

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 572 528**

51 Int. Cl.:

<b>C22C 37/00</b>	(2006.01)
<b>C22C 37/06</b>	(2006.01)
<b>C22C 37/10</b>	(2006.01)
<b>B21B 27/00</b>	(2006.01)
<b>B21B 27/03</b>	(2006.01)
<b>B32B 15/01</b>	(2006.01)
<b>C21D 9/38</b>	(2006.01)
<b>B22D 13/02</b>	(2006.01)
<b>C21D 1/25</b>	(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **15.10.2012 E 12842076 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **11.05.2016 EP 2770073**

54 Título: **Material de capa de superficie de rodillo para laminación en caliente con resistencia a la fatiga excelente producido mediante colada centrífuga, y rodillo de material compuesto para laminación en caliente producido a través de colada centrífuga**

30 Prioridad:

**19.10.2011 JP 2011229398**  
**20.02.2012 JP 2012033506**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**01.06.2016**

73 Titular/es:

**JFE STEEL CORPORATION (100.0%)**  
**2-3, Uchisaiwaicho 2-chome Chiyoda-ku**  
**Tokyo 100-0011, JP**

72 Inventor/es:

**ICHINO, KENJI;**  
**MOCHIDA, TETSUO y**  
**SHIBATA, HIROMITSU**

74 Agente/Representante:

**MILTENYI, Peter**

**ES 2 572 528 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

Material de capa de superficie de rodillo para laminación en caliente con resistencia a la fatiga excelente producido mediante colada centrífuga, y rodillo de material compuesto para laminación en caliente producido a través de colada centrífuga

5 **Campo técnico**

La presente invención se refiere a un rodillo de laminador en caliente, y particularmente a un rodillo de colada centrífuga adecuado para un laminador de acabado en caliente para láminas de acero.

**Técnica anterior**

10 En los últimos años, ha avanzado significativamente la técnica para laminar en caliente láminas de acero. Con este avance, el entorno de uso de los rodillos de laminador en caliente se ha vuelto más riguroso. En particular, recientemente ha aumentado la producción de láminas de acero con una gran carga de laminación en caliente, tales como productos con paredes finas y láminas de acero de alta resistencia mecánica. Por tanto, se ha demandado fuertemente la mejora en las características de los rodillos de laminador en caliente usados, en particular, la mejora en la resistencia al desgaste. Para satisfacer la demanda para mejorar la resistencia al desgaste, se han desarrollado y usado ampliamente rodillos de acero de alta velocidad cuya resistencia al desgaste se ha mejorado considerablemente formando una capa de superficie que tiene una composición similar a la del acero para herramientas de alta velocidad y dispersando una gran cantidad de carburo duro.

20 Un material de capa de superficie de rodillo de acero de alta velocidad de este tipo se describe, por ejemplo, en los documentos de patente 1 y 2. El material de capa de superficie de rodillo descrito en el documento de patente 1 contiene, en una base en % en masa, C: del 1,5% al 3,5%, Si: el 1,5% o menos, Mn: el 1,2% o menos, Ni: el 5,5% o menos, Cr: del 5,5% al 12,0%, Mo: del 2,0% al 8,0%, V: del 3,0% al 10,0% y Nb: del 0,5% al 7,0%, y Nb y V se contienen de manera que el contenido en Nb, V y C satisface una relación particular y la razón de Nb y V está dentro de un intervalo particular. Por tanto, aunque se emplee colada centrífuga, se suprime la segregación en el material de capa de superficie. Esto proporciona resistencia al desgaste y resistencia al agrietamiento excelentes a un material de capa de superficie de rodillo para un laminador.

30 El material de capa de superficie de rodillo descrito en el documento de patente 2 contiene, en una base en % en masa, C: del 1,5% al 3,5%, Si: el 1,5% o menos, Mn: el 1,2% o menos, Cr: del 5,5% al 12,0%, Mo: del 2,0% al 8,0%, V: del 3,0% al 10,0% y Nb: del 0,5% al 7,0%, y Nb y V se contienen de manera que el contenido en Nb, V y C satisface una relación particular y la razón de Nb y V está dentro de un intervalo particular. Por tanto, aunque se emplee colada centrífuga, se suprime la segregación en el material de capa de superficie de rodillo. Esto mejora la resistencia al desgaste y la resistencia al agrietamiento, lo que contribuye significativamente a una mejora en la productividad en la laminación en caliente.

35 En el documento de patente 3 se describe un material de capa de superficie de rodillo que incluye una capa de superficie de rodillo con resistencia a la fatiga excelente. El material de capa de superficie de rodillo descrito en el documento de patente 3 contiene, en una base en % en masa, C: del 2,2% al 2,6%, Si: del 0,2% al 0,7%, Mn: del 0,2% al 0,7%, Cr: del 5,0% al 8,0%, Mo: del 4,4% al 6,0%, V: del 5,3% al 7,0% y Nb: del 0,6% al 1,3%, y el contenido en Mo, V, C, y Nb se ajusta de manera que  $Mo + V + C - 0,24 V - 0,13 Nb$  están cada uno dentro de un intervalo particular. Esto puede mejorar considerablemente la resistencia a la fatiga y suprimir el daño a la superficie de rodillo. Por tanto, puede prolongarse la vida útil de un rodillo y puede mejorarse considerablemente la calidad de superficie de los productos laminados.

45 El documento de patente 4 da a conocer un material de capa exterior de un rodillo de laminación en caliente obtenido mediante colada centrífuga que tiene una composición que comprende el 2,2-2,6% de C, el 0,2-0,7% de Si, el 0,2-0,7% de Mn, el 5,0-8,0% de Cr, el 4,4-6,0% de Mo, el 5,3-7,0% de V, el 0,6-1,3% de Nb con  $10,0 < Mo+V \leq 12,5$  y  $0,6 \leq C-0,24V-0,13Nb \leq 1,3$  (en el que Mo, V, C y Nb representan el contenido (% en masa) de los elementos respectivos), además el 0,1-4% de Co y el resto Fe con impurezas inevitables. El rodillo de material compuesto se prepara integrando un material de árbol con el material de capa exterior mediante soldadura. El rodillo de material compuesto así preparado mediante colada centrífuga es excelente en la resistencia al desgaste, también es excelente en la resistencia a la fatiga de la capa de superficie, y es adecuado para un rodillo en una fase posterior de laminación de acabado en caliente.

## 50 Lista de referencias

## Bibliografía de patentes

PTL 1: Publicación de solicitud de patente no examinada japonesa n.º 04-365836

PTL 2: Publicación de solicitud de patente no examinada japonesa n.º 05-1350

PTL 3: Publicación de solicitud de patente no examinada japonesa n.º 2009-221573

## Sumario de la Invención

PTL 4: Publicación de solicitud de patente no examinada japonesa n.º 2010-275595

### Problema técnico

5 Sin embargo, se ha requerido una pared más fina, una resistencia mecánica superior y una calidad superior para láminas de acero laminadas en caliente recientes (productos laminados), lo que aumenta considerablemente la carga de laminación en caliente. Las condiciones de laminación en caliente tales como un aumento en la cantidad de laminación continua con la mejora en la productividad se han vuelto más rigurosas y el entorno de uso de los rodillos de laminador en caliente se ha vuelto cada vez más riguroso.

