente en 100 °C/s o inferior. Cuando la temperatura de parada de enfriamiento y un intervalo de temperatura en el que se realiza el enfriamiento por aire son inferiores a 600 °C, la transformación ferrítica se retrasa, no se obtiene una alta fracción de ferrita, y el alargamiento se deteriora. Por otro lado, cuando la temperatura de parada de enfriamiento y el intervalo de temperatura en el que se realiza el enfriamiento por aire son superiores a 750 °C, el TiC grueso se precipita en la ferrita. Por lo tanto, el fortalecimiento por precipitación de la ferrita no se logra de manera suficiente, y no se obtiene una resistencia a la tracción de 590 MPa. El enfriamiento por aire intermedio debe realizarse durante 3 segundos o más con el fin de provocar la transformación ferrítica. Sin embargo, si el enfriamiento por aire dura más de 10 segundos, se produce la precipitación de bainita, y se deteriora el alargamiento y la expansibilidad de orificio.

- 40 Después del enfriamiento por aire intermedio, el enfriamiento secundario para enfriar la chapa de acero a 200 °C o inferior se realiza a una velocidad de enfriamiento de 30 °C/s o más (proceso de enfriamiento secundario) y la chapa resultante se enrolla (proceso de enrollado). Cuando la velocidad de enfriamiento del enfriamiento secundario es inferior a 30 °C/s, continúa la transformación bainítica, y no se puede obtener la martensita. En este caso, la resistencia a la tracción disminuye y el alargamiento se deteriora. Por otro lado, cuando la velocidad de enfriamiento del enfriamiento secundario es demasiado rápida, se produce fácilmente una distribución de temperatura en la dirección del espesor de la chapa de acero. Cuando hay una distribución de temperatura en la dirección del espesor, los tamaños de grano de ferrita y martensita varían entre la parte central y la parte superficial de la chapa de acero, y existe la preocupación de que aumenten las variaciones de material. Por lo tanto, la velocidad de enfriamiento del enfriamiento secundario se establece preferiblemente en 100 °C/s o inferior. Cuando la temperatura de parada de enfriamiento es superior a 200 °C, se produce un efecto de autorrevenido de la martensita. Cuando se produce el autorrevenido, la resistencia a la tracción disminuye y el alargamiento se deteriora.

Ejemplo

- Los componentes que contienen acero que se muestran en la Tabla 1 se fundieron en un convertidor y se moldearon continuamente por colada para formar un desbaste plano que tenía un espesor de 230 mm. Posteriormente, el desbaste plano se calentó a una temperatura de 1.200 °C a 1.250 °C y se sometió a laminación en bruto y a laminación de acabado mediante un aparato de laminación en caliente continua, y la chapa resultante se enrolló después del enfriamiento en MST, produciendo así una chapa de acero laminada en caliente. La Tabla 2 muestra los símbolos de tipo de acero utilizados, las condiciones de laminación en caliente, y los espesores de chapa de acero. En la Tabla 2, "FT6" es la temperatura en el momento de la finalización de la pasada de acabado final, "tiempo de inicio de enfriamiento" es el tiempo desde la laminación de acabado hasta el inicio del enfriamiento primario, "enfriamiento primario" es la velocidad media de enfriamiento hasta que se alcanza una temperatura de enfriamiento por aire intermedia después del final de la laminación de acabado, "temperatura intermedia" es la temperatura de enfriamiento

por aire intermedia después del enfriamiento primario, "tiempo intermedio" es el tiempo de enfriamiento por aire intermedio después del enfriamiento primario, "enfriamiento secundario" es la velocidad media de enfriamiento hasta que se realiza el enrollado después del enfriamiento por aire intermedio, y la "temperatura de enrollado" es la temperatura después del final del enfriamiento secundario.

