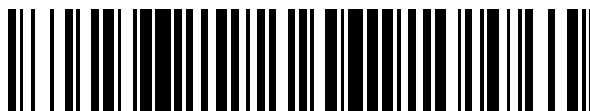


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 731 498**

51 Int. Cl.:

C22C 38/00 (2006.01)
C21D 9/46 (2006.01)
C21D 8/02 (2006.01)
C22C 38/06 (2006.01)
C22C 38/04 (2006.01)
C22C 38/28 (2006.01)
C22C 38/02 (2006.01)
C22C 38/32 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **27.12.2012 PCT/KR2012/011643**
87 Fecha y número de publicación internacional: **17.10.2013 WO13154254**
96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **27.12.2012 E 12873979 (4)**
97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **13.03.2019 EP 2837705**

54 Título: **Lámina de acero laminada en caliente con alto contenido de carbono que tiene excelente uniformidad de material y método para fabricar la misma**

30 Prioridad:

10.04.2012 KR 20120037318

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
15.11.2019

73 Titular/es:

POSCO (100.0%)
(Goedong-dong) 6261, Donghaean-ro, Nam-gu
Pohang-si, Gyeongsangbuk-do 790-300, KR

72 Inventor/es:

IM, YOUNG-ROC;
JEON, JEA-CHUN y
LEE, BYOUNG-HO

74 Agente/Representante:

CARVAJAL Y URQUIJO, Isabel

ES 2 731 498 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

Lámina de acero laminada en caliente con alto contenido de carbono que tiene excelente uniformidad de material y método para fabricar la misma.

[Campo técnico]

- 5 La presente divulgación se relaciona con una lámina de acero laminada en caliente con alto contenido de carbono que tiene excelente uniformidad del material, y más particularmente, con una lámina de acero laminada en caliente con alto contenido de carbono que tiene excelente uniformidad del material que puede usarse en partes de maquinaria, herramientas, partes de automóviles y similares, y con un método para fabricar la misma.

[Antecedentes de la técnica]

- 10 El documento JP 2006 002172 A divulga una lámina de acero para un miembro de puerta. El documento JP 2007 270326 A describe un material de acero base. El documento US 6.419.761 B1 divulga un acero para forja en frío. El documento EP 1 905 850 A1 describe una lámina de acero laminada en frío con alto contenido de carbono.

- 15 Las láminas de acero laminadas en caliente con alto contenido de carbono que utilizan acero con alto contenido de carbono se han utilizado en diversas aplicaciones, por ejemplo, partes de máquinas, herramientas, partes de automóviles y similares. Dichas láminas de acero, adecuadas para las aplicaciones descritas anteriormente, se fabrican formando láminas de acero laminadas en caliente que tienen espesores objetivo correspondientes, realizando corte, doblado y conformación en prensa sobre las láminas de acero laminadas en caliente para obtener las formas deseadas, y finalmente realizando un proceso de tratamiento térmico sobre las láminas de acero laminadas en caliente para impartir una alta dureza a las láminas de acero laminadas en caliente.

- 20 Las láminas de acero laminadas en caliente con alto contenido de carbono pueden requerir excelente uniformidad del material porque las altas desviaciones de los materiales en las láminas de acero laminadas en caliente con alto contenido de carbono no solo empeoran la precisión dimensional en un proceso de formación y causan defectos durante el procesamiento, sino que también conducen a una distribución de la estructura no uniforme incluso en un proceso de tratamiento térmico final.

- 25 Aunque se han sugerido varias invenciones para mejorar la capacidad de formación de las láminas de acero laminadas en caliente con alto contenido de carbono, la mayoría de las invenciones solo se han centrado en controlar los tamaños y la distribución de los carburos en microestructuras después de un proceso de laminación en frío y un proceso de recocido, no se ha propuesto ninguna invención con respecto a la capacidad de formación y uniformidad de tratamiento térmico de las láminas de acero laminadas en caliente.

- 30 Más específicamente, el documento de patente 1, relacionado con la capacidad de formación de una lámina de acero recocida con alto contenido de carbono obtenida después de realizar el laminado en frío y el recocido, divulga que la capacidad de formación de la lámina de acero se mejora si una distribución de carburo, en la que un diámetro de partícula de carburo promedio es 1 μm o menos y una fracción de carburos que tienen un diámetro de partícula de 0.3 μm o menos es 20% o menos, se obtiene controlando las condiciones de recocido. Sin embargo, no se menciona la capacidad de formación de una lámina de acero laminada en caliente. Además, los carburos no necesariamente tienen que formarse para tener un diámetro de partícula de 1 μm o menos después de recocer una lámina de acero laminada en caliente que tiene una capacidad de formación excelente.

- 35 Además, incluso en el documento de patente 2 en el que se prescribe un diámetro de partícula de ferrita de 5 μm o más y una desviación estándar del diámetro de partícula de carburo de 0.5 o menos controlando adecuadamente las condiciones de recocido, no se menciona la estructura laminada en caliente, y una lámina de acero laminada en caliente que tenga una capacidad de formación excelente no tiene necesariamente que mantener la misma distribución de carburo que en la invención mencionada anteriormente después de ser tratada bajo condiciones de recocido ordinarias.

- 40 El documento de patente 3 divulga que la capacidad de trabajo de corte fino aumenta cuando los tamaños de grano de ferrita satisfacen un intervalo de 10 μm a 20 μm mientras se mantienen las fracciones de perlita y cementita a niveles de 10% o menos. Aunque la invención divulgada especifica el control de la microestructura de una lámina de acero recocida, la capacidad de formación de la invención divulgada está lejos de la de una estructura laminada en caliente. Por el contrario, como un método para mejorar la capacidad de formación de una estructura laminada en caliente, si se suprime la formación de ferrita y se obtiene una distribución de fase uniforme, se pueden minimizar las desviaciones del material.

