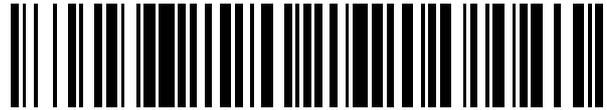


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 759 002**

51 Int. Cl.:

<i>C22C 38/42</i>	(2006.01)	<i>C22C 38/22</i>	(2006.01)
<i>C22C 38/50</i>	(2006.01)	<i>C22C 38/24</i>	(2006.01)
<i>C22C 38/54</i>	(2006.01)	<i>C22C 38/28</i>	(2006.01)
<i>C21D 1/18</i>	(2006.01)	<i>C22C 38/32</i>	(2006.01)
<i>C21D 1/25</i>	(2006.01)	<i>B21B 1/16</i>	(2006.01)
<i>C21D 8/06</i>	(2006.01)	<i>C21D 6/00</i>	(2006.01)
<i>C21D 9/52</i>	(2006.01)		
<i>C22C 38/02</i>	(2006.01)		
<i>C22C 38/04</i>	(2006.01)		
<i>C22C 38/06</i>	(2006.01)		

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **13.11.2015 PCT/JP2015/081988**
- 87 Fecha y número de publicación internacional: **26.05.2016 WO16080308**
- 96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **13.11.2015 E 15860856 (2)**
- 97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **25.09.2019 EP 3222743**

54 Título: **Barra de acero laminada o alambón laminado para componente forjado en frío**

30 Prioridad:

18.11.2014 JP 2014233971

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

07.05.2020

73 Titular/es:

NIPPON STEEL CORPORATION (100.0%)
6-1, Marunouchi 2-chome, Chiyoda-ku
Tokyo, JP

72 Inventor/es:

MATSUI, NAOKI;
NEISHI, YUTAKA;
CHIDA, TETSUSHI;
OBATA, AKIHISA;
HORI, SHOJI y
CHIBA, KEISUKE

74 Agente/Representante:

ELZABURU, S.L.P

ES 2 759 002 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

Barra de acero laminada o alambtrn laminado para componente forjado en fro

Campo tcnico de la invencin

- 5 La presente invencin se refiere a una barra de acero laminada o un alambtrn laminado que es adecuado como material de un componente forjado en fro y es excelente en forjabilidad en fro. En particular, la presente invencin se refiere a una barra de acero laminada o un alambtrn laminado que es adecuado como material de un componente forjado el fro de alta resistencia y es excelente en forjabilidad en fro y en el que la dureza HRC es 34 o superior despus de templado y revenido.

Antecedentes en la tcnica

- 10 La forja en fro es buena para la textura de la superficie y la precisin dimensional de los componentes despus de la forja. Los componentes fabricados por forja en fro se fabrican con un coste menor que los componentes fabricados por forja en caliente, y su relacin de rendimiento es alta. En consecuencia, la forja en fro se aplica ampliamente a la fabricacin de componentes para diversas mquinas industriales, incluyendo vehculos, tales como engranajes, ejes y pernos, o estructuras de construccin.

- 15 En los ltimos aos, se ha producido una reduccin de tamao y una reduccin de peso en los componentes para una estructura mecnica utilizada en vehculos, mquinas industriales y similares, y se ha producido un aumento de tamao en las estructuras de los edificios. En este contexto, se requiere que los componentes fabricados por forja en fro tengan un aumento adicional en resistencia.

- 20 Para estos componentes forjados en fro, se ha utilizado un acero al carbono para una estructura mecnica especificada en la norma JIS G 4051, un acero aleado para una estructura mecnica especificada en la norma JIS G 4053 y similar. Estos aceros, en general, se ajustan para que tengan una resistencia o una dureza predeterminadas llevando a cabo repetidamente un paso que incluye recocido de esferoidizacin y estirado o estirado en fro del acero que es un producto caliente laminado en forma de barra de acero o en forma de alambtrn, y conformndose en forma de un componente por forja en fro y llevando a cabo un tratamiento trmico tal como templado y revenido.

- 25 El acero que se ha descrito anteriormente para una estructura mecnica tiene un contenido de carbono relativamente alto de aproximadamente un 0,20 % a un 0,40 % y se puede usar como componente de alta resistencia a travs de un tratamiento de refinado trmico. Por otra parte, en cuanto al acero que se ha descrito anteriormente para una estructura mecnica, aumenta la resistencia de una barra de acero o un alambtrn que es un acero laminado que se usa como material de forja. Por lo tanto, en un caso en el que el acero no se ablande por
30 adicin del estiramiento en fro y la posterior etapa de recocido de esferoidizacin en el curso de la fabricacin, se generan problemas durante la fabricacin, tales como el desgaste o agrietamiento del troquel que se produce con facilidad durante la forja en fro para la formacin de componentes, y el agrietamiento de los componentes

- 35 En particular, en los ltimos aos, ha habido una tendencia a que los componentes tengan una forma ms complicada con una mayor resistencia. Cuanto ms complicada es la forma del componente, mayor es la posibilidad de aparicin de grietas. De ese modo, con el fin de ablandar aun ms el acero en el que se obtiene una alta resistencia mediante temple y revenido, antes de forjar en fro, se emplean medidas tales como aumentar el tiempo del tratamiento de recocido de esferoidizacin o repetir la etapa de estiramiento en fro y la etapa de recocido de esferoidizacin ms de una vez.

- 40 Sin embargo, estas medidas incluyen muchos costes tales como el coste de personal y el coste del equipo, y se produce una gran prdida de energa. Por consiguiente, se requiere un acero que se pueda producir incluso en un caso en el que se omita la etapa o se reduzca el tiempo de la etapa.

- 45 De acuerdo con estos antecedentes, con el fin de omitir el tratamiento de recocido de esferoidizacin o reducir el tiempo del tratamiento de recocido de esferoidizacin, se ha realizado una propuesta sobre un acero al boro o similar producido de un modo tal que la resistencia del acero laminado que se usa como material de forja se reduzca por reduccin de los contenidos de los elementos de aleacin tales como C, Cr, y Mn, y en ese caso la reduccin de la templabilidad causada por la reduccin de los elementos de aleacin se compensa mediante la adicin de boro.

- 50 Por ejemplo, el Documento de Patente 1 describe un acero laminado en caliente para forja en fro que tiene una excelente resistencia al engrosamiento de grano y una excelente forjabilidad en fro, y un mtodo para la fabricacin del acero laminado en caliente para forja en fro. De forma especfica, el Documento de Patente 1 describe un acero laminado en caliente para forja en fro que tiene una excelente resistencia al engrosamiento de grano y una excelente forjabilidad en fro en el que estn contenidos de un 0,10 % a un 0,60 % de C, un 0,50 % o menos de Si, de un 0,30 % a un 2,00 % de Mn, un 0,025 % o menos de P, un 0,025 % o menos de S, un 0,25 % o menos de Cr, de un 0,0003 % a un 0,0050 % de B, un 0,0050 % o menos de N, y de un 0,020 % a un 0,100 % de Ti, y est contenido TiC o Ti(CN) que tiene un diámetro de 0,2 μm o menos en 20 piezas/100 μm^2 o superior en la matriz del
55 acero, y un mtodo de fabricacin del acero laminado en caliente para forja en fro.

El Documento de Patente 2 describe un acero para una estructura mecánica para trabajo en frío, y un método para la fabricación del acero para una estructura mecánica para trabajo en frío. De forma específica, un acero para una estructura mecánica para trabajo en frío que contiene C, Si, Mn, P, S, Al, N y Cr, y en el que una estructura metalográfica tiene perlita y ferrita proeutectoide, la fracción de área total de la perlita y ferrita proeutectoide en la estructura en su totalidad es de un 90 % o mayor, la proporción entre la fracción de área A de la ferrita proeutectoide y Ae representada por $Ae = (0,8 - Ceq) \times 96,75$ (donde $Ceq = [C] + 0,1 \times [Si] + 0,06 \times [Mn] + 0,11 \times [Cr]$ ((nombre de elemento)) significa la cantidad (% en masa) de cada elemento)) es $A > Ae$, y el tamaño medio de grano de ferrita en la ferrita proeutectoide y la perlita es de 15 a 25 μm , y un método para la fabricación del mismo. Además, se describe que en el acero para una estructura mecánica para trabajo en frío del Documento de Patente 2, se puede realizar un ablandamiento suficiente llevando a cabo un tratamiento de esferoidización normal.

De acuerdo con la tecnología que se describe en el Documento de Patente 1, la dureza del acero laminado se puede reducir. Por lo tanto, se puede llevar a cabo forja en frío a bajo coste, y se puede proporcionar resistencia al engrosamiento del grano durante el calentamiento del templado. Sin embargo, en el acero del Documento de Patente 1, el contenido de Cr del acero es bajo, y de ese modo la templabilidad es baja y existe un límite en el aumento de la resistencia del componente.

El acero para una estructura mecánica para trabajo en frío que se ha descrito en el Documento de Patente 2 se puede ablandar llevando a cabo un tratamiento de recocido de esferoidización normal y se puede aplicar a un componente de alta resistencia. Sin embargo, el equilibrio entre las cantidades de las composiciones químicas del acero no está optimizado, y la fracción de ferrita de la estructura del acero laminado es sustancialmente baja. Por lo tanto, existe el problema de que en un caso en el que el acero según se lamina el producto o en el que se lleva a cabo un tratamiento de recocido de esferoidización en un corto período de tiempo, se usa cuando se lleva a cabo la forja en frío en el componente, se produce agrietamiento y el componente no se puede fabricar a bajo coste. El documento de Patente WO 2007/074986 describe un alambón que tiene una excelente calidad de estampado en frío y propiedades de temple, y un método para la producción del mismo.