10 Cuando se lamina en caliente una losa que va a laminarse, la tensión de fricción ejercida en la dirección de laminación del rodillo y la tensión de movimiento de laminación ejercida en el sentido del eje de rodillo actúan repetidamente sobre la superficie del rodillo de trabajo de laminador en caliente. Además, la tensión de movimiento de laminación repetido desde un rodillo de apoyo actúa sobre la superficie del rodillo de trabajo de laminador en caliente. Como resultado del entorno de uso riguroso de los rodillos descrito anteriormente, aunque se usen los materiales de capa de superficie de rodillo descritos en los documentos de patente 1 y 2, la capa de superficie de rodillo de trabajo llega a fatigarse debido a tales cargas repetidas producidas por calor y tensión. Esto plantea un problema significativo de daño por fatiga tal como deterioro de la superficie de una superficie de laminación de rodillo, grietas por fatiga o desconchado de superficie.

Aunque se use el material de capa de superficie de rodillo descrito en el documento de patente 3, en ocasiones se produce desconchado de superficie, grietas por fatiga y similares.

20 Un objeto de la presente invención es proporcionar un material de capa de superficie de rodillo obtenido mediante colada centrífuga para un laminador en caliente y un rodillo de colada centrífuga para un laminador en caliente que resuelvan ventajosamente los problemas de la técnica relacionada, que puedan suprimir el daño por fatiga tal como el desconchado o las grietas por fatiga y que tengan resistencia a la fatiga excelente.

### Solución al problema

25 Para lograr el objeto anterior, los inventores de la presente invención han realizado estudios concienzudos sobre diversos factores que afectan a la generación del desconchado de superficie y las grietas por fatiga de un rodillo de colada centrífuga. Como resultado, se ha encontrado que el desconchado y las grietas por fatiga de una capa de superficie de rodillo se producen por la superposición de un aumento en la fatiga de laminación en caliente y una carga repetida de tensión de apoyo excesiva (tensión de compresión) desde un rodillo de soporte, que resulta del entorno de uso riguroso de un rodillo. Obsérvese que la fatiga por laminación en caliente se produce por la transferencia de calor repetida desde una losa que va a laminarse y el agua de enfriamiento a una superficie de rodillo de trabajo. Con el fin de impedir el desconchado y las grietas por fatiga de una capa de superficie de rodillo, resulta eficaz mejorar la resistencia a la fatiga por laminación en caliente de un material de capa de superficie de rodillo y aumentar la resistencia mecánica de prueba del 0,2% a la compresión.

35 Los inventores han realizado estudios sobre diversos factores que afectan a la resistencia a la fatiga por laminación en caliente de un material de capa de superficie de rodillo y la resistencia mecánica de prueba del 0,2% a la compresión. Como resultado, se ha encontrado recientemente que la resistencia a la fatiga por laminación en caliente se mejora considerablemente y que la resistencia mecánica de prueba del 0,2% a la compresión también se aumenta ajustando el contenido en Mo y V en intervalos particulares, ajustando la cantidad de un carburo en un intervalo particular, y añadiendo cantidades traza de Al y/o REM.

45 En primer lugar se describirán los resultados experimentales que constituyen la base de la presente invención. Se fundió un metal fundido que tiene una composición que contiene, en una base en % en masa, C: del 2,1% al 3,1%, Si: del 0,3% al 0,7%, Mn: del 0,3% al 1,0%, Nb: del 0,7% a 1,4% y Co: del 0% al 3,1%, que contiene además Cr en un intervalo del 4,8% al 9,8%, Mo en un intervalo del 3,8% al 6,9% y V en un intervalo del 4,9% al 7,3%, y que contiene además del 0% al 0,018% de Al y del 0% al 0,023% de REM siendo el resto Fe e impurezas imprevistas en un horno de alta frecuencia, y se coló un elemento de rodillo con forma de anillo (diámetro exterior: 250 mmφ y grosor de pared: 55 mm) que corresponde al material de capa de superficie de rodillo mediante un método de colada centrífuga. La temperatura de colada fue de 1380°C a 1450°C y la fuerza centrífuga, expresada como múltiplos de gravedad, fue de 176 G. Tras la colada, se realizaron un tratamiento de templado y un tratamiento de revenido para ajustar que la dureza sea de 78 a 86 HS. El tratamiento de templado fue un tratamiento en el que la temperatura se aumentó hasta una temperatura de calentamiento de 1050°C y se realizó un enfriamiento por aire o enfriamiento en horno. El tratamiento de revenido fue un tratamiento en el que la temperatura se aumentó hasta una temperatura de revenido de 540°C a 560°C.

55 Se sometió un elemento (elemento de rodillo con forma de anillo) que corresponde a un material de capa de superficie de rodillo de acero de alta velocidad obtenido mediante colada centrífuga y usado para un laminador de acabado en caliente (2,1% en masa de C-0,4% en masa de Si-0,4% en masa de Mn-6,3 % en masa de Cr-4,2% en masa de Mo-5,1% en masa de V-0,1% en masa de Nb-siendo el resto Fe e impurezas imprevistas) a colada

centrífuga y un tratamiento térmico de la misma manera. Se trató el elemento de rodillo con forma de anillo obtenido como un elemento de referencia (ejemplo convencional).

5 Se tomó una probeta de ensayo de fatiga (diámetro exterior: 60 mm $\phi$ , grosor de pared: 10 mm) del elemento de rodillo con forma de anillo obtenido, y se realizó un ensayo de fatiga por laminación en caliente. En la probeta de ensayo de fatiga, se formó una entalladura (profundidad t: 1,2 mm, longitud L en dirección circunferencial: 0,8 mm) mostrada en la figura 2 en dos posiciones (posiciones separadas 180° entre sí) de una superficie periférica de la probeta mediante un método de electrodescarga (corte de hilo) que usa un hilo con 0,20 mm $\phi$ . Se biselaron los bordes de una superficie de laminación de la probeta de ensayo de fatiga (1,2 C).

10 Tal como se muestra en la figura 1, el ensayo de fatiga por laminación en caliente se realizó mediante un método de deslizamiento/laminación de dos discos que usa una probeta de ensayo y una probeta de contraposición. Se hizo rotar la probeta de ensayo (probeta de ensayo de fatiga) que incluye las entalladuras mostradas en la figura 2 a 700 rpm mientras se enfriaba con agua. Se llevó una probeta de contraposición (material: S45C, diámetro exterior: 190 mm $\phi$ , anchura 15 mm, biselada) calentada hasta 790°C en contacto con la probeta de ensayo en rotación mientras se aplicaba presión a una carga de 980 N y se realizó el movimiento de laminación a un factor de deslizamiento del 10%. Se realizó el movimiento de laminación hasta que se rompieron las dos entalladuras formadas en la probeta de ensayo de fatiga. Se determinó el número de rotaciones del movimiento de laminación hasta que se rompió cada entalladura y se definió el promedio de los números de rotaciones del movimiento de laminación como el número de rotaciones del movimiento de laminación que conduce a rotura.