- 45 El documento de patente 4 sugiere un método de prescripción de estructura laminada en caliente para obtener una fracción de ferrita de aproximadamente 10% o menos ajustando el diámetro de una partícula de ferrita para que sea de 6 μm o menos después del recocido y un diámetro de partícula de carburo para que esté dentro del intervalo de 0.1 μm a 1.2 μm después del recocido, y enfriar una lámina de acero laminada en caliente a una tasa de 120°C por segundo o más. Sin embargo, la invención divulgada es para mejorar la deformación por estiramiento de una lámina

de acero recocida, y no siempre se requiere una rata de enfriamiento rápida de 120 °C/s para formar una lámina de acero laminada en caliente que tenga una fracción de ferrita de aproximadamente el 10% o menos.

El documento de patente 5 sugiere un método para mejorar la capacidad de formación de una lámina de acero recocida ajustando las fracciones de ferrita pro-eutectoide y perlita para que sean de 5% o menos respectivamente, formando una estructura de bainita con alto contenido de carbono que tiene una fracción de bainita del 90% o más, y formando una estructura en la que se distribuye una fina cementita después del recocido. Sin embargo, la invención divulgada es solo para mejorar la capacidad de formación de una lámina de acero recocida ajustando finamente un tamaño de carburo promedio para que sea de 1 µm o menos y un tamaño de grano para que sea de 5 µm o menos, pero no está relacionado con la capacidad de formación de una lámina de acero laminada en caliente.

(Documento de patente 1) Publicación Abierta a Consulta de la Solicitud de Patente Japonesa No. 2005-344194

(Documento de patente 2) Publicación Abierta a Consulta de la Solicitud de Patente Japonesa No. 2005-344196

(Documento de patente 3) Publicación Abierta a Consulta de la Solicitud de Patente Japonesa No. 2001-140037

(Documento de patente 4) Publicación Abierta a Consulta de la Solicitud de Patente Japonesa No. 2006-063394

(Documento de patente 5) Publicación Abierta a Consulta de la Solicitud de Patente Coreana No. 2007-0068289

[Divulgación]

[Problema técnico]

Con el fin de resolver los problemas descritos anteriormente, un aspecto de la presente divulgación puede proporcionar una lámina de acero laminada en caliente con alto contenido de carbono capaz de asegurar una excelente uniformidad del material mediante el control de los tipos y contenidos de elementos de aleación y sus estructuras, y un método para fabricar la lámina de acero laminada en caliente con alto contenido de carbono.

[Solución técnica]

De acuerdo con un aspecto de la presente divulgación, una lámina de acero laminada en caliente con alto contenido de carbono que tiene excelente uniformidad del material consiste en 0.2% en peso a 0.5% en peso de carbono (C), más de 0% en peso a 0.5% en peso de silicio (Si), 0.2% en peso a 1.5% en peso de manganeso (Mn), más de 0% en peso a 1.0% en peso de cromo (Cr), más de 0% en peso a 0.03% en peso de fósforo (P), más de 0% en peso a 0.015% en peso de azufre (S), más de 0% en peso a 0.05% en peso de aluminio (Al), 0.0005% en peso a 0.005% en peso de boro (B), 0.005% en peso a 0.05% en peso de titanio (Ti), más de 0% en peso a 0.01% en peso de nitrógeno (N), y el balance de hierro (Fe) e impurezas inevitables, en la que la lámina de acero laminada en caliente con alto contenido de carbono incluye una fase de perlita que tiene una fracción de área del 95% o más. La lámina de acero laminada en caliente tiene una diferencia de dureza de 30HV o menos entre un nivel de dureza del 95% y un nivel de dureza del 5% cuando el valor de dureza máxima y el valor de dureza mínimo de la lámina de acero laminada en caliente se establecen como 100% y 0% respectivamente.

De acuerdo con otro aspecto de la presente divulgación, un método para fabricar una lámina de acero laminada en caliente con alto contenido de carbono que tiene una excelente uniformidad del material incluye: la fabricación de una plancha de acero con alto contenido de carbono que consiste en 0.2% en peso a 0.5% en peso de C, más de 0% en peso a 0.5% en peso de Si, 0.2% en peso a 1.5% en peso de Mn, más de 0% en peso a 1.0% en peso de Cr, más de 0% en peso a 0.03% en peso de P, más de 0% en peso a 0.015% en peso de S, más de 0% en peso a 0.05% en peso de Al, 0.0005% en peso a 0.005% en peso de B, 0.005% en peso a 0.05% en peso de Ti, más de 0% en peso a 0.01% en peso de N, y el balance de Fe e impurezas inevitables; recalentar la plancha a una temperatura de 1,100°C a 1,300°C; laminar en caliente la plancha recalentada de manera que la temperatura de laminación en caliente de acabado esté en un intervalo de temperatura de 800°C a 1,000°C; enfriar la lámina de acero laminada en caliente a una rata de enfriamiento CR1 que cumple con la siguiente fórmula 1 o 1' hasta que la temperatura de la lámina de acero laminada en caliente alcance 550°C desde la temperatura de laminación en caliente de acabado; y bobinar la lámina de acero enfriada a una temperatura CT de bobinado que satisfaga la siguiente fórmula 2,

[Fórmula 1]

$\text{Cond1} \leq \text{CR1 } (^\circ\text{C/seg}) < 100,$

$\text{Cond1} = \text{un valor mayor entre } 175 - 300 \times \text{C} (\% \text{ en peso}) -$

