

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 737 895**

51 Int. Cl.:

<b>C22C 38/00</b>	(2006.01)	<b>C22C 38/20</b>	(2006.01)
<b>B21B 1/16</b>	(2006.01)	<b>C22C 38/22</b>	(2006.01)
<b>C22C 38/32</b>	(2006.01)	<b>C22C 38/24</b>	(2006.01)
<b>C22C 38/54</b>	(2006.01)	<b>C21D 9/52</b>	(2006.01)
<b>C21D 8/06</b>	(2006.01)	<b>C22C 38/48</b>	(2006.01)
<b>C22C 38/02</b>	(2006.01)	<b>C22C 38/50</b>	(2006.01)
<b>C22C 38/04</b>	(2006.01)	<b>C22C 38/42</b>	(2006.01)
<b>C22C 38/06</b>	(2006.01)	<b>C21D 6/00</b>	(2006.01)
<b>C22C 38/26</b>	(2006.01)		
<b>C22C 38/28</b>	(2006.01)		

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **13.11.2015 PCT/JP2015/082007**
- 87 Fecha y número de publicación internacional: **26.05.2016 WO16080315**
- 96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **13.11.2015 E 15860759 (8)**
- 97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **29.05.2019 EP 3222742**

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

30 Prioridad:

**18.11.2014 JP 2014233973**

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

**16.01.2020**

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 2 737 895 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 material de alambre laminado para componente forjado en frío

**Campo técnico de la invención**

5 La presente invención hace referencia a una barra de acero laminada o alambón laminado que es adecuado como material de un componente forjado en frío y es excelente en la capacidad de forjado y en la resistencia al engrosamiento del grano. En particular, la presente invención hace referencia a una barra de acero laminada o alambón laminado que es adecuado como material de un componente de forjado en frío de alta resistencia y es excelente en la capacidad de forjado en frío, y en el que la dureza Rockwell HRC es 34 o mayor después del templado y revenido, y puede suprimirse un crecimiento anormal del grano durante el templado.

**10 Técnica relacionada**

El forjado en frío es bueno para la textura de la superficie y la precisión dimensional de los componentes después del forjado. Los componentes fabricados mediante forjado en frío son fabricados a un coste inferior que los componentes fabricados mediante forjado en caliente, y el límite de elasticidad de los mismos es elevado. Por consiguiente, el forjado en frío se aplica ampliamente a la fabricación de componentes para diversas máquinas industriales incluyendo vehículos, tales como engranajes, ejes, y pernos, o estructuras de construcción.

15 En los últimos años, se ha desarrollado la reducción de tamaños y la reducción de peso en componentes para una estructura mecánica utilizada en vehículos, máquinas industriales, y similar, y se ha desarrollado un aumento en el tamaño de las estructuras de construcción. A partir de tales antecedentes, se requiere que los componentes fabricados mediante forjado en frío tengan un aumento adicional en la resistencia.

20 Para estos componentes forjados en frío se han utilizado acero de carbono para una estructura mecánica especificada en JIS G 4051, un acero de aleación para una estructura mecánica especificada en JIS G 4053, y similar. Estos aceros, en general, se ajustan para tener una resistencia o dureza predeterminadas realizando repetidamente una etapa que incluye recocido de globalización y estirado o estirado en frío del acero que es laminado en caliente en estado bruto en forma de barra de acero o en forma de alambón, y siendo conformados en forma de un componente mediante forjado en frío y realizando un tratamiento de calor tal como templado y revenido.

25 El acero descrito anteriormente para una estructura mecánica tiene un contenido en carbono relativamente elevado de aproximadamente 0,20% a 0,40%, y puede ser utilizado como un componente de alta resistencia mediante un tratamiento térmico de afinado. Mientras, en lo que se refiere al acero descrito anteriormente para una estructura mecánica, se incrementa la resistencia de una barra o un alambón de acero que es un acero laminado que se utiliza como material de forjado. Por lo tanto, en un caso en el que el acero no se ablanda añadiendo el estirado en frío y la posterior etapa de recocido de globalización en el transcurso de su fabricación, se generan problemas durante la fabricación, tal como el desgaste o agrietamiento del troquel que ocurren fácilmente durante el forjado en frío para la conformación del componente, y el agrietamiento del componente.

30 Particularmente, en los últimos años, ha habido una tendencia a que los componentes tengan una forma más complicada con un aumento en la resistencia. Cuanto más complicada es la forma del componente, mayor es la posibilidad de que ocurra un agrietamiento. Por tanto, para ablandar adicionalmente el acero en el que se obtiene una alta resistencia por templado y revenido, antes del forjado en frío, se emplean medidas tales como incrementar el tiempo del tratamiento de recocido de globalización o repetir la etapa de estirado en frío y la etapa de recocido de globalización más de una vez.

40 Sin embargo, estas medidas incluyen una gran cantidad de costes, tales como coste de personal y coste de equipos, y se produce una gran pérdida de energía. Por consiguiente, se requiere un acero que pueda ser producido incluso en un caso en el que dicha etapa se omita o el tiempo de dicha etapa se reduzca.

45 En base a dichos antecedentes, para omitir el tratamiento de recocido de globalización o reducir el tiempo del tratamiento de recocido de globalización, se ha propuesto un acero de boro o similar producido de tal manera que la resistencia del acero laminado que se utiliza como material de forjado se reduzca, reduciendo los contenidos de elementos de aleación tales como C, Cr, y Mn, y a continuación se compensa la reducción en la templabilidad causada por la reducción de los elementos de aleación mediante la adición de boro.

50 Por ejemplo, el Documento de Patente 1 describe un acero laminado en caliente para forjado en frío que tiene una excelente resistencia al engrosamiento del grano y una excelente capacidad de forjado en frío, y un método de fabricación del acero laminado en caliente para forjado en frío. Específicamente, el Documento de Patente 1 describe un acero laminado en caliente para forjado en frío que tiene una excelente resistencia al engrosamiento del grano y una excelente capacidad de forjado en frío en que contiene 0,10% a 0,60% de C, 0,50% o menos de Si, 0,30% a 2,00% de Mn, 0,025% o menos de P, 0,025% o menos de S, 0,25% o menos de Cr, 0,0003% a 0,0050% de B, 0,0050% o menos de N, y 0,020% a 0,100% de Ti, y que contiene en la matriz del acero TiC o Ti(CN) con un diámetro de 0,2  $\mu\text{m}$  o menos a razón de 20 piezas/100  $\mu\text{m}^2$  o mayor, y un método de fabricación del acero laminado en caliente para el forjado en frío.

El Documento de Patente 2 describe un acero para una estructura mecánica para trabajo en frío, y un método de fabricación del acero para una estructura mecánica para trabajo en frío. Específicamente, un acero para una estructura mecánica para el 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 del área total de la perlita y la ferrita proeutectoide con respecto a la estructura total es 90% o mayor, la relación entre una fracción del área A de la ferrita proeutectoide y Ae representada por  $Ae=(0,8-C_{eq})\times 96,75$  (donde  $C_{eq}=[C]+0,1\times[Si]+0,06\times[Mn]+0,11\times[Cr]$  ([[nombre del elemento]] significa la cantidad (% en masa) de cada elemento)) es  $A>Ae$ , y el tamaño medio del grano de ferrita en la ferrita proeutectoide y la perlita es de 15 a 25  $\mu\text{m}$ , y un método de fabricación del mismo. Además, se describe que en el acero para una estructura mecánica para el trabajo en frío del Documento de Patente 2, puede realizarse el suficiente ablandamiento, realizando un tratamiento de globalización habitual.

De acuerdo con la tecnología descrita en el Documento de Patente 1, la dureza del acero laminado puede reducirse. Por lo tanto, el forjado en frío puede realizarse a un bajo coste, y puede proporcionarse resistencia al engrosamiento del grano durante el calentamiento del templado. Sin embargo, en el acero del Documento de Patente 1, el contenido en Cr del acero es bajo, y por tanto la templabilidad es baja y existe un límite en cuanto a incrementar la resistencia del componente.

El acero para una estructura mecánica para trabajo en frío descrito en el Documento de Patente 2 puede ser ablandado realizando un tratamiento habitual de recocido de globalización, y puede aplicarse 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 pequeña. Por lo tanto, existe un problema en que en un caso en el que se utiliza el acero como producto bruto de laminación o en el que se realiza un tratamiento de recocido de globalización en un corto periodo de tiempo, cuando se realiza el forjado en frío en el componente, se produce agrietamiento y el componente no puede ser fabricado a bajo coste. El Documento de Patente 3 describe un acero de forjado en frío excelente en cuanto a la prevención del engrosamiento del grano y la resistencia a la fractura retardada, y un método para la producción del mismo que permite la omisión de una etapa de recocido o recocido de globalización antes del forjado en frío y una mejora de la resistencia a la fractura retardada de un componente de alta resistencia utilizado con una superficie con tratamiento térmico. El método para la producción de un acero de forjado en frío incluye las etapas de calentamiento de este acero a no menos de 1050°C, laminando el acero en caliente en forma de alambre de acero o barra de acero, y enfriando el acero lentamente a una velocidad de enfriamiento de no más de 2 C./s durante el enfriamiento a una temperatura no mayor que 600°C.

#### Documento de la técnica anterior

Documento de Patente

[Documento de Patente 1] Publicación de Patente Japonesa (Concedida) No. 3443285

[Documento de Patente 2] Solicitud de Patente Japonesa sin examinar, Primera publicación No. 2013-227602

[Documento de Patente 3] Publicación de Patente de EE.UU. No. US6261388 B1.

[Descripción de la invención]

#### Problemas que van a ser resueltos por la invención

La presente invención se realiza en vista de la actual situación, y un objeto de la misma es proporcionar acero laminado para un componente forjado en frío de alta resistencia, que tiene forma de barra de acero o forma de alambón y que tiene templabilidad, capacidad de forjado en frío, y resistencia al engrosamiento del grano excelentes. En este caso, templabilidad hace significa que la dureza HRC en una parte central es 34 o mayor después del templado y revenido. Excelente capacidad de forjado en frío significa que la existencia de agrietamiento se suprime de forma efectiva durante el forjado en frío, incluso en un caso en el que se omite el tratamiento de recocido de globalización o se reduce el tiempo del tratamiento de recocido de globalización, antes del forjado en frío. Excelente resistencia al engrosamiento del grano significa que se suprime el engrosamiento anormal del grano durante el calentamiento de un tratamiento de templado.

#### Medios para resolver el problema

Los inventores han realizado diversos exámenes para resolver los problemas descritos anteriormente, y como resultado, observaron los siguientes hallazgos.

(a) En un caso en el que se asegura la capacidad de forjado de manera que la conformación del componente es posible incluso si se omite el tratamiento de recocido de globalización o se reduce el tiempo del tratamiento de recocido de globalización, se requiere que la resistencia a la tracción del acero (barra de acero laminada o acero laminado) como producto bruto de laminación, sea de 750 MPa o menos. Además, la estructura interna, excluyendo una parte de capa de superficie en la que puede generarse una capa descarburada, es una estructura ferrita-perlita, y se requiere que la fracción de ferrita de la misma sea mayor que 40%.