25 Documentos de la técnica anterior

[Documentos de patente]

[Documento de Patente 1] Publicación de Patente Japonesa (Concedida) n.º 3443285

[Documento de Patente 2] Solicitud de Patente Sin Examinar Japonesa, Primera Publicación n.º 2013-227602

Divulgación de la invención

30 Problemas que se solucionan con la invención

La presente invención se realiza en vista de la situación actual, y un objetivo de la misma es proporcionar un acero laminado para un componente forjado en frío de alta resistencia, que tiene una forma de barra de acero o una forma de alambón y que tiene templabilidad y forjabilidad en frío excelentes. Aquí, una excelente templabilidad significa que la dureza HRC en una parte central es de 34 o mayor después de llevar a cabo temple y revenido. Una excelente forjabilidad en frío significa que la aparición de grietas se suprime de forma eficaz durante la forja en frío, incluso en el caso de que se omita un tratamiento de recocido de esferoidización o se reduzca el tiempo del tratamiento de recocido de esferoidización, antes de la forja en frío.

Medios para resolver el problema

Los inventores han llevado a cabo diversos exámenes con el fin de resolver los problemas que se han descrito anteriormente y, como resultado, han descubierto el siguiente conocimiento.

(a) En un caso en el que se asegura la forjabilidad en frío de un modo tal que es posible la formación del componente incluso si se omite el tratamiento de recocido de esferoidización o se reduce el tiempo del tratamiento de recocido de esferoidización, se requiere que la resistencia a la tracción del acero (barra de acero laminada o alambón laminado) según se lamina el producto sea de 750 MPa o menos. Además, la estructura interna, excluyendo una parte de la capa superficial en la que se puede generar una capa descarburada, es una estructura de ferrita-perlita, y se requiere que la fracción de ferrita de la misma sea mayor de un 40 %.

(b) Con el fin de asegurar una alta resistencia del componente mediante temple y revenido, se requiere que el contenido de C aumente para aumentar la dureza de templado (la dureza después del templado), y se requiere que estén contenidos elementos de aleación tales como Mn y Cr para aumentar la templabilidad. Es decir, se requiere que se aseguren la dureza de templado suficiente y la templabilidad necesaria para la dureza de templado suficiente para su uso en un componente forjado en frío de alta resistencia.

(c) con el fin de mejorar la forjabilidad en frío y asegurar la dureza después del templado mediante un aumento de la templabilidad, es necesario controlar la estructura interna con una consideración suficiente del equilibrio entre las cantidades de elementos tales como C, Si, Mn, y Cr.

La presente invención se completa basándose en el conocimiento que se ha descrito anteriormente.

Las "impurezas" en el resto de "Fe e impurezas" son componentes contenidos involuntariamente en el acero, y se refieren a materiales mezclados a partir de mena tal como materia prima, chatarra, un entorno de fabricación o similar en la fabricación industrial de hierro y acero.

- 5 La barra de acero laminada o el alambtrn laminado se refieren a un acero laminado con forma de barra de acero o forma de alambtrn segn se lamina el producto en caliente. En lo sucesivo en el presente documento, en la presente memoria descriptiva de la presente invencin, la "barra de acero laminada o alambtrn laminado" se pueden expresar de forma colectiva como una "barra y alambtrn laminados" o un "acero laminado". El laminado en caliente del producto se puede expresar como "laminado en caliente".

10 Efectos de la invencin

- Una barra y un alambtrn laminados (barra de acero laminada o alambtrn laminado) para un componente forjado en fro de acuerdo con el aspecto de la presente invencin tienen una resistencia a la traccin de 750 MPa o menos, y la estructura metalogrfica interna es una estructura de ferrita-perlita que tiene una fraccin de ferrita de un 40 % o ms. Adem{s, la barra y el alambtrn laminados tienen una forjabilidad en fro y una templabilidad excelentes ya que se controla la cantidad de elementos. Por lo tanto, utilizando la barra y el alambtrn laminados de la presente invencin como material, se puede formar un componente mediante forja en fro, incluso en el caso de que se omita un tratamiento de recocido de esferoidizacin o se reduzca el tiempo del tratamiento de recocido de esferoidizacin, y se puede obtener un componente forjado en fro de alta resistencia que tiene una dureza HRC de 34 o mayor a trav{s de temple y revenido.

20 Breve descripcin de las figuras

La Figura 1 es un diagrama que muestra la forma de un perno formado por forja en ejemplos.

La Figura 2 es un diagrama que muestra la relacin entre: el contenido de Cr y el contenido de Mn; y la templabilidad.

Realizaciones de la invencin

- 25 En lo sucesivo en el presente documento, se describir{ con detalle una barra de acero laminada o un alambtrn laminado para un componente forjado en fro de acuerdo con una realizacin de la presente invencin (se pueden denominar barra y alambtrn laminados de acuerdo con esta realizacin). En la siguiente descripcin, el s{mbolo "%" relacionado con el contenido de cada elemento significa "% en masa".

(A) Composicin qu{mica (elementos qu{micos)

- 30 C: de un 0,24 % a un 0,36 %

- El C es un elemento que aumenta la templabilidad de un acero para contribuir a una mejora de la resistencia. Con el fin de obtener este efecto, el contenido de C se controla para que sea un 0,24 % o mayor. En el caso de aumentar a{un ms la dureza de templado de un componente forjado en fro, el contenido de C se controla preferiblemente para que sea un 0,26 % o mayor. En el caso de que el contenido de C sea mayor que un 0,36 %, se reduce la forjabilidad en fro. Por consiguiente, el contenido de C se controla para que sea un 0,36 % o menos. En el caso de aumentar a{un ms la forjabilidad en fro, el contenido de C se controla preferiblemente para que sea un 0,33 % o menos.

Si: menos De un 0,40 %

- 40 Con el fin de reducir la resistencia a la traccin de un acero laminado despu{s de laminado en caliente (seg{un se lamina), el contenido de Si es preferiblemente tan bajo como sea posible. Por consiguiente, el contenido de Si puede ser un 0 %. Por otra parte, dado que el Si fortalece la ferrita mediante el fortalecimiento de la solucin s{lida, puede estar contenido Si con el fin de obtener el efecto de disminuir la dureza de templado de un componente forjado en fro. Sin embargo, dado que la forjabilidad en fro se reduce de forma significativa en el caso de que el contenido de Si sea de un 0,40 % o mayor, es necesario controlar el contenido de Si para que sea menos de un 0,40 % incluso en el caso de que est{ contenido Si. Desde el punto de vista de la forjabilidad en fro, el contenido de Si es preferiblemente menos de un 0,30 %, y m{s preferiblemente menos de un 0,20 %. El contenido de Si es incluso m{s preferiblemente un 0,10 % o menos teniendo en cuenta la resistencia a la traccin de un acero laminado.

Mn: de un 0,20 % a un 0,45 %

- 50 Mn es un elemento que aumenta la templabilidad de un acero y, con el fin de obtener este efecto, el contenido de Mn se controla para que sea de un 0,20 % o mayor. Es preferible que el contenido de Mn sea de un 0,25 % o mayor con el fin de aumentar a{un ms la templabilidad. En el caso de que el contenido de Mn sea mayor de un 0,45 %, la temperatura de inicio de formacin de ferrita disminuye durante el enfriamiento despu{s de la laminacin de acabado, y de ese modo la fraccin de ferrita se reduce y se genera bainita. Como resultado, se reduce la forjabilidad en fro

ES 2 759 002 T3

del acero. Por lo tanto, el contenido de Mn se controla para que sea un 0,45 % o menos. En el caso de mejorar la forjabilidad en frío, el contenido de Mn es preferiblemente un 0,42 % o menos, más preferiblemente un 0,40 % o menos, e incluso más preferiblemente un 0,35 % o menos.

S: menos de un 0,020 %

- 5 El S está contenido en forma de impurezas. El S es un elemento que reduce la forjabilidad en frío, y el contenido de S es preferiblemente tan bajo como sea posible. En particular, en el caso de que el contenido de S sea de un 0,020 % o mayor, MnS tiene una forma gruesa alargada, y se reduce de forma significativa la forjabilidad en frío. Por consiguiente, el contenido de S se limita para que sea menos de un 0,020 %. El contenido de S es preferiblemente menos de un 0,010 %.

- 10 P: menos de un 0,020 %

- 15 El P está contenido en forma de impurezas. El P es un elemento que reduce la forjabilidad en frío y se segrega en el límite de grano con el calentamiento en un intervalo de temperatura de austenita para causar agrietamiento durante el temple. Por lo tanto, el contenido de P es preferiblemente bajo. El particular, en el caso de que el contenido de P sea de un 0,020 % o mayor, la forjabilidad en frío se reduce de forma significativa o se produce un agrietamiento significativo. De ese modo, el contenido de P es menos de un 0,020 %, y preferiblemente menos de un 0,010 %.

Cr: de un 0,70 % a un 1,45 %

- 20 El Cr es un elemento que aumenta la templabilidad de un acero como en el caso del Mn. Con el fin de obtener este efecto, el contenido de Cr se controla para que sea de un 0,70 % o mayor. Con el fin de obtener de forma estable una alta templabilidad, el contenido de Cr es preferiblemente un 0,80 % o mayor, y más preferiblemente un 0,90 % o mayor. En el caso de que el contenido de Cr sea mayor de un 1,45 %, aumenta la templabilidad. Sin embargo, se disminuye la temperatura de inicio de transformación de ferrita durante el enfriamiento después de la laminación de acabado, y de ese modo la fracción de ferrita se reduce y se genera bainita. Como resultado, la forjabilidad en frío del acero se reduce. Por lo tanto, el contenido de Cr se controla para que sea de un 1,45 % o menos. Con el fin de aumentar aún más la forjabilidad en frío, el contenido de Cr es preferentemente un 1,30 % o menos, y más preferiblemente un 1,20 % o menos.

- 25 Al: de un 0,005 % a un 0,060 %

- 30 El Al es un elemento que tiene una acción desoxidante. Además, el Al es un elemento que actúa para formar AlN por combinación con N, refina los granos de austenita durante la laminación en caliente y suprime la generación de bainita mediante un efecto de fijación del AlN. Con el fin de obtener estos efectos, el contenido de Al se controla para que sea de un 0,005 % o mayor. En el caso de suprimir de forma más segura la generación de bainita, el contenido de Al es preferiblemente un 0,015 % o mayor, y más preferiblemente un 0,020 % o mayor. En el caso de que el contenido de Al sea mayor de un 0,060 %, los efectos del Al se saturan. Además, se genera AlN grueso y de ese modo se reduce la forjabilidad en frío. Por lo tanto, el contenido de Al se controla para que sea de un 0,060 % o menos. Desde el punto de vista de aumentar la forjabilidad en frío, el contenido de Al es preferiblemente de un 0,050 % o menos, y más preferiblemente un 0,045 % o menos.