$30 \times \text{Mn} (\% \text{ en peso}) - 100 \times \text{Cr} (\% \text{ en peso}) \text{ y } 10$

[Fórmula 1']

$\text{Cond1} \leq \text{CR1 } (^{\circ}\text{C/seg}) \leq \text{Cond1} + 20,$

$\text{Cond1} = \text{un valor mayor entre } 175 - 300 \times \text{C } (\% \text{ en peso}) -$

$30 \times \text{Mn } (\% \text{ en peso}) - 100 \times \text{Cr } (\% \text{ en peso}) \text{ y } 10$

[Fórmula 2]

5 $\text{Cond2} \leq \text{CT } (^{\circ}\text{C}) < 650,$

$\text{Cond2} = 640 - 237 \times \text{C } (\% \text{ en peso}) - 16.5 \times \text{Mn } (\% \text{ en peso}) -$

$8.5 \times \text{Cr } (\% \text{ en peso}).$

[Efectos ventajosos]

10 De acuerdo con las realizaciones de la presente divulgación, se proporcionan una lámina de acero laminada en caliente con alto contenido de carbono que tiene una excelente uniformidad del material y un método para fabricar la misma, en la que los elementos, la microestructura y las condiciones del proceso de la lámina de acero se controlan para lograr la excelencia en uniformidad del material entre las estructuras laminadas en caliente de la lámina de acero laminada en caliente con alto contenido de carbono, garantizando así una excelente precisión dimensional de las partes después de la formación, evitando defectos durante el procesamiento y garantizando una distribución uniforme de la estructura y la dureza incluso después de un proceso de tratamiento térmico final.

[Descripción de los dibujos]

La FIG. 1 es un gráfico que ilustra las curvas de transformación de una lámina de acero laminada en caliente con respecto a una tasa de enfriamiento.

[Mejor modo]

20 Los presentes inventores han llevado a cabo una investigación significativa en la concepción de un material de acero que tiene una excelente uniformidad del material que es una propiedad requerida en una lámina de acero laminada en caliente con alto contenido de carbono. Usando los resultados de la investigación, los presentes inventores completaron la presente divulgación después de confirmar que se puede proporcionar un material de acero que tiene una excelente uniformidad del material mediante el control preciso de los contenidos del elemento de aleación y las condiciones del proceso, particularmente las condiciones de enfriamiento y las condiciones de bobinado como funciones de los elementos de aleación, para obtener una estructura de perlita del 95% o más.

En lo sucesivo, se describirá una lámina de acero laminada en caliente con alto contenido de carbono que tiene una excelente uniformidad del material como un aspecto de la presente divulgación.

30 Una lámina de acero laminada en caliente con alto contenido de carbono de acuerdo con una realización de la presente divulgación consiste en 0.2% en peso a 0.5% en peso de C, más de 0% en peso a 0.5% en peso de Si, 0.2% en peso a 1.5% en peso de Mn, más de 0% en peso a 1.0% en peso de Cr, más de 0% en peso a 0.03% en peso de P, más de 0% en peso a 0.015% en peso de S, más de 0% en peso a 0.05% en peso de Al, 0.0005% en peso a 0.005% en peso de B, 0.005% en peso a 0.05% en peso de Ti, más de 0% en peso a 0.01% en peso de N, y el balance de Fe e impurezas inevitables.

35 La lámina de acero laminada en caliente con alto contenido de carbono puede incluir preferiblemente 0.2% en peso a 0.4% en peso de C.

Además, la lámina de acero laminada en caliente con alto contenido de carbono puede incluir preferiblemente 0.4% en peso a 0.5% en peso de C.

40 En lo sucesivo, en la realización de la presente divulgación, se describirán con detalle las razones para especificar elementos de la lámina de acero laminada en caliente con alto contenido de carbono como se describe anteriormente. En la siguiente descripción, los contenidos de los elementos constitucionales se dan en porcentaje en peso (% en peso).

C: 0.2% en peso a 0.5% en peso

45 El carbono (C) es un elemento requerido para asegurar la capacidad de endurecimiento durante el tratamiento térmico y la dureza después del tratamiento térmico, y C está contenido en una cantidad de 0.2% en peso o más para asegurar la capacidad de endurecimiento durante el tratamiento térmico y la dureza después del tratamiento térmico. Sin embargo, si C está contenido en una cantidad de más de 0.5% en peso, puede ser difícil obtener una excelente uniformidad del material como se pretende en la presente divulgación porque se mantiene una dureza de laminación en caliente muy alta para dar como resultado un aumento en los valores absolutos de desviaciones de materiales y deterioro de la capacidad de formación.

Si C está contenido en un intervalo de cantidad de 0.2% en peso a 0.4% en peso, ya que la lámina de acero es blanda antes de un proceso de tratamiento térmico final, los procesos de formación tales como extracción, forjado y estirado se realizan fácilmente para la fabricación de piezas de máquinas complicadas.

- 5 Además, si C está contenido en un intervalo de cantidad de 0.4% en peso a 0.5% en peso, aunque el procesamiento es relativamente difícil en los procesos de formación, la resistencia a la abrasión y la resistencia a la fatiga de la lámina de acero laminada en caliente con alto contenido de carbono son excelentes debido a un alto grado de dureza de la lámina de acero después del tratamiento térmico final y, por lo tanto, la lámina de acero puede usarse de manera útil para la fabricación de grupos de partes de máquinas que funcionan bajo condiciones de alta carga.