20 Se supuso que el número de rotaciones del movimiento de laminación que conduce a rotura en el ejemplo convencional era de 1,0 (referencia), y se calculó la razón del número de rotaciones del movimiento de laminación que conduce a rotura de cada elemento de rodillo con forma de anillo con respecto a la referencia, es decir, (el número de rotaciones del movimiento de laminación que conduce a rotura de un elemento de rodillo con forma de anillo)/(el número de rotaciones del movimiento de laminación en el ejemplo convencional). Cuando la razón fue de más de 1,5, se evaluó que el elemento de rodillo con forma de anillo tenía resistencia a la fatiga excelente. Tal como se describe en la publicación de solicitud de patente no examinada japonesa n.º 2010-101752 de los inventores de la presente invención, la formación y el crecimiento del deterioro de superficie y las grietas por fatiga producidas en un rodillo de laminador en caliente pueden reproducirse realizando el ensayo de fatiga por laminación en caliente. Además, la resistencia a la fatiga de un rodillo de laminador en caliente puede evaluarse fácilmente y los inventores han confirmado que, un material de capa de superficie de rodillo que tiene un gran número de rotaciones del movimiento de laminación que conduce a rotura en este ensayo de fatiga por laminación en caliente es un material de capa de superficie de rodillo que tiene resistencia a la fatiga excelente.

35 La figura 3 muestra los resultados obtenidos en lo que se refiere a la relación entre la razón del número de rotaciones del movimiento de laminación que conduce a rotura y la cantidad de (Mo + 1,7V) (% en masa). La figura 3 muestra el caso en que el material de capa de superficie de rodillo contiene, en una base en % en masa, C: del 2,1% al 3,1%, Si: del 0,3% al 0,7%, Mn: del 0,3% al 1,0%, Nb: del 0,7% a 1,4% y Co: del 0% al 3,1%, contiene además Cr en un intervalo del 4,8% al 9,8%, Mo en un intervalo del 3,8% al 6,9% y V en un intervalo del 4,9% al 7,3% y contiene Al y/o REM y el caso en que el material de capa de superficie de rodillo contiene, en una base en % en masa, C: del 2,1% al 3,1%, Si: del 0,3% al 0,7%, Mn: del 0,3% al 1,0%, Nb: del 0,7% a 1,4% y Co: del 0% al 3,1%, contiene además Cr en un intervalo del 4,8% al 9,8%, Mo en un intervalo del 3,8% al 6,9% y V en un intervalo del 4,9% al 7,3%, y no contiene Al o REM. La figura 3 también muestra el caso en que el material de capa de superficie de rodillo no contiene Co de manera separada. Tal como queda claro a partir de la figura 3, cuando (Mo + 1,7V) está en el intervalo de 14,0 a 17,0 y se contiene Al y/o REM (●), la razón del número de rotaciones del movimiento de laminación que conduce a rotura es de 1,5 o más, que es superior que la razón del número de rotaciones del movimiento de laminación que conduce a rotura en el ejemplo convencional ( $\Delta$ ), y por tanto la resistencia a la fatiga por laminación en caliente se mejora considerablemente. Por otra parte, cuando (Mo + 1,7V) está en el intervalo de 14,0 a 17,0 pero no se contiene Al o REM (x), no se observa un aumento significativo en la razón del número de rotaciones del movimiento de laminación que conduce a rotura.

La presente invención se ha completado basándose en los hallazgos anteriores con estudios adicionales. Es decir, la esencia de la presente invención es la siguiente.

50 (1) Un material de capa de superficie de rodillo producido mediante colada centrífuga para un laminador en caliente tiene resistencia a la fatiga excelente y una resistencia mecánica de prueba del 0,2% a la compresión de 2000 MPa o más y se usa para un rodillo de colada centrífuga para un laminador en caliente, teniendo el rodillo de material compuesto una dureza de 79 a 88 Hs, teniendo el material de capa de superficie de rodillo una composición que consiste, en una base en % en masa, de C: del 2,3% al 2,9%, Si: del 0,2% al 0,8%, Mn: del 0,2% al 1,0%, Cr: del 5,0% al 7,5%, Mo: del 4,4% al 6,5%, V: del 5,3% al 7,0%, Nb: del 0,6% al 1,5% y Co: del 0,1% a 4,0% que satisface la fórmula (1) a continuación,

$$14,0 \leq (Mo + 1,7V) \leq 17,0 \dots (1)$$

(donde Mo representa el contenido (% en masa) de Mo y V representa el contenido (% en masa) de V); y que incluye además Al: del 0,001% al 0,03% y/o REM: del 0,001% al 0,03%, siendo el resto Fe e impurezas imprevistas,

incluyendo P: el 0,05% o menos, S: el 0,05% o menos y N: el 0,06% o menos, y en el que la fracción de área de carburos en el material de capa de superficie de rodillo está en el intervalo del 13% al 20%;

5 (2) Un rodillo de colada centrífuga para un rodillo de material compuesto de laminador en caliente que tiene una dureza de 79 a 88 HS e incluye una capa de superficie y una capa interna soldada de manera solidaria a la capa de superficie, teniendo la capa de superficie resistencia a la fatiga excelente y una resistencia mecánica de prueba del 0,2% a la compresión de 2000 MPa o más, teniendo la capa de superficie una composición que consiste en, en una base en % en masa, C: del 2,3% al 2,9%, Si: del 0,2% al 0,8%, Mn: del 0,2% al 1,0%, Cr: del 5,0% al 7,5%, Mo: del 4,4% al 6,5%, V: del 5,3% al 7,0%, Nb: del 0,6% al 1,5% y Co: del 0,1% a 4,0% que satisface la fórmula (1) a continuación,

$$10 \quad 14,0 \leq (\text{Mo} + 1,7\text{V}) \leq 17,0 \dots (1)$$

(donde Mo representa un contenido (% en masa) de Mo y V representa un contenido (% en masa) de V); y que incluye además Al: del 0,001% al 0,03% y/o REM: del 0,001% al 0,03%, siendo el resto Fe e impurezas imprevistas, incluyendo P: el 0,05% o menos, S: el 0,05% o menos y N: el 0,06% o menos, y en el que la fracción de área de carburos en la capa de superficie está en el intervalo del 13% al 20%;

### 15 **Efectos ventajosos de la invención**

Según la presente invención, puede proporcionarse un material de capa de superficie de rodillo que tiene tanto alta resistencia mecánica de prueba del 0,2% a la compresión como resistencia a la fatiga por laminación en caliente excelente y puede producirse fácilmente un rodillo de colada centrífuga de alto rendimiento para un laminador en caliente con resistencia a la fatiga mejorada considerablemente a bajo coste, lo que logra ventajas industriales significativas. En el rodillo de colada centrífuga para un laminador en caliente según la presente invención, se mejora considerablemente la resistencia a la fatiga y puede suprimirse considerablemente el daño a una superficie de rodillo tal como desgaste, deterioración de superficie, desconchado de superficie o grietas por fatiga incluso en un entorno riguroso de laminación en caliente en el que se aplica una alta carga de laminación. Según la presente invención, pueden lograrse conjuntamente una mejora significativa en la calidad de superficie de láminas de acero laminadas en caliente, una mejora en la productividad de láminas de acero laminadas en caliente y una mejora en la duración de los rodillos.