Tabla 1

Tipo de acero	Componentes (% en masa)												
	C	Si	Mn	P	S	Al	N	Ti	Nb	Ca	Mb	Cr	S1+A1
A	0,04	0,01	0,6	0,015	0,0030	0,22	0,004	0,04	-	-	-	-	0,23
B	0,04	0,01	0,6	0,014	0,0042	0,31	0,004	0,04	0,02	-	-	-	0,32
C	0,04	0,03	1,0	0,014	0,0030	0,31	0,003	0,04	0,02	0,002	-	-	0,34
D	0,06	0,02	1,4	0,015	0,0010	0,31	0,004	0,04	-	-	0,2	-	0,33
E	0,06	0,05	1,4	0,015	0,0013	0,52	0,003	0,06	-	0,002	0,2	-	0,57
F	0,06	0,05	1,8	0,014	0,0030	0,52	0,004	0,06	-	-	-	0,3	0,57
G	0,08	0,05	1,8	0,013	0,0060	0,55	0,003	0,06	0,02	-	0,3	-	0,60
H	0,08	0,05	1,2	0,015	0,0050	0,10	0,004	0,06	-	-	-	-	0,15
I	0,07	0,20	1,5	0,015	0,0030	0,52	0,004	0,08	0,02	0,002	-	-	0,72

Tabla 2

Nº	Tipo de acero	Reducción por pasada final		FT6	Tiempo de inicio de enfriamiento		Enfriamiento primario	Temperatura intermedia	Tiempo intermedio	Enfriamiento secundario	Temperatura de enrollado	Espesor de chapa
		%			segundos	segundos						
1	A	30		960	0,5		40	703	7	68	100	2,3
2	A	30		999	0,7		43	783	4	45	100	2,3
3	A	30		955	0,7		48	658	4	79	100	2,3
4	A	30		975	0,8		34	668	7	50	100	2,3
5	A	40		830	0,8		35	696	7	69	100	2,3
6	B	40		938	0,5		38	680	7	74	100	2,6
7	B	40		917	0,7		39	717	8	44	100	2,6
8	B	40		962	3,2		45	684	6	73	100	2,6
9	B	40		975	0,4		34	674	8	59	150	2,6
10	C	40		930	0,7		49	685	7	63	150	2,6
11	C	40		948	0,4		41	663	3	44	150	2,6
12	C	40		994	0,4		37	689	1	48	150	2,6
13	C	40		976	0,6		40	703	8	61	150	2,6
14	C	40		940	0,3		50	698	5	75	150	3,2
15	D	40		949	0,4		47	698	8	59	150	3,2
16	D	30		994	0,7		38	696	15	70	150	3,2
17	D	30		969	0,4		38	582	6	38	150	3,2
18	D	30		990	0,5		36	689	4	60	150	3,2
19	E	30		957	0,5		36	700	7	38	150	4,8
20	E	26		1.100	0,5		34	678	4	42	150	4,8
21	E	26		923	0,7		31	710	8	53	150	4,8
22	E	26		977	0,8		40	719	5	57	430	4,8
23	F	26		985	0,5		30	652	5	59	100	4,8

24	F	15	964	0,3	48	652	4	77	100	4,8
25	F	26	917	0,4	31	677	3	71	100	2,3
26	G	26	948	0,6	42	716	7	49	100	2,3
27	G	26	944	0,4	33	685	5	77	100	2,6
28	G	30	934	0,7	50	680	7	45	100	2,6
29	H	30	957	0,4	47	674	7	66	100	2,6
30	I	30	995	0,6	43	694	6	54	100	2,3
31	G	30	957	0,0	63	678	5	59	100	2,3
32	G	30	963	0,3	20	653	4	77	100	2,3
33	G	30	948	0,3	48	682	5	15	100	2,3