Si: más de 0% en peso a 0.5% en peso

- 10 El silicio (Si) es un elemento agregado junto con Al para el propósito de la desoxidación. Si se agrega Si, se puede suprimir el efecto adverso de producir incrustaciones rojas, mientras que la ferrita se puede estabilizar para producir un aumento de las desviaciones del material. Por lo tanto, el límite superior del contenido de Si se establece en 0.5% en peso.

Mn: 0.2% en peso a 1.5% en peso

- 15 El manganeso (Mn) es un elemento que contribuye a aumentar la capacidad de endurecimiento y asegurar la dureza después del tratamiento térmico. Si el contenido de Mn es muy bajo para estar dentro del intervalo de menos de 0.2% en peso, la lámina de acero puede volverse muy vulnerable debido a que se forma una FeS gruesa. Por otro lado, si el contenido de Mn es mayor que 1.5% en peso, los costes de la aleación pueden incrementarse y la austenita residual puede formarse.

- 20 Cr: más de 0% en peso a 1.0% en peso

- El cromo (Cr) es un elemento que contribuye a aumentar la capacidad de endurecimiento y asegurar la dureza después del tratamiento térmico. Además, el Cr contribuye a mejorar la capacidad de formación de la lámina de acero ajustando finamente el espaciado laminar perlítico. Cuando el Cr está contenido en una cantidad de más de 1.0% en peso, los costes de la aleación aumentan y la transformación de fase se retrasa excesivamente, por lo que puede ser difícil obtener una transformación de fase suficiente al enfriar la lámina de acero en una mesa de agotamiento (ROT). Por lo tanto, el límite superior del contenido de Cr se establece en 1.0% en peso.

P: más de 0% en peso a 0.03% en peso

- 25 El fósforo (P) es un elemento de impureza en la lámina de acero. El límite superior del contenido de P se establece en 0.03% en peso. Si P está contenido en una cantidad de más de 0.03% en peso, la soldabilidad de la lámina de acero puede deteriorarse y la lámina de acero puede volverse quebradiza.

S: más de 0% en peso a 0.015% en peso

- 30 Al igual que el fósforo, el azufre (S) es un elemento de impureza que empeora la ductilidad y la soldabilidad de la lámina de acero. El límite superior de contenido de S se establece en 0.015% en peso. Si S está contenido en una cantidad de más de 0.015% en peso, aumenta la posibilidad de reducir la ductilidad y la soldabilidad de la lámina de acero.

Al: más de 0% en peso a 0.05% en peso

- 35 El aluminio (Al) es un elemento para la desoxidación y funciona como un desoxidante durante un proceso de fabricación de acero. La necesidad de contener Al en una cantidad de más de 0.05% en peso es baja, y las boquillas pueden obstruirse durante un proceso de colada continua si Al está contenido en una cantidad excesiva. Por lo tanto, el límite superior del contenido de Al se establece en 0.05% en peso.

B: 0.0005% en peso a 0.005% en peso

- 40 El boro (B) es un elemento que contribuye en gran medida a asegurar la capacidad de endurecimiento de la lámina de acero y, por lo tanto, se puede agregar en una cantidad de 0.0005% en peso o más para obtener un efecto de refuerzo de la capacidad de endurecimiento. Sin embargo, si se agrega B en una cantidad excesiva, se puede formar carburo de boro en los límites de los granos para formar sitios de formación de núcleos y en cambio empeorar la capacidad de endurecimiento. Por lo tanto, el límite superior del contenido de B se establece en 0.005% en peso.

Ti: 0.005% en peso a 0.05% en peso

- 45 Como el titanio (Ti) forma TiN al reaccionar con nitrógeno (N), el titanio (Ti) se agrega como un elemento para suprimir la formación de BN, lo que se conoce como protección de boro. Si el contenido de Ti es inferior al 0.005% en peso, el nitrógeno contenido en la lámina de acero puede no fijarse de manera efectiva. Por otro lado, si el contenido de Ti es excesivo, la lámina de acero puede volverse vulnerable debido a la formación de TiN grueso. Por

lo tanto, el contenido de Ti se puede ajustar para que esté dentro de un intervalo en el que el nitrógeno contenido en la lámina de acero sea suficientemente fijo. Por lo tanto, el límite superior de Ti se establece en 0.05% en peso.

N: más de 0% en peso a 0.01% en peso

5 El nitrógeno (N) es un elemento que contribuye a la dureza de un material de acero, pero N es un elemento que es difícil de controlar. Si el N está contenido en una cantidad de más de 0.01% en peso, la fragilidad puede aumentar considerablemente, y el B que contribuye a la capacidad de endurecimiento puede consumirse en la forma de BN por el excedente de N restante después de la formación de TiN. Por lo tanto, el límite superior de N se establece en 0.01% en peso.

10 La lámina de acero laminada en caliente con alto contenido de carbono de la realización de la presente divulgación incluye Fe e impurezas inevitables además de los elementos constituyentes descritos anteriormente.

15 Se requiere limitar adicionalmente el tipo y la forma de la estructura interna de la lámina de acero que tiene los componentes descritos anteriormente, de modo que la lámina de acero pueda convertirse en una lámina de acero laminada en caliente con alto contenido de carbono que tenga una excelente uniformidad del material. Es decir, de acuerdo con la presente divulgación, la microestructura de la lámina de acero laminada en caliente con alto contenido de carbono tiene perlita en una fracción de área del 95% o más.

Si la fracción de la fase de perlita es inferior al 95%, es decir, si se trata de una fase de ferrita pro-eutectoide, se forma una fase de bainita o una fase de martensita en una fracción del 5% o más, la desviación material de la lámina de acero puede aumentar y, por lo tanto, puede ser difícil impartir uniformidad de material a la lámina de acero.