#### **Breve descripción de los dibujos**

[Figura 1] La figura 1 es una vista explicativa que muestra esquemáticamente una estructura de un aparato de ensayo usado en un ensayo de fatiga por laminación en caliente.

30 [Figura 2] La figura 2 es una vista explicativa que muestra esquemáticamente la forma y el tamaño de una entalladura formada en la superficie periférica de una probeta de ensayo para un ensayo de fatiga por laminación en caliente (probeta de ensayo de fatiga) usada en los ejemplos.

35 [Figura 3] La figura 3 es un gráfico que muestra la influencia de REM y/o Al sobre la relación entre la razón del número de rotaciones del movimiento de laminación que conduce a rotura y la cantidad (Mo + 1,7V) en el ensayo de fatiga por laminación en caliente.

#### **Descripción de las realizaciones**

Se obtiene un material de capa de superficie de rodillo de la presente invención mediante colada centrífuga y puede usarse directamente para rodillos en anillo y rodillos con manguito. El material de capa de superficie de rodillo se aplica como un material de capa de superficie de rodillo de material compuesto de laminador en caliente adecuado para laminación de acabado en caliente. El rodillo de material compuesto de laminador en caliente de la presente invención incluye una capa de superficie obtenida mediante colada centrífuga y una capa interna que está soldada de manera solidaria a la capa de superficie. Una capa intermedia puede estar dispuesta entre la capa de superficie y la capa interna. En otras palabras, el rodillo de material compuesto de laminador en caliente puede incluir, en lugar de la capa interna soldada de manera solidaria a la capa de superficie, una capa intermedia soldada de manera solidaria a la capa de superficie y una capa interna soldada de manera solidaria a la capa intermedia. La capa interna se obtiene preferiblemente mediante un método de colada estática. En la presente invención, las composiciones de la capa interna y la capa intermedia no están limitadas particularmente, pero la capa interna está compuesta preferiblemente por hierro colado grafitico esférico y la capa intermedia está compuesta por un material con alto contenido en carbono que contiene C: del 1,5 al 3% en masa.

50 Se describirán los motivos para limitar la composición del material de capa de superficie de rodillo (capa de superficie). A continuación en el presente documento, el % en masa se expresa simplemente como % a menos que se especifique otra cosa.

C: del 2,3% al 2,9%

El C se disuelve en una matriz y por tanto aumenta la dureza de la matriz y también se une a un elemento de

- formación de carburo y por tanto forma un carburo duro, mejorando así la resistencia al desgaste del material de capa de superficie de rodillo. La cantidad de carburo eutéctico varía dependiendo del contenido en C. El carburo eutéctico afecta a las características de laminación. Por tanto, con un contenido en C de menos del 2,3%, una cantidad insuficientemente pequeña del carburo eutéctico aumenta la fuerza de fricción durante el laminado y hace que el laminado sea inestable, y también se disminuye la resistencia mecánica de prueba del 0,2% a la compresión del material de capa de superficie de rodillo. Por otra parte, con un contenido en C que supera el 2,9%, la cantidad del carburo eutéctico aumenta excesivamente, el elemento de capa de superficie de rodillo se vuelve duro y quebradizo, se facilitan la formación y el crecimiento de grietas por fatiga y se degrada la resistencia a la fatiga. Por consiguiente, el contenido en C se limita al intervalo del 2,3% al 2,9%.
- 5
- 10 Si: del 0,2% al 0,8%
- El Si es un elemento que sirve como agente de desoxidación y que mejora la capacidad de colada del metal fundido. Para lograr tales efectos es necesario que se contenga el 0,2% o más de Si. Por otra parte, con un contenido de Si que supera el 0,8%, los efectos se saturan y no se esperan los efectos correspondientes al contenido, lo que resulta desventajoso económicamente. Por consiguiente, el contenido en Si se limita a del 0,2% al 0,8%.
- 15 Mn: del 0,2% al 1,0%
- El Mn es un elemento que fija el S en forma de MnS, haciéndose así que el S sea inocuo y que se disuelva parcialmente en una matriz, mejorando de ese modo la capacidad de dureza. Para lograr tales efectos, es necesario que se contenga el 0,2% o más de Mn. Con un contenido en Mn que supera el 1,0%, los efectos se saturan y no se esperan los efectos correspondientes al contenido, y además el material puede volverse quebradizo. Por consiguiente, el contenido en Mn se limita a del 0,2% al 1,0%.
- 20 Cr: del 5,0% al 7,5%
- El Cr es un elemento que se une a C y forma principalmente un carburo eutéctico, mejorando así la resistencia al desgaste y esto disminuye la fuerza de fricción con una lámina de acero durante el laminado y por tanto reduce el daño a una superficie de rodillo, estabilizando así la laminación. Para lograr tales efectos, es necesario que se contenga 5,0% o más de Cr. Con un contenido en Cr que supera el 7,5%, la cantidad de carburo eutéctico duro y quebradizo aumenta excesivamente, lo que degrada la resistencia a la fatiga. Por consiguiente, el contenido en Cr se limita al intervalo del 5,0% al 7,5%.
- 25 Mo: del 4,4% al 6,5%
- El Mo es un elemento que se une a C y forma un carburo duro, mejorando así la resistencia al desgaste. El Mo es también un elemento que se disuelve en carburo MC duro en el que V y Nb se unen a C, reforzando así el carburo y que también se disuelve en un carburo eutéctico, aumentando así la resistencia a la fractura de los carburos. A través de tales acciones, el Mo mejora la resistencia al desgaste y la resistencia a la fatiga del elemento de capa de superficie de rodillo. Para lograr tales efectos, es necesario que se contenga el 4,4% o más de Mo. Con un contenido en Mo que supera el 6,5%, se forma un carburo duro y quebradizo compuesto principalmente por Mo. Esto degrada la resistencia a la fatiga por laminación en caliente, lo que degrada la resistencia a la fatiga. Por consiguiente, el contenido en Mo se limita al intervalo del 4,4% al 6,5%.
- 30
- 35 V: del 5,3% al 7,0%
- El V es un elemento importante en la presente invención porque el V confiere tanto la resistencia al desgaste como la resistencia a la fatiga requeridas por un rodillo. El V forma un carburo extremadamente duro (carburo MC) y por tanto mejora la resistencia al desgaste y también divide y dispersa/cristaliza eficazmente un carburo eutéctico. El V es también un elemento que mejora la resistencia a la fatiga por laminación en caliente, mejorando así considerablemente la resistencia a la fatiga del material de capa de superficie de rodillo. Tales efectos se logran significativamente con un contenido en V del 5,3% o más. Sin embargo, con un contenido en V que supera el 7,0%, se forma un carburo MC grueso y se facilita la segregación por colada centrífuga del carburo MC, lo que desestabiliza diversas características de un rodillo laminador. Por consiguiente, el contenido en V se limita al intervalo del 5,3% al 7,0%.
- 40
- 45 Nb: del 0,6% al 1,5%
- El Nb se disuelve en un carburo MC y refuerza el carburo MC y por tanto aumenta la resistencia a la fractura del carburo MC, mejorando además así la resistencia al desgaste, en particular, la resistencia a la fatiga. Cuando se disuelven tanto Nb como Mo en un carburo, se mejoran considerablemente la resistencia al desgaste y la resistencia a la fatiga. El Nb es también un elemento que facilita la división de un carburo eutéctico y suprime la fractura del carburo eutéctico, mejorando así la resistencia a la fatiga del material de capa de superficie de rodillo. El Nb también suprime la segregación del carburo MC durante la colada centrífuga. Tales efectos se logran significativamente con un contenido en Nb del 0,6% o más. Sin embargo, con un contenido de Nb que supera el 1,5%, se facilita el crecimiento del carburo MC en un metal fundido y se promueve la segregación de carburo durante la colada centrífuga. Por consiguiente, el contenido en Nb se limita al intervalo del 0,6% al 1,5%.
- 50
- 55