- 35 Ti: mayor de un 0,020 % y un 0,060 % o menos

- 40 El Ti es un elemento que forma un carburo, un nitruro, o un carbonitruro por combinación con N y C, y tiene el efecto de refinar los granos de austenita durante el laminado en caliente mediante un efecto de fijación. El refinado de los granos de austenita suprime la generación de bainita en el curso del enfriamiento después de la laminación de acabado, y contribuye a un aumento en la fracción de ferrita. Además, el Ti también actúa para aumentar el efecto de mejora de la templabilidad mediante B dado que el Ti fija, en forma de TiN, el N disuelto en el sólido en un acero, y de ese modo suprime la generación del BN. Con el fin de obtener estos efectos, el contenido de Ti se controla para que sea mayor de un 0,020 %. El contenido de Ti es preferiblemente de un 0,030 % o mayor, y más preferiblemente mayor de un 0,035 %. En el caso de que el contenido de titanio sea mayor de un 0,060 %, precipitan carburos de Ti o carbonitruros de Ti finos en gran cantidad durante el acabado del laminado, se fortalece la ferrita, y de ese modo la resistencia a la tracción aumenta de forma excesiva. Por lo tanto, el contenido de Ti se controla para que sea de un 0,060 % o menos. El contenido de Ti es preferiblemente un 0,050 % o menos, y más preferiblemente un 0,045 % o menos.

B: de un 0,0003 % a un 0,0040 %

- 50 El B es un elemento eficaz para el aumento de la templabilidad incluso en el caso de que esté contenido en una cantidad muy baja. Con el fin de obtener este efecto, el contenido de B se controla para que sea de un 0,0003 % o mayor. En el caso de aumentar aún más la templabilidad, el contenido de B es preferiblemente de un 0,0005 % o mayor, y más preferiblemente de un 0,0010 % o mayor. En el caso de que el contenido de B sea mayor de un 0,0040 %, el efecto de mejora de la templabilidad se satura, y se reduce la forjabilidad en frío. En el caso de aumentar aún más la forjabilidad en frío, el contenido de B es preferiblemente de un 0,0030 % o menos, y más preferiblemente de un 0,0025 % o menos.

N: de un 0,0020 % a un 0,0080 %

5 El N forma un nitruro o un carbonitruro por combinación con Al, o Ti, y tiene el efecto de refinado de los granos de austenita en el laminado en caliente. Con el fin de obtener el efecto, el contenido de N se controla para que sea de un 0,0020 % o mayor, y preferiblemente un 0,0030 % o mayor. En el caso de que el contenido de N sea demasiado alto, el efecto de refinado de los granos de austenita se satura, y el N se combina con B y forma un nitruro, debilitando de ese modo el efecto de mejora de la templabilidad del B. De ese modo, el contenido de N se controla para que sea de un 0,0080 % o menos. Con el fin de mejorar de forma estable la templabilidad, el contenido de N es preferiblemente menos de un 0,0070 %, y más preferiblemente de un 0,0060 % o menos.

10 Además, en la barra de acuerdo con esta realización, también es necesario controlar el equilibrio entre las cantidades de los elementos además de las cantidades reales de los mismos. De forma específica, Y1, representado por la siguiente Fórmula <1> e Y2, representado por la siguiente Fórmula <2>, satisfacen la relación representada por la Fórmula <3>.

$$Y1 = [Mn] \times [Cr] \quad \text{Fórmula <1>}$$

$$Y2 = 0,134 \times (D / 25,4 - (0,50 \times \sqrt{[C]})) / (0,50 \times \sqrt{[C]}) \quad \text{Fórmula <2>}$$

15 $Y1 > Y2 \quad \text{Formula <3>}$

En las fórmulas, [C], [Mn], y [Cr] representan las respectivas cantidades de los mismos en % en masa, y D representa el diámetro (mm) de la barra y el alambtrn laminados.

20 En el caso de que $Y1 > Y2$, se obtiene una templabilidad de un modo tal que la dureza HRC es de 34 o mayor en una parte central después de un tratamiento de refinado térmico, mediante temple y revenido generales (por ejemplo, después de calentamiento en un intervalo de temperatura de 880 °C a 900 °C, el templado se lleva a cabo mediante enfriamiento en aceite, y el revenido se lleva a cabo de 400 °C a 600 °C).

Se describirán las Fórmulas <1> a <3>.

25 Como se ha descrito anteriormente, Y1 es un valor representado como el producto de las masas (% masa) de Mn y Cr contenidas en el acero y es un parámetro de templabilidad requerido para la barra y el alambtrn laminados para un componente forjado en frío de alta resistencia.

30 Y2 es un parámetro que representa la relación entre D y [C], que tiene influencia en la fracción de la estructura de martensita obtenida, en el caso de que una barra y un alambtrn laminados que tienen un diámetro de D (mm) se calienten a una temperatura igual a o mayor que un punto Ac3 y se templen mediante enfriamiento en aceite, en una posición a D/2 (mm) desde la superficie que es una parte central de la barra y el alambtrn laminados. La velocidad de enfriamiento en el templado mediante enfriamiento en aceite varía dependiendo del diámetro D de la barra y el alambtrn laminados y, en general, la velocidad de enfriamiento es aproximadamente de 10 a 40 °C/s.

35 El punto Ac3 se puede calcular a partir de una fórmula de cálculo conocida, por ejemplo $Ac3 = 912,0 - 230,5 \times C + 31,6 \times Si - 20,4 \times Mn - 39,8 \times Cu - 18,1 \times Ni - 14,8 \times Cr + 16,8 \times Mo$ basándose en la composición química. Por otra parte, el punto Ac3 se puede estimar experimentalmente a partir del cambio de la proporción de expansión del acero medido durante un aumento de temperatura por calentamiento.

40 Después del tratamiento de refinado térmico mediante temple y revenido, con el fin de obtener una dureza HRC de 34 o mayor en la parte central, es necesario controlar la dureza de templado antes del revenido en la parte central (parte a D/2) de la barra y el alambtrn laminados para que sea 45 o mayor en términos de dureza HRC. Además, con el fin de controlar la dureza de templado para que sea 45 o mayor en términos de dureza HRC, se requiere que se ajusten el contenido de C, el contenido de Mn, y el contenido de Cr, que tienen una gran influencia en la dureza de templado.

45 En el caso de que la estructura sea martensita, la dureza de la misma se determina casi siempre mediante el contenido de C, y en el caso de que el contenido de C esté en el intervalo de la barra y el alambtrn laminados de acuerdo con la presente realización, la dureza es de 45 o mayor en términos de dureza de HRC. Por lo tanto, con el fin de asegurar una dureza de templado de 45 o mayor en términos de dureza HRC, la estructura después del templado se puede controlar para que sea martensita en su mayor parte (un 90 % o mayor en términos de la fracción de la estructura).

50 Como resultado del examen de los inventores, se ha descubierto que se obtiene un 90 % o más de martensita después del templado en la parte central de la barra y el alambtrn laminados mediante el control que cada uno del contenido de Mn y el contenido de Cr para que sea un valor predeterminado o mayor. De forma específica, en un caso de que Y1, que está representado por el producto de los contenidos de Mn y Cr y que aumenta la templabilidad, sea mayor que el parámetro Y2, que representa la relación entre D y [C] que influye en la fracción de la estructura de martensita obtenida en la parte central de la barra y el alambtrn laminados, la estructura de la parte central de la barra y el alambtrn laminados después del templado incluye un 90 % o más de martensita. Por consiguiente, en la

barra y el alambrrn laminados de acuerdo con esta realizacin, se satisface $Y1 > Y2$. En un caso de que $Y1 < Y2$, se genera una estructura templada de forma incompleta, tal como bainita o ferrita, durante el templado y, de ese modo, no se puede asegurar un 90 % o ms de martensita. En este caso, se reducen la resistencia y la resistencia a la fragilidad por hidrgeno.

5 La Figura 2 es un diagrama que muestra la relacin entre: el contenido de Cr y el contenido de Mn; y la templabilidad en un caso en el que el diámetro de una barra y un alambrrn laminados es de 15 mm y el contenido de C es de un 0,30 %. En la Figura 2, en el caso en el que el contenido de Mn y el contenido de Cr estn por encima de la lnea fronteriza B, se satisface $Y1 > Y2$, y la martensita ocupa un 90 % o ms de la estructura de la parte central de la barra y el alambrrn laminados despus del templado.

10 Como estandar especfico de la templabilidad, en un mtodo de ensayo de templabilidad de acero (mtodo de templado de un extremo) de la norma JIS G 0561, el ensayo denominado ensayo de Jominy, la dureza J 7 mm en una posicin separada de un extremo templado en al menos 7 mm puede ser 45 o superior en trminos de dureza HRC.

15 Dado que la dureza de la barra y el alambrrn laminados despus de templado tambin depende del diámetro D de la barra y el alambrrn laminados, el diámetro D de la barra y el alambrrn laminados es preferiblemente pequeo desde el punto de vista de la templabilidad. En el caso en el que la barra y el alambrrn laminados se aplican a un componente forjado en fro de alta resistencia, la barra y el alambrrn laminados tienen preferiblemente un diámetro de aproximadamente 6 a 35 mm, y ms preferiblemente de 8 a 16 mm.

20 La barra y el alambrrn laminados de acuerdo con esta realizacin contienen bsicamente las composiciones qumicas que se han descrito anteriormente, siendo el resto Fe e impurezas. Sin embargo, si fuera necesario, pueden estar contenidos al menos uno o ms seleccionados entre Cu, Ni, Mo, V, Zr, Ca y Mg en lugar de una parte del Fe del resto. Como no es necesario que estn contenidos estos elementos, sus lmites inferiores son de un 0 %. Aqu, las "impurezas" son componentes contenidos involuntariamente en el acero, y se refieren a materiales mezclados a partir de la mena tales como materia prima, chatarra, entorno de fabricacin o similar en la fabricacin industrial de hierro y acero.