20 Además, la fracción de área de la fase de perlita es del 75% o más antes de bobinar. La fase de perlita imparte uniformidad de material a la lámina de acero laminada en caliente. Si la fracción de área de perlita es de 75% o más antes de bobinar, las colonias de perlita rodeadas por límites de grano de inclinación que tiene un ángulo de desorientación de 15° o más pueden formarse a un tamaño promedio de 15 μm o menos, y por lo tanto se puede obtener una estructura fina y uniforme. Por consiguiente, la estructura fina y uniforme permite que la lámina de acero laminada en caliente tenga una desviación de material más uniforme.

25 Si la fase perlita formada antes del bobinado tiene una fracción insuficiente de menos del 75%, se acumula una gran cantidad de calor latente de transformación en una bobina después del bobinado, de modo que la esferoidización parcial de una estructura de perlita procede a causar una gran desviación de la dureza y hacer gruesa una estructura laminar debido al calor de transformación. Por lo tanto, una estructura de baja dureza se forma parcialmente. Además, se puede formar una fase de ferrita o una fase de bainita durante la transformación.

30 Como se describió anteriormente, de acuerdo con la presente divulgación, la mayor parte de la transformación de perlita se produce en un intervalo de temperatura relativamente bajo antes de bobinar, de modo que se puede obtener un pequeño espacio interlaminar promedio de 0.1 μm o menos en la microestructura final de la lámina de acero, y por lo tanto, la uniformidad del material de la lámina de acero puede mejorarse adicionalmente.

35 Con el fin de fabricar una lámina de acero laminada en caliente con alto contenido de carbono que satisfaga el propósito de la realización de la presente divulgación como se describe anteriormente, se describirá en detalle a continuación un ejemplo ideado por los presentes inventores. Sin embargo, las realizaciones de la presente divulgación no están limitadas al ejemplo.

40 Un método para fabricar una lámina de acero laminada en caliente con alto contenido de carbono de acuerdo con una realización de la presente divulgación puede incluir generalmente el calentamiento de una plancha de acero que satisfaga el sistema de elementos y la microestructura descritos anteriormente, laminando la plancha caliente, realizando un laminado de acabado sobre la plancha laminada en un intervalo de temperatura de 800°C a 1,000°C, y enfriando y bobinando la lámina de acero laminada de acabado.

En lo sucesivo, se describirán las condiciones detalladas para los procesos respectivos.

Recalentamiento: 1,100°C a 1,300°C

45 Dado que el calentamiento de la plancha es un proceso de calentamiento para realizar sin problemas un proceso de laminación posterior y obtener suficientemente las propiedades físicas objetivo de una lámina de acero, el proceso de calentamiento se lleva a cabo dentro de un intervalo de temperatura adecuado para obtener las propiedades físicas del objetivo.

50 Cuando se recalienta la plancha, existe el problema de que la carga de laminación en caliente aumenta rápidamente si la temperatura de calentamiento es inferior a 1,100°C. Por otro lado, si la temperatura de calentamiento es superior a 1,300°C, puede haber una cantidad mayor de incrustaciones en la superficie de la plancha para aumentar la cantidad de pérdida de material y los costes de calefacción.

Condiciones de laminado

Cuando la plancha recalentada se lamina en caliente para formar una lámina de acero, la temperatura del laminado en caliente de acabado se establece dentro del intervalo de 800°C a 1,000°C.

5 Durante la laminación en caliente, una carga de laminación puede aumentar mucho si la temperatura de laminación en caliente del acabado es inferior a 800°C. Por otro lado, si la temperatura de laminación en caliente de acabado es superior a 1,000°C, la estructura de la lámina de acero puede ser más gruesa y quebradiza, y se puede formar una capa gruesa de incrustaciones en la lámina de acero para empeorar la calidad de la superficie de la lámina de acero.

Condiciones de enfriamiento

10 Cuando se enfría la lámina de acero laminada en caliente, la lámina de acero laminada en caliente se enfría en una ROT de enfriamiento por agua hasta que la temperatura de la lámina de acero alcanza los 550°C desde la temperatura de laminación en caliente de acabado.

15 En este momento, la lámina de acero se enfría a una tasa de enfriamiento CR1 inferior a 100°C/s pero igual o superior a cond1 como se representa en la Fórmula 1 a continuación. Si la tasa de enfriamiento CR1 es más baja que la cond1 calculada por la Fórmula 1 a continuación, se forma una fase de ferrita durante el enfriamiento, lo que resulta en una diferencia de dureza de 30 Hv o más. Por otro lado, si la tasa de enfriamiento CR1 excede los 100°C/seg, la forma de la lámina de acero se deteriora notablemente.

En la realización de la presente divulgación, se añade boro (B) y se controlan los contenidos de C, Mn y Cr. Por lo tanto, se puede obtener un grado objetivo de uniformidad del material incluso a una tasa de enfriamiento habitual.

[Fórmula 1]

$$\text{Cond1} \leq \text{CR1 } (^{\circ}\text{C/seg}) < 100,$$

20 $\text{Cond1} = \text{un valor mayor entre } 175 - 300 \times \text{C (\% en peso)} -$

$30 \times \text{Mn (\% en peso)} - 100 \times \text{Cr (\% en peso)} \text{ y } 10$

25 Además, la tasa de enfriamiento CR1 se puede ajustar para que esté dentro de un intervalo de no menos que cond1 a no más de $\text{Cond1} + 20^{\circ}\text{C/seg}$, como se representa en la Fórmula 1' a continuación. Si la tasa de enfriamiento CR1 se controla como se representa en la Fórmula 1', se previene la formación de una fase de ferrita y, junto con esto, la temperatura de la lámina de acero no se desvía mucho de la temperatura de nariz de la transformación de fase para facilitar la transformación de perlita en el proceso posterior.

