

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 629 413**

51 Int. Cl.:

B21B 27/00 (2006.01)

C22C 37/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **25.02.2014 PCT/JP2014/000985**

87 Fecha y número de publicación internacional: **04.09.2014 WO14132628**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **25.02.2014 E 14756297 (9)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **19.04.2017 EP 2962776**

54 Título: **Material de capa exterior de rodillo y rodillo de material compuesto para laminación en caliente**

30 Prioridad:

01.03.2013 JP 2013040298

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

09.08.2017

73 Titular/es:

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

72 Inventor/es:

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

74 Agente/Representante:

FÚSTER OLAGUIBEL, Gustavo Nicolás

ES 2 629 413 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 exterior de rodillo y rodillo de material compuesto para laminación en caliente

5 Campo técnico

La presente invención se refiere a un material de capa exterior de rodillo para formar una capa exterior de un rodillo de material compuesto para laminación en caliente en un laminador de acabado en caliente para láminas de acero y a un rodillo de material compuesto para laminación en caliente que tiene una capa exterior compuesta por el material de capa exterior de rodillo.

Técnica anterior

Recientemente, el entorno de uso de un rodillo está volviéndose mucho más adverso a medida que avanzan las técnicas de laminación en caliente para fabricar láminas de acero. Además, recientemente, está aumentando la cantidad de producción de láminas de acero tales como láminas de acero de alta resistencia mecánica y láminas de acero finas que requieren una alta carga de laminación. Por tanto, hay una tendencia creciente a que se produzca deterioro de la superficie y marcas de desconchado debido a la fatiga de una superficie de laminación de un rodillo para laminación en caliente. En el presente documento, "rodillo para laminación en caliente" se refiere a un rodillo de trabajo que va a usarse para laminación de acabado.

Actualmente, en la laminación en caliente se usa a menudo un rodillo de acero de alta velocidad cuya resistencia a la abrasión se aumenta añadiendo V al acero en una cantidad de varios puntos porcentuales con el fin de formar carburos duros en gran cantidad.

Por ejemplo, el documento de patente 1 y el documento de patente 2 proponen materiales de capa exterior de rodillo de acero de alta velocidad para laminación en caliente. El material de capa exterior de rodillo para laminación en caliente descrito en el documento de patente 1 contiene C: del 1,5 % al 3,5 %, 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 %. Además, el material de capa exterior de rodillo para laminación en caliente descrito en el documento de patente 1 contiene Nb y V de modo que el contenido en Nb, V y C satisface una relación especificada y de modo que la proporción entre el contenido en Nb y V está dentro de un intervalo especificado. Se dice que, mediante el uso de este material, puesto que se inhibe la segregación de carburos duros en el material de capa exterior aunque se use un método de colada centrífuga, es posible obtener un material de capa exterior de rodillo para laminación en caliente excelente en lo que se refiere a la resistencia a la abrasión y la resistencia al agrietamiento.

El material de capa exterior de rodillo para laminación en caliente descrito en el documento de patente 2 contiene C: del 1,5 % al 3,5 %, 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 %. Además, el material de capa exterior de rodillo para laminación en caliente descrito en el documento de patente 2 contiene C, Nb y V de modo que el contenido en Nb, V y C satisface una relación especificada y de modo que la proporción entre el contenido en Nb y V está dentro de un intervalo especificado. Mediante el uso de este material, puesto que se suprime la segregación de carburos duros en el material de capa exterior aunque se use un método de colada centrífuga, hay un aumento en la resistencia a la abrasión y la resistencia al agrietamiento del rodillo para laminación en caliente. Por tanto, se dice que la técnica descrita en el documento de patente 2 contribuye a un aumento en la eficacia de la laminación en caliente.

Sin embargo, el entorno de uso de un rodillo para laminación en caliente está volviéndose mucho más adverso con la calidad mejorada y la productividad aumentada de los productos que se fabrican realizando laminación en caliente. Además, puesto que los requisitos para la calidad de superficie de los productos que se fabrican realizando laminación en caliente están volviéndose más rigurosos, y puesto que el número de láminas de acero que se fabrican usando procedimientos de laminación continua está aumentando, la inhibición de los daños por fatiga de una superficie de rodillo tal como el deterioro de la superficie es un problema a resolver mayor que la supresión de la abrasión de un rodillo.