25 En lo sucesivo en el presente documento, se describirn las acciones y los efectos de los elementos arbitrarios Cu, Ni, Mo, V, Zr, Ca y Mg, y los contenidos preferibles de los mismos en el caso de que estn contenidos los elementos.

Cu: un 0,50 % o menos

30 El Cu es un elemento que aumenta la templabilidad, y puede estar contenido. Con el fin de obtener de forma estable este efecto, el contenido de Cu es preferiblemente de un 0,03 % o mayor, y ms preferiblemente de un 0,05 % o mayor. En el caso de que el contenido de Cu sea mayor de un 0,50 %, la templabilidad aumenta de forma excesiva, y se genera bainita despus de la laminacin de acabado. De ese modo, se reduce la forjabilidad en fro. Por consiguiente, incluso en el caso en el que est contenido Cu, el contenido de Cu se controla para que sea de un 0,50 % o menos. El contenido de Cu, en el caso de que el Cu est contenido desde el punto de vista de la mejora de la forjabilidad en fro, es preferiblemente de un 0,30 % o menos, y ms preferiblemente de un 0,20 % o menos.

35 Ni: un 0,30 % o menos

40 El Ni es un elemento que aumenta la templabilidad, y puede estar contenido. Con el fin de obtener de forma estable este efecto, el contenido de Ni es preferiblemente de un 0,01 % o mayor, y ms preferiblemente de un 0,03 % o mayor. En el caso de que el contenido de Ni sea mayor de un 0,30 %, el efecto del Ni se satura. Adem, la templabilidad aumenta de forma excesiva, y se genera bainita despus de la laminacin de acabado. De ese modo, se reduce la forjabilidad en fro. Por lo tanto, incluso en el caso en el que est contenido Ni, el contenido de Ni se controla para que sea de un 0,30 % o menos. El contenido de Ni, en un caso en el que el Ni est contenido desde el punto de vista de la mejora de la forjabilidad en fro, es preferiblemente de un 0,20 % o menos, y ms preferiblemente de un 0,10 % o menos.

45 Mo: un 0,050 % o menos

50 El Mo es un elemento que fortalece un acero mediante el fortalecimiento de la solucin slida, y mejora la templabilidad de un acero de forma significativa. El Mo puede estar contenido con el fin de obtener este efecto. Con el fin de obtener este efecto de forma estable, el contenido de Mo es preferiblemente de un 0,005 % o mayor. En el caso de que el contenido de Mo sea mayor de un 0,050 %, se genera bainita o martensita despus de la laminacin de acabado, y se reduce la forjabilidad en fro. Por consiguiente, incluso en el caso de que est contenido el Mo, el contenido de Mo se controla para que sea de un 0,050 % o menos. El contenido de Mo, en el caso en el que el Mo est contenido desde el punto de vista de la mejora de la forjabilidad en fro, es preferiblemente de un 0,030 % o menos, y ms preferiblemente de un 0,020 % o menos.

V: un 0,050 % o menos

55 El V es un elemento que forma un carburo, un nitruo, o un carbonitruo por combinacin con C y N. Adem, el V es

un elemento que mejora la templabilidad de un acero incluso en el caso de que esté contenido en una cantidad muy pequeña. Por consiguiente, puede estar contenido V. Con el fin de obtener de forma estable estos efectos, el contenido de V es preferiblemente de un 0,005 % o mayor. En el caso de que el contenido de V sea mayor de un 0,050 %, la resistencia del acero laminado aumenta debido al carburo o nitruro precipitado, y se reduce la forjabilidad en frío. Por consiguiente, incluso en el caso de que esté contenido V, el contenido de V se controla para que sea de un 0,050 % o menos. El contenido de V, en el caso en el que el V esté contenido desde el punto de vista de la mejora de la forjabilidad en frío, es preferiblemente de un 0,030 % o menos, y más preferiblemente de un 0,020 % o menos.

Zr: 0,050 % o menos

El Zr es un elemento que actúa para mejorar la templabilidad de un acero incluso en el caso en el que esté contenido en una cantidad muy pequeña. Puede estar contenida una cantidad muy pequeña de Zr para conseguir el objetivo indicado anteriormente. Con el fin de obtener de forma estable este efecto, el contenido de Zr es preferiblemente un 0,003 % o mayor. En el caso de que el contenido de Zr sea mayor de un 0,050 %, se generan nitruros gruesos, y se reduce la forjabilidad en frío. Por consiguiente, incluso en el caso de que esté contenido Zr, el contenido de Zr se controla para que sea de un 0,50 % o menos. El contenido de Zr, en el caso de que el Zr esté contenido, es preferiblemente de un 0,030 % o menos, y más preferiblemente de un 0,020 % o menos, desde el punto de vista de la mejora de la forjabilidad en frío.

Ca: un 0,0050 % o menos

El Ca forma un sulfuro por combinación con S, y actúa como núcleo de producción de MnS. El MnS con CaS como núcleo de producción se dispersa finamente y se convierte en un núcleo de producción para la precipitación de ferrita durante el enfriamiento después de acabar el laminado. Por consiguiente, en el caso en el que esté presente MnS dispersado finamente, la fracción de ferrita aumenta. Es decir, en el caso de que esté contenido el Ca, la fracción de ferrita aumenta, y de ese modo puede estar contenido el Ca. Con el fin de obtener de forma estable este efecto, el contenido de Ca es preferiblemente de un 0,0005 % o mayor. En el caso de que el contenido de Ca sea mayor de un 0,0050 %, el efecto se satura, y el Ca reacciona con oxígeno en el acero junto con Al, y de ese modo genera un óxido grueso. De ese modo, se reduce la forjabilidad en frío. Por consiguiente, incluso en el caso de que esté contenido el Ca, el contenido de Ca se controla para que sea de un 0,0050 % o menos. El contenido de Ca, en el caso de que esté contenido el Ca, es preferiblemente de un 0,0030 % o menos, y más preferiblemente de un 0,0020 % o menos, desde el punto de vista de la mejora de la forjabilidad en frío.

Mg: un 0,0050 % o menos

El Mg es un elemento que forma un sulfuro por combinación con S, y actúa como núcleo de producción de MnS. El Mg tiene el efecto de dispersar finamente el MnS. En el caso de que el MnS esté finamente dispersado, precipita ferrita con MnS, dispersada durante el enfriamiento después de la laminación de acabado, como núcleo de producción. De ese modo, mejora la fracción de ferrita. El Mg puede estar contenido con el fin de obtener este efecto. Con el fin de obtener de forma estable este efecto, el contenido de Mg es preferiblemente de un 0,0005 % o mayor. En el caso de que el contenido de Mg sea mayor de un 0,0050 %, se satura el efecto del Mg. Además, dado que la cantidad de adición de Mg es baja y la adición de Mg perjudica el coste de fabricación, la cantidad de Mg, en el caso de que esté contenido el Mg, es preferiblemente de un 0,0030 % o menos, y más preferiblemente de un 0,0020 % o menos.

(B) Resistencia a la tracción del acero

La barra y el alambón laminados de acuerdo con esta realización tienen una excelente forjabilidad en frío. Por lo tanto, incluso en un caso en el que se omite o se lleva a cabo un tratamiento de recocido de esferoidización después del laminado del producto en un corto período de tiempo, no se produce ninguna reducción en la vida útil del troquel durante la forja en frío ni el agrietamiento del componente durante la formación. Esto se debe a que al controlar no solo las composiciones químicas del acero ajustadas como se ha descrito anteriormente, sino también las condiciones de fabricación del acero laminado, la estructura del acero laminado y los precipitados se controlan para que sean adecuados para la forja en frío y la resistencia del acero se reduce. En esta realización, la excelente forjabilidad en frío significa que, por ejemplo, el agrietamiento no se produce incluso en el caso en el que una barra redonda de Φ 10,5 mm x 40 mmL cortada de la barra y el alambón laminados se procese en un perno que se muestra en la Figura 1.

En el caso en el que la resistencia a la tracción sea mayor de 750 MPa, aumenta la posibilidad de que se produzca el agrietamiento del componente durante la forja en frío. Por lo tanto, en la barra y el alambón laminados de acuerdo con esta realización, es necesario controlar que la resistencia a la tracción sea de 750 MPa o menos después de controlar la estructura como se describirá más adelante.

Incluso en el caso en el que la resistencia a la tracción sea superior a 750 MPa, el agrietamiento del componente no se produce con facilidad durante la forja en frío en un caso en el que se lleva a cabo un tratamiento de recocido de esferoidización durante un largo período de tiempo de aproximadamente 20 horas o se lleva a cabo repetidamente más de una vez (por ejemplo, 10 horas x 2 veces). Sin embargo, la barra y el alambón laminados de acuerdo con

esta realización se proporcionan para asegurar la forjabilidad en frío incluso en un caso en el que se omita el tratamiento de recocido de esferoidización o se reduzca el tiempo del tratamiento de recocido de esferoidización de un modo tal que el tratamiento térmico se complete en al menos 10 horas. Para lograr este objetivo, se controla el límite superior de la resistencia a la tracción en la barra y el alambón laminados de acuerdo con esta realización. La resistencia a la tracción de la barra y el alambón laminados es preferiblemente de 700 MPa o menos, y más preferiblemente de 650 MPa o menos.

(C) Acerca de la estructura interna del acero

La barra y el alambón laminados de acuerdo con esta realización tienen una excelente forjabilidad en frío. Por lo tanto, no se produce ninguna reducción en la vida útil del troquel durante la forja en frío ni el agrietamiento de un componente formado, incluso en un caso en el que se omita o se realice el tratamiento de recocido de esferoidización convencional después del laminado del producto que requiere aproximadamente 20 horas en aproximadamente la mitad del tiempo, o se lleve a cabo una vez el tratamiento de recocido de esferoidización que se ha llevado a cabo más de una vez. Esto se debe a que la estructura metalográfica de la barra y el alambón laminados se controla para que tenga una forma adecuada para la forja en frío no solo ajustando las composiciones químicas del acero, sino también controlando las condiciones de fabricación de la barra y el alambón laminados.