[Fórmula 1']

$$\text{Cond1} \leq \text{CR1 } (^{\circ}\text{C/seg}) \leq \text{Cond1} + 20,$$

$\text{Cond1} = \text{un valor mayor entre } 175 - 300 \times \text{C (\% en peso)} -$

30 $30 \times \text{Mn (\% en peso)} - 100 \times \text{Cr (\% en peso)} \text{ y } 10$

Condiciones de bobinado

Una vez que la lámina de acero pasa a través de la ROT de enfriamiento por agua, la lámina de acero se bobina en un rollo. En este momento, la temperatura de la lámina de acero se ajusta a una temperatura de bobinado CT que satisfaga la Fórmula 2 por medio de calor recuperativo o enfriamiento adicional.

35 Si la temperatura de bobinado excede 650°C, se puede formar una fase de ferrita en una etapa de retención después del proceso de bobinado, aunque se satisfacen las condiciones de fabricación tales como las condiciones de enfriamiento descritas anteriormente. Por otro lado, si la temperatura de bobinado es menor que la Cond2 calculada por la Fórmula 2, se puede formar una fase de bainita para aumentar la diferencia de dureza de la lámina de acero.

40 [Fórmula 2]

$$\text{Cond2} \leq \text{CT } (^{\circ}\text{C}) < 650,$$

$$\text{Cond2} = 640 - 237 \times \text{C (\% en peso)} - 16.5 \times \text{Mn (\% en peso)} - 8.5 \times \text{Cr}$$

(% en peso).

45 Cuando se fabrica una lámina de acero laminada en caliente con alto contenido de carbono, los elementos constitutivos se controlan y, al mismo tiempo, la tasa de enfriamiento y la temperatura de bobinado se controlan como se muestra en la FIG. 1. Luego, se puede formar una fase de perlita en una fracción de área del 75% o más antes de un proceso de bobinado. Si se forma una fase de perlita en una fracción de área del 75% o más antes del

proceso de bobinado, la fracción de área de la fase de perlita en la lámina de acero puede llegar a ser del 95% o más después del proceso de bobinado.

Además, las condiciones de fabricación, tales como los elementos constituyentes y las ratas de enfriamiento, se controlan para formar colonias de perlita que tienen un tamaño promedio de 15 μm o menos y ajustan un espaciado interlaminar promedio para que sea de 0.1 μm o menos, reduciendo así una diferencia de dureza entre microestructuras de la lámina de acero laminada en caliente a 30 HV o menos e impartiendo una excelente uniformidad del material a la lámina de acero laminada en caliente. En ese momento, la diferencia de dureza se define como una diferencia entre un nivel de dureza del 95% y un nivel de dureza del 5% cuando un valor de dureza máxima y un valor de dureza mínimo medidos en la lámina de acero laminada en caliente se establecen como 100% y 0% respectivamente.

La lámina de acero laminada en caliente fabricada por el método de la realización de la presente divulgación se puede usar sin realizar procesos adicionales allí, o se puede usar después de realizar procesos tales como un proceso de recocido allí.

En lo sucesivo, las realizaciones de la presente divulgación se describirán con más detalle a través de ejemplos. Sin embargo, las realizaciones de la presente divulgación no están limitadas a las mismas.

[Modo de invención]

(Ejemplos)

Después de que los aceros que tenían composiciones de aleación como se representa en la Tabla 1 a continuación se fundieran al vacío en lingotes de 30 Kg, se realizó un proceso de laminado de dimensionamiento en los lingotes fundidos al vacío para fabricar planchas que tenían un espesor de 30 mm. Después de que las planchas se recalentaron a 1.200°C durante una hora, se llevó a cabo un proceso de laminación en caliente en las planchas recalentadas, en el que se llevó a cabo un proceso de laminación en caliente de acabado en las planchas recalentadas a 900°C para fabricar láminas de acero laminadas en caliente que tenían un espesor final de 3 mm.

Después del proceso de laminación en caliente de acabado, las láminas de acero se enfriaron a 550°C a ratas de enfriamiento CR1 en una ROT de enfriamiento por agua. Las láminas de acero enfriadas se cargaron en un horno que ya se había calentado a una temperatura de bobinado objetivo, y se retuvieron en el horno durante una hora. Luego, después de enfriar el horno, se realizó un proceso experimental de bobinado de laminado en caliente sobre las láminas de acero. En ese momento, se utilizaron las ratas de enfriamiento CR1 y las temperaturas de bobinado CT que se muestran en la Tabla 2 a continuación para las láminas de acero.

Además, se analizaron las microestructuras de láminas de acero laminadas en caliente finales obtenidas al completar el proceso de bobinado, y se midieron los valores de dureza Vickers de las láminas de acero laminadas en caliente finales como se muestra en la Tabla 2 a continuación. En ese momento, los valores de dureza se midieron en la dureza Vickers utilizando un peso de 500 g, y la diferencia de dureza se definió como una diferencia entre un nivel de dureza del 95% y un nivel de dureza del 5% cuando el valor de dureza máxima y el valor de dureza mínimo entre los valores de dureza medidos al repetir la medición 30 o más veces se establecieron como 100% y 0% respectivamente.