Co: del 0,1% al 4,0%

5 El Co es un elemento que se disuelve en una matriz y refuerza la matriz, en particular, a alta temperatura, mejorando así la resistencia a la fatiga. Para lograr tales efectos, es necesario que se contenga el 0,1% o más de Co. Por otra parte, con un contenido en Co que supera el 4,0%, los efectos se saturan y no se esperan los efectos correspondientes al contenido, lo que resulta desventajoso económicamente. Por consiguiente, el contenido en Co se limita al intervalo del 0,1% al 4,0%. El contenido en Co es preferiblemente del 0,2% al 3,0%.

En la presente invención, el Mo y el V se contienen en los intervalos descritos anteriormente y además se contienen para satisfacer la fórmula (1) a continuación.

$$14,0 \leq (\text{Mo} + 1,7\text{V}) \leq 17,0 \dots (1)$$

10 (donde Mo representa un contenido (% en masa) de Mo y V representa un contenido (% en masa) de V).

15 Tal como se muestra en la figura 3, cuando se contienen Al y/o REM, al añadir Mo y V de modo que  $(\text{Mo} + 1,7\text{V})$  satisface la fórmula (1) anterior, el número de rotaciones del movimiento de laminación que conduce a rotura se aumenta considerablemente en comparación con la referencia (ejemplo convencional) y por tanto, la resistencia a la fatiga por laminación en caliente se mejora considerablemente.  $(\text{Mo} + 1,7\text{V})$  es un factor importante para mejorar la resistencia a la fatiga por laminación en caliente. Sólo cuando se ajusta  $(\text{Mo} + 1,7\text{V})$  para que esté en el intervalo de 14,0 a 17,0, puede mantenerse una resistencia excelente a la fatiga por laminación en caliente. En el caso en que  $(\text{Mo} + 1,7\text{V})$  esté fuera del intervalo de 14,0 a 17,0, aunque se contenga Al y/o REM, se degrada la resistencia a la fatiga por laminación en caliente. Por consiguiente, en la presente invención, el contenido en Mo y V se ajusta para satisfacer la fórmula (1).

20 En la presente invención, el contenido en Mo y V se ajusta para satisfacer la fórmula (1) y se contienen Al y/o REM esencialmente.

Al: del 0,001% al 0,03% y/o REM: del 0,001% al 0,03%

25 Sólo cuando se contienen Mo y V para satisfacer la fórmula (1), Al y/o REM mejoran considerablemente la resistencia a la fatiga por laminación en caliente tal como se muestra en la figura 3. Para lograr tales efectos, es necesario que se contenga el 0,001% o más de cada uno de Al y REM. Por otra parte, aunque se contenga más del 0,03% de cada uno de Al y REM, los efectos se saturan y la capacidad de colada se degrada, por ejemplo, mediante la formación de burbujas y una disminución en la fluidez del acero fundido. Por consiguiente, el contenido en Al y/o REM se limita al intervalo de Al: del 0,001% al 0,03% y/o REM: del 0,001% al 0,03%.

30 El resto aparte de los componentes anteriores es Fe e impurezas imprevistas. Los ejemplos de las impurezas imprevistas incluyen P: el 0,05% o menos, S: el 0,05% o menos y N: el 0,06% o menos. El P se segrega en un límite de grano y degrada la calidad de un material. Por tanto, en la presente invención, el contenido en P de manera deseable es lo más bajo posible, pero es permisible un contenido en P del 0,05% o menos. El S está presente en forma de una inclusión de sulfuro y degrada la calidad de un material. Por tanto, el contenido en S es preferiblemente lo más bajo posible, pero es permisible un contenido en S del 0,05% o menos. El N se mezcla a una concentración de aproximadamente el 0,06% o menos a través de disolución ordinaria, pero una concentración de este tipo no afecta a los efectos ventajosos de la presente invención. El contenido en N es preferiblemente de menos del 0,05% porque N puede formar defectos en el límite entre la capa de superficie y la capa intermedia o entre la capa de superficie y la capa interna de un rodillo de material compuesto.

40 En el material de capa de superficie de rodillo de la presente invención, se contienen grandes cantidades de Cr, V, Mo, y similares y se dispersan un carburo extremadamente duro (carburo MC) y un carburo eutéctico, mediante lo cual se logran la dureza deseada, la resistencia al desgaste deseada, y similares. Si los carburos tienen una fracción de área de menos del 13%, tal dureza, resistencia al desgaste deseada, y similares, no se logran fácilmente. Por otra parte, si los carburos tienen una fracción de área de más del 20%, el material de rodillo puede volverse quebradizo. Por consiguiente, la fracción de área de los carburos se limita al intervalo del 13% al 20%.

45 Ahora se describirá un método preferido para producir un rodillo de material compuesto de laminador en caliente de la presente invención.

En la presente invención, el método para producir un elemento de capa de superficie de rodillo es un método de colada centrífuga, que se realiza con un coste de energía bajo.

50 Se vierte un metal fundido que tiene la composición de material de capa de superficie de rodillo anterior en un molde rotatorio cuya superficie interna está recubierta con un material refractario compuesto principalmente por circón de modo que se logra un grosor de pared predeterminado. Entonces se somete el metal fundido a colada centrífuga. En el caso en que se forma una capa intermedia, la capa intermedia se forma preferiblemente mediante el siguiente método. Durante la solidificación del elemento de capa de superficie de rodillo o tras la solidificación completa del elemento de capa de superficie de rodillo, se vierte un metal fundido que tiene una composición de capa intermedia  
55 en el molde mientras se hace rotar el molde y luego se cuela mediante colada centrífuga. Una vez que la capa de

superficie o la capa intermedia se ha solidificado completamente, de manera preferible se detiene la rotación del molde y se coloca el molde en posición vertical, y luego se cuela un material de capa interna mediante colada estática para obtener un rodillo de material compuesto. Por tanto, la superficie interior del elemento de capa de superficie de rodillo vuelve a fundirse para formar un rodillo de material compuesto en el que la capa de superficie y la capa interna se sueldan de manera solidaria o un rodillo de material compuesto en el que la capa de superficie y la capa intermedia se sueldan de manera solidaria y la capa intermedia y la capa interna se sueldan de manera solidaria.