De forma específica, en la barra y el alambón laminados de acuerdo con esta realización, la estructura (estructura interna) de una parte, que excluye una parte de la capa superficial que varía hasta 100 μm desde la superficie en la que se puede generar una capa descarburada, es una estructura de ferrita-perlita, y la fracción de ferrita es de un 40 % o mayor. Aquí, la estructura de ferrita-perlita significa una estructura que es una estructura mixta en la que la ferrita y la perlita que ocupa un 95 % o más de toda la estructura en términos de una fracción de área (una estructura en la que un total de la fracción de área de la ferrita y la fracción de área de la perlita es de un 95 % o mayor). En la medición de la fracción de ferrita, la fase de ferrita entre las cementitas laminares incluidas en la perlita no se incluye como ferrita. La estructura mixta en la que la ferrita y la perlita ocupan un 95 % o más de toda la estructura en términos de una fracción de área significa que un total de las fracciones de área de las estructuras tales como martensita y bainita distintas de la ferrita y la perlita es inferior a un 5 %. Para obtener una buena forjabilidad en frío, se requiere que la estructura mixta de ferrita y perlita sea de un 95 % o mayor en toda la estructura en términos de una fracción de área, y es preferiblemente de un 100 %.

En la estructura interna, en un caso de que la fracción de ferrita sea inferior a un 40 %, no se puede asegurar una buena forjabilidad en frío, incluso en un caso de que la resistencia a la sea es de 750 MPa o menos. De ese modo, se causan problemas tales como grietas en el componente durante la formación o una reducción en la vida útil de la matriz. La fracción de ferrita es preferiblemente un 45 % o mayor, y más preferiblemente un 50 % o mayor. El límite superior de la fracción de ferrita no se especifica de forma particular. Sin embargo, para controlar que la fracción de ferrita sea superior a un 80 % según se lamina en caliente, es necesario esferoidizar las cementitas laminares que forman la estructura de perlita, y para ello, es necesario llevar a cabo un tratamiento de remojo durante un período prolongado después del laminado. Por consiguiente, el coste aumenta, y esto es difícil de realizar industrialmente. Por lo tanto, el límite superior de la fracción de ferrita es de un 80 %.

En el caso de que la estructura mixta de ferrita y perlita sea inferior a un 95 % en toda la estructura en términos de una fracción de área, existe la preocupación de que la resistencia a la tracción de la barra y el alambón laminados pueda ser mayor de 750 MPa debido a estructuras duras tales como martensita y bainita. Además, dado que las estructuras duras se convierten en orígenes de fracturas, existe la preocupación de que se pueda reducir la forjabilidad en frío.

La identificación de las estructuras y el cálculo de la fracción de área se llevan a cabo, por ejemplo, de la siguiente manera.

Una barra y un alambón laminados se cortan a una longitud de 10 mm. A continuación, se lleva a cabo el embebido de una de un modo tal que una sección transversal sirve como superficie de ensayo, y se lleva a cabo un pulido de espejo. A continuación, la superficie se corroe con un alcohol de ácido nítrico al 3 % (grabador Nital) para provocar la aparición de una microestructura. Posteriormente, se toman fotografías de microestructura de 5 campos de visión utilizando un microscopio óptico con 500 aumentos en una posición correspondiente a una posición D/4 (D: diámetro del acero laminado) de la barra de acero laminada o el alambón laminado para identificar la "fase". Usando un software de análisis de imágenes, se miden las fracciones del área de ferrita de los respectivos campos de visión como fracciones de ferrita, y se obtiene el valor medio de las mismas. Se obtiene la fracción del total de ferrita y perlita obteniendo la fracción de perlita de la misma manera, y sumando la fracción de ferrita y la fracción de perlita.

(D) Proceso de fabricación preferible

En la barra y el alambón laminados de acuerdo con esta realización, es importante controlar no solo las composiciones químicas del acero, sino también la estructura a medida que se lamina. Por consiguiente, la barra y los alambones laminados que tienen composiciones químicas y una estructura dentro del intervalo de la presente invención se incluyen en la barra y el alambón laminados de acuerdo con esta realización, independientemente de los métodos de fabricación de los mismos.

Sin embargo, en el caso de que se aplique un proceso de fabricación que incluya los siguientes pasos a un acero que tiene composiciones químicas predeterminadas, la estructura según se lamina se puede controlar de manera estable para que esté en un intervalo preferible. En lo sucesivo en el presente documento, se describirán con detalle las condiciones de fabricación preferibles.

5 <Etapa de fabricación de una pieza de acero>

En primer lugar, un acero fundido en el que están ajustadas las composiciones químicas tales como C, Si, Mn, y Cr y que se funde mediante un convertidor, un horno eléctrico normal, o similar, se cuela para obtener un lingote o una pieza colada de acero. El lingote o la pieza colada de acero obtenido se desbasta para obtener una pieza de acero (material para la laminación del producto). En este momento, la temperatura de calentamiento antes del desbastado es preferiblemente de 1200 °C o mayor con el fin de disolver los carbonitruros o carburos tales como Ti(C,N), y TiC generados durante la solidificación.

<Etapa de calentamiento anterior a la laminación>

15 A continuación, la pieza de acero se calienta antes del laminado y, en este caso, la temperatura de calentamiento es preferiblemente de 1050 °C o inferior siempre que sea posible el laminado. En el caso de que la temperatura de calentamiento sea demasiado alta, los carbonitruros o carburos finos precipitados en la pieza de acero se disuelven y precipitan coherentemente junto con transformación de ferrita durante el enfriamiento después del laminado del producto. Por consiguiente, la resistencia después de la laminación del producto aumenta, y existe la preocupación de que se pueda reducir la forjabilidad en frío.

<Etapa de laminación>

20 Después del calentamiento, se obtiene una barra de acero o un alambón que tiene un diámetro predeterminado por laminación del producto, incluyendo la laminación de acabado. La laminación de acabado es una laminación que se lleva a cabo mediante una matriz de molino de laminación de acabado en una etapa final de la laminación del producto. En la laminación de acabado, la velocidad de trabajo Z es preferiblemente de 5 a 15/s, y la laminación de acabado se lleva a cabo preferiblemente en un intervalo de temperatura de laminación de 750 °C a 850 °C. La velocidad de trabajo Z es un valor que se obtiene usando la siguiente Fórmula (i) a partir de la reducción del área del acero mediante la laminación de acabado y el tiempo de la laminación de acabado. Con respecto a la temperatura de la laminación de acabado, se puede medir la temperatura en un puerto de salida de la matriz del molino de laminación de acabado utilizando un termómetro de radiación infrarroja.

$$Z = \{-\ln(1 - R)\} / t \dots (i)$$

30 Aquí, R es la reducción del área del acero mediante la laminación de acabado, y t es el tiempo de la laminación de acabado (s). Y ln representa un logaritmo natural.

La reducción del área R se obtiene usando $R = (A_0 - A) / A_0$ a partir del área de sección transversal A_0 antes de la laminación de acabado de la barra y el alambón laminados y el área de sección transversal A después de la laminación de acabado.

35 El tiempo de laminación de acabado t es el período de tiempo (s) durante el que la barra y el alambón laminados pasan a través de la matriz del molino de laminación de acabado, y se puede obtener dividiendo la distancia desde el primer molino de laminación al último molino de laminación en la matriz de molinos de laminación de acabado por la velocidad media de transferencia de la barra y el alambón laminados.

40 En el caso de que la temperatura de laminado de acabado sea inferior a 750 °C o la velocidad de trabajo de la laminación de acabado sea demasiado alta, la ferrita se transforma a partir de granos de austenita no cristalizados. En este caso, la estructura después del enfriamiento se refina en exceso y, de ese modo, la resistencia aumenta en exceso y se reduce la forjabilidad en frío. Por el contrario, en el caso de que la temperatura de la laminación de acabado sea superior a 850 °C o la velocidad de trabajo sea baja, los granos de austenita después de la recristalización se vuelven gruesos y la temperatura de inicio de la transformación de la ferrita se reduce. En este caso, se reduce la fracción de ferrita de la estructura después del enfriamiento, y se reduce la forjabilidad en frío.

<Etapa de enfriamiento>

Después de que se haya completado la laminación de acabado, se lleva a cabo el enfriamiento preferiblemente a una velocidad de enfriamiento media de 0,2 a 5 °C/s hasta que la temperatura de la superficie del acero laminado descienda a 500 °C.

50 En el caso de que la velocidad de enfriamiento media a 500 °C sea inferior a 0,2 °C/s, el tiempo de la transformación de austenita en ferrita es elevado y, de ese modo, existe la preocupación de que se pueda producir una descarburación en la parte de la capa superficial del acero laminado. En el caso de que la velocidad de enfriamiento media sea superior a 5 °C/s, existe la preocupación de que se puedan formar estructuras duras tales como martensita y bainita.

Con un proceso de fabricación que incluye los pasos de fabricación que se han descrito anteriormente, es posible obtener de forma estable una barra y un alambón laminados que tengan una resistencia a la tracción y una estructura interna que permitan la templabilidad para obtener una dureza de templado a un nivel adecuado para que se asegure su uso en un componente forjado en frío de alta resistencia, y se puede conseguir una buena forjabilidad en frío incluso en el caso de que se omita un tratamiento de recocido de esferoidización o se reduzca el tiempo del tratamiento de recocido de esferoidización.

Al llevar a cabo forja en frío, temple y revenido en la barra de acero o el alambón laminados de acuerdo con esta realización, se puede obtener un componente forjado en frío de alta resistencia.

Ejemplos

En lo sucesivo en el presente documento, la presente invención se describirá con detalle usando ejemplos, pero no se limita a estos ejemplos.