(b) Para asegurar una alta resistencia del componente mediante templado y revenido, se requiere que el contenido en C sea incrementado hasta la dureza de templado (dureza después del templado), y se requiere que contenga elementos de aleación tales como Mn y Cr para incrementar la templabilidad. Es decir, se requiere una dureza de templado suficiente y la necesaria templabilidad para la suficiente dureza de templado, para que sea seguro para su uso en un componente de forjado en frío de alta resistencia.

(c) Para mejorar la capacidad de forjado en frío, asegurar la dureza después del templado mediante una mejora de la templabilidad, y satisfacer la resistencia al engrosamiento del grano, es necesario controlar la estructura interna con suficiente atención a las cantidades de los elementos tales como C, Si, Mn, Cr, Ti, y Nb y el equilibrio entre los mismos.

La presente invención se completa en base al conocimiento descrito anteriormente, y la esencia de la misma es tal como sigue a continuación.

(1) Una barra de acero laminada o alambón laminado para un componente de forjado en frío de acuerdo con un aspecto de la presente invención que tiene una composición química que contiene, en % en masa: C: 0,24% a 0,36%; Si: menos de 0,40%; Mn: 0,20% a 0,45%; S: menos de 0,020%; P: menos de 0,020%; Cr: 0,70% a 1,45%; Al: 0,005% a 0,060%; Ti: más de 0,010% a 0,050%; Nb: 0,003% a 0,050%; B: 0,0003% a 0,0040%; N: 0,0020% a 0,0080%; Cu: 0% a 0,50%; Ni: 0% a 0,30%; Mo: 0% a 0,050%; V: 0% a 0,050%; Zr: 0% a 0,050%; Ca: 0% a 0,0050%; y Mg: 0% a 0,0050% con el resto de Fe e impurezas, en el que Y1 y Y2 representados por las siguientes Fórmulas <1> y <2>, satisfacen una relación representada por la siguiente Fórmula <3>, una resistencia a la tracción es de 750 MPa o menor, una estructura interna que es la estructura de una parte, la cual excluye una parte de capa de superficie que se extiende hasta 100 µm desde la superficie, es una estructura de ferrita-perlita, la estructura de ferrita-perlita significa una estructura en la que un total de la fracción del área de la ferrita y la fracción del área de la perlita es 95% o mayor, y una fracción de ferrita es 40% o mayor en la estructura interna.

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

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

$$Y1 > Y2 \quad \text{Fórmula <3>},$$

donde [C], [Mn], y [Cr] en las fórmulas representan cantidades respectivas de elementos en % en masa, y D representa el diámetro de la barra de acero laminada o el alambón laminado en la unidad de mm.

(2) En la barra de acero laminada o alambón laminado para un componente de forjado en frío de acuerdo con (1), la composición química del acero puede contener, en % en masa, uno o más seleccionados del grupo que consiste en Cu: 0,03% a 0,50%, Ni: 0,01% a 0,30%, Mo: 0,005% a 0,050%, y V: 0,005% a 0,050%.

(3) En la barra de acero laminada o alambón laminado para un componente de forjado en frío de acuerdo con (1) o (2), la composición química puede contener, en % en masa, uno o más seleccionados del grupo que consiste en Zr: 0,003% a 0,050%, Ca: 0,0005% a 0,0050%, y Mg: 0,0005% a 0,0050%.

Las "impurezas" en el resto de "Fe e impurezas" son componentes contenidos inintencionadamente en el acero, y hacen referencia a materiales mixtos procedente de mineral como materia prima, escoria metálica, un entorno de fabricación, o similar en la fabricación industrial del hierro y el acero.

Barra de acero laminada o alambón laminado hace referencia a un producto bruto de laminación en caliente de acero laminado en forma de barra o en forma de alambón de acero. De aquí en adelante, en esta especificación de la presente invención, el término "barra de acero laminada o alambón laminado" puede expresarse en conjunto como "barra y alambón laminados" o "acero laminado". La laminación del producto en caliente puede expresarse como "laminación en caliente".

### Efectos de la invención

Un barra y alambón laminados (barra de acero laminada o alambón laminado) para un componente de forjado en frío de acuerdo con el aspecto de la presente invención, tiene una resistencia a la tracción de 750 MPa o menor, y una estructura metalográfica interna del mismo es una estructura de ferrita-perlita que tiene una fracción de ferrita de 40% o mayor. Además, la barra y el alambón laminados tienen una capacidad de forjado, templabilidad, y resistencia al engrosamiento del grano ya que se controla la cantidad de elementos. Por lo tanto, utilizar la barra y el alambón laminados de la presente invención como material, puede ser conformado un componente por forjado en frío incluso en un caso en el que se omite el tratamiento de recocido de globalización o se reduce el tiempo de tratamiento de recocido de globalización, y puede obtenerse un componente de forjado en frío de alta resistencia que tiene una dureza HRC de 34 o mayor, mediante templado o revenido. Además, en la barra y alambón laminados de la presente invención, se suprime un crecimiento anormal de grano de los granos, incluso en un caso en el que se realiza calentamiento a la franja de austenita durante el templado. Por tanto, puede suprimirse una variación en la resistencia del componente en un componente de forjado en frío de alta resistencia obtenido.

**Breve descripción de los dibujos**

La FIG. 1 es un diagrama que muestra una forma de un perno conformado por forjado en los ejemplos.

La FIG. 2 es un diagrama que muestra la relación entre: un contenido en Cr y un contenido en Mn; y templabilidad.

**Realizaciones de la invención**

- 5 De aquí en adelante, una barra de acero laminada o alambtrn laminado para un componente de forjado en fro de acuerdo con una realizacin de la presente invencin (puede denominarse como barra y alambtrn laminado de acuerdo con esta realizacin) se describir en detalle en la siguiente descripcin, el smbolo “%” relacionado con cada contenido de un elemento significa “% en masa”.

(A) Composicin qumica (elementos qumicos):

- 10 C: 0,24% a 0,36% C es un elemento que incrementa la templabilidad de un acero para contribuir a una mejora de la resistencia. Para obtener este efecto, se controla que el contenido en C sea 0,24% o mayor. En caso de incrementar adicionalmente la dureza de templado de un componente de forjado en fro, se controla que el contenido en C sea 0,26% o mayor. En un caso en el que el contenido en C sea mayor que 0,36%, se reduce la capacidad de forjado en fro. Por consiguiente, se controla que el contenido en C sea 0,36% o menos. En un caso de incrementar  
15 adicionalmente la capacidad de forjado en fro, se controla que el contenido en C sea preferiblemente 0,33% o menos.

Si: menos de 0,40%

- 20 Para reducir la resistencia a la traccin de un acero laminado despus de laminacin en caliente (bruto de laminacin), el contenido en Si es preferiblemente tan bajo como sea posible. Por consiguiente, el contenido en Si puede ser 0%. Mientras tanto, debido a que el Si refuerza la ferrita mediante el refuerzo de la solucin slida, puede haber contenido de Si para obtener un efecto de incrementar la dureza despus del revenido de un componente de forjado en fro. Sin embargo, debido a que la capacidad de forjado en fro se reduce significativamente en un caso en el que el contenido en Si es 0,40% o mayor, es necesario controlar que el contenido en Si sea menos de 0,40% incluso en un caso en el que se contiene Si. Desde el punto de vista de la capacidad de forjado en fro, el contenido  
25 en Si es preferiblemente menor que 0,30%, y ms preferiblemente menor que 0,20%. El contenido en Si es incluso ms preferiblemente 0,10% o menos, en consideracin de la resistencia a la traccin de un acero laminado.

Mn: 0,20% a 0,45%

- 30 Mn es un elemento que incrementa la templabilidad de un acero, y para obtener este efecto, se controla que el contenido en Mn sea 0,20% o mayor. Es preferible que el contenido en Mn sea 0,25% o mayor para incrementar adicionalmente la templabilidad. En un caso en el que el contenido de Mn es mayor que 0,45%, la temperatura de inicio de la transformacin de la ferrita se reduce durante el enfriamiento despus del acabado de laminacin, y por tanto la fraccin de ferrita se reduce y se genera bainita. Como resultado, la capacidad de forjado en fro del acero se reduce. Por lo tanto, se controla que el contenido en Mn sea 0,45% o menos. En un caso de mejorar la capacidad de forjado en fro, el contenido en Mn es preferiblemente 0,42% o menos, ms preferiblemente 0,40% o menos, e  
35 incluso ms preferiblemente 0,35% o menos.

S: menos de 0,020%

- 40 S est contenido como impurezas. El S es un elemento que reduce la capacidad de forjado en fro, y el contenido en S es preferiblemente tan bajo como sea posible. En particular, en un caso en el que el contenido en S es 0,020% o mayor, el MnS tiene una forma gruesa alargada, y la capacidad de forjado en fro se reduce significativamente. Por consiguiente, el contenido en S est limitado a ser menor que 0,020%. El contenido en S es preferiblemente menor que 0,010%.

P: menos de 0,020%

- 45 P est contenido como impurezas. P es un elemento que reduce la capacidad de forjado en fro y se segrega en el lmite de grano en el calentamiento a una franja de temperatura de la austenita para causar agrietamiento durante el templado. Por consiguiente, el contenido en P es preferiblemente bajo. En particular, en un caso en el que el contenido en P es 0,020% o mayor, la capacidad de forjado en fro se reduce significativamente o se produce un agrietamiento significativo. Por tanto, el contenido en P es menor que 0,020%, y preferiblemente menor que 0,010%.

Cr: 0,70% a 1,45%

- 50 El Cr es un elemento que incrementa la templabilidad del acero como en el caso de Mn. Para obtener este efecto, se controla que el contenido en Cr sea 0,70% o mayor. Para obtener una elevada templabilidad de forma estable, el contenido en Cr es preferiblemente 0,80% o mayor, y ms preferiblemente 0,90% o mayor. En un caso en que el contenido en Cr es mayor que 1,45%, la templabilidad aumenta. Sin embargo, una temperatura de inicio de la transformacin de ferrita se reduce durante el enfriamiento despus del acabado de laminacin, y por tanto la

fracción de ferrita se reduce y se genera bainita. Como resultado, la capacidad de forjado en frío del acero se reduce. Por lo tanto, se controla que el contenido en Cr sea 1,45% o menor. Para incrementar adicionalmente el forjado en frío, el contenido en Cr es preferiblemente 1,30% o menor, y más preferiblemente 1,20% o menor.

Al: 0,005% a 0,060%

- 5 Al es un elemento que tiene una acción desoxidante. Además, el Al es un elemento que actúa para formar AlN al combinarse con N, afina los granos de austenita durante la laminación en caliente y suprime la generación de bainita por un efecto de fijación del AlN. Para obtener estos efectos, se controla que el contenido en Al sea 0,005% o mayor. En el caso de suprimir de forma más segura la generación de bainita, el contenido en Al es preferiblemente 0,015% o mayor, y más preferiblemente 0,020% o mayor. En un caso en el que el contenido en Al es mayor que 0,060%, los efectos del Al se saturan. Además, se genera AlN grueso y se reduce por tanto la capacidad de forjado en frío. Por lo tanto, se controla que el contenido sea 0,060% o menor. Desde el punto de vista de incrementar la capacidad de forjado en frío, el contenido en Al es preferiblemente 0,050% o menor, y más preferiblemente 0,045% o menor.