Tabla 3

Nº	Fracción de área de cada estructura (%)			Tamaño de grano de martensita μm	Textura l. aleatoria X	Límite elástico MPa	Resistencia a la tracción MPa	Alargamiento %	Relación de expansión de orificio %	Apariencia externa	Observaciones
	Ferrita	Martensita	Bainita								
1	92	8	0	2	2,2	455	635	26	134	B	Ejemplo de la presente invención
2	93	7	0	3	2,8	460	561	31	137	B	Ejemplo comparativo
3	91	9	0	3	2,2	439	619	28	129	B	Ejemplo de la presente invención
4	94	6	0	3	2,4	443	611	27	160	B	Ejemplo de la presente invención
5	98	2	0	6	5,2	522	660	29	64	B	Ejemplo comparativo
6	90	10	0	4	2,2	500	590	28	125	B	Ejemplo de la presente invención
7	93	7	0	4	2,2	598	691	26	135	B	Ejemplo de la presente invención
8	73	27	0	5	2,6	520	781	12	55	B	Ejemplo comparativo
9	95	5	0	3	2,7	478	666	28	150	B	Ejemplo de la presente invención
10	95	5	0	5	2,2	484	653	29	142	B	Ejemplo de la presente invención
11	92	8	0	2	2,5	448	591	32	127	B	Ejemplo de la presente invención
12	63	37	0	7	2,7	516	639	17	49	B	Ejemplo comparativo
13	93	7	0	5	2,7	535	634	29	131	B	Ejemplo de la presente invención
14	92	8	0	5	2,5	435	610	27	149	B	Ejemplo de la presente invención
15	92	8	0	3	2,5	674	822	22	125	B	Ejemplo de la presente invención
16	92	0	8	-	2,8	653	843	12	64	B	Ejemplo comparativo
17	63	37	0	3	2,7	649	802	18	49	B	Ejemplo comparativo
18	93	7	0	5	2,8	613	828	24	119	B	Ejemplo de la presente invención
19	94	6	0	3	2,4	706	804	24	132	B	Ejemplo de la presente invención
20	81	19	0	5	1,8	705	804	19	74	B	Ejemplo comparativo
21	92	8	0	6	2,0	731	844	23	118	B	Ejemplo de la presente invención

22	93	0	7	-	2,6	659	581	18	42	B	Ejemplo comparativo
23	94	6	0	6	2,7	633	746	26	133	B	Ejemplo de la presente invención
24	92	8	0	14	4,8	598	770	22	61	B	Ejemplo comparativo
25	91	9	0	6	2,1	680	757	24	114	B	Ejemplo de la presente invención
26	94	6	0	4	2,3	622	864	21	144	B	Ejemplo de la presente invención
27	91	9	0	2	2,2	564	792	23	124	B	Ejemplo de la presente invención
28	92	8	0	6	2,4	681	858	23	119	B	Ejemplo de la presente invención
29	53	47	0	6	2,2	686	836	8	64	B	Ejemplo comparativo
30	90	10	0	2	2,7	638	859	22	107	M	Ejemplo comparativo
31	93	7	0	2	5,8	481	676	28	51	B	Ejemplo comparativo
32	92	8	0	21	2,2	488	663	24	61	B	Ejemplo comparativo
33	85	1	14	4	2,5	458	601	17	58	B	Ejemplo comparativo

Las fracciones estructurales de ferrita, bainita, y martensita y la textura de la chapa de acero obtenida se analizaron utilizando un microscopio óptico. Además, se inspeccionó el tamaño de grano de la martensita.

5 Con respecto a las fracciones estructurales de la ferrita y la bainita de la chapa de acero, las fracciones de área de las mismas se obtuvieron al realizar análisis de imagen en una fotografía de estructura obtenida de un campo visual de 500 x 500 μm después del ataque con reactivo Nital usando el microscopio óptico. Con respecto al tamaño de grano y la fracción de estructura de la martensita, la fracción de área y el tamaño de grano de la misma se obtuvieron mediante análisis de imagen realizado en una fotografía de estructura obtenida de un campo visual de 500 x 500 μm después del ataque con reactivo LePera usando el microscopio óptico.

10 Para el análisis de la textura, se evaluó la relación de intensidad aleatoria de rayos X de una orientación $\{211\} \langle 011 \rangle$, que era paralela a la superficie enrollada y paralela a la dirección de laminación en una parte de 1/4 de espesor de chapa que es una posición de 1/4 desde la superficie en la dirección del espesor. Usando el método de patrón de retrodispersión de electrones (EBSP por sus siglas en inglés), en un intervalo de medición de píxeles de 1/5 del tamaño de grano promedio o menor, la medición se realizó en una región donde se podían medir 5.000 o más granos, y la relación de intensidad aleatoria de rayos X se midió a partir de la distribución de la función de distribución de orientación (ODF por sus siglas en inglés). Además, se evaluó como aceptable una relación de intensidad aleatoria de rayos X de 3,0 o inferior.

15 En un ensayo de tracción de la chapa de acero, se extrajo una pieza de ensayo JIS 5 en dirección del ancho de laminación (dirección C) de la chapa de acero, y se evaluaron el límite elástico: YP (MPa), la resistencia a la tracción: TS (MPa), y el alargamiento: EL (%), basándose en el ensayo JIS Z 2241.