Incluso en el caso de que los aceros tengan las mismas composiciones químicas, las estructuras de los mismos pueden variar de acuerdo con el proceso de fabricación. Por consiguiente, los requisitos de la presente invención pueden no satisfacerse incluso en el caso de que se satisfagan las composiciones químicas de la presente invención.

Por lo tanto, en primer lugar, se evaluaron las estructuras y las características de los aceros, obtenidos mediante la fabricación de aceros que tienen las mismas composiciones químicas en diferentes condiciones de fabricación. A continuación, se fundieron lingotes de acero con diferentes composiciones químicas, y se fabricaron aceros laminados en las mismas condiciones para evaluar las estructuras y características de los aceros obtenidos.

De forma específica, en primer lugar, los aceros que tienen las composiciones químicas que se muestran en la Tabla 1 se fundieron mediante un horno eléctrico, y los lingotes de acero obtenidos se calentaron a 1200 °C y se convirtieron en piezas de acero de 162 mm cuadrados. En los aceros que tienen las composiciones químicas que se muestran en la Tabla 1, A0, A1 y A2 tienen las mismas composiciones químicas, y B0, B1 y B2 tienen las mismas composiciones químicas. En la Tabla 1, el símbolo "-" representa que el contenido del elemento se encuentra a nivel de impureza, y se puede considerar que el elemento no está contenido sustancialmente.

En lo que respecta a estos aceros, las condiciones de fabricación de las etapas hasta la laminación del producto con respecto a la pieza de acero después del desbastado en un alambón que tiene un diámetro predeterminado se cambiaron para obtener barras o alambones de acero.

Es decir, en los Ejemplos de la invención A0 y B0 que se muestran en la Tabla 1, se usaron piezas de acero de 162 mm cuadrados como materiales para la laminación del producto. Estas piezas de acero se calentaron a 1040 °C, y a continuación se sometieron a la laminación del producto a una temperatura de laminación de acabado de 820 °C para obtener un diámetro predeterminado, y de ese modo se produjo una barra laminada o un alambón laminado de acero. En este caso, la velocidad de trabajo de la laminación de acabado estuvo en un intervalo de 5 a 15/s, y después de que se completara la laminación de acabado, se llevó a cabo un enfriamiento de un modo tal que la velocidad de enfriamiento promedio a 500 °C fuera de 0,4 °C/s.

En los Ejemplos de Invención A01 y B01 que se muestran en la Tabla 1, se usaron piezas de acero de 162 mm cuadrados como materiales para el laminado del producto. Estas piezas de acero se calentaron a 1040 °C, y a continuación se sometieron a laminación de producto a una temperatura de laminación de acabado de 850 °C para obtener un diámetro predeterminado, y de ese modo se produjo una barra laminada o un alambón laminado de acero. En este caso, la velocidad de trabajo de la laminación de acabado estuvo en un intervalo de 5 a 15/s, y después de que se completara la laminación de acabado, se llevó a cabo un enfriamiento de un modo tal que la velocidad de enfriamiento promedio a 500 °C fuera de 0,4 °C/s.

En los ejemplos comparativos A1, A2, B1 y B2, se usaron piezas de acero de 162 mm cuadrados como materiales para la laminación del producto, y la temperatura de calentamiento y la temperatura de la laminación de acabado se cambiaron como se muestra en la tabla 1, y de ese modo se produjo un acero laminado. Otras condiciones fueron las mismas que las de A0 y B0.

De forma específica, en los ejemplos comparativos A1 y B1, las piezas de acero se calentaron a 1050 °C antes de la laminación del producto, y a continuación se sometieron a la laminación de producto a una temperatura de laminación de acabado de 920 a 950 °C para obtener un diámetro predeterminado, y de ese modo se produjo una barra laminada o un alambón laminado de acero. En este caso, la velocidad de trabajo de la laminación de acabado estuvo en un intervalo de 5 a 15/s, y después de que se completara la laminación de acabado, se llevó a cabo un enfriamiento de un modo tal que la velocidad de enfriamiento promedio a 500 °C fuera de 0,4 °C/s.

Además, en los ejemplos comparativos A2 y B2, las piezas de acero se calentaron a 1150 °C antes de la laminación del producto, y a continuación se sometieron a la laminación de producto a una temperatura de laminación de acabado de 830 °C para obtener un diámetro predeterminado, y de ese modo se produjo una barra laminada o un alambón laminado de acero. En este caso, la velocidad de trabajo de la laminación de acabado estuvo en un intervalo de 5 a 15/s, y después de que se completara la laminación de acabado, se llevó a cabo un enfriamiento de un modo tal que la velocidad de enfriamiento promedio a 500 °C fuera de 0,4 °C/s.

ES 2 759 002 T3

A continuación, se produjeron aceros laminados a partir de piezas de acero que tienen las composiciones químicas que se muestran en los números 1 a 25 de la Tabla 2, usando el siguiente método. En la Tabla 2, el símbolo "-" representa que el contenido del elemento está a nivel de impureza, y se puede considerar que el elemento no está contenido sustancialmente.

- 5 Es decir, los aceros que tienen las composiciones químicas que se muestran en la Tabla 2 se fundieron mediante un horno eléctrico, y los lingotes de acero obtenidos se calentaron a 1200 °C y se convirtieron en piezas de acero de 162 mm cuadrados. Estas piezas de acero se utilizaron como materiales para la laminación de productos. A continuación, los materiales para la laminación del producto se calentaron de 1030 °C a 1050 °C, y a continuación se sometieron a la laminación de producto a una temperatura de laminación de acabado ajustada para estar entre 750 °C y 850 °C. En este caso, la velocidad de trabajo de la laminación de acabado estuvo en un intervalo de 5 a 15/s, y después de que se completara la laminación de acabado, se llevó a cabo un enfriamiento de un modo tal que la velocidad de enfriamiento promedio a 500 °C fuera de 0,4 a 2 °C/s.

[Tabla 1]

		% en masa: resto de Fe e impurezas													Temperatura de calentamiento de laminación de producto	Temperatura de laminación de acabado				
	N.º de acero	C	Si	Mn	P	S	Cr	Al	Ti	N	B	Cu	Ni	Mo	V	Ca	Mg	Zr		
Ejemplos de la invención	A0	0,32	0,03	0,38	0,009	0,010	1,10	0,030	0,036	0,0038	0,0023	-	-	-	-	-	-	-	1040 °C	820 °C
	A01	0,32	0,03	0,38	0,009	0,010	1,10	0,030	0,036	0,0038	0,0023	-	-	-	-	-	-	-	1040 °C	850 °C
Ejemplos comparativos	A1	0,32	0,03	0,38	0,009	0,010	1,10	0,030	0,036	0,0038	0,0023	-	-	-	-	-	-	-	1050 °C	950 °C
	A2	0,32	0,03	0,38	0,009	0,010	1,10	0,030	0,036	0,0038	0,0023	-	-	-	-	-	-	-	1150 °C	830 °C
Ejemplos de la invención	B0	0,30	0,04	0,42	0,008	0,010	1,05	0,039	0,039	0,0046	0,0020	0,08	0,07	-	-	-	-	-	1040 °C	820 °C
	B01	0,30	0,04	0,42	0,008	0,010	1,05	0,039	0,039	0,0046	0,0020	0,08	0,07	-	-	-	-	-	1040 °C	850 °C
Ejemplos comparativos	B1	0,30	0,04	0,42	0,008	0,010	1,05	0,039	0,039	0,0046	0,0020	0,08	0,07	-	-	-	-	-	1050 °C	920 °C
	B2	0,30	0,04	0,42	0,008	0,010	1,05	0,039	0,039	0,0046	0,0020	0,08	0,07	-	-	-	-	-	1150 °C	830 °C

[Tabla 2]

		% en masa: resto de Fe e impurezas															
N.º de acero	C	Si	In	P	S	Cr	Al	Ti	N	B	Cu	Ni	Mo	V	Ca	Mg	Zr
Ejemplos de la invención																	
1	0,30	0,06	0,30	0,010	0,006	0,98	0,042	0,034	0,0035	0,0016	-	-	-	-	-	-	-
1'	0,29	0,06	0,29	0,009	0,005	1,02	0,035	0,036	0,0041	0,0021	-	-	-	-	-	-	-
2	0,29	0,05	0,39	0,009	0,007	1,00	0,038	0,039	0,0046	0,0019	-	-	-	-	-	-	-
3	0,35	0,06	0,32	0,012	0,009	1,25	0,035	0,038	0,0046	0,0017	-	-	-	-	-	-	-
4	0,32	0,05	0,44	0,010	0,005	0,97	0,034	0,035	0,0041	0,0022	-	-	-	-	-	-	-
5	0,29	0,06	0,34	0,009	0,013	1,39	0,039	0,039	0,0055	0,0029	-	-	-	-	-	-	-
6	0,28	0,22	0,38	0,008	0,006	0,85	0,041	0,038	0,0040	0,0024	-	-	-	-	-	-	-
7	0,26	0,35	0,27	0,007	0,005	1,15	0,035	0,044	0,0064	0,0031	-	-	-	-	-	-	-
8	0,31	0,07	0,31	0,010	0,010	1,05	0,036	0,035	0,0043	0,0024	0,10	-	-	-	-	-	-
9	0,30	0,04	0,30	0,011	0,006	1,09	0,040	0,031	0,0045	0,0016	0,09	0,08	-	-	-	-	-
10	0,28	0,04	0,29	0,007	0,009	1,00	0,045	0,024	0,0031	0,0013	-	-	-	0,015	-	-	-
11	0,27	0,06	0,28	0,012	0,010	0,95	0,033	0,036	0,0039	0,0009	-	-	0,010	-	-	-	-
12	0,26	0,07	0,32	0,007	0,009	0,98	0,030	0,031	0,0041	0,0016	-	-	-	-	0,0013	-	-
13	0,27	0,05	0,35	0,008	0,008	0,99	0,027	0,052	0,0069	0,0018	-	-	-	-	-	0,0005	0,016
Ejemplos comparativos																	
14	0,27	0,04	0,27	0,009	0,006	0,88	0,035	0,036	0,0040	0,0018	-	-	-	-	-	-	-
15	0,26	0,07	0,29	0,010	0,007	0,77	0,028	0,032	0,0045	0,0021	-	-	-	-	-	-	-
16	0,22	0,05	0,30	0,007	0,010	0,95	0,033	0,033	0,0046	0,0017	-	-	-	-	-	-	-
17	0,40	0,05	0,40	0,010	0,011	1,05	0,038	0,039	0,0048	0,0019	-	-	-	-	-	-	-
18	0,32	0,04	0,82	0,014	0,008	0,99	0,034	0,032	0,0046	0,0015	-	-	-	-	-	-	-
19	0,33	0,08	0,40	0,010	0,033	1,00	0,038	0,039	0,0050	0,0019	-	-	-	-	-	-	-
20	0,28	0,05	0,33	0,012	0,009	0,55	0,028	0,035	0,0049	0,0017	-	-	-	-	-	-	-
21	0,30	0,20	0,39	0,009	0,010	1,25	0,030	0,075	0,0037	0,0022	-	0,05	-	-	-	-	-
22	0,34	0,05	0,42	0,008	0,007	1,22	0,025	0,015	0,0032	0,0025	-	-	-	-	-	-	-
23	0,28	0,06	0,38	0,012	0,010	0,90	0,030	0,030	0,0044	0,0002	0,05	-	-	-	-	-	-
24	0,32	0,06	0,40	0,012	0,010	1,50	0,031	0,035	0,0036	0,0024	0,05	0,05	-	-	-	-	-
25	0,30	0,05	0,34	0,010	0,011	1,05	0,032	0,036	0,0038	0,0021	-	-	-	0,10	-	-	-