Ti: mayor que 0,010% y 0,050% o menos

- 15 Ti es un elemento que forma carburo, nitruro o un carbonitruro al combinarse con N o C, y tiene un efecto de afinar los granos de austenita durante la laminación en caliente por un efecto de fijación. El afinado de los granos de austenita suprime la generación de bainita en el transcurso del enfriamiento después del acabado de laminación, y contribuye a un aumento de la fracción de ferrita. Además, el Ti también actúa para incrementar un efecto de mejorar la templabilidad mediante B ya que el Ti fija, como TiN, el N sólido disuelto en un acero, y por tanto suprime la generación de BN. Para obtener estos efectos, se controla que el contenido en Ti sea mayor que 0,010%. El contenido en Ti es preferiblemente 0,020% o mayor, y más preferiblemente mayor que 0,025%. En un caso en el que el contenido en Ti es mayor que 0,050%, se precipitan carburos de Ti o carbonitruros de Ti finos en una gran cantidad durante el acabado de laminación, la ferrita es fortalecida, y por tanto la resistencia a la tracción aumenta de forma excesiva. Por lo tanto, se controla que el contenido en Ti sea 0,050% o menor. El contenido en Ti es preferiblemente 0,040% o menos, y más preferiblemente 0,035% o menos.

Nb: 0,003% a 0,050%

- 30 Nb es un elemento que forma carburo, nitruro o un carbonitruro al combinarse con C o N, o forma un carbonitruro compuesto con Ti, y por tanto tiene un efecto de afinado de los granos de austenita durante la laminación en caliente por un efecto de fijación. El afinado de los granos de austenita suprime la generación de bainita en el transcurso del enfriamiento después del acabado de laminación y contribuye a un aumento de la fracción de ferrita. Además, el carburo, nitruro o carbonitruro de Nb suprime el crecimiento de grano anormal de los granos durante el calentamiento en el templado de un componente de forjado en frío. Para obtener estos efectos, se controla que el contenido en Nb sea 0,003% o mayor. El contenido en Nb es preferiblemente 0,005% o mayor, y en un caso de obtener estos efectos de forma más estable, el contenido en Nb es más preferiblemente 0,010% o mayor. En un caso en el que el contenido en Nb es mayor que 0,050%, estos efectos se saturan, y se reduce la capacidad de forjado en frío. Por lo tanto, se controla que el contenido en Nb sea 0,050% o menor. El contenido en Nb es preferiblemente 0,040% o menor, y más preferiblemente 0,030% o menor.

B: 0,0003% a 0,0040%

- 40 B es un elemento efectivo para incrementar la templabilidad incluso en un caso en el que está contenido en una cantidad mínima. Para obtener este efecto, se controla que el contenido en B sea 0,0003% o mayor. En un caso de incrementar adicionalmente la templabilidad, el contenido en B es preferiblemente 0,0005% o mayor, y más preferiblemente 0,0010% o mayor. En un caso en el que el contenido en B es mayor que 0,0040%, el efecto de mejora de la templabilidad se satura, y se reduce la capacidad de forjado en frío. En un caso de mejorar adicionalmente la capacidad de forjado en frío, el contenido en B es preferiblemente 0,0030% o menor, y más preferiblemente 0,0025% o menor.

N: 0,0020% a 0,0080%

- 50 El N forma nitruro o carbonitruro al combinarse con Al, Ti o Nb, y tiene un efecto de afinado de los granos de austenita en la laminación en caliente, o suprimir el crecimiento de grano anormal durante el calentamiento en el templado de un componente de forjado en frío. Para obtener el efecto, se controla que el contenido en N sea 0,0020% o mayor, y preferiblemente 0,0030% o mayor. En un caso en el que el contenido en N es demasiado elevado, los efectos anteriores se saturan, y el N se combina con B y forma un nitruro, debilitando de este modo el efecto de mejora de la templabilidad de B. Por tanto, se controla que el contenido en N sea 0,0080% o menor. Para mejorar la templabilidad de forma estable, el contenido en N es preferiblemente menor que 0,0070%, y más preferiblemente 0,0060% o menor.

- 55 En la barra de acuerdo con esta realización, también es necesario controlar el equilibrio entre las cantidades de elementos además de las cantidades reales de los mismos. Específicamente, Y1 representado por la Fórmula <1> y Y2 representado por la Fórmula <2> satisfacen la relación representada por la Fórmula <3>.

## ES 2 737 895 T3

$Y1=[Mn] \times [Cr]$  Fórmula <1>,

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

$Y1 > Y2$  Fórmula <3>,

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

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

10 Se describirán las Fórmulas <1> a <3>. Tal como se describe anteriormente, Y1 es un valor representado como un producto de las masas (% en masa) de Mn y Cr contenidos en el acero, y es un parámetro de templabilidad requerido para una barra y un alambón laminados para un componente de forjado en frío de alta resistencia. Y2 es un parámetro que representa la relación entre D y [C] que tiene una influencia en la fracción de la estructura de martensita obtenida, en un caso en el que se calienta una barra y un alambón laminados con un diámetro de D (mm) a una temperatura igual a o más elevada que un punto Ac3 y se temple por enfriamiento en aceite, en una posición de D/2 (mm) desde la superficie, que es una parte central de la barra y el alambón laminados. La velocidad de enfriamiento en el templado por enfriamiento en aceite varía dependiendo del diámetro D de la barra y el alambón laminados, y en general, la velocidad de enfriamiento es de aproximadamente 10 a 40°C/s. El punto Ac3 puede ser calculado a partir de una fórmula de cálculo conocida, por ejemplo,  $Ac3=912,0-230,5 \times C+31,6 \times Si-20,4 \times Mn-39,8 \times Cu-18,1 \times Ni-14,8 \times Cr+16,8 \times Mo$  en base a la composición química. De lo contrario, el punto Ac3 puede ser calculado experimentalmente a partir de un cambio de la relación de expansión del acero medido durante la elevación de temperatura por calentamiento.

25 Después del tratamiento térmico de afinado por templado y revenido, para obtener una dureza HRC de 34 o mayor en la parte central, es necesario controlar que la dureza de templado antes del revenido en la parte central (parte D/2) de la barra y alambón laminados sea 45 o mayor en términos de dureza Rockwell HRC. Además, para controlar que la dureza de templado sea 45 o mayor en términos de dureza Rockwell HRC, se requiere que se ajuste el contenido en C, el contenido en Mn, y el contenido en Cr que tiene una gran influencia en la dureza de templado. En un caso en el que la estructura es martensita, la dureza de la misma casi se determina por el contenido en C, y en un caso en el que el contenido en C está en el intervalo de la barra y alambón laminados de acuerdo con esta realización, la dureza llega a ser 45 o mayor en términos de dureza HRC. Por lo tanto, para asegurar la dureza de templado de 45 o mayor en términos de dureza HRC, puede controlarse que la estructura después del templado sea martensita en su mayor parte (90% o mayor en términos de una fracción de la estructura).

35 Como resultado del examen de los inventores, se ha observado que se obtienen 90% o mayor después del templado en la parte central de la barra y alambón laminados controlando que cada uno de entre el contenido en Mn y el contenido en Cr sea un valor predeterminado o mayor. Específicamente, en un caso en el que Y1 representada como un producto de los contenidos de Mn y Cr y que incrementa la templabilidad, es mayor que el parámetro Y2 que representa la relación entre D y [C] que tiene una influencia en la fracción de la estructura de martensita obtenida en la parte central de la barra y alambón laminados, la estructura de la parte central de la barra y alambón laminados después del templado incluye 90% o mayor de martensita. Por consiguiente, en la barra y el alambón laminados de acuerdo con esta realización, se satisface  $Y1 > Y2$ . En un caso de  $Y1 < Y2$ , se genera una estructura templada de forma incompleta tal como bainita o ferrita durante el templado, y por tanto no puede asegurarse un 90% o mayor de martensita. En este caso, se reducen la resistencia y la resistencia a la fragilidad por hidrógeno.

45 La FIG. 2 es un diagrama que muestra la relación entre: un contenido en Cr y un contenido en Mn; y templabilidad en un caso en el que el diámetro de una barra y alambón laminados es de 15 mm y un contenido en C es 0,30%. En la FIG. 2, en un caso en el que el contenido en Mn y el contenido en Cr están por encima de un límite B, se satisface  $Y1 > Y2$ , y la martensita ocupa 90% o más de la estructura de la parte central de la lámina y alambón laminados después del templado.

50 Como estándar específico de templabilidad, en un método de ensayo de la templabilidad del acero (un método de templado final) del JIS G 0561, un ensayo denominado ensayo Jominy, la dureza J 7 mm en una posición separada de un extremo templado en al menos 7 mm, puede ser 45 o mayor en términos de dureza HRC.

55 Debido a que la dureza de la barra y el alambón laminados después del templado también depende del diámetro D de dicha barra y alambón laminados, el diámetro D de la barra y el alambón laminados es preferiblemente pequeño desde el punto de vista de la templabilidad. En un caso en el que la barra y el alambón laminados se aplican a un componente de forjado en frío de alta resistencia, la barra y el alambón laminados preferiblemente tienen un diámetro de aproximadamente 6 a 35 mm, y más preferiblemente de 8 a 16 mm.

La barra y el alambón laminados de acuerdo con esta realización básicamente contienen las composiciones químicas descritas anteriormente, con el resto de Fe e impurezas. Sin embargo, si fuera necesario, al menos uno o

más seleccionados de entre Cu, Ni, Mo, V, Zr, Ca, y Mg pueden estar contenidos en lugar de una parte de Fe del resto. Debido a que no se requiere necesariamente que estos elementos estén contenidos, los límites inferiores de los mismos son 0%. Aquí, las "impurezas" son componentes contenidos inintencionadamente en el acero, y hacen referencia a materiales mixtos procedentes de mineral como materia prima, escoria metálica, un entorno de fabricación, o similar en la fabricación industrial del hierro y el acero.

De aquí en adelante, se describirán las acciones y efectos de los elementos arbitrarios Cu, Ni, Mo, V, Zr, Ca, y Mg, y los contenidos preferibles de los mismos en un caso en el que dichos elementos estén contenidos.

Cu: 0,50% o menor

Cu es un elemento que incrementa la templabilidad y puede estar contenido. Para obtener este efecto de forma estable, el contenido en Cu es preferiblemente 0,03% o mayor, y más preferiblemente 0,05% o mayor. En un caso en el que el contenido en Cu es mayor que 0,50%, la templabilidad aumenta de forma excesiva, y la bainita se genera después del acabado de laminación. Por tanto, se reduce la capacidad de forjado. Por consiguiente, incluso en un caso en el que Cu está contenido, se controla que el contenido en Cu sea de 0,50% o menor. El contenido en Cu en un caso en el que Cu está contenido desde el punto de vista de mejorar la capacidad de forjado es preferiblemente 0,30% o menor, y más preferiblemente 0,20% o menor.

Ni: 0,30% o menor

Ni es un elemento que incrementa la templabilidad, y puede estar contenido. Para obtener este efecto de forma estable, el contenido en Ni es preferiblemente 0,01% o mayor, y más preferiblemente 0,03% o mayor. En un caso en el que el contenido en Ni es mayor que 0,30%, se satura el efecto de Ni. Además, la templabilidad aumenta de forma excesiva, y se genera bainita después del acabado de laminación. Por tanto, la capacidad de forjado en frío se reduce. Por consiguiente, incluso en un caso en el que haya contenido de Ni, se controla que el contenido en Ni sea 0,30% o menor. El contenido en Ni es un caso en el que hay contenido de Ni desde el punto de vista de mejorar el forjado en frío es preferiblemente 0,20% o menor, y más preferiblemente 0,10% o menor.