[Tabla 1]

Tipo de acero	C	Si	Mn	Cr	B	Ti	Al	P	S	N	Comentarios para referencia
A	0.201	0.192	0.706	0.211	0.0021	0.020	0.033	0.011	0.0032	0.0040	Acero inventivo
B	0.215	0.102	0.981	0.003	0.0019	0.0019	0.033	0.012	0.0022	0.0042	Acero inventivo
C	0.225	0.117	0.722	0.430	0.0002	0.002	0.021	0.014	0.0057	0.0059	Acero comparativo
D	0.233	0.201	1.113	0.006	0.0022	0.019	0.018	0.013	0.0042	0.0043	Acero inventivo
E	0.248	0.122	0.927	0.495	0.0020	0.023	0.015	0.015	0.0037	0.0052	Acero inventivo
F	0.312	0.21	0.812	0.002	0.0019	0.021	0.017	0.017	0.0021	0.0037	Acero inventivo
G	0.347	0.152	0.325	0.750	0.0011	0.019	0.021	0.018	0.0015	0.0040	Acero inventivo
H	0.362	0.215	1.370	0.003	0.0020	0.021	0.019	0.012	0.0012	0.0049	Acero inventivo
I	0.371	0.075	0.867	0.512	0.0014	0.019	0.042	0.009	0.0032	0.0032	Acero inventivo
J	0.384	0.045	0.912	0.007	0.0022	0.021	0.038	0.008	0.0027	0.007	Acero inventivo
K	0.409	0.063	0.399	0.212	0.0022	0.020	0.044	0.012	0.0084	0.0066	Acero inventivo
L	0.397	0.211	0.415	0.003	0.0001	0.003	0.015	0.013	0.0067	0.0050	Acero comparativo
M	0.466	0.327	0.315	0.125	0.0020	0.021	0.007	0.014	0.0039	0.0047	Acero inventivo

[Tabla 2]

Lámina de acero laminada en caliente	Cond1	CR1	Cond2	CT	Fracción de perlita	Tamaño de colonia (μm)	Espaciado interlaminar (μm)	Desviación de dureza	Clasificación
A	72	75	579	600	96%	12	0.054	25	Ejemplo inventivo
B	81	85	573	600	98%	13	0.058	19	Ejemplo inventivo
C	43	50	571	600	83%	13	0.051	63	Ejemplo comparativo
D	71	75	566	600	99%	12	0.059	21	Ejemplo inventivo
E	23	30	562	620	97%	14	0.055	25	Ejemplo inventivo
F	57	75	553	580	99%	12	0.053	16	Ejemplo inventivo
G	10	20	546	580	95%	10	0.043	24	Ejemplo inventivo
H	25	30	532	580	97%	9	0.059	18	Ejemplo inventivo
I	10	20	533	670	91%	16	0.071	79	Ejemplo comparativo
J	32	50	534	580	99%	10	0.054	17	Ejemplo inventivo
K	19	30	535	580	96%	9	0.049	23	Ejemplo inventivo
L	43	50	539	620	87%	13	0.055	82	Ejemplo comparativo
M	13	20	523	620	99%	12	0.054	27	Ejemplo inventivo

(En la Tabla 2, los restos, excepto las fracciones de perlita, consisten en ferrita pro-eutectoide)

Como resultado de la medición, en el caso de los Ejemplos C y L Comparativos que utilizan los Aceros C y L Comparativos de la Tabla 1 en los que los contenidos de boro (B) no satisfacen los intervalos proporcionados por las realizaciones de la presente divulgación, aunque las condiciones de fabricación tales como las condiciones de enfriamiento y las condiciones de bobinado satisfagan las realizaciones de la presente divulgación, las fracciones de perlita fueron de 83% y 87% respectivamente, es decir, las fracciones de perlita no satisfacen los intervalos sugeridos por las realizaciones de la presente divulgación y también se midieron desviaciones de dureza de 30 Hv o mayores.

Además, en el caso del Ejemplo I Comparativo de la Tabla 2 en el que las condiciones de temperatura de bobinado no satisfacen las realizaciones de la presente divulgación, puede verse que, al formarse la fase de ferrita a altas temperaturas de bobinado, las fracciones de perlita son 95 % o menos, y las desviaciones de dureza son de 79 Hv, es decir, la uniformidad del material de las láminas de acero es inferior.

Por otra parte, particularmente en el caso del Ejemplo F Inventivo entre Ejemplos Inventivos que satisfacen tanto los intervalos de composición como las condiciones de fabricación proporcionadas por las realizaciones de la presente divulgación, una fracción de perlita fue del 99% y también se midió una desviación de dureza de 16 Hv.

Además, como resultado de la medición de los espaciamientos interlaminares de los Ejemplos de Inventivos, los espaciamientos interlaminares medidos fueron todos de 0.1 μm o menos. Por lo tanto, se confirmó que se formaron estructuras muy finas.

- 5 Se puede ver a través de los resultados descritos anteriormente que puede obtenerse una lámina de acero laminada en caliente de alta resistencia que tiene una excelente uniformidad del material cuando se satisfacen tanto los intervalos de composición como las condiciones de fabricación proporcionadas por las realizaciones de la presente divulgación.