En lo que respecta a las barras laminadas o el alambón laminado de acero producidos mediante el método que se ha descrito anteriormente, se investigaron diámetro, resistencia a la tracción, fracción de ferrita, la suma de la fracción de ferrita y la fracción de perlita, dureza después de temple, dureza después de temple y revenido, y forjabilidad en frío.

Los resultados se muestran en la Tabla 3 y la Tabla 4.

- 5 La resistencia a la tracción, la fracción de ferrita, la dureza después de temple y revenido, y la forjabilidad en frío del acero laminado se investigaron mediante el siguiente método:

<1> Investigación de la resistencia a la tracción de barras de acero laminadas o alambón laminado:

- 10 Se recogió una pieza de ensayo 14A (diámetro de la parte paralela: 6 mm) especificada en la norma JIS Z 2241 desde una posición del centro de la barra de acero enrollada o el alambón laminado de un modo tal que la dirección longitudinal de la pieza de ensayo fuera la dirección de laminación del acero. La longitud del calibrador se ajustó a 30 mm y se llevó a cabo un ensayo de tracción a temperatura ambiente para obtener la resistencia a la tracción.

<2> Investigación de la fracción de ferrita y la fracción de perlita del acero laminado:

- 15 La barra de acero laminada o el alambón laminado se cortaron a una longitud de 10 mm. A continuación, se llevó a cabo el embebido de una resina de un modo tal que la sección transversal sirvió como superficie de ensayo y se llevó a cabo un pulido de espejo. A continuación, la superficie se corroyó con un alcohol de ácido nítrico al 3 % (grabador Nital) para provocar la aparición de una microestructura. Posteriormente, se tomaron fotografías de la microestructura de 5 campos de visión utilizando un microscopio óptico con 500 aumentos en una posición correspondiente a la posición D/4 (D: diámetro del acero laminado) de la barra de acero laminada o el alambón laminado para identificar la "fase". Usando un software de análisis de imagen, se midieron las fracciones del área de ferrita de los respectivos campos de visión como fracciones de ferrita, y se obtuvo el valor medio de las mismas.
- 20 Además, se obtuvo la fracción de perlita de la misma manera para obtener el total de la fracción de ferrita y la fracción de perlita.

<3> Investigación de dureza de templado

- 25 La barra de acero laminada o el alambre laminado se cortaron a una longitud de 200 mmL, y a continuación se calentaron a 880 °C durante 60 minutos en una atmósfera de gas Ar y se sumergieron en un tanque de aceite a 60 °C para enfriarse. A continuación, se recogió una pieza de ensayo de una longitud de 10 mm desde la posición del centro en dirección longitudinal de la barra redonda templada, y a continuación se llevó a cabo el pulido en una sección transversal como superficie de ensayo para medir la dureza HRC en la parte central de la sección transversal.

- 30 <4> Investigación de dureza templada

- 35 El resto de la barra redonda templada mediante el método que se ha descrito anteriormente se sometió a temple de un modo tal que se calentó a 425 °C durante 60 minutos en la atmósfera, y a continuación se sacó del horno para enfriarse (enfriamiento por aire en la atmósfera). Se recogió una pieza de ensayo con una longitud de 10 mm desde la posición del centro de la barra redonda después del templado, y a continuación se llevó a cabo el pulido en una sección transversal como superficie de ensayo para medir la dureza HRC en la parte central de la sección transversal.

<5> Investigación de forjabilidad en frío

La forjabilidad en frío se evaluó después de llevar a cabo forja en frío en un perno utilizando la barra laminada o el alambón laminado de acero obtenido.

- 40 De forma específica, se cortó una barra redonda de Φ 10,5 mm x 40 mmL mediante un trabajo mecánico desde una posición correspondiente a la porción central de la sección transversal de la barra de acero laminada o el alambón laminado. A continuación, se llevó a cabo el desengrasado y el decapado, y a continuación se llevó a cabo un tratamiento con fosfato de zinc (75 °C, tiempo de inmersión: 600 segundos) y un tratamiento con jabón metálico (80 °C, tiempo de inmersión: 180 segundos) para unir una película tratada con lubricación que incluye una película de fosfato de zinc y una película de jabón metálico a la superficie. El material resultante se usó como material para forjar pernos. Para la forja de los pernos, se diseñó un troquel de un modo tal que funcionara incluyendo: una primera etapa para prensar y formar una parte de eje mediante forja; y se pudo llevar a cabo una segunda etapa de formación de la parte de la cabeza de perno y una parte de brida de un modo tal que fuera posible la forja en la forma que se muestra en la Figura 1, y este troquel se montó en una prensa de forja hidráulica para llevar a cabo la forja en frío. En la Figura 1, la unidad de los valores numéricos es el mm.

- 50 En lo que respecta a la forjabilidad en frío, se determinó visualmente si se produjeron grietas en una superficie del perno durante la formación del perno. La forjabilidad en frío se evaluó de un modo tal que el caso en el que se produjeron grietas en la superficie del perno se evaluó como NG, y el caso en el que no se produjeron grietas en ninguna parte se evaluó como OK. La formación de grietas en la superficie del perno se produjo principalmente en el extremo de la punta de la parte de la brida de la parte de la cabeza del perno.

[Tabla 3]

	N.º del acero	Díametro (mm)	Y1	Y2	Resistencia a la tracción (MPa)	Fración de ferrita (%)	Fración de ferrita + perlita (%)	Dureza de templado (HRC)	Dureza de revenido (HRC)	Forjabilidad en frío
Ejemplos de la invención	A0	15,0	0,418	0,146	615	48	100	49	41	OK
	A01	15,0	0,418	0,146	625	45	96	49	41	OK
Ejemplos comparativos	A1	15,0	0,418	0,146	775	36	70	49	41	NG
	A2	15,0	0,418	0,146	792	41	90	49	41	NG
Ejemplos de la invención	B0	15,0	0,441	0,155	598	50	100	48	40	OK
	B01	15,0	0,441	0,155	601	48	97	48	40	OK
Ejemplos comparativos	B1	15,0	0,441	0,155	764	35	70	48	40	NG
	B2	15,0	0,441	0,155	779	42	90	48	40	NG

[Tabla 4]

	N.º del acero	Díametro (mm)	Y1	Y2	Resistencia a la tracción (MPa)	Fración de ferrita (%)	Fración de ferrita + perlita (%)	Dureza de templado (HRC)	Dureza de revenido (HRC)	Forjabilidad en frío
Ejemplos de la invención	1	12,0	0,294	0,097	585	51	100	47	38	OK
	1'	12,0	0,296	0,101	591	48	96	46	38	OK
	2	15,0	0,390	0,160	579	52	100	46	37	OK
	3	20,0	0,400	0,223	645	46	100	51	42	OK
	4	20,0	0,427	0,239	645	41	100	49	41	OK
	5	25,0	0,473	0,356	616	50	100	48	41	OK
	6	15,0	0,323	0,165	604	49	100	46	39	OK
	7	15,0	0,311	0,176	582	52	100	45	38	OK
	8	15,0	0,326	0,150	592	50	100	49	40	OK
	9	15,0	0,327	0,155	616	48	100	48	40	OK
	10	15,0	0,290	0,165	576	52	100	47	40	OK
	11	15,0	0,266	0,171	555	55	100	46	40	OK
Ejemplos comparativos	12	15,0	0,314	0,176	542	57	100	45	36	OK
	13	15,0	0,347	0,171	565	56	100	46	37	OK
	14	20,0	0,238	0,272	556	54	100	35	26	OK
	15	20,0	0,223	0,280	532	57	100	33	24	OK
	16	15,0	0,285	0,203	503	61	100	38	29	OK
	17	15,0	0,420	0,116	778	33	70	55	46	NG
	18	15,0	0,812	0,146	790	35	70	49	40	NG
	19	15,0	0,400	0,142	640	46	100	48	39	NG
	20	15,0	0,182	0,165	522	57	100	37	28	OK
	21	15,0	0,488	0,155	799	43	90	49	41	NG
	22	15,0	0,512	0,137	766	34	85	46	37	NG
	23	15,0	0,342	0,165	535	54	100	36	26	OK
	24	15,0	0,600	0,146	815	30	50	48	41	NG
	25	15,0	0,357	0,155	835	49	85	49	42	NG