La capa interna sometida a colada estática está compuesta preferiblemente por, por ejemplo, hierro colado grafitico esférico o hierro colado grafitico vermicular compactado (hierro colado CV) que tiene capacidad de colada y propiedades mecánicas excelentes. Puesto que el rodillo de colada centrífuga incluye la capa de superficie y la capa interna soldadas de manera solidaria entre sí, aproximadamente del 1% al 8% de los componentes de la capa de superficie se mezclan en la capa interna. El Cr, el V, y similares contenidos en el elemento de capa de superficie son elementos de formación de carburo poderosos. El mezclado de estos elementos en la capa interna hace que la capa interna sea quebradiza. Por consiguiente, la proporción de los componentes de la capa de superficie mezclados en la capa interna se disminuye preferiblemente a menos del 6%.

En el caso en que se forme la capa intermedia, por ejemplo, se usa preferiblemente acero grafitico, acero con alto contenido en carbono o hierro colado hipoeutéctico para el material de la capa intermedia. La capa intermedia y la capa de superficie se sueldan de manera solidaria de manera similar, y aproximadamente el 10% o más y el 90% o menos de los componentes de la capa de superficie se mezclan en la capa intermedia. Para suprimir la cantidad de los componentes de la capa de superficie mezclados en la capa interna, es importante reducir la cantidad de los componentes de la capa de superficie mezclados en la capa intermedia lo máximo posible.

El rodillo de material compuesto de laminador en caliente de la presente invención preferiblemente se somete a tratamiento térmico tras la colada. El tratamiento térmico incluye preferiblemente realizar un procedimiento en el que el rodillo de material compuesto se calienta hasta de 950°C a 1150°C y se enfría mediante enfriamiento por aire o enfriamiento por corriente de aire y realizando, al menos una vez, un procedimiento en el que el rodillo de material compuesto se calienta y se mantiene a de 450°C a 600°C y luego se enfría.

La dureza del rodillo de material compuesto de laminador en caliente de la presente invención es de 79 a 88 HS y preferiblemente de 80 a 86 HS. Para lograr de manera estable la dureza, se recomienda ajustar el tratamiento térmico tras la colada.

### Ejemplos

Se fundió un metal fundido que tenía una composición de material de capa de superficie de rodillo mostrada en la tabla 1 en un horno de alta frecuencia y se coló en un elemento de ensayo con forma de anillo (rodillo en anillo; diámetro exterior: 250 mmφ, grosor de pared: 55 mm) mediante un método de colada centrífuga. La temperatura de colada fue de 1380°C a 1450°C y la fuerza centrífuga, expresada como múltiplos de gravedad, fue de 176 G. Tras la colada, se realizan un tratamiento de templado en el que volvió a calentarse el elemento de ensayo con forma de anillo a una temperatura de templado de 1050°C y se enfrió mediante enfriamiento por aire y un tratamiento de revenido en el que se calentó el elemento de ensayo con forma de anillo y se mantuvo a una temperatura de revenido de 450°C a 600°C y se enfrió para ajustar que la dureza sea de 78 a 84 HS.

Se coló un elemento de ensayo con forma de anillo (rodillo en anillo) que tenía una composición de un elemento de capa de superficie de rodillo de acero de alta velocidad obtenido mediante colada centrífuga y usado para un laminador de acabado en caliente (en una base en % en masa, el 2,1% de C-el 0,4% de Si-el 0,4% de Mn-el 6,3% de Cr- el 4,2% de Mo-el 5,1% de V-el 0,1% de Nb-siendo el resto Fe e impurezas imprevistas) mediante un método de colada centrífuga y se sometió a tratamiento térmico de la misma manera para obtener un elemento de referencia (ejemplo convencional).

Se tomaron una probeta de ensayo de dureza, una probeta de ensayo de compresión, una probeta de ensayo de fatiga por laminación en caliente y una probeta de ensayo para observación de la microestructura del elemento de ensayo con forma de anillo obtenido para realizar un ensayo de dureza, un ensayo de compresión, un ensayo de fatiga por laminación en caliente y un ensayo de observación de la microestructura. Los métodos de ensayo son los siguientes.

#### (1) Ensayo de dureza

Se midió la dureza Vickers HV 50 de la probeta de ensayo de dureza preparada con un aparato de ensayo de dureza Vickers (fuerza de ensayo: 50 kgf (490 kN)) de conformidad con la norma JIS Z 2244, y se convirtió la dureza Vickers HV 50 en la dureza Shore HS usando una tabla de conversión JIS. Se midió la dureza Vickers HV 50 en 10 posiciones para cada probeta. Se desecharon el valor máximo y el valor mínimo y se calculó la media aritmética. La media aritmética se definió como la dureza del elemento de ensayo.

#### (2) Ensayo de compresión



Se realizó un ensayo de compresión en la probeta de ensayo de compresión preparada (diámetro 10 mm $\phi$  x longitud 20 mm) a temperatura ambiente. Se estableció que el número de repeticiones fuera de dos. En el ensayo de compresión, se unió una galga extensiométrica a la parte central porción de la probeta de ensayo de compresión y se obtuvo una curva de tensión-deformación. Se leyó la resistencia mecánica de prueba del 0,2% a partir de la curva de tensión-deformación obtenida. El promedio de las resistencias de prueba del 0,2% de dos probetas de ensayo se definió como la resistencia mecánica de prueba del 0,2% de cada elemento de ensayo.

### (3) Ensayo de fatiga por laminación en caliente

Se tomó una probeta de ensayo de fatiga por laminación en caliente (diámetro exterior: 60 mm $\phi$ , grosor de pared: 10 mm, biselada) que tenía la forma mostrada en la figura 2 del elemento de ensayo con forma de anillo obtenido. En la probeta de ensayo de fatiga por laminación en caliente, se formó una entalladura (profundidad t: 1,2 mm, longitud L en dirección circunferencial: 0,8 mm) mostrada en la figura 2 en dos posiciones (posiciones separadas 180° entre sí) de una superficie periférica de la probeta mediante un método de electrodescarga (corte de hilo) que usa un hilo con 0,20 mm $\phi$ . Tal como se muestra en la figura 1, el ensayo de fatiga por laminación en caliente se realizó mediante un método de deslizamiento/laminación de dos discos que usa una probeta de ensayo y una probeta de contraposición. Se hizo rotar probeta de ensayo a 700 rpm mientras se enfriaba con agua. Se llevó una probeta de contraposición (material: S45C, diámetro exterior: 190 mm $\phi$ , anchura 15 mm, biselada) calentada hasta 790°C en contacto con la probeta de ensayo en rotación mientras se aplicaba presión a una carga de 980 N y se realizó el movimiento de laminación a un factor de deslizamiento del 10%. Se realizó el movimiento de laminación hasta que se rompieron las dos entalladuras formadas en la probeta de ensayo de fatiga por laminación en caliente. Se determinó el número de rotaciones del movimiento de laminación hasta que se rompió cada entalladura, y se definió el promedio de los números de rotaciones del movimiento de laminación como el número de rotaciones del movimiento de laminación que conduce a rotura. Se supuso que el número de rotaciones del movimiento de laminación que conduce a rotura en el ejemplo convencional era la referencia (1,0), y se calculó la razón del número de rotaciones del movimiento de laminación que conduce a rotura de cada elemento de ensayo con forma de anillo con respecto al número de rotaciones del movimiento de laminación que conduce a rotura en el ejemplo convencional, es decir, (el número de rotaciones del movimiento de laminación que conduce a rotura de cada elemento de ensayo con forma de anillo)/(el número de rotaciones del movimiento de laminación en el ejemplo convencional) y se usó como índice de resistencia a la fatiga. Cuando la razón de los números de rotaciones del movimiento de laminación que conduce a rotura fue de más de 1,5, se evaluó que el elemento de ensayo con forma de anillo tenía resistencia a la fatiga excelente.