Con el fin de resolver un problema de este tipo, el documento de patente 3 propone un rodillo de material compuesto producido a través del método de colada centrífuga, que contiene C: del 2,2 % al 2,6 %, 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 en el que se controla el contenido en C, Mo, V y Nb de modo que el contenido en Mo+V y C-0,24V-0,13Nb están dentro de intervalos especificados. Se dice que este rodillo de material compuesto producido a través del método de colada centrífuga tiene una capa de superficie de rodillo excelente en lo que se refiere a la resistencia a la fatiga en un entorno de laminación en caliente.

Lista de referencias

Bibliografía de patentes

[PTL 1] Publicación de solicitud de patente no examinada japonesa n.º 4-365836

[PTL 2] Publicación de solicitud de patente no examinada japonesa n.º 5-1350

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

El documento JP 03000404 que se considera técnica anterior más próxima muestra un material de capa exterior de rodillo, que es un material de capa exterior de rodillo de hierro colado que va a usarse para la capa exterior de un rodillo de material compuesto para laminación en caliente, conteniendo el material carburos de pequeño tamaño que tienen un diámetro equivalente circular de 3 a 30 μm .

Sumario de la invención

Problema técnico

Sin embargo, recientemente, la tecnología de laminación ha estado progresando a una velocidad excepcional con el fin de fabricar láminas de acero laminadas de calidad superior y grado superior. Además, se requiere encarecidamente ahorrar coste de laminación. Tal como se describió anteriormente, el entorno de uso de un rodillo para laminación en caliente está volviéndose más adverso. En particular, se considera un problema la aparición de daños por fatiga sobre la superficie de un rodillo para laminación en caliente tal como el desconchado y deterioro de la superficie que se producen principalmente por la fractura de un carburo de gran tamaño sobre la superficie de un rodillo para laminación en caliente. Se confirma que los daños por fatiga descritos anteriormente todavía se producen aunque se use la técnica descrita en el documento de patente 3.

Un objeto de la presente invención es, al resolver los problemas mostrados en la tecnología de la técnica relacionada descrita anteriormente, proporcionar un material de capa exterior de rodillo para laminación en caliente que tiene una capa de superficie excelente en lo que se refiere a la resistencia a la fatiga (en el presente documento, "resistencia a la fatiga" se refiere a la cualidad de inhibir daños por fatiga tales como el desconchado y deterioro de la superficie que se producen sobre la capa de superficie de un rodillo cuando se realiza laminación en caliente), y proporcionar un rodillo de material compuesto para laminación en caliente producido a través de colada centrífuga (a continuación en el presente documento, en la presente memoria descriptiva, también denominado rodillo de material compuesto para laminación en caliente) que tiene una capa exterior compuesta por el material de capa exterior de rodillo.

Solución al problema

Los presentes inventores, con el fin de lograr el objeto descrito anteriormente, realizaron observaciones e investigaciones minuciosas sobre superficies de rodillo sobre las que desconchado o deterioro de la superficie debido a laminación en caliente (laminación a alta temperatura), y obtuvieron el importante conocimiento de que la capa de superficie de un rodillo se fractura debido a una grieta cuyo inicio y propagación se producen en un carburo de gran tamaño que tiene un diámetro equivalente circular de más de 50 μm , lo que da como resultado el desconchado o deterioro de la superficie. Por tanto, los presentes inventores realizaron investigaciones diligentemente sobre cómo controlar la morfología de los carburos con el fin de aumentar la resistencia a la fatiga a través de, por ejemplo, investigaciones minuciosas sobre la morfología del daño inducido por carburos sobre la superficie de la capa exterior de un rodillo de material compuesto para laminación en caliente, y como resultado, encontraron un nuevo fenómeno en el que, en el caso en que haya una disminución en el número de carburos de gran tamaño que tienen un diámetro equivalente circular de 50 μm o más y en el caso en que haya un aumento en el número de carburos de pequeño tamaño (que tienen diversos tamaños de 3 a 30 μm en lo que se refiere al diámetro equivalente circular), se suprime significativamente la aparición de daños sobre la superficie de la capa exterior de un rodillo de material compuesto para laminación en caliente.