20 Relación de expansión del agujero: con respecto a λ (%), la evaluación se realizó de acuerdo con un método especificado en ISO 16630.

25 Para evaluar la apariencia externa de la chapa de acero, se cortó una chapa de acero en 500 mm en la dirección longitudinal en una posición de 10 m de la circunferencia exterior de un rollo laminado en caliente, y se midió la fracción de área de un patrón de cascarilla. Los que tenían una fracción de área de patrón de cascarilla del 10 % o inferior fueron evaluados como "B: BUENOS". Por otro lado, los que tenían una fracción de área de patrón de cascarilla superior al 10 % fueron evaluados como "M: MALOS".

La Tabla 3 muestra los resultados de la evaluación de la fracción de estructura (fracción de área) de cada estructura, el tamaño de grano de martensita, la textura, la calidad del material, y la apariencia externa.

30 Como se muestra en la Tabla 3, en los ejemplos de la presente invención, la resistencia a la tracción fue de 590 MPa o superior, la fracción de estructura de ferrita fue del 90 % o superior, el tamaño de grano de martensita fue de 10 μm o inferior, la fracción de estructura de la misma fue del 1 % al 10 %, y la relación de intensidad aleatoria de rayos X de la orientación $\{211\} \langle 011 \rangle$ que era paralela a la superficie laminada y paralela a la dirección de laminación fue de 3,0 o inferior. Es decir, todo el ejemplo de la presente invención tenía una excelente apariencia externa y un excelente equilibrio entre el alargamiento y la expansibilidad de orificio.

35 Contrariamente a esto, en el n° 2, dado que la temperatura de enfriamiento por aire intermedia fue alta, el Ti grueso se precipitó en ferrita, y no se pudo obtener un refuerzo suficiente por precipitación. Por lo tanto, la resistencia a la tracción fue inferior a 590 MPa.

40 En el n° 5, dado que la temperatura de acabado fue inferior a 880 °C, la textura de la chapa de acero tuvo una fuerte anisotropía, y se deterioró la expansibilidad de orificio.

En el n° 8, dado que el tiempo después de la laminación de acabado hasta el inicio del enfriamiento primario fue superior a 1,0 segundos, el engrosamiento de la estructura de austenita había continuado, y la transformación ferrítica se retrasó significativamente. Por lo tanto, se deterioraron el alargamiento y la expansibilidad de orificio.

45 En el n° 12, dado que el tiempo de enfriamiento por aire intermedio fue inferior a 3 segundos, la transformación ferrítica no pudo avanzar suficientemente. Por lo tanto, se deterioraron el alargamiento y la expansibilidad de orificio.

En el n° 16, dado que el tiempo de enfriamiento por aire intermedio fue superior a 10 segundos, se produjo la transformación bainítica y, por lo tanto, no se pudo obtener la fracción de estructura de martensita. En consecuencia, se deterioraron el alargamiento y la expansibilidad de orificio.

50 En el n° 17, dado que la temperatura de enfriamiento por aire intermedia fue inferior a 600 °C, no se pudo obtener la fracción de estructura de ferrita. Por lo tanto, se deterioraron el alargamiento y la expansibilidad de orificio.

En el n° 20, dado que la temperatura de acabado fue superior a 1.000 °C, la transformación ferrítica se retrasó debido al engrosamiento de la estructura de austenita. Por lo tanto, se deterioraron el alargamiento y la expansibilidad de orificio.

En el nº 22, dado que la temperatura de enrollamiento fue superior a 200 °C, no se pudo obtener la martensita, pero se formó la bainita. Por lo tanto, la resistencia a la tracción fue inferior a 590 MPa, y se deterioraron el alargamiento y la expansibilidad de orificio.

5 En el nº 24, dado que la reducción por laminación en la pasada final fue inferior al 20 %, la martensita se volvió gruesa y excedió los 10 µm. Por lo tanto, se deterioró la expansibilidad de orificio. Además, dado que la recristalización de austenita fue insuficiente, la anisotropía de la textura de la chapa de acero fue fuerte y, por lo tanto, se deterioró la expansibilidad de orificio.