### (4) Ensayo de observación de la microestructura

Se pulió la probeta de ensayo preparada para la observación de la microestructura y se sometió a corrosión con Nital. Se observó la microestructura usando un analizador de imágenes con un microscopio óptico a una ampliación de 50 veces. Se sometió la imagen obtenida a conversión binaria para medir la fracción de área de un carburo. Se trató la fracción de área como la cantidad de un carburo de cada elemento de ensayo. La tabla 2 muestra los resultados.

[Tabla 1]

Tabla 1

Elemento de ensayo n.º	Composición química (% en masa)													Satisfacción de la fórmula (1)*	Observaciones
	C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo	V	Nb	Co	REM	AI	Mo + 1,7V		
A	2,5	0,5	0,4	0,02	0,008	6,2	5,3	6	0,9	2,1	0,023	0,015	15,5	Sí	Ejemplo de la invención
B	2,6	0,3	0,5	0,025	0,009	6,3	6,3	5,7	1,1	0,3	-	0,012	16	Sí	Ejemplo de la invención
C	2,5	0,4	0,4	0,028	0,01	7,5	5,1	5,5	1,3	3,1	0,01	-	14,5	Sí	Ejemplo de la invención
D	2,7	0,4	0,3	0,015	0,008	7,1	4,6	6,4	1	0,9	-	0,013	15,5	Sí	Ejemplo de la invención
E	2,7	0,6	0,5	0,022	0,007	7	5,4	6	1,2	1,3	0,007	0,006	15,6	Sí	Ejemplo de la invención
F	2,4	0,7	1	0,03	0,01	6,7	4,5	5,7	1,4	2	0,006	0,015	14,2	Sí	Ejemplo de la invención
G	2,8	0,4	0,8	0,019	0,009	5,1	5,6	6,5	0,8	0,4	0,004	0,018	16,7	Sí	Ejemplo de la invención
H	2,3	0,4	0,5	0,018	0,01	7,2	4,8	4,9	1,2	-	-	0,005	13,1	No	Ejemplo comparativo
I	2,1	0,3	0,4	0,019	0,008	6	6,1	6,9	1,2	-	0,021	-	17,9	No	Ejemplo comparativo
J	2,6	0,4	0,4	0,019	0,009	7,9	4,1	5,6	1,1	-	-	0,01	13,6	No	Ejemplo comparativo
K	3,1	0,4	0,4	0,024	0,009	7,3	5,6	7,3	1,1	-	0,004	0,006	18	No	Ejemplo comparativo
L	2,9	0,5	0,9	0,022	0,008	7,4	5,6	5,4	0,7	-	-	0,0004	14,8	Sí	Ejemplo comparativo
M	2,8	0,4	0,4	0,017	0,008	6,8	5,5	6,1	1	-	-	-	15,9	Sí	Ejemplo comparativo
N	2,6	0,6	0,6	0,021	0,009	6,5	4,8	5,6	1,1	-	-	-	14,3	Sí	Ejemplo comparativo
O	2,7	0,4	0,5	0,023	0,008	6,9	5,5	5,8	1,1	-	-	-	15,3	Sí	Ejemplo comparativo
P	2,1	0,4	0,4	0,026	0,011	6,3	4,2	5,1	0,1	-	-	-	12,9	No	Ejemplo convencional
Q	2,7	0,3	0,3	0,021	0,009	9,8	6	5	1,3	-	-	-	14,5	Sí	Ejemplo comparativo
R	2,6	0,4	0,3	0,019	0,01	4,8	3,8	5,1	1	-	-	0,011	12,5	No	Ejemplo comparativo
S	2,7	0,3	0,3	0,018	0,008	7	6,9	6,2	1	-	-	-	17,5	No	Ejemplo comparativo
T	2,5	0,5	0,6	0,018	0,008	7,1	6	5,4	1	1,5	-	-	15,2	Sí	Ejemplo comparativo
U	2,7	0,4	0,5	0,025	0,01	7,3	5,7	6,4	1,1	2	-	-	16,6	Sí	Ejemplo comparativo
V	2,6	0,6	0,4	0,028	0,008	7	4	5,5	1,2	1	0,007	0,015	13,4	No	Ejemplo comparativo
W	2,5	0,5	0,5	0,018	0,006	6,9	6,9	6,2	0,9	1,5	0,009	0,018	17,4	No	Ejemplo comparativo

Satisfacción de la fórmula (1)\*  $14,0 \leq (\text{Mo} + 1,7\text{V}) \leq 17,0$

Los elementos subrayados están fuera del alcance de la presente invención.

[Tabla 2]

Tabla 2

Elemento de ensayo n.º	Cantidad de carburo	Dureza	Resistencia mecánica	Resistencia a la fatiga	Observaciones
	Fración de área (%)	HS	Resistencia mecánica de prueba del 0,2% (MPa)	Razón del número de rotaciones del movimiento de laminación que conduce a rotura	
A	17,6	82	2215	2,6	Ejemplo de la invención
B	15,8	85	2263	1,7	Ejemplo de la invención
C	19	83	2145	2,2	Ejemplo de la invención
D	18,3	81	2140	1,9	Ejemplo de la invención
E	16,5	84	2190	2,5	Ejemplo de la invención
F	14,9	80	2110	2,1	Ejemplo de la invención
G	17	83	2142	2	Ejemplo de la invención
H	18,3	83	1916	1,2	Ejemplo comparativo
I	11,2	82	1713	1,1	Ejemplo comparativo
J	17,5	84	1983	1,2	Ejemplo comparativo
K	22,7	84	1867	1,1	Ejemplo comparativo
L	24,2	82	1867	1	Ejemplo comparativo
M	16,7	83	1923	1,3	Ejemplo comparativo
N	15,9	84	1996	1,2	Ejemplo comparativo
O	16,9	84	1196	1	Ejemplo comparativo
P	8,2	81	1823	1,0 (referencia)	Ejemplo convencional
Q	23,5	82	1910	1,2	Ejemplo comparativo
R	13,6	82	1891	0,8	Ejemplo comparativo
S	18,7	84	1872	1	Ejemplo comparativo
T	16,8	81	1885	1,2	Ejemplo comparativo
U	17,1	80	1925	1,3	Ejemplo comparativo
V	18	83	1954	1,1	Ejemplo comparativo
W	16,4	82	1863	1,2	Ejemplo comparativo

Los elementos subrayados están fuera del alcance de la presente invención.