Mo: 0,050% o menor

Mo es un elemento que refuerza un acero mediante el refuerzo de la solución sólida, y mejora de forma significativa la templabilidad del acero. Puede haber contenido de Mo para obtener este efecto. Para obtener este efecto de forma estable, el contenido en Mo es preferiblemente 0,005% o mayor. En un caso en el que el contenido en Mo es mayor que 0,050%, se genera bainita o martensita después del acabado de laminación, y se reduce la capacidad de forjado. Por consiguiente, incluso en un caso en el que hay contenido de Mo, se controla que el contenido Mo sea 0,050% o menor. El contenido en Mo en un caso en el que Mo está contenido, desde el punto de vista de mejorar la capacidad de forjado en frío, es preferiblemente 0,030% o menor, y más preferiblemente 0,020% o menor.

V: 0,050% o menor

El V es un elemento que forma carburo, nitruro o carbonitruro al combinarse con C y N. Además, el V es un elemento que mejora la templabilidad del acero incluso en un caso en el que está contenido en una cantidad mínima. Por consiguiente, puede contenerse V. Para obtener estos efectos de forma estable, el contenido en V es preferiblemente 0,005% o mayor. En un caso en el que el contenido en V es mayor que 0,050%, la resistencia del acero laminado aumenta debido al carburo o nitruro precipitado, y la capacidad de forjado en frío se reduce. Por consiguiente, incluso en un caso en el que V está contenido, se controla que el contenido en V sea 0,050% o menor. El contenido en V en un caso en el que V está contenido, desde el punto de vista de mejorar la capacidad de forjado en frío, es preferiblemente 0,030% o menor, y más preferiblemente 0,020% o menor.

Zr: 0,050% o menor

Zr es un elemento que actúa para mejorar la templabilidad del acero incluso en un caso en el que está contenido en una cantidad mínima. Puede contenerse una cantidad mínima de Zr para lograr el anterior objeto. Para obtener este efecto de forma estable, el contenido en Zr es preferiblemente 0,003% o mayor. En un caso en el que el contenido en Zr es mayor que 0,050%, se generan nitruros gruesos, y se reduce la capacidad de forjado en frío. Por consiguiente, incluso en un caso en el que Zr está contenido, se controla que el contenido en Zr sea 0,050% o menor. El contenido en Zr en un caso en el que Zr está contenido es preferiblemente 0,030% o menor, y más preferiblemente 0,020% o menor desde el punto de vista de mejorar la capacidad de forjado.

Ca: 0,0050% o menor

El Ca forma un sulfuro al combinarse con S, y actúa como un núcleo de producción de MnS. El MnS con CaS como un núcleo de producción se dispersa finamente y se convierte en un núcleo de producción para la precipitación de ferrita durante el enfriamiento después del acabado de laminación. Por consiguiente, en un caso en el que está presente MnS dispersado finamente, la fracción de ferrita aumenta. Es decir, en un caso en el que Ca está contenido, la fracción de ferrita aumenta, y por tanto puede contenerse Ca. Para obtener este efecto de forma estable, el contenido en Ca es preferiblemente 0,0005% o mayor. En un caso en el que el contenido en Ca es mayor

que 0,0050%, el efecto se satura, y el Ca reacciona con el oxígeno en el acero junto con el Al, y genera de este modo un óxido grueso. Por tanto, se reduce la capacidad de forjado en frío. Por consiguiente, incluso en un caso en el que el Ca está contenido, se controla que el contenido en Ca sea 0,0050% o menor. El contenido en Ca en un caso en el que Ca está contenido es preferiblemente 0,0030% o menor, y más preferiblemente 0,0020% o menor dese del punto de vista de mejorar la capacidad de forjado en frío.

Mg: 0,0050% o menor

Mg es un elemento que forma un sulfuro al combinarse con S, y actúa como un núcleo de producción de MnS. El Mg tiene un efecto de dispersar finamente el MnS. En un caso en el que el MnS se dispersa finamente, se precipita la ferrita con MnS, dispersada durante el enfriamiento después del acabado de laminación, como un núcleo de producción. Por tanto, se mejora la fracción de ferrita. El Mg puede estar contenido para obtener este efecto. Para obtener de forma estable este efecto, el contenido en Mg es preferiblemente 0,0005% o mayor. En un caso en el que el contenido en Mg es mayor que 0,0050%, se satura el efecto de Mg. Además, debido a que el rendimiento de la adición del Mg es bajo y la adición de Mg deteriora el coste de fabricación, la cantidad de Mg en un caso en el que Mg está contenido, es preferiblemente 0,0030% o menor, y más preferiblemente 0,0020% o menor.

#### (B) Resistencia a la tracción del acero

La barra y alambón laminados de acuerdo con esta realización tiene una excelente capacidad de forjado en frío. Por lo tanto, incluso en un caso en el que se omita un tratamiento de recocido de globalización después de la laminación del producto o que se realice en un periodo corto de tiempo, no tiene lugar una reducción en la vida del troquel durante el forjado en frío, o el agrietamiento del componente durante la conformación. Esto es debido a que controlando no solamente las composiciones químicas del acero ajustadas según se describe anteriormente, sino también las condiciones de fabricación del acero laminado, se controla que la estructura del acero laminado y los precipitados sean adecuados para el forjado en frío, y se reduce la resistencia del acero. En esta realización, capacidad de forjado en frío excelente significa que, por ejemplo, no ocurre agrietamiento incluso en un caso en el que una barra redonda de  $\phi$  10,5 mmx40 mm cortada de la barra y el alambón laminados, es procesada en forma de un perno que se muestra en la FIG. 1.

En un caso en el que la resistencia a la tracción es mayor que 750 MPa, se incrementa la posibilidad de la existencia de grietas del componente durante el forjado en frío. Por lo tanto, en la barra y alambón laminados de acuerdo con esta realización, es necesario controlar que la resistencia a la tracción sea de 750 MPa o menor después de controlar la estructura, tal como se describirá más adelante. Incluso en un caso en el que la resistencia a la tracción es mayor que 750 MPa, no ocurre el agrietamiento del componente con facilidad durante el forjado en frío en un caso en el que se realiza un tratamiento de recocido de globalización durante un largo periodo de tiempo de aproximadamente 20 horas, o se realiza repetidamente más de una vez (por ejemplo, 10 horasx2 veces). Sin embargo, la barra y el alambón laminados de acuerdo con esta realización están previstos para asegurar la capacidad de forjado en frío incluso en un caso en el que se omite el tratamiento de recocido de globalización, o se reduce el tiempo de tratamiento de recocido de globalización de tal manera que el tratamiento térmico se completa en al menos 10 horas. Para lograr este objeto, se limita el máximo 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 700 MPa o menor, y más preferiblemente 650 MPa o menor.

#### (C) Sobre la estructura interna del acero

La barra y el alambón laminados de acuerdo con esta realización tienen una excelente capacidad de forjado en frío. Por lo tanto, no se produce una reducción en la vida del troquel durante el forjado en frío, o el agrietamiento de un componente conformado, incluso en un caso en el que se omite un tratamiento de recocido de globalización convencional después de la laminación del producto que requiere aproximadamente 20 horas o se realiza en aproximadamente la mitad de tiempo, o el tratamiento de recocido de globalización que ha sido realizado más de una vez se realiza una vez. Esto se debe a que la estructura metalográfica de la barra y alambón laminados se controla para tener una forma adecuada para el forjado en frío no solamente ajustando las composiciones químicas del acero, sino también controlando las condiciones de fabricación de la barra y alambón laminados.

Específicamente, en la barra y alambón laminados de acuerdo con esta realización, la estructura (estructura interna) de una parte, que excluye una parte de capa de superficie que se extiende hasta 100  $\mu$ m desde la superficie en la que puede generarse una capa descarburada, es una estructura ferrita-perlita, y la fracción de la ferrita es 40% o mayor. Aquí, la estructura ferrita-perlita significa una estructura que es una estructura mixta en la que la ferrita y la perlita ocupan 95% o mayor de la estructura total en términos de una fracción de área (una estructura en la que el total de la fracción del área de la ferrita y la fracción del área de la perlita es 95% o mayor). En la medición de la fracción de ferrita, una fase de ferrita entre las cementitas laminares incluidas en la perlita no está incluida como ferrita. La estructura mixta en la que la ferrita y la perlita ocupan 95% o más de la estructura total en términos de una fracción de área significa que un total de fracciones de área de estructuras tales como martensita y bainita, distintas de la ferrita y la perlita, es menor que 5%. Para obtener una buena capacidad de forjado en frío, se requiere que la estructura mixta de ferrita y perlita sea 95% o mayor en la estructura total en términos de una fracción de área, y es preferiblemente 100%.

En la estructura interna, en un caso en el que la fracción de ferrita es menor que 40%, no puede asegurarse una buena capacidad de forjado en frío incluso en un caso en el que la resistencia a la tracción es 750 MPa o menor. Por tanto, se generan problemas tales como el agrietamiento que ocurre en el componente durante la conformación o una reducción en la vida del troquel. La fracción de ferrita es preferiblemente 45% o mayor, y más preferiblemente 50% o mayor. El límite superior de la fracción de ferrita no se especifica en particular. Sin embargo, para controlar que la fracción de ferrita sea mayor que 80% como producto en bruto del laminado en caliente, es necesario globalizar la cementita laminar que forma la estructura de la perlita, y para esto es necesario realizar un tratamiento de homogeneización durante un largo periodo de tiempo después del laminado. Por consiguiente, el coste se eleva, y esto es difícil de realizar en la industria. Por lo tanto, el límite superior de la fracción de ferrita puede ser 80%. En un caso en el que la estructura mixta de la ferrita y la perlita es menor que 95% en la estructura total en términos de una fracción de área, existe la preocupación de que la resistencia a la tracción de la barra y alambón laminados pueda ser mayor que 750 MPa debido a estructuras duras tales como la martensita y la bainita. Además, debido a que las estructuras duras se convierten en orígenes de fracturas, existe una preocupación de que la capacidad de forjado en frío pueda verse reducida.

La identificación de las estructuras y el cálculo de la fracción del área se realizan, por ejemplo, tal como sigue a continuación. Una barra y alambón laminados se corta en una longitud de 10 mm. A continuación, se realiza la inclusión en resina de tal manera que una sección transversal se utiliza como una superficie de ensayo, y se realiza el pulido espejo. A continuación, la superficie es corroída con alcohol y ácido nítrico (reactivo de ataque nital) al 3% para hacer que emerja una microestructura. Después de eso se tomaron fotografías de microestructuras de 5 campos de visión utilizando un microscopio óptico con un aumento de 500 veces en una posición correspondiente a una posición D/4 (D: diámetro del acero laminado) de la barra de acero laminada o alambón laminado para identificar la "fase". Utilizando un software de análisis de imagen, se miden las fracciones de 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 de un total de ferrita y perlita obteniendo una fracción de perlita de la misma manera, y añadiendo la fracción de ferrita y la fracción de perlita.