Los presentes inventores, con el fin de conseguir tecnológicamente un aumento significativo en la resistencia a la fatiga, realizaron diligentemente investigaciones adicionales y aclararon los intervalos óptimos cuantitativos para carburos de gran tamaño y carburos de pequeño tamaño.

Además, al realizar investigaciones sobre la composición química, los presentes inventores encontraron intervalos preferibles para el contenido en los elementos químicos constituyentes y obtuvieron el conocimiento no convencional de que, controlando el contenido en los elementos químicos constituyentes de modo que el contenido en V (y el contenido en Cr + el contenido en Mo) satisfaga una relación especificada, hay un aumento significativo en la resistencia a la fatiga de un rodillo cuando se realiza laminación en caliente.

En primer lugar, se describirán los resultados experimentales basándose en los cuales se ha completado la presente invención.

Con el fin de preparar materiales de partida para laminación en caliente, se produjeron muestras de ensayo de fatiga por contacto que tenían diversos números de carburos de gran tamaño que tenían un diámetro equivalente circular

de 50 μm o más y diversos números de carburos de pequeño tamaño que tenían un diámetro equivalente circular de 3 a 30 μm , aceros fundidos que tenían composiciones químicas que contenían, en % en masa, C: del 1,9 % al 2,9 %, Si: del 0,3 % al 0,9 %, Mn: del 0,4 % al 1,0 %, y siendo el resto Fe e impurezas inevitables, y que contenían además Cr, Mo, V, Nb, Al y REM en diversas cantidades dentro de los intervalos de Cr: del 3,7 % al 13,6 %, Mo: del 4,1 % al 7,0 %, V: del 4,5 % al 8,1 %, Nb: del 0 % al 3,6 %, Al: del 0 % al 0,046 % y REM: del 0 % al 0,027 %, usando un horno de alta frecuencia y se colaron para dar materiales de rodillo en anillo (que tenían un diámetro exterior de 250 mm ϕ , una anchura de 75 mm y un grosor de 55 mm) que corresponde a materiales de capa exterior de rodillo, usando un método de colada centrífuga. En este caso, la temperatura de colada fue de 1450 °C a 1530 °C y la fuerza centrífuga fue de 180 G en múltiplos de gravedad. Además, una vez realizada la colada, al realizar un tratamiento de templado y revenido múltiples veces con una temperatura de templado de 1050 °C y con una temperatura de revenido de 530 °C a 560 °C, se controló la dureza Shore de los materiales de rodillo en anillo descritos anteriormente para que fuera de HS80 a HS87.

Se usó una muestra de ensayo de fatiga por contacto por laminación en caliente (que tenía un diámetro exterior de 60 mm ϕ y un grosor de 10 mm) que se había tomado del material de rodillo en anillo obtenido para realizar un ensayo de fatiga por contacto por laminación en caliente (un ensayo descrito en la publicación de solicitud de patente no examinada japonesa n.º 2010-101752), mediante lo cual puede realizarse la evaluación de la resistencia a la fatiga de un rodillo de trabajo para laminación en caliente en una línea de producción práctica con alta repetibilidad. En este caso, tal como se ilustra en la figura 3, se formaron entalladuras (que tenían una profundidad t de 1,2 mm y una longitud L en la dirección circunferencial de 0,8 mm) en dos posiciones en la superficie circunferencial exterior de la muestra de ensayo de fatiga por contacto por laminación en caliente mediante el uso de un método de formación de chispa eléctrica (método de corte de hilo) con un hilo que tenía un diámetro de 0,2 mm ϕ . Además, los bordes de la superficie de contacto de laminación de la muestra de ensayo de fatiga por contacto por laminación en caliente tenían esquinas biseladas de 1,2 C.