En el nº 29, dado que el contenido de Al fue inferior al 0,2 % en masa, no se produjo la transformación ferrítica y se deterioraron el alargamiento y la expansibilidad de orificio.

10 En el nº 30, dado que el contenido de Si fue superior al 0,1 % en masa, se pudo ver una gran cantidad de patrones de cascarilla en la apariencia externa, y la fracción de área de los patrones de cascarilla fue superior al 10 % con respecto a la fracción de área total.

15 En el nº 31, dado que el tiempo después de la laminación de acabado hasta el inicio del enfriamiento primario fue inferior a 0,01 segundos, la recristalización no se produjo de manera suficiente, y se desarrolló la textura. Por lo tanto, se deterioró la expansibilidad de orificio.

En el nº 32, dado que la velocidad de enfriamiento del enfriamiento primario fue inferior a 30 °C/s, el tamaño de grano de la martensita fue superior a 10 µm, y se deterioró la expansibilidad de orificio.

En el nº 33, dado que la velocidad de enfriamiento del enfriamiento secundario fue inferior a 30 °C/s, la bainita durante el enfriamiento excedió el 5 %. Por lo tanto, se deterioraron el alargamiento y la expansibilidad de orificio.

20 **Aplicabilidad industrial**

25 De acuerdo con la realización de la presente invención, se puede obtener una chapa de acero laminada en caliente que tiene una composición química predeterminada, en la que, con respecto a las proporciones de las estructuras, la fracción de estructura de ferrita es del 90 % al 99 %, el tamaño de grano de la martensita es de 1 µm a 10 µm y la fracción de estructura de la misma es del 1 % al 10 %, la relación de intensidad aleatoria de rayos X de una orientación {211} <011> que es paralela a una superficie de laminación y es paralela a una dirección de laminación es de 3,0 o inferior, y la resistencia a la tracción es de 590 MPa o superior. La chapa de acero laminada en caliente tiene una excelente apariencia externa y un excelente equilibrio entre el alargamiento y la expansibilidad de orificio.

REIVINDICACIONES

1. Una chapa de acero laminada en caliente que comprende, como composición química, en % en masa:
- C: del 0,02 % al 0,10 %,
 - Si: del 0,005 % al 0,1 %,
 - 5 Mn: del 0,5 % al 2,0 %,
 - P: del 0,1 % o inferior,
 - S: del 0,01 % o inferior,
 - Al: del 0,2 % al 0,8 %,
 - N: del 0,01 % o inferior,
 - 10 Ti: del 0,01 al 0,11 %,
 - Nb: del 0 % al 0,10 %,
 - Ca: del 0 % al 0,0030 %,
 - Mo: del 0 % al 0,5 %,
 - Cr: del 0 % al 1,0 %, y
 - 15 Fe e impurezas como resto,
- en donde una suma de un contenido de Si y un contenido de Al es superior al 0,20 % e inferior al 0,81 %, una microestructura incluye, por fracción de área, del 90 % al 99 % de una ferrita, del 1 % al 10 % de una martensita, y una bainita limitada al 5 % o inferior, un tamaño de grano de la martensita es de 1 a 10 μm ,
- 20 una relación de intensidad aleatoria de rayos X de una orientación $\{211\} \langle 011 \rangle$ que es paralela a una superficie laminada de la chapa de acero y es paralela a una dirección de laminación es de 3,0 o inferior, y una resistencia a la tracción, obtenida al extraer una pieza de ensayo JIS 5 en una dirección del ancho de laminación de la chapa de acero laminada en caliente y evaluada basándose en JIS Z 2241, es de 590 MPa o más.
- 25 2. La chapa de acero laminada en caliente de acuerdo con la reivindicación 1, que comprende uno o más de, como composición química, en % en masa:
- Nb: del 0,01 % al 0,10 %,
 - Ca: del 0,0005 % al 0,0030 %,
 - Mo: del 0,02 % al 0,5 %, y
 - Cr: del 0,02 % al 1,0 %.
- 30 3. Un método de producción de una chapa de acero laminada en caliente, que comprende:
- un proceso de moldeo por colada para obtener un desbaste plano mediante colada continua de un acero que tiene la composición química de acuerdo con la reivindicación 1 o 2;
 - un proceso de calentamiento para calentar el desbaste plano a un intervalo de temperatura de 1.200 °C o superior e inferior a 1.300 °C;
 - 35 un proceso de laminación en bruto para realizar una laminación en bruto sobre el desbaste plano calentado;
 - un proceso de laminación de acabado, después del proceso de laminación en bruto, para realizar una laminación de acabado continua sobre el desbaste plano usando una fila de laminación de acabado que tiene una pluralidad de laminadores conectados en serie para producir una reducción por laminación en una pasada final del 20 % o más y hacer que la temperatura laminación final sea de 880 °C a 1.000 °C, obteniéndose así una chapa de acero;
 - 40 un proceso de enfriamiento primario para realizar un enfriamiento por agua, que se inicia después de 0,01 a 1,0 segundos desde la finalización del proceso de laminación de acabado, en la chapa de acero a un intervalo de