(D) Proceso de Fabricación preferible

En la barra y alambón laminados de acuerdo con esta realización, es importante controlar no solamente las composiciones químicas del acero, sino también la estructura en estado bruto de laminación. Por consiguiente, la barra y materiales de alambre laminados que tienen composiciones químicas y una estructura dentro de la franja de la presente invención se incluyen en la barra y alambón laminados de acuerdo con esta realización independientemente de los métodos de fabricación de los mismos. Sin embargo, en un caso en el que se aplique un proceso de fabricación que incluya las siguientes etapas a un acero que tiene composiciones químicas predeterminadas, puede controlarse de forma estable que una estructura en estado bruto de laminación esté en una franja preferible. De aquí en adelante, se describirán en detalle las condiciones de fabricación preferibles.

<Etapa de fabricación de la pieza de acero>

En primer lugar, un acero fundido en el que se ajustan composiciones químicas tales como C, Si, Mn, Cr, y Nb y que es fundido por un convertidor, un horno eléctrico normal, o similar se somete a colada para obtener un lingote de acero o una pieza colada. El lingote de acero o pieza colada obtenida se desbasta para obtener una pieza de acero (material para el laminado del producto). Para obtener la barra y alambón laminados de acuerdo con esta realización, antes de una etapa de calentamiento previamente a la laminación que se va a describir más adelante, se realiza preferiblemente un tratamiento de homogeneización a alta temperatura, en el que se realiza un calentamiento a alta temperatura a 1250°C o más elevada para asegurar un tiempo de homogeneización de al menos 30 minutos y a continuación se realiza el enfriamiento. Esta acción es para disolver los carbonitruros o carburos gruesos tales como Nb(C, N), NbC, Ti(C,N), y TiC generados durante la solidificación en el acero y a continuación re-precipitar finamente los carbonitruros o carburos en el transcurso del enfriamiento. Los carbonitruros o carburos precipitados en el transcurso del enfriamiento actúan como partículas de fijación durante el calentamiento de la laminación en caliente del producto que es realizada posteriormente, y contribuyen a la prevención del crecimiento engrosado de los granos de austenita. Como resultado, es afinada la estructura de ferrita que precipita durante el enfriamiento después de la laminación del producto, y por tanto aumenta la fracción de ferrita. El tratamiento de homogeneización a alta temperatura puede ser realizado en la etapa de calentamiento en un caso de desbaste del lingote de acero o pieza colada. De otro modo, el lingote de acero o pieza colada puede ser calentado a una temperatura más baja que 1250°C para ser desbastado, y a continuación una pieza de acero fabricada mediante desbaste puede ser re-calentada a 1250°C. En cualquier caso, son efectivos el calentamiento a una alta temperatura a 1250°C o más elevada antes de la laminación en caliente del producto por calentamiento a 1050°C o inferior que va a ser descrita más adelante, y asegurar un tiempo de homogeneización de al menos 30 minutos.

<Etapa de calentamiento antes de la laminación>

A continuación, la pieza de acero es calentada antes de la laminación. En este caso, la temperatura de calentamiento es preferiblemente 1050°C o menos siempre que sea posible la laminación. En un caso en el que la temperatura de calentamiento sea demasiado alta, los carbonitruros o carburos finos re-precipitados mediante el tratamiento de homogeneización a alta temperatura descrito anteriormente se re-disuelven y precipitan de forma

coherente junto con la transformación de ferrita durante el enfriamiento después de la laminación del producto. Por consiguiente, la resistencia después de la laminación del producto aumenta, y existe una preocupación de que el forjado en frío pueda verse reducida. Los carbonitruros o carburos tales como Nb(C, N), NbC, Ti(C,N), y TiC que no se disuelven por calentamiento antes de la laminación no tienen una influencia en la resistencia después de la laminación del producto y no deterioran por tanto la capacidad de forjado en frío. Además, los carbonitruros o carburos de Nb tienen un efecto de suprimir el crecimiento de grano anormal de los granos incluso en un caso en el que el calentamiento se realiza a una temperatura igual o mayor que un punto Ac3 durante el templado después del forjado en frío.

#### <Etapa de laminado>

Después del calentamiento, se obtiene una barra de acero o alambón que tiene un diámetro predeterminado mediante el laminado del producto incluyendo el acabado de laminación. El acabado de laminación es una laminación que se realiza mediante un conjunto de tren de laminador de acabado en una etapa final de la laminación del producto. En el acabado de laminación, una velocidad de trabajo Z es preferiblemente de 5 a 15/s, y el acabado de laminación se realiza preferiblemente en un intervalo de temperatura de laminado de 750°C a 850°C. la velocidad de trabajo Z es un valor obtenido utilizando la siguiente Fórmula (i) a partir de una reducción del área del acero por acabado de laminación y un tiempo de acabado de laminación. En lo que se refiere a la temperatura de acabado de laminación, puede medirse la temperatura en un lado de salida del conjunto de tren laminador de acabado utilizando un termómetro de radiación por infrarrojos. Gestionando la temperatura y la velocidad de trabajo del acabado de laminación, los granos de austenita son adicionalmente afinados antes de la transformación de ferrita, la fracción de ferrita aumenta, y por tanto puede obtenerse una resistencia a la tracción predeterminada y una estructura predeterminada.

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

Aquí, R es una reducción del área del acero mediante acabado de laminación, y t es un tiempo de acabado de laminación (segundos).

La reducción del área R se obtiene utilizando  $R = (A_0 - A) / A_0$  de un área  $A_0$  transversal antes del acabado de laminación de la barra y alambón laminados y un área A transversal después del acabado de laminación.

El tiempo t del acabado de laminación es un periodo de tiempo (segundos) durante el cual la barra y el alambón laminados pasan a través del conjunto de tren laminador de acabado, y puede obtenerse dividiendo la distancia desde el primer tren laminador hasta el último tren laminador en el conjunto de tren laminador de acabado por la velocidad de transferencia media de la barra y alambón laminados.

En un caso en el que la temperatura de acabado de laminación está por debajo de 750°C o la velocidad de trabajo del acabado de laminación es demasiado elevada, la ferrita se transforma a partir de granos de austenita no recristalizados. En este caso, la estructura después del enfriamiento se afina excesivamente, y por tanto la resistencia aumenta excesivamente, y se reduce la capacidad de forjado en frío. En contraste, en un caso en el que la temperatura del acabado de laminación está por encima de 850°C o la velocidad de trabajo es 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 la capacidad de forjado en frío se reduce.

#### <Etapa de enfriamiento>

Después de que se completa el acabado de laminación, se realiza el enfriamiento preferiblemente a una velocidad de enfriamiento de 0,2 a 5 °C/s hasta que la temperatura de superficie del acero laminado baja hasta 500°C. En un caso en el que la velocidad media de enfriamiento hasta 500°C es inferior de 0,2 °C/s, el tiempo de transformación de austenita a ferrita es largo, y por tanto hay una preocupación de que pueda ocurrir una descarburación en la parte de la capa de superficie del acero laminado. En un caso en el que la velocidad media de enfriamiento es más elevada que 5°C/s, hay una preocupación de que puedan formarse estructuras duras tales como martensita y bainita.

Con un proceso de fabricación que incluye las etapas de fabricación descritas anteriormente, es posible obtener de forma estable una barra y alambón laminados que tenga tal resistencia a la tensión y estructura interna que se asegure la templabilidad para obtener la dureza de templado a un nivel adecuado para su uso en un componente forjado en frío de alta resistencia, y puede realizarse una buena capacidad de forjado en frío incluso en un caso en el que se omite un tratamiento de recocido de globalización o se reduce el tiempo del tratamiento de recocido de globalización. Realizando el forjado en frío, el templado, y el revenido en la barra o alambón laminados de acuerdo con esta realización, puede obtenerse un componente forjado en frío de alta resistencia.

#### Ejemplos

De aquí en adelante, la presente invención se describirá en detalle utilizando los ejemplos, pero no está limitada a estos ejemplos.

Incluso en un caso en el que los aceros tengan las mismas composiciones químicas, las estructuras de los mismos varían de acuerdo con el proceso de fabricación. Por consiguiente, los requerimientos de la presente invención pueden no satisfacerse incluso en un caso en el que las composiciones químicas de la presente invención se satisfacen. Por lo tanto, en primer lugar, se evaluaron las estructuras y características de los aceros obtenidas fabricando aceros que tienen las composiciones químicas bajo diferentes condiciones de fabricación. A continuación, se fundieron lingotes de acero con diferentes composiciones químicas y los aceros laminados se fabricaron bajo las mismas condiciones para evaluar las estructuras y características de los aceros obtenidos.

Específicamente, en primer lugar, los aceros con las composiciones químicas que se muestran en la Tabla 1 se fundieron en un horno eléctrico, y los lingotes de acero obtenidos fueron calentados a 1200°C y se desbastaron en forma de piezas de acero con 162 mm cuadrados. En los aceros con las composiciones químicas que se muestran en la Tabla 1, A0, A1, A2, y A3 tienen las mismas composiciones químicas, y B0, B1, B2, y B3 tienen las mismas composiciones químicas. En la Tabla 1, el símbolo representa que el contenido del elemento está en un nivel de impurezas, y puede considerarse que el elemento no está contenido sustancialmente.

En lo que se refiere a estos aceros, se cambiaron las condiciones de fabricación de las etapas hasta el laminado del producto, con respecto a la pieza de acero después del desbaste en forma de alambón con un diámetro predeterminado, para obtener barras de acero o materiales de alambre. Es decir, en los Ejemplos A0 y B0 de la invención que se muestran en la Tabla 1, se realizó un tratamiento de homogeneización a alta temperatura de tal manera que se introdujo una pieza de acero con 162 mm cuadrados en un horno a 1280°C, se sometió a homogeneización durante 2 horas, y a continuación se extrajo del horno para ser enfriada a temperatura ambiente. A continuación, estas piezas de acero se calentaron a 1040°C, y a continuación se sometieron a laminación del producto, a una temperatura de acabado de laminación de 820°C, para obtener un diámetro predeterminado, y de este modo se produjo una barra de acero laminada o un alambón laminado. En este caso, la velocidad de trabajo del acabado de laminación se situó en un intervalo de 5 a 15/s, y después de que se completara el acabado de laminación, se realizó el enfriamiento de tal manera que la velocidad media de enfriamiento a 500°C fue de 0,4 °C/s.

En los Ejemplos comparativos A1 y B1, se utilizaron unas piezas de acero con 162 mm cuadrados con las mismas composiciones químicas que en A0 y B0, respectivamente, y se sometieron a laminación del producto sin tratamiento de homogeneización a alta temperatura. Las condiciones de laminación fueron las mismas que en A0 y B0, y después de calentar a 1040°C, se realizó la laminación del producto a una temperatura de acabado de laminación de 820°C para obtener un diámetro predeterminado. Por tanto, se produjo un acero laminado. En este caso, la velocidad de trabajo del acabado de laminación se situó en un intervalo de 5 a 15/s, y después de que se completara el acabado de laminación, se realizó el ajuste del enfriamiento de tal manera que la velocidad media de enfriamiento a 500°C fue de 0,4 °C/s.

En los Ejemplos comparativos A2, A3, B2, y B3, se realizó un tratamiento de homogeneización a alta temperatura de tal manera que una pieza de acero con 162 mm cuadrados con las mismas composiciones químicas que en los Ejemplos A0 y B0 de la invención se introdujo en un horno calentado a 1280°C, se sometió a homogeneización durante 2 horas, y a continuación se extrajo del horno para ser enfriado a temperatura ambiente. A continuación, se ajustaron la temperatura de calentamiento antes de la laminación del producto y la temperatura de acabado de laminación tal como se muestra en la Tabla 1 para producir una barra de acero laminada o un alambón laminado.