Se realizó el ensayo de fatiga por laminación en caliente, tal como se ilustra en la figura 3, entre dos discos que eran la muestra de ensayo con entalladura (muestra de ensayo de fatiga por contacto por laminación en caliente) y un material opuesto calentado mediante el uso de un método de tipo de fatiga de deslizamiento-laminación. Es decir, tal como se ilustra en la figura 3, mientras que la muestra de ensayo (muestra de ensayo de fatiga por laminación en caliente) se enfrió con agua y se hizo rotar a una velocidad de rotación de 700 rpm, la pieza opuesta (compuesta por S45C y que tenía un diámetro exterior de 190 mm ϕ y una anchura de 15 mm) se calentó a una temperatura de 810 °C, se presionó sobre la muestra de ensayo en rotación con una carga de contacto de 980 N, y se hizo rotar con una proporción de deslizamiento del 9 %. Al hacer rotar la muestra de ensayo hasta que se rompieran las dos entalladuras formadas en la muestra de ensayo de fatiga por contacto por laminación en caliente, se contaron respectivamente los números de rotación hasta que se rompieron las entalladuras, y se definió el promedio de los dos números de rotación como la duración con fatiga por contacto por laminación en caliente. Un caso en el que la duración con fatiga por contacto por laminación en caliente fue de más de 300.000 se consideró un caso de duración con fatiga por contacto por laminación en caliente significativamente excelente. Los resultados obtenidos se ilustran en las figuras 1 y 2. La figura 1 ilustra la relación entre la duración con fatiga por contacto por laminación en caliente (puesto que la fatiga por laminación en caliente se refiere a fatiga por contacto por laminación en caliente, resistencia a la fatiga por laminación en caliente se refiere a duración con fatiga por contacto por laminación en caliente) y los números de carburos de gran tamaño y carburos de pequeño tamaño por área unitaria, y la figura 2 ilustra la relación entre la duración con fatiga por contacto por laminación en caliente y $(\text{Cr}(\%)+\text{Mo}(\%))/\text{V}(\%)$.

Tal como indica la figura 1, queda claro que la duración con fatiga por contacto por laminación en caliente aumenta significativamente con el número creciente de carburos de pequeño tamaño que tienen un diámetro equivalente circular de 3 a 30 μm . Sin embargo, en el caso en que el número de carburos de gran tamaño que tienen un diámetro equivalente circular de 50 μm o más sea de más de 20 piezas/mm², hay una disminución significativa en la duración con fatiga por contacto por laminación en caliente incluso en el caso en que el número de carburos de pequeño tamaño que tienen un diámetro equivalente circular de 3 a 30 μm sea grande. A partir de este resultado (figura 1), queda claro que es necesario controlar el número de carburos de gran tamaño que tienen un diámetro equivalente circular de más de 50 μm para que sea de 20 piezas/mm² o menos y el número de carburos de pequeño tamaño que tienen un diámetro equivalente circular de 3 a 30 μm para que sea de 500 a 2500 piezas/mm² con el fin de lograr una duración con fatiga por contacto por laminación en caliente de 300.000 o más (con el fin de aumentar significativamente la duración con fatiga por contacto por laminación en caliente).

Además, desde el punto de vista de la proporción de la composición química, tal como se ilustra en la figura 2, hay una disminución significativa en la duración con fatiga por contacto por laminación en caliente en el caso en que $(\text{Cr}(\%)+\text{Mo}(\%))/\text{V}(\%)$ sea de menos de 1,5 o de más de 2,4. En este caso, Cr y Mo son elementos químicos que tienden a formar carburos de gran tamaño, mientras que V es un elemento químico que tiende a formar carburos de pequeño tamaño y que es eficaz para dividir los carburos de gran tamaño descritos anteriormente y para disminuir el tamaño de los carburos. Por tanto, $(\text{Cr}(\%)+\text{Mo}(\%))/\text{V}(\%)$ es una expresión de limitación recién encontrada como índice para mejorar la morfología de los carburos con el fin de aumentar la duración con fatiga por contacto por laminación en caliente.

A partir de la investigación realizada por los presentes inventores, mediante el uso de este ensayo de fatiga por contacto por laminación en caliente, es posible evaluar fácilmente la duración con fatiga por contacto por laminación en caliente del material de un rodillo para laminación en caliente. Cuando el valor que indica la duración con fatiga por contacto por laminación en caliente de un material de capa exterior de rodillo sea grande, el material puede dar excelente durabilidad para la capa exterior de un rodillo de material compuesto para laminación en caliente, de modo que sea menos probable que se produzca deterioro de la superficie y el número de desconchados sea pequeño aunque el material se use en un entorno de laminado adverso.