ES 2 759 002 T3

- A partir de la Tabla 3, en todos los Ensayos con números A0, A01, B0 y B01, que fueron los ejemplos de la invención, se satisficieron las composiciones químicas y las Fórmulas <1> a <3> descritas anteriormente, y las condiciones de fabricación del acero fueron apropiadas. De ese modo, la resistencia a la tracción fue de 750 MPa o menos, y se obtuvo una estructura de ferrita-perlita que tenía una fracción de ferrita de un 40 % o mayor. Además, la dureza de templado fue de 45 o mayor en términos de dureza HRC y la dureza después de temple y revenido fue de 34 o mayor en términos de dureza HRC. Además, no hubo ningún problema con la forjabilidad en frío. Como resultado, la forjabilidad en frío no alcanza el objetivo.
- Por otro lado, en los ensayos con números A1, A2, B1 y B2, la resistencia a la tracción o la fracción de ferrita no alcanzaron sus objetivos.
- 10 El Ensayo n.º A1 tiene las mismas composiciones químicas que el Ensayo n.º A0. Sin embargo, dado que la temperatura de laminación de acabado fue alta, es decir, 950 °C, la resistencia a la tracción es de 750 MPa o mayor, y la fracción de ferrita es de un 40 % o menos. Como resultado, la forjabilidad en frío es mala.
- El Ensayo n.º A2 tiene las mismas composiciones químicas que el Ensayo n.º A0. Sin embargo, dado que la temperatura de calentamiento de la laminación del producto fue alta, es decir, 1150 °C, la resistencia a la tracción es de 750 MPa o mayor, y como resultado, la forjabilidad en frío es mala.
- 15 El Ensayo n.º B1 tiene las mismas composiciones químicas que el Ensayo n.º B0. Sin embargo, dado que la temperatura de laminación de acabado es alta, es decir, 920 °C, la resistencia a la tracción es de 750 MPa o mayor, y la fracción de ferrita es de un 40 % o menos. De ese modo, la forjabilidad en frío es mala.
- El Ensayo n.º B2 tiene las mismas composiciones químicas que el Ensayo n.º B0. Sin embargo, dado que la temperatura de calentamiento de la laminación del producto fue alta, es decir, 1150 °C, la resistencia a la tracción es de 750 MPa o mayor. Como resultado, la forjabilidad en frío es mala.
- 20 Además, a partir de la Tabla 4, en todas las barras o los alambrones de acero laminados de los Ensayos con números 1 a 13, que fueron los ejemplos de la invención, dado que se satisficieron las composiciones químicas y las Fórmulas <1> a <3> descritas anteriormente, la resistencia a la tracción fue de 750 MPa o menos, y la fracción de ferrita fue de un 40 % o mayor. Además, la dureza de templado de la parte central del acero fue de 45 o más en términos de dureza HRC, y no hubo ningún problema con la forjabilidad en frío.
- 25 Por otro lado, en las barras laminadas o en los alambrones laminados de acero de los Ensayos con números 14 a 25, ya que uno cualquiera de las composiciones químicas, o los valores de Y1 e Y2 mostrados en las Fórmulas <1> y <2> descritas anteriormente no satisfizo las normas de la presente invención, una cualquiera o más de la dureza de templado de la parte central del acero, y la forjabilidad en frío no alcanzó los objetivos de la misma.
- 30 En los Ensayos con números 14 y 15, las composiciones químicas satisfacen los intervalos especificados de la presente invención, pero el valor de Y1 es Y2 o menos. Por consiguiente, la dureza de templado de la parte central del acero es inferior a 45 en términos de HRC, y la templabilidad no es suficiente. Como resultado, la dureza después de temple y revenido es inferior a 34 en términos de HRC.
- 35 En el Ensayo n.º 16, dado que el contenido de C es menor que el intervalo especificado de la presente invención, la dureza de templado de la parte central del acero es inferior a 45 en términos de HRC, y la dureza de templado no es suficiente. Como resultado, la dureza después de temple y revenido es inferior a 34 en términos de HRC.
- En el Ensayo n.º 17, el contenido de C es más alto que el intervalo especificado de la presente invención, la resistencia a la tracción es de 750 MPa o mayor, y la fracción de ferrita es de un 40 % o menos. Por consiguiente, la forjabilidad en frío es mala.
- 40 En el Ensayo n.º 18, el contenido de Mn es mayor que el intervalo especificado de la presente invención, y se reduce la temperatura de inicio de la transformación de ferrita. Por consiguiente, la resistencia a la tracción es de 750 MPa o mayor, y la fracción de ferrita es de un 40 % o menos, y la forjabilidad en frío es mala.
- En el Ensayo n.º 19, la resistencia a la tracción es de 750 MPa o menos, y la fracción de ferrita es de un 40 % o mayor. Sin embargo, el contenido de S es mayor que el intervalo especificado de la presente invención y, de ese modo, el MnS es grueso y la forjabilidad en frío es mala.
- 45 En el Ensayo n.º 20, el contenido de Cr es menor que el intervalo especificado de la presente invención, la dureza de templado de la parte central del acero es inferior a 45 en términos de HRC, y la templabilidad no es suficiente. Como resultado, la dureza después de temple y revenido es inferior a 34 en términos de HRC.
- 50 En el Ensayo n.º 21, el contenido de Ti es mayor que el intervalo especificado de la presente invención, la resistencia a la tracción es de 750 MPa o mayor, y la forjabilidad en frío es mala.
- En el Ensayo n.º 22, el contenido de Ti es más bajo que el intervalo especificado de la presente invención, la resistencia a la tracción es de 750 MPa o mayor, la fracción de ferrita es de un 40 % o menos, y la forjabilidad en frío es mala.

En el Ensayo n.º 23, el contenido de B es inferior al intervalo especificado de la presente invención, la dureza de templado de la parte central del acero es inferior a 45 en términos de HRC, y la templabilidad no es suficiente. Como resultado, la dureza después de temple y revenido es inferior a 34 en términos de HRC.

- 5 En el Ensayo n.º, el contenido de Cr es mayor que el intervalo especificado de la presente invención, y se genera bainita en una proporción de un 50 %. Por consiguiente, la resistencia a la tracción es de 750 MPa o mayor, la fracción de ferrita es inferior a un 40 % y la forjabilidad en frío es mala.

En el Ensayo n.º 25, el contenido de V es mayor que el intervalo especificado de la presente invención. Dado que V precipita como un carbonitruro o carburo fino, aunque la fracción de ferrita es de un 40 % o mayor, la resistencia a la tracción es 750 MPa o mayor, y la forjabilidad en frío es mala.

10 **Aplicabilidad industrial**

Usando una barra y un alambón laminados para un componente forjado en frío de alta resistencia de la presente invención como material, es posible obtener un componente forjado en frío de alta resistencia que tiene una templabilidad excelente, en el que la formación se puede llevar a cabo mediante forja en frío incluso en el caso de que se omita el tratamiento de recocido de esferoidización o se reduzca el tiempo del tratamiento de recocido de esferoidización.

15

Breve descripción de los símbolos de referencia

B: LÍNEA FRONTERIZA

REIVINDICACIONES

1. Una barra de acero laminada o un alambrcn laminado para un componente forjado en fro que tiene una composicin que consiste en, en % en masa:

C: de un 0,24 % a un 0,36 %;

5 Si: menos de un 0,40 %;

Mn: de un 0,20 % a un 0,45 %;

S: menos de un 0,020 %;

P: menos de un 0,020 %;

Cr: de un 0,70 % a un 1,45 %;

10 Al: de un 0,005 % a un 0,060 %;

Ti: ms de un 0,020 % a un 0,060 %;

B: de un 0,0003 % a un 0,0040 %;

N: de un 0,0020 % a un 0,0080 %;

Cu: de un 0 % a un 0,50 %;

15 Ni: de un 0 % a un 0,30 %;

Mo: de un 0 % a un 0,050 %;

V: de un 0 % a un 0,050 %;

Zr: de un 0 % a un 0,050 %;

Ca: de un 0 % a un 0,0050 %; y

20 Mg: de un 0 % a un 0,0050 %,

siendo el resto Fe e impurezas,

en donde

Y1 e Y2 representados por las siguientes F3rmulas <1> y <2>, satisfacen la relaci3n representada por la siguiente F3rmula <3>,

25 la resistencia a la tracci3n es de 750 MPa o menos,

la estructura interna es una estructura de ferrita-perlita,

la fracci3n de ferrita es de un 40 % a un 80 % en la estructura interna, y

la barra o el alambrcn laminados tienen un di3metro D de 6 a 35 mm,

30 en donde la estructura de ferrita-perlita significa una estructura que es una estructura mixta en la que la ferrita y la perlita ocupan un 95 % o ms de la estructura en t3rminos de la fracci3n de 3rea, y en donde, en la medici3n de la fracci3n de ferrita, la fase de ferrita entre cementitas laminares incluidas en la perlita no est3 incluida como ferrita;

$Y1 = [Mn] \times [Cr]$ F3rmula <1>

$Y2 = 0,134 \times (D / 25,4 - (0,50 \times \sqrt{[C]})) / (0,50 \times \sqrt{[C]})$ F3rmula <2>, y

$Y1 > Y2$ Formula <3>

35 en donde [C], [Mn], y [Cr] en las f3rmulas representan las cantidades respectivas de los elementos en % en masa, y D representa el di3metro de la barra de acero laminada o el alambrcn laminado en unidades de mm.

2. La barra de acero laminada o el alambrcn laminado para un componente forjado en fro segun la reivindicaci3n 1, en donde la composicin qu3mica contiene, en % en masa, uno o ms seleccionados entre el grupo que consiste en

Cu: de un 0,03 % a un 0,50 %,

Ni: de un 0,01 % a un 0,30 %,

Mo: de un 0,005 % a un 0,050 %, y

V: de un 0,005 % a un 0,050 %.

3. La barra de acero laminada o el alambón laminado para un componente forjado en frío según la reivindicación 1 o 2,
5 en donde la composición química contiene, en % en masa, uno o más seleccionados entre el grupo que consiste en

Zr: de un 0,003 % a un 0,050 %,

Ca: de un 0,0005 % a un 0,0050 %, y

Mg: de un 0,0005 % a un 0,0050 %.

FIG. 2