Específicamente, en los Ejemplos comparativos A2 y B2, se realizó el calentamiento a una temperatura de calentamiento de 1050°C en la laminación del producto, y a continuación se realizó el acabado de laminación a una temperatura de laminación de 920°C a 940°C para obtener un diámetro predeterminado. Por tanto, se produjo un acero laminado. En este caso, la velocidad de trabajo del acabado de laminación se situó en un intervalo de 5 a 15/s, y después de que se completó el acabado de laminación, se realizó el enfriamiento de tal manera que la velocidad media de enfriamiento hasta 500°C fue de 0,4 °C/s.

En los Ejemplos comparativos A3 y B3, se realizó el calentamiento a una temperatura de calentamiento de 1150°C en la laminación del producto, y a continuación se realizó el acabado de laminación a una temperatura de laminación de 830°C para obtener un diámetro predeterminado. Por tanto, se produjo un acero laminado. En este caso, la velocidad de trabajo del acabado de laminación se situó en un intervalo de 5 a 15/s, y después de que se completara el acabado de laminación, se realizó el enfriamiento de tal manera que la velocidad media de enfriamiento hasta 500°C fue de 0,4 °C/s.

A continuación, con los aceros Nos. 1 a 29 con las composiciones químicas que se muestran en la Tabla 2, se produjeron aceros laminados utilizando el siguiente método. En la Tabla 2, el símbolo representa que el contenido de elementos está en el nivel de impurezas, y puede considerarse que el elemento no está contenido sustancialmente.

Específicamente, los aceros que tienen las composiciones químicas que se muestran en la Tabla 2 se fundieron en un horno eléctrico, y los lingotes de acero se calentaron a 1200°C y se desbastaron en forma de piezas de acero con 162 mm cuadrados. A continuación, se realizó un tratamiento de homogeneización a alta temperatura de tal manera que una pieza de acero con 162 mm cuadrados se introdujo en un horno a 1280°C, se sometió a homogeneización durante 2 horas, y a continuación se extrajo del horno para ser enfriado a temperatura ambiente. A continuación, los

5 materiales para la laminación del producto se calentaron de 1030°C a 1050°C, y a continuación se sometieron a laminación del producto a una temperatura de acabado de laminación ajustada para que sea de entre 750°C a 850°C. En este caso, la velocidad de trabajo del acabado de laminación se situó en un intervalo de 5 a 15/s en todos los casos, y después de que se completara el acabado de laminación, se realizó el enfriamiento de tal manera que la velocidad media de enfriamiento hasta 500°C fue de 0,4 a 2 °C/s.

[Tabla 1]

		% en masa: resto de Fe e impurezas																			
Nº de Acero	C	Si	Mn	P	S	Cr	Nb	Al	Ti	N	B	Cu	Ni	Mo	V	Ca	Mg	Zr	Temperatura de calentamiento de laminación del producto	Temperatura de acabado de laminación	
Ejemplo de la invención	A0	0,32	0,05	0,44	0,010	0,010	1,04	0,023	0,030	0,025	0,0040	0,0023	-	-	-	-	-	-	1280°C	1040°C	820°C
Ejemplos Comparativos	A1	0,32	0,05	0,44	0,010	0,010	1,04	0,023	0,030	0,025	0,0040	0,0023	-	-	-	-	-	-	-	1040°C	820°C
	A2	0,32	0,05	0,44	0,010	0,010	1,04	0,023	0,030	0,025	0,0040	0,0023	-	-	-	-	-	-	1280°C	1050°C	940°C
	A3	0,32	0,05	0,44	0,010	0,010	1,04	0,023	0,030	0,025	0,0040	0,0023	-	-	-	-	-	-	1280°C	1150°C	830°C
Ejemplo de la invención	B0	0,30	0,08	0,40	0,008	0,008	1,10	0,020	0,040	0,032	0,0052	0,0016	0,10	0,05	-	-	-	-	1280°C	1040°C	820°C
Ejemplos comparativos	B1	0,30	0,08	0,40	0,008	0,008	1,10	0,020	0,040	0,032	0,0052	0,0016	0,10	0,05	-	-	-	-	-	1040°C	820°C
	B2	0,30	0,08	0,40	0,008	0,008	1,10	0,020	0,040	0,032	0,0052	0,0016	0,10	0,05	-	-	-	-	1280°C	1050°C	920°C
	B3	0,30	0,08	0,40	0,008	0,008	1,10	0,020	0,040	0,032	0,0052	0,0016	0,10	0,05	-	-	-	-	1280°C	1150°C	830°C

[Tabla 2]

Nº de Acero	% en masa: resto de Fe e impurezas																	
	C	Si	Mn	P	S	Cr	Nb	Al	Ti	N	B	Cu	Ni	Mo	V	Ca	Mg	Zr
Ejemplos de la Invención																		
1	0,31	0,05	0,29	0,011	0,005	1,00	0,018	0,038	0,034	0,0040	0,0014	-	-	-	-	-	-	-
2	0,31	0,04	0,39	0,010	0,008	1,05	0,020	0,040	0,029	0,0038	0,0021	-	-	-	-	-	-	-
3	0,29	0,06	0,34	0,015	0,010	1,02	0,025	0,035	0,033	0,0042	0,0016	-	-	-	-	-	-	-
4	0,33	0,04	0,28	0,009	0,009	1,15	0,023	0,036	0,025	0,0045	0,0018	-	-	-	-	-	-	-
5	0,35	0,03	0,25	0,008	0,011	0,95	0,016	0,034	0,031	0,0040	0,0018	-	-	-	-	-	-	-
6	0,27	0,07	0,30	0,011	0,006	1,20	0,009	0,036	0,033	0,0038	0,0019	-	-	-	-	-	-	-
7	0,34	0,05	0,45	0,015	0,008	1,10	0,028	0,035	0,042	0,0046	0,0021	-	-	-	-	-	-	-
8	0,26	0,19	0,29	0,006	0,009	0,90	0,021	0,044	0,018	0,0035	0,0018	-	-	-	-	-	-	-
9	0,27	0,31	0,31	0,007	0,001	0,85	0,025	0,034	0,037	0,0051	0,0024	-	-	-	-	-	-	-
10	0,27	0,04	0,30	0,008	0,012	1,35	0,019	0,034	0,034	0,0036	0,0019	-	-	-	-	-	-	-
11	0,30	0,08	0,30	0,009	0,010	1,01	0,026	0,035	0,025	0,0039	0,0020	0,15	-	-	-	-	-	-
12	0,29	0,05	0,30	0,010	0,008	1,00	0,025	0,039	0,031	0,0035	0,0018	0,06	0,06	-	-	-	-	-
13	0,26	0,04	0,28	0,009	0,007	1,03	0,024	0,035	0,039	0,0035	0,0010	-	-	-	0,02	-	-	-
14	0,29	0,05	0,27	0,010	0,009	0,84	0,016	0,030	0,029	0,0036	0,0008	-	-	0,015	-	-	-	-
15	0,27	0,06	0,29	0,006	0,007	0,94	0,038	0,031	0,023	0,0040	0,0015	-	-	-	-	0,0015	-	-
16	0,28	0,04	0,28	0,007	0,008	0,89	0,018	0,029	0,026	0,0037	0,0016	-	-	-	-	-	0,0008	0,02
17	0,27	0,05	0,26	0,011	0,005	0,90	0,018	0,038	0,029	0,0040	0,0014	-	-	-	-	-	-	-
18	0,26	0,09	0,28	0,012	0,009	0,75	0,016	0,032	0,026	0,0045	0,0018	-	-	-	-	-	-	-
19	0,21	0,07	0,28	0,005	0,010	0,80	0,025	0,035	0,028	0,0041	0,0015	-	-	-	-	-	-	-
20	0,40	0,06	0,42	0,010	0,008	0,95	0,016	0,034	0,026	0,0038	0,0020	-	-	-	-	-	-	-
21	0,33	0,05	0,85	0,015	0,007	0,85	0,020	0,035	0,029	0,0042	0,0016	-	-	-	-	-	-	-
22	0,32	0,09	0,39	0,010	0,031	1,05	0,021	0,036	0,033	0,0043	0,0018	-	-	-	-	-	-	-
23	0,27	0,08	0,36	0,011	0,008	0,50	0,018	0,028	0,030	0,0049	0,0017	-	-	-	-	-	-	-
24	0,33	0,21	0,40	0,009	0,009	1,23	0,001	0,025	0,017	0,0032	0,0024	-	0,04	-	-	-	-	-
25	0,34	0,06	0,39	0,010	0,007	1,12	0,010	0,021	0,007	0,0042	0,0020	-	-	-	-	-	-	-
26	0,33	0,08	0,35	0,010	0,008	1,05	0,035	0,036	0,058	0,0034	0,0018	-	-	-	-	-	-	-
27	0,26	0,07	0,39	0,012	0,010	0,90	0,016	0,030	0,031	0,0045	0,0002	0,05	-	-	-	-	-	-
28	0,33	0,09	0,40	0,013	0,010	1,55	0,024	0,035	0,032	0,0039	0,0026	0,04	0,06	-	-	-	-	-
29	0,30	0,05	0,35	0,010	0,009	1,02	0,020	0,034	0,030	0,0041	0,0019	-	-	0,09	-	-	-	-
Ejemplos Comparativos																		

Las Tablas 3 y 4 muestran los resultados de la investigación de las barras de acero laminadas o materiales de alambre laminados producidos mediante el método descrito anteriormente en lo que respecta al diámetro, resistencia a la tracción, fracción de ferrita, dureza después del templado y revenido, capacidad de forjado en frío y la presencia o ausencia de la aparición de un crecimiento del grano anormal.

- 5 La resistencia a la tracción, la fracción de ferrita, la suma de una fracción de ferrita y una fracción de perlita, la dureza después del templado, la dureza después del templado y del revenido, la capacidad de forjado en frío y la presencia o ausencia de la aparición de un crecimiento anormal del grano de las barras de acero laminadas o materiales de alambre laminados se investigaron mediante métodos que se describirán más adelante al respecto.

10 <1> Investigación de la resistencia a la tracción de la barra de acero laminada o el alambón laminado: Una pieza de ensayo 14A (diámetro de la parte paralela: 6 mm) especificada en el estándar JIS Z 2241 se recogió de una posición de un centro de la barra de acero laminada o alambón laminado, de tal manera que una dirección longitudinal de la pieza de ensayo fue una dirección de laminación del acero. La longitud de calibración se estableció en 30 mm y se realizó un ensayo de tracción a temperatura ambiente para obtener la resistencia a la tracción.

15 <2> Investigación de la Fracción de Ferrita y la Fracción de Perlita de la barra de acero laminada o alambón laminado:

La barra de acero laminada o alambón laminado se cortó en una longitud de 10 mm. A continuación, se realizó la inclusión en resina de tal manera que una sección transversal se utilizó como superficie de ensayo y se realizó el pulido espejo. A continuación, la superficie fue corroída con alcohol y ácido nítrico (reactivo de ataque nital) al 3% para hacer que emerja una microestructura. Después de eso, se tomaron fotografías de microestructuras de 5 campos de visión utilizando un microscopio óptico con un aumento de 500 veces en una posición correspondiente a una posición D/4 (D: diámetro de la barra de acero laminada o alambón laminado) de la barra de acero laminada o alambón laminado para identificar la "fase". Utilizando un software de análisis de imagen, se midieron las fracciones de área de ferrita de los respectivos campos de visión como fracciones de ferrita, y se obtuvo el valor medio de las mismas. Además, se obtuvo una fracción de perlita de la misma manera para obtener un total de la fracción de ferrita y la fracción de perlita.