Se determinó la cantidad de microestructura de los carburos en un rodillo usando el siguiente método. En primer lugar, se realizó pulido de espejo sobre la superficie cortada de una muestra que se cortó de una parte arbitraria colocada a de 20 a 25 mm en la dirección de profundidad desde la superficie del rodillo en la etapa temprana de uso. Posteriormente, se sometió un poco la superficie cortada pulida a ataque químico por encima usando una disolución de nital, de modo que los carburos aparecieron blancos frente a una fase de base oscura bajo un microscopio óptico. Entonces, se observó la morfología de los carburos sobre la superficie cortada usando un dispositivo de análisis de imágenes a una ampliación de 100 veces bajo el microscopio (200 veces en el monitor). Se determinó el número de carburos de gran tamaño que tenían un diámetro equivalente circular de 50 μm o más y el número de carburos de pequeño tamaño que tenían un diámetro equivalente circular de 3 a 30 μm . En este caso, el campo observado del área de visión fue de 9 mm^2 .

La presente invención se ha completado basándose en el conocimiento descrito anteriormente. Es decir, el contenido de la presente invención es tal como sigue.

[1] Un material de capa exterior de rodillo, que es un material de capa exterior de rodillo de hierro colado que va a usarse para la capa exterior de un rodillo de material compuesto para laminación en caliente, conteniendo el material carburos de pequeño tamaño que tienen un diámetro equivalente circular de 3 a 30 μm en un número de 500 a 2500 piezas/ mm^2 y carburos de gran tamaño que tienen un diámetro equivalente circular de 50 μm o más en un número de 20 piezas/ mm^2 o menos.

[2] El material de capa exterior de rodillo según el punto [1], teniendo el material una composición química que contiene, en % en masa, C: el 2,4 % o más y el 2,9 % o menos, Si: el 0,2 % o más y el 1,0 % o menos, Mn: el 0,2 % o más y el 1,0 % o menos, Cr: el 4,0 % o más y el 7,5 % o menos, Mo: el 4,0 % o más y el 6,5 % o menos, V: el 5,3 % o más y el 7,0 % o menos, Nb: el 0,5 % o más y el 3,0 % o menos, y siendo el resto Fe e impurezas inevitables, en el que el contenido en Cr, Mo y V satisface la expresión (1) a continuación:

$$1,5 \leq (\text{Cr} + \text{Mo}) / \text{V} \leq 2,4 \quad \dots \quad (1),$$

donde Cr, Mo y V representan respectivamente el contenido (% en masa) de los elementos químicos correspondientes.

[3] El material de capa exterior de rodillo según el punto [2], teniendo el material la composición química que contiene además, en % en masa, uno o más de Al: el 0,001 % o más y el 0,05 % o menos, y REM: el 0,001 % o más y el 0,03 % o menos.

[4] Un rodillo de material compuesto para laminación en caliente, que es un rodillo de material compuesto para laminación en caliente formado de una capa exterior y una capa interior que están soldadas entre sí de manera solidaria, estando formada la capa exterior del material de capa exterior de rodillo según uno cualquiera de los puntos [1] a [3].

Efectos ventajosos de la invención

Incluso en el caso en que el rodillo de material compuesto para laminación en caliente según la presente invención se use en un entorno de laminación en caliente adverso en el que se aplica alta carga de laminación o en el que se realice a menudo laminado continuo, es menos probable que se produzcan daños por fatiga por laminación en caliente (daños por fatiga debidos a laminación en caliente) de una superficie de rodillo tal como desconchado de la superficie y deterioro de la superficie. Por tanto, según la presente invención, es posible lograr un aumento significativo en la calidad de la superficie y un aumento en la duración del rodillo al mismo tiempo.

Según la presente invención, es posible producir fácilmente un rodillo de material compuesto para laminación en caliente que tiene resistencia a la fatiga significativamente aumentada. Por tanto, según la presente invención, es posible lograr un aumento en la productividad, un aumento significativo en la calidad de la superficie y un aumento en la duración del rodillo de una lámina de acero laminada en caliente.

Breve descripción de los dibujos

[Figura 1] La figura 1 es un diagrama que ilustra la relación de la duración con fatiga por contacto por laminación en

caliente en un ensayo de fatiga por contacto por laminación en caliente con la proporción de área de carburos granulares y el número de carburos de gran tamaño por área unitaria.