REIVINDICACIONES

1. Una lámina de acero laminada en caliente con alto contenido de carbono que tiene excelente uniformidad del material que consiste en 0.2% en peso a 0.5% en peso de carbono (C), más de 0% en peso a 0.5% en peso de silicio (Si), 0.2% en peso a 1.5% en peso de manganeso (Mn), más de 0% en peso a 1.0% en peso de cromo (Cr), más de 0% en peso a 0.03% en peso de fósforo (P), más de 0% en peso a 0.015% en peso de azufre (S), más de 0% en peso a 0.05% en peso de aluminio (Al), 0.0005% en peso a 0.005% en peso de boro (B), 0.005% en peso a 0.05% en peso de titanio (Ti), más de 0% en peso a 0.01% en peso de nitrógeno (N), y el balance de hierro (Fe) e impurezas inevitables,
- 5 en la que la lámina de acero laminada en caliente con alto contenido de carbono comprende una fase de perlita que tiene una fracción de área del 95% o más
- 10 en la que la lámina de acero laminada en caliente tiene una diferencia de dureza de 30 HV o menos entre un nivel de dureza del 95% y un nivel de dureza del 5% cuando un valor de dureza máxima y un valor de dureza mínimo de la lámina de acero laminada en caliente se establecen como 100% y 0 % respectivamente.
- 15 2. La lámina de acero laminada en caliente con alto contenido de carbono que tiene excelente uniformidad del material de la reivindicación 1, en la que la fase perlita tiene un tamaño de colonia de 15 μm o menos y un espaciado interlaminar promedio de 0.1 μm o menos.
3. La lámina de acero laminada en caliente con alto contenido de carbono que tiene excelente uniformidad del material de la reivindicación 1, que comprende 0.2% en peso a 0.4% en peso de C.
- 20 4. La lámina de acero laminada en caliente con alto contenido de carbono que tiene excelente uniformidad del material de la reivindicación 1, que comprende 0.4% en peso a 0.5% en peso de C.
5. Un método para fabricar una lámina de acero laminada en caliente con alto contenido de carbono que tiene excelente uniformidad del material que comprende: la fabricación de una plancha de acero con alto contenido de carbono que consiste en 0.2% en peso a 0.5% en peso de C, más de 0% en peso a 0.5% en peso de Si, 0.2% en peso a 1.5% en peso de Mn, más de 0% en peso a 1.0% en peso de Cr, más de 0% en peso a 0.03% en peso de P, más de 0% en peso a 0.015% en peso de S, más de 0% en peso a 0.05% en peso de Al, 0.0005% en peso a 0.005% en peso de B, 0.005% en peso a 0.05% en peso de Ti, más de 0% en peso a 0.01% en peso de N, y el balance de Fe e impurezas inevitables; recalentando la plancha a una temperatura de 1,100°C a 1,300°C; laminar en caliente la plancha recalentada de modo que la temperatura de laminación en caliente de acabado esté en un intervalo de temperatura de 800°C a 1,000°C; enfriar la lámina de acero laminada en caliente a una rata de enfriamiento CR1 que satisfaga la siguiente fórmula 1 hasta que una temperatura de la lámina de acero laminada en caliente alcance 550°C desde la temperatura de laminación en caliente de acabado,
- 30

$$\text{Cond } 1 \leq \text{CR} \quad 1^\circ\text{C}/\text{seg} < 100,$$

Cond 1 = un valor mayor entre $175 - 300 \times \% \text{ en peso de C} - 30 \times \% \text{ en peso de Mn} - 100 \times \% \text{ en peso de Cr}$ y 10;

bobinar la lámina de acero enfriada a una temperatura de bobinado CT que satisfaga la siguiente fórmula 2,

$$\text{Cond } 2 \leq \text{CT}^\circ\text{C} \leq 650,$$

Cond 2 = $640 - 237 \times \% \text{ en peso de C} - 16.5 \times \% \text{ en peso de Mn} - 8.5 \times \% \text{ en peso de Cr}$.

- 35 6. Un método para fabricar una lámina de acero laminada en caliente con alto contenido de carbono que tiene excelente uniformidad del material que comprende: la fabricación de una plancha de acero con alto contenido de carbono que consiste en 0.2% en peso a 0.5% en peso de C, más de 0% en peso a 0.5% en peso de Si, 0.2% en peso a 1.5% en peso de Mn, más de 0% en peso a 1.0% en peso de Cr, más de 0% en peso a 0.03% en peso de P, más de 0% en peso a 0.015% en peso de S, más de 0% en peso a 0.05% en peso de Al, 0.0005% en peso a 0.005% en peso de B, 0.005% en peso a 0.05% en peso de Ti, más de 0% en peso a 0.01% en peso de N, y el balance de Fe e impurezas inevitables; recalentando la plancha a una temperatura de 1,100°C a 1,300°C; laminar en caliente la plancha recalentada de modo que la temperatura de laminación en caliente de acabado esté en un intervalo de temperatura de 800°C a 1,000°C; enfriar la lámina de acero laminada en caliente a una rata de
- 40

enfriamiento CR1 que satisfaga la siguiente fórmula 1' hasta que una temperatura de la lámina de acero laminada en caliente alcance 550°C desde la temperatura de laminación en caliente de acabado,

$$\text{Cond } 1 \leq \text{CR } 1^{\circ}\text{C/seg} < \text{Cond } 1 + 20,$$

Cond 1 = un valor mayor entre $175 - 300 \times \% \text{ en peso de C} - 30 \times \% \text{ en peso de Mn} - 100 \times \% \text{ en peso de Cr y } 10$;

bobinar la lámina de acero enfriada a una temperatura de bobinado CT que satisfaga la siguiente fórmula 2:

$$\text{Cond } 2 \leq \text{CT}^{\circ}\text{C} \leq 650,$$

Cond 2 = $640 - 237 \times \% \text{ en peso de C} - 16.5 \times \% \text{ en peso de Mn} - 8.5 \times \% \text{ en peso de Cr}$.

5

7. Un método para fabricar la lámina de acero laminada en caliente con alto contenido de carbono que tiene excelente uniformidad del material de la reivindicación 5 o 6, en el que 75% o más de la fase de perlita se forma antes del proceso de bobinado.

【Figura 1】