<3> Investigación de la dureza de templado

La barra de acero laminado o alambón laminado se cortó en una longitud de 200 mmL, y a continuación se calentó a 880°C durante 60 minutos en una atmósfera de gas Ar y se sumergió en un depósito de aceite a 60°C para su templado. A continuación, se recogió una pieza con una longitud de 10 mm desde una posición de un centro en dirección longitudinal de la barra redonda templada, y a continuación se realizó el pulido en una sección transversal como superficie de ensayo para medir la dureza HRC en una parte central de la sección transversal.

<4> Investigación de la dureza de revenido

El resto de la barra redonda templada por el método descrito anteriormente se sometió a revenido de tal manera que se calentó a 425°C durante 60 minutos en la atmósfera, y a continuación se extrajo del horno para ser enfriado (enfriamiento por aire en la atmósfera). Una pieza de ensayo con una longitud de 10 mm se recogió de una posición de un centro de la barra redonda después del revenido, a continuación se realizó el pulido en una sección transversal como superficie de ensayo para medir la dureza HRC en una parte central de la sección transversal.

La capacidad de forjado en frío y el crecimiento anormal del grano después del forjado en frío fueron evaluadas después de realizar realmente el forjado en frío en un perno utilizando la barra de acero laminada o el alambón laminado.

<5> Investigación de la capacidad de forjado en frío

Una barra redonda de  $\phi$  10,5 mmx40 mmL se cortó mediante trabajo mecánico desde una posición correspondiente a una parte central de la barra de acero laminada o alambón laminado. A continuación, se realizó el desengrasado y el decapado, y a continuación se realizó un tratamiento de fosfato de zinc (75°C, tiempo de inmersión: 600 segundos) y un tratamiento con jabón metálico (80°C, tiempo de inmersión: 180 segundos), para adherir 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 fue utilizado como material para el forjado de un perno. Para el forjado del perno, se designó un troquel de tal manera que el trabajo incluyera: una primera etapa de conformado por prensado de una parte de eje mediante forjado; y podría realizarse una segunda etapa de conformado de la parte de cabeza de un perno y la parte de brida de tal manera que fue posible el forjado en la forma que se muestra en la FIG. 1, y este troquel se montó en una prensa de forjado hidráulica para realizar el forjado en frío. En la FIG. 1, la unidad de valores numéricos es mm. En lo que se refiere a la capacidad de forjado en frío, se determinó visualmente si se produjo agrietamiento en una superficie del perno durante la conformación del perno. Se evaluó el forjado en frío de tal manera que un caso en el que se produjo agrietamiento en la superficie del perno fue evaluado como NG, y un caso en el que no se produjo agrietamiento en ninguna parte fue evaluado como OK. El agrietamiento en la superficie del perno se produjo principalmente en un extremo de la punta de una parte de brida de una parte de la cabeza de perno.

<6> Investigación del crecimiento anormal de grano durante el re-calentamiento

Para confirmar la aparición de crecimiento anormal del grano durante el re-calentamiento después del forjado en frío, se templó un perno conformado por forjado en frío de tal manera que fue calentado a 880°C durante 60 minutos en un horno con una atmósfera de gas inerte, y a continuación se sumergió en un depósito de aceite a 60°C. Se observó la microestructura del perno para confirmar la presencia o ausencia de la aparición de un crecimiento anormal del grano. Específicamente, para observar una estructura interna de una brida del perno y una parte R de una base del eje, el perno templado se cortó en paralelo a una dirección del eje, se realizó la inclusión en resina, se realizó el pulido espejo, y a continuación se realizó la corrosión de la superficie para hacer que un límite del grano de austenita anterior surgiera para observar así una microestructura cerca de una superficie de la parte de brida del perno y la parte R de la base del eje mediante microscopio óptico. El aumento fue de 500 veces, y la observación se realizó hasta una posición a una profundidad de 0,5 mm de la superficie de la parte de brida del perno y la parte R de la base del eje. Un caso en el que los granos fueron uniformes se determinó como OK, y un caso en el que se observaron granos que crecen de forma anormal se determinó como NG. La estructura en la que los granos fueron uniformes tenía granos de austenita previos con un tamaño de aproximadamente 5 a 30  $\mu\text{m}$ , y se determinó que el acero en el que se mezclaron granos que crecieron hasta tener un tamaño de más de 100  $\mu\text{m}$  tiene un crecimiento anormal del grano.

[Tabla 3]

	Nº de Acero	Díametro del acero laminado (mm)	Y1	Y2	Resistencia a la tracción	Fración de Ferrita (%)	Fración del área de Ferrita-Perlita (%)	Dureza de Templado (HRC)	Dureza de Revenido (HRC)	Capacidad de Forjado en frío	Generación de granos gruesos anormales
Ejemplo de la Invención	A0	15,0	0,458	0,146	622	43	100	49	40	OK	OK
Ejemplos Comparativos	A1	15,0	0,458	0,146	710	36	100	49	40	NG	NG
	A2	15,0	0,458	0,146	765	36	100	49	40	NG	OK
	A3	15,0	0,458	0,146	770	40	80	49	40	NG	OK
Ejemplo de la Invención	B0	15,0	0,440	0,155	595	51	100	48	39	OK	OK
Ejemplos Comparativos	B1	15,0	0,440	0,155	690	38	100	48	39	NG	NG
	B2	15,0	0,440	0,155	755	38	85	48	39	NG	OK
	B3	15,0	0,440	0,155	765	42	85	48	39	NG	OK

[Tabla 4]

	Nº de Acero	Diámetro del acero laminado (mm)	Y1	Y2	Resistencia a la tracción (MPa)	Fracción de Ferrita (%)	Fracción del área de Ferrita-Perlita (%)	Dureza de Templado (HRC)	Dureza de Revenido (HRC)	Capacidad de Forjado en frío	Generación de granos gruesos anormales
Ejemplos de la invención	1	11,0	0,290	0,074	574	52	100	47	38	OK	OK
	2	15,0	0,410	0,150	583	51	100	48	39	OK	OK
	3	20,0	0,347	0,258	576	54	100	46	35	OK	OK
	4	15,0	0,322	0,142	607	46	100	49	40	OK	OK
	5	15,0	0,238	0,134	632	42	100	51	44	OK	OK
	6	20,0	0,360	0,272	575	53	100	45	36	OK	OK
	7	25,0	0,495	0,318	623	42	97	48	38	OK	OK
	8	15,0	0,261	0,176	548	56	100	46	39	OK	OK
	9	15,0	0,264	0,171	578	54	100	46	40	OK	OK
	10	25,0	0,405	0,374	564	49	100	46	37	OK	OK
	11	15,0	0,303	0,155	597	51	100	48	39	OK	OK
	12	15,0	0,300	0,160	573	52	100	48	39	OK	OK
	13	15,0	0,288	0,176	523	56	100	45	38	OK	OK
	14	15,0	0,227	0,160	567	53	100	47	40	OK	OK
	15	15,0	0,273	0,171	543	59	100	47	38	OK	OK
	16	15,0	0,249	0,165	546	58	100	46	37	OK	OK
Ejemplos Comparativos	17	25,0	0,234	0,374	546	52	100	33	25	OK	OK
	18	20,0	0,210	0,280	526	53	100	32	25	OK	OK
	19	15,0	0,224	0,211	493	60	100	38	29	OK	OK
	20	15,0	0,399	0,116	755	32	85	55	47	NG	OK
	21	15,0	0,723	0,142	730	37	85	47	39	NG	OK
	22	15,0	0,410	0,146	625	48	100	51	43	NG	OK
	23	15,0	0,180	0,171	532	55	100	38	29	OK	OK
	24	15,0	0,492	0,142	745	41	96	49	41	OK	NG
	25	15,0	0,437	0,137	710	41	100	38	30	OK	OK
	26	15,0	0,368	0,142	778	45	100	48	40	NG	OK
	27	15,0	0,351	0,176	516	54	100	36	26	OK	OK
	28	15,0	0,620	0,142	810	30	65	49	41	NG	OK
	29	15,0	0,357	0,155	825	49	80	49	42	NG	OK

De la Tabla 3, en ambos ensayos Nos. A0 y B0, que eran los ejemplos de la invención, las composiciones químicas y las Fórmulas descritas anteriormente <1> a <3> fueron satisfechas, y las condiciones de fabricación del acero fueron apropiadas. Por tanto, la resistencia a la tracción fue de 750 MPa o menor, y se obtuvo una estructura de ferrita-perlita que tiene una fracción de ferrita de 40% o mayor. Además, la dureza de templado de la parte central del acero fue 45 o mayor en términos de dureza HRC, no hubo problemas en la capacidad de forjado en frío, y no se produjo el crecimiento anormal del grano incluso en un caso en el que se realizó un re-calentamiento después del forjado en frío.

Por otro lado, en los ensayos Nos. A1 a A3 y B1 a B3, la resistencia a la tracción o la fracción de ferrita no alcanzaron los objetivos de los mismos. Además, la estructura no fue una estructura ferrita-perlita, y uno cualquiera o más de entre la capacidad de forjado en frío y la aparición de crecimiento anormal del grano, no alcanzaron el objetivo de los mismos.

El ensayo N° A1 tiene las mismas composiciones químicas que el ensayo N° A0. Sin embargo, debido a que se omitió un tratamiento de homogeneización a alta temperatura antes de la laminación del producto, la fracción de ferrita es 40% o menor, la capacidad de forjado en frío es pobre, y no se suprime la aparición de crecimiento anormal del grano.

El ensayo N° A2 tiene las mismas composiciones químicas que el ensayo N° A0. Sin embargo, debido a que la temperatura del acabado de laminación fue elevada, es decir, 940°C, la resistencia a la tracción es 750 MPa o mayor, y la fracción de ferrita es 40% o menor. Como resultado, la capacidad de forjado en frío es pobre.

El ensayo N° A3 tiene las mismas composiciones químicas que el ensayo N° A0. Sin embargo, debido a que la temperatura de calentamiento de laminación del producto fue elevada, es decir, 1150°C, la resistencia a la tracción es 750 MPa o mayor, y como resultado la capacidad de forjado es pobre.

El ensayo N° B1 tiene las mismas composiciones químicas que el ensayo N° B0. Sin embargo, debido a que se omitió un tratamiento de homogeneización a alta temperatura antes de la laminación del producto, la fracción de ferrita es 40% o menor, y como resultado la capacidad de forjado en frío es pobre. Además, no se suprime la aparición de un crecimiento anormal del grano.

El ensayo N° B2 tiene las mismas composiciones que el ensayo N° B0. Sin embargo, debido a que la temperatura de acabado de laminación es elevada, es decir, 920°C, la resistencia a la tracción es 750 MPa o mayor, y la fracción de ferrita es 40% o menor. Por tanto, la capacidad de forjado en frío es pobre.