ES 2 793 938 T3

temperatura de 600 °C a 750 °C a una velocidad de enfriamiento de 30 °C/s o superior;

un proceso de enfriamiento por aire para realizar un enfriamiento por aire sobre la chapa de acero durante un período de tiempo de 3 a 10 segundos después del proceso de enfriamiento primario;

5 un proceso de enfriamiento secundario, después del proceso de enfriamiento por aire, para realizar un enfriamiento por agua sobre la chapa de acero a 200 °C o inferior a una velocidad de enfriamiento de 30 °C/s o superior; y

un proceso de enrollado de la chapa de acero después del proceso de enfriamiento secundario.

FIG. 1

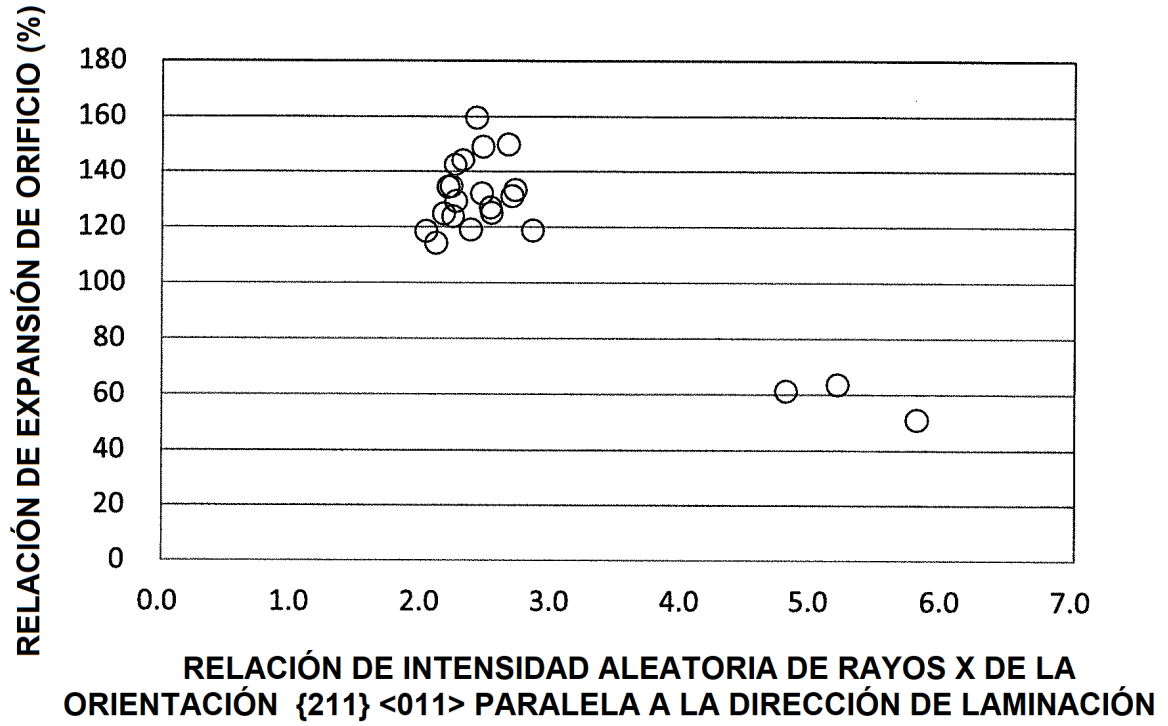


FIG. 2