5 [Figura 2] La figura 2 es un diagrama que ilustra la relación entre la duración con fatiga por contacto por laminación en caliente en un ensayo de fatiga por contacto por laminación en caliente y el valor de $(Cr(\%)+Mo(\%))/V(\%)$.

10 [Figura 3] La figura 3 es un diagrama esquemático que ilustra la estructura de una máquina de ensayo usada para un ensayo de fatiga por contacto por laminación en caliente, una muestra de ensayo de fatiga por contacto por laminación en caliente (muestra de ensayo de fatiga), y la forma y el tamaño de una entalladura que se formó en la superficie circunferencial exterior de la muestra de ensayo de fatiga por contacto por laminación en caliente (muestra de ensayo de fatiga).

Descripción de las realizaciones

15 Puesto que el material de capa exterior de rodillo según la presente invención se produce a través de un método de colada centrífuga, es posible usar el material como un rodillo en anillo o un rodillo con manguito en el estado colado. Además, el material de capa exterior de rodillo según la presente invención se usa como material de capa exterior de un rodillo de material compuesto para laminación en caliente que puede usarse idealmente para laminación de acabado en caliente. Además, el rodillo de material compuesto para laminación en caliente según la presente
20 invención está compuesto por una capa exterior que se fabrica usando un método de colada centrífuga y una capa interior que está soldada de manera solidaria a la capa exterior. En este caso, puede colocarse una capa intermedia entre la capa exterior y la capa interior. Es decir, el rodillo puede estar compuesto por la capa exterior, la capa intermedia que está soldada de manera solidaria a la capa exterior y la capa interior que está soldada de manera solidaria a la capa intermedia en lugar de estar compuesto por la capa exterior y la capa interior que está soldada de
25 manera solidaria a la capa exterior. En este caso, puede decirse que la capa exterior y la capa interior están soldadas entre sí de manera solidaria con la capa intermedia que está interpuesta entre ellas. En este caso, es preferible que la capa interior se fabrique usando un método de colada estática. Aunque no hay limitación particular sobre las composiciones químicas de la capa interior y la capa intermedia en la presente invención, es preferible que la capa interior esté compuesta por hierro colado grafitico nodular y que la capa intermedia esté compuesta por
30 material de acero con alto contenido en carbono que contiene C: del 1,5 % al 3 % en masa.

Se describirán los motivos para las limitaciones en el intervalo preferible de composición química de la capa exterior del material de capa exterior de rodillo. A continuación en el presente documento, % en masa se representa
35 simplemente por %, a menos que se indique otra cosa.

C: el 2,4 % o más y el 2,9 % o menos

El C es eficaz para aumentar la dureza de la fase de base al formar una disolución sólida y para aumentar la resistencia a la abrasión del material de capa exterior de rodillo combinándose con elementos de formación de
40 carburo para formar carburos duros. El modo en que los carburos influyen en las propiedades de uso en la laminación varía según el contenido en C. En este caso, "propiedad de uso en laminación" se refiere a una propiedad requerida para un material de capa exterior de rodillo de laminación, siendo la propiedad requerida una combinación del rendimiento de lubricación y la resistencia a la fatiga de la superficie de un material de capa exterior de rodillo cuando se realiza la laminación. En el caso en que el contenido en C sea menor del 2,4 %, puesto que hay
45 una cantidad insuficiente de carburos, aumenta la fuerza de fricción sobre la superficie del material de capa exterior de rodillo cuando se realiza la laminación, lo que puede dar como resultado un estado de laminación inestable. Por otra parte, en el caso en que el contenido en C sea mayor del 2,9 %, puesto que hay un aumento excesivo en la cantidad de carburos, se forman carburos combinados de gran tamaño, lo que puede dar como resultado una
50 disminución en la resistencia a la fatiga. Por tanto, es preferible que el contenido en C esté limitado dentro del intervalo del 2,4 % o más y el 2,9 % o menos. Además, es preferible que el contenido en C esté limitado dentro del intervalo del 2,7 % o más y el 2,9 % o menos en el caso en que no se añadan Al o REM.