- 5 En los ejemplos de la invención, se aumentó el número de rotaciones del movimiento de laminación que conduce a rotura hasta más de 1,5 veces el número de rotaciones del movimiento de laminación que conduce a rotura en el ejemplo convencional (referencia) y se mejoró considerablemente la resistencia a la fatiga por laminación en caliente. Además, la resistencia mecánica de prueba del 0,2% a la compresión fue de hasta 2000 MPa o más. Por tanto, en los ejemplos de la invención, se proporcionaron materiales de capa de superficie de rodillo que tenían resistencia a la fatiga excelente y que tenían tanto alta resistencia mecánica de prueba del 0,2% a la compresión como resistencia a la fatiga por laminación en caliente excelente. En los ejemplos comparativos que están fuera del alcance de la presente invención, se degradó la resistencia mecánica de prueba del 0,2% a la compresión, se degradó la resistencia a la fatiga por laminación en caliente, o se degradaron ambas.
- 10

## REIVINDICACIONES

1. Material de capa de superficie de rodillo producido mediante colada centrífuga para un laminador en caliente, teniendo el material de capa de superficie de rodillo resistencia a la fatiga excelente y una resistencia mecánica de prueba del 0,2% a la compresión de 2000 MPa o más, y usándose para un rodillo de colada centrífuga para un rodillo de material compuesto de laminador en caliente que tiene una dureza de 79 a 88 HS, en el que el material de capa de superficie de rodillo comprende una composición que consiste, en una base en % en masa, de:
- 5 C: del 2,3% al 2,9%;
- Si: del 0,2% al 0,8%;
- 10 Mn: del 0,2% al 1,0%;
- Cr: del 5,0% al 7,5%;
- Mo: del 4,4% al 6,5%;
- V: del 5,3% al 7,0%;
- Nb: del 0,6% al 1,5%; y
- 15 Co: del 0,1% a 4,0%,
- que satisface la fórmula (1) a continuación y que incluye además Al: del 0,001% al 0,03% y/o REM: del 0,001% al 0,03%, siendo el resto Fe e impurezas imprevistas, incluyendo P: el 0,05% o menos, S: el 0,05% o menos y N: el 0,06% o menos, y en el que la fracción de área de carburos en el material de capa de superficie de rodillo está en el intervalo del 13% al 20%;
- 20  $14,0 \leq (Mo + 1,7V) \leq 17,0 \dots (1)$
- donde Mo representa un contenido (% en masa) de Mo y V representa un contenido (% en masa) de V.
2. Rodillo de colada centrífuga para un rodillo de material compuesto de laminador en caliente que tiene una dureza de 79 a 88 HS y que incluye una capa de superficie y una capa interna soldada de manera solidaria a la capa de superficie, teniendo la capa de superficie de rodillo de colada centrífuga resistencia a la fatiga excelente y una resistencia mecánica de prueba del 0,2% a la compresión de 2000 MPa o más, en el que la capa de superficie comprende una composición que consiste, en una base en % en masa, de:
- 25 C: del 2,3% al 2,9%;
- Si: del 0,2% al 0,8%;
- Mn: del 0,2% al 1,0%;
- 30 Cr: del 5,0% al 7,5%;
- Mo: del 4,4% al 6,5%;
- V: del 5,3% al 7,0%;
- Nb: del 0,6% al 1,5%; y
- Co: del 0,1% a 4,0%,
- 35 que satisface la fórmula (1) a continuación y que incluye además Al: del 0,001% al 0,03% y/o REM: del 0,001% al 0,03%, siendo el resto Fe e impurezas imprevistas, incluyendo P: el 0,05% o menos, S: el 0,05% o menos y N: el 0,06% o menos, y en el que la fracción de área de carburos en la capa de superficie está en el intervalo del 13% al 20%;
- $14,0 \leq (Mo + 1,7V) \leq 17,0 \dots (1)$
- 40 donde Mo representa un contenido (% en masa) de Mo y V representa un contenido (% en masa) de V.

FIG. 1

SERPENTÍN DE CALENTAMIENTO DE ALTA FRECUENCIA

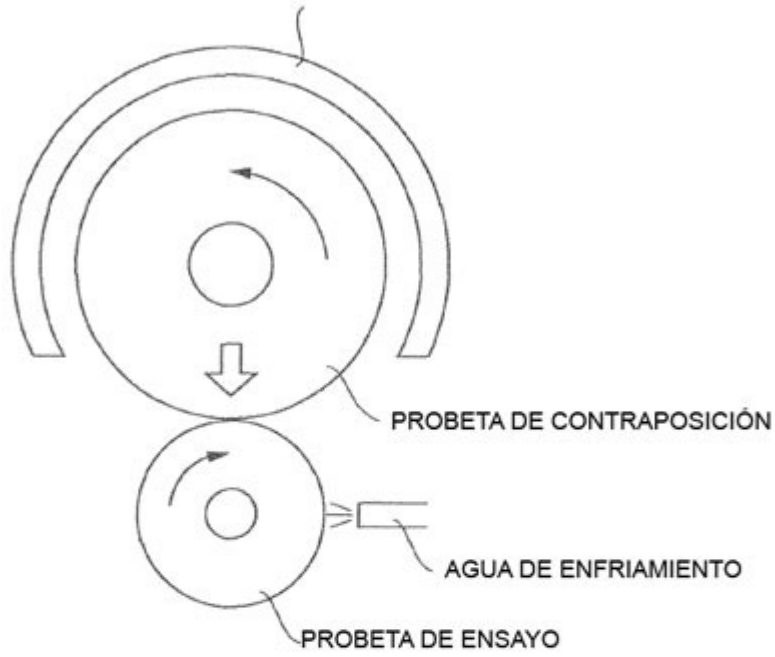


FIG. 2

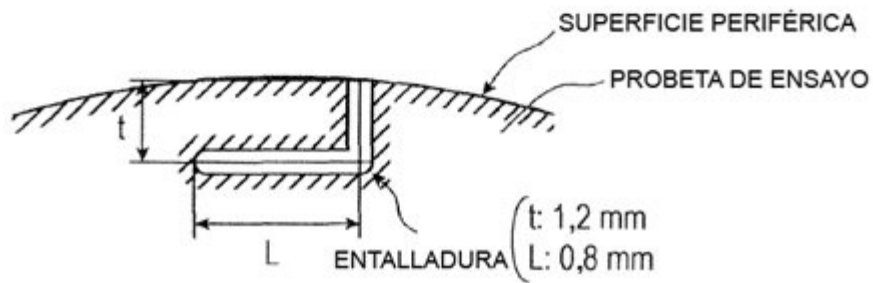


FIG. 3