El ensayo N° B3 tiene las mismas composiciones químicas que el Ensayo N° B0. Sin embargo, debido a que la temperatura de calentamiento de laminación del producto fue elevada, es decir, 1150°C, la resistencia a la tracción es 750 MPa o mayor, y la fracción de ferrita es 40% o menor. Como resultado, la capacidad de forjado en frío es pobre.

De la Tabla 4, en todas las barras de acero laminadas o materiales de alambre laminados de los ensayos Nos. 1 a 16, que eran los ejemplos de la invención, las composiciones químicas y las Fórmulas descritas anteriormente <1> a <3> fueron satisfechas, y las condiciones de fabricación del acero fueron apropiadas. Por tanto, la resistencia a la tracción fue 750 MPa o menor, y la estructura fue una estructura ferrita-perlita con una fracción de ferrita de 40% o mayor. Además, la dureza de templado de la parte central del acero fue 45 o mayor en términos de dureza HRC, la dureza de revenido fue 34 o mayor en términos de HRC, y no hubo ningún problema en la capacidad de forjado en frío. Además, no se produjo crecimiento anormal del grano mediante templado y calentamiento después del forjado en frío.

Por otro lado, en las barras de acero laminadas o materiales de alambre laminados de los ensayos Nos. 17 a 29, debido a que una cualquiera de las composiciones químicas, o los valores de Y1 y Y2 que se muestran en las Fórmulas <1> y <2> descritas anteriormente no satisficieron las regulaciones de la presente invención, uno cualquiera o más de entre la dureza de templado de la parte central del acero, la capacidad de forjado en frío, y la aparición del crecimiento anormal del grano no alcanzaron los objetivos de los mismos.

En los ensayos Nos. 17 y 18, las composiciones químicas satisfacen los intervalos específicos de la presente invención, pero el valor de Y1 es Y2 o menor. Por consiguiente, la dureza de templado de la parte central del acero es menor que 45 en términos de HRC, y la templabilidad no es suficiente. Como resultado, la dureza de revenido es menor que 34 en términos de HRC.

En el ensayo N° 19, debido a que el contenido en C es inferior que el intervalo específico de la presente invención, la dureza de templado de la parte central del acero es menor que 45 en términos de HRC, y la dureza de templado no es suficiente. Como resultado, la dureza de revenido es menor que 34 en términos de HRC.

En el ensayo N° 20, el contenido en C es más elevado que el intervalo específico de la presente invención, la resistencia a la tracción es 750 MPa o mayor, y la fracción de ferrita es 40% o menor. Por consiguiente, la capacidad de forjado en frío es pobre.

En el ensayo N° 21, el contenido en Mn es más elevado que el intervalo específico de la presente invención, y se reduce la temperatura de inicio de la transformación de ferrita. Por consiguiente, la fracción de ferrita es 40% o menor, y la capacidad de forjado en frío es pobre.

5 En el ensayo N° 22, la resistencia a la tracción es 750 MPa o menor, y la fracción de ferrita es 40% o menor. Sin embargo, el contenido en S es más elevado que el intervalo específico de la presente invención, y por tanto MnS es grueso, y la capacidad de forjado en frío es pobre.

En el ensayo N° 23, el contenido en Cr es menor que el intervalo específico de la presente invención, la dureza de templado de la parte central del acero es menor que 45 en términos de HRC, y la templabilidad no es suficiente.

10 En el ensayo N° 24, Nb no está contenido. Por consiguiente, no se suprime la aparición del crecimiento anormal del grano.

En el ensayo N° 25, el contenido en Ti es inferior que el intervalo específico de la presente invención, la dureza de templado de la parte central del acero es menor que 45 en términos de HRC, y la templabilidad no es suficiente. Como resultado, la dureza de revenido es menor que 34 en términos de HRC. Se cree que esto es porque B reacciona con N y precipita como BN.

15 En el ensayo N° 26, el contenido en Ti es más elevado que el intervalo específico de la presente invención, la resistencia a la tracción es 750 MPa o mayor, y la capacidad de forjado en frío es pobre.

En el ensayo N° 27, el contenido en B es inferior que el intervalo específico de la presente invención, la dureza de templado de la parte central del acero es menor que 45 en términos de HRC, y la templabilidad no es suficiente. Como resultado, la dureza de revenido es menor que 34 en términos de HRC.

20 En el ensayo N° 28, el contenido en Cr es más elevado que el intervalo específico de la presente invención, y se genera bainita. Por consiguiente, la resistencia a la tracción es 750 MPa o mayor, la fracción de ferrita es menor que 40%, y la capacidad de forjado en frío es pobre.

25 En el ensayo N° 29, el contenido en V es más elevado que el intervalo específico de la presente invención. Debido a que V precipita como un carbonitruro o carburo fino, la fracción de ferrita es 40% o mayor. Sin embargo, la resistencia a la tracción es 750 MPa o mayor, y la capacidad de forjado en frío es pobre.

#### **Aplicabilidad Industrial**

30 Utilizando una barra y alambrón 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 excelente templabilidad, en el que se suprime un crecimiento de grano anormal de los granos, en el que se puede realizar el conformado por forjado en frío incluso en un caso en el que se omite un tratamiento de recocido de globalización o se reduce el tiempo del tratamiento de recocido de globalización.

#### **Breve descripción de los símbolos de referencia**

B: Línea límite

**REIVINDICACIONES**

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

- C: 0,24% a 0,36%;
  - 5 Si: menos de 0,40%;
  - Mn: 0,20% a 0,45%;
  - S: menos de 0,020%;
  - P: menos de 0,020%;
  - Cr: 0,70% a 1,45%;
  - 10 Al: 0,005% a 0,060%;
  - Ti: mds de 0,010% a 0,050%;
  - Nb: 0,003% a 0,050%;
  - B: 0,0003% a 0,0040%;
  - N: 0,0020% a 0,0080%;
  - 15 Cu: 0% a 0,50%;
  - Ni: 0% a 0,30%;
  - Mo: 0% a 0,050%;
  - V: 0% a 0,050%;
  - Zr: 0% a 0,050%;
  - 20 Ca: 0% a 0,0050%; y
  - Mg: 0% a 0,0050%
- siendo el resto Fe e impurezas,

en donde Y1 y Y2 representados por las siguientes Frcmulas <1> y <2>, satisfacen una relacin representada por la siguiente Frcmula <3>,

- 25 una resistencia a la traccin es 750 MPa o menor,
- una estructura interna que es la estructura de una parte, que excluye una parte de capa de superficie que se extiende hasta 100 μm desde la superficie, es una estructura de ferrita-perlita,
- la estructura de ferrita-perlita significa una estructura en la que un total de la fraccin del rea de la ferrita y la fraccin del rea de la perlita es 95% o mayor, y
- 30 una fraccin de ferrita es 40% o mayor en la estructura interna,

$$Y1 = [Mn] \times [Cr] \qquad \text{Frcmula <1>},$$

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

$$Y1 > Y2 \qquad \text{Frcmula <3>},$$

- 35 donde [C], [Mn], y [Cr] en las frmulas representan cantidades respectivas de elementos en % en masa y D representa un diámetro de la barra de acero laminado o alambrcn laminado en la unidad de mm.

2. La barra de acero laminado o alambrcn laminado para un componente forjado en fro segun la reivindicacin 1, en donde la composicin qumica contiene, en % en masa, uno o ms seleccionado del grupo que consiste en

- Cu: 0,03% a 0,50%,
- Ni: 0,01% a 0,30%,

## ES 2 737 895 T3

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

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

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

5 Zr: 0,003% a 0,050%,

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

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

FIG. 1

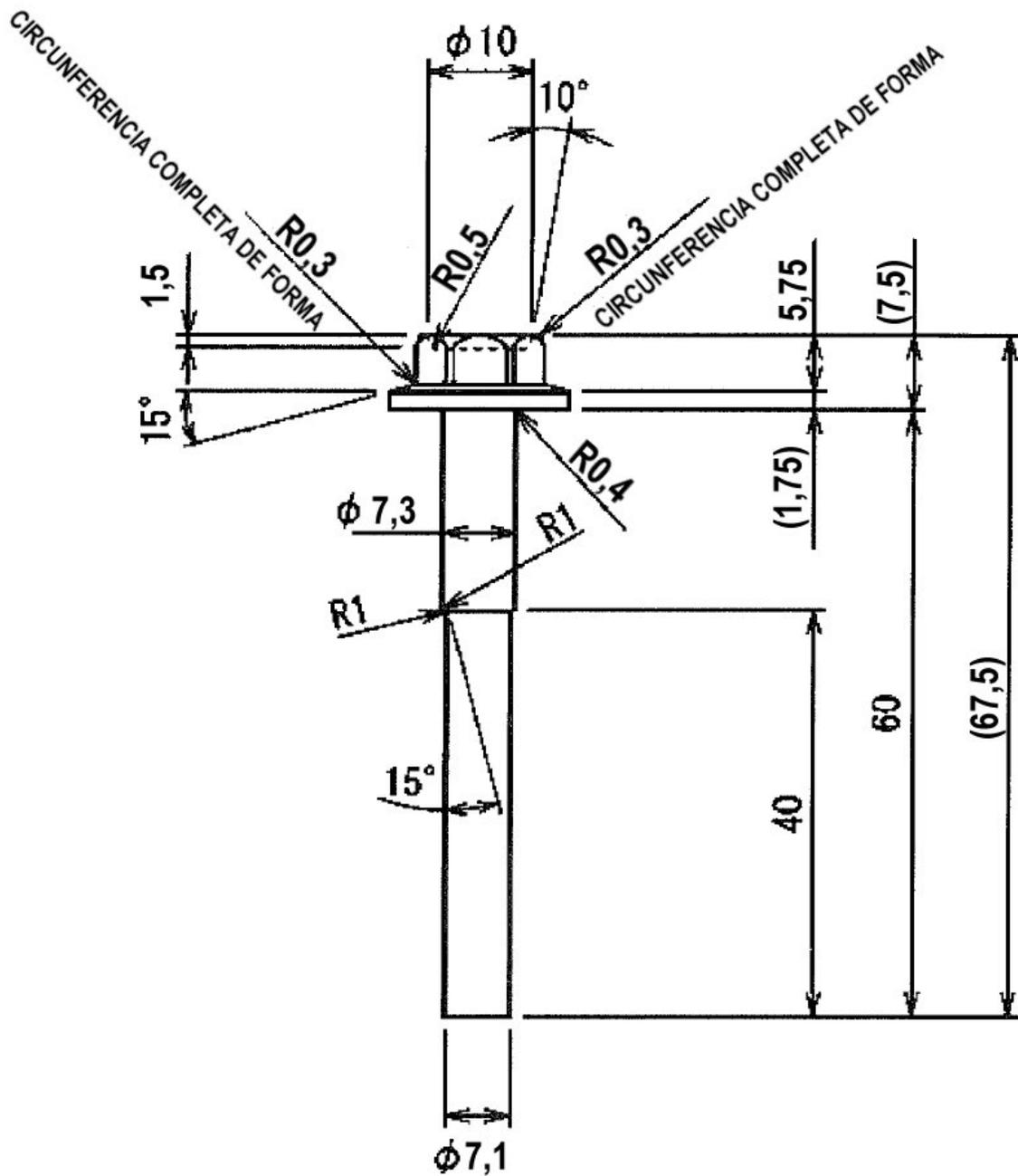


FIG. 2