Si: el 0,2 % o más y el 1,0 % o menos

55 El Si es un elemento químico que funciona como agente de desoxidación y que aumenta el rendimiento de colada del acero fundido. Es preferible que el contenido en Si sea del 0,2 % o más en la presente invención. Además, en el caso en que el contenido en Si sea mayor del 1,0 %, puesto que los efectos llegan a saturarse, es imposible esperar un aumento en el efecto correspondiente a un aumento en el contenido en Si, lo que da como resultado una
60 desventaja económica debido a un aumento en el coste que resulta de un aumento en el contenido en Si. Por tanto, es preferible que el contenido en Si esté limitado dentro del intervalo del 0,2 % o más y el 1,0 % o menos.

Mn: el 0,2 % o más y el 1,0 % o menos

65 El Mn es eficaz para hacer que el S sea inocuo fijando el S en forma de MnS. Además, el Mn es un elemento químico que es eficaz para aumentar la capacidad de dureza formando una disolución sólida en la fase de base. Es preferible que el contenido en Mn sea del 0,2 % o más con el fin de obtener tales efectos. Además, en el caso en

que el contenido en Mn sea mayor del 1,0 %, puesto que los efectos llegan a saturarse, es imposible esperar un aumento en el efecto correspondiente a un aumento en el contenido en Mn, lo que da como resultado una desventaja económica debido a un aumento en el coste producido por un aumento en el contenido en Mn. Además, en el caso en que el contenido en Mn sea mayor del 1,0 %, puede haber una disminución en la tenacidad de un material de rodillo. Por tanto, es preferible que el contenido en Mn esté limitado dentro del intervalo del 0,2 % o más y el 1,0 % o menos.

Cr: el 4,0 % o más y el 7,5 % o menos

El Cr es un elemento químico que es eficaz para aumentar la resistencia a la abrasión combinándose con C para formar carburos principalmente eutécticos y que es eficaz para estabilizar la laminación reduciendo los daños de una superficie de rodillo como resultado de disminuir la fuerza de fricción entre una lámina de acero y la superficie de un material de capa exterior de rodillo cuando se realiza la laminación. Además, en la presente invención, el Cr es eficaz para aumentar la resistencia mecánica de un material de capa exterior de rodillo formando una cantidad apropiada de disolución sólida en carburos granulares y en la fase de base. Con el fin de obtener tales efectos, es preferible que el contenido en Cr sea del 4,0 % o más. Por otra parte, en el caso en que el contenido en Cr sea mayor del 7,5 %, puesto que hay un aumento excesivo en la cantidad de carburos eutécticos de gran tamaño, puede haber una disminución en la resistencia a la fatiga. Por tanto, es preferible que el contenido en Cr esté limitado dentro del intervalo del 4,0 % o más y el 7,5 % o menos.

Mo: el 4,0 % o más y el 6,5 % o menos

El Mo es un elemento químico que aumenta la resistencia a la abrasión combinándose con C para formar carburos duros. Además, el Mo aumenta la resistencia mecánica de los carburos formando una disolución sólida en carburos de tipo MC duros y también aumenta la resistencia a la fractura de carburos eutécticos formando una disolución sólida en los carburos eutécticos. A través de estos efectos, el Mo aumenta la resistencia a la fatiga de un material de capa exterior de rodillo. Con el fin de obtener tales efectos, es preferible que el contenido en Mo sea del 4,0 % o más. Además, en el caso en que el contenido en Mo sea mayor del 6,5 %, puesto que se forman carburos duros y quebradizos que contienen principalmente Mo, puede haber una disminución en la resistencia a la fatiga. Por tanto, es preferible que el contenido en Mo esté limitado dentro del intervalo del 4,0 % o más y el 6,5 % o menos.

V: el 5,3 % o más y el 7,0 % o menos

El V es un elemento químico que es importante en la presente invención para lograr resistencia a la abrasión y resistencia a la fatiga satisfactorias al mismo tiempo. El V es un elemento químico que aumenta la resistencia a la abrasión formando carburos granulares muy duros (carburos de tipo MC) y que aumenta significativamente la resistencia a la fatiga de un material de capa exterior de rodillo funcionando de manera eficaz para dividir carburos eutécticos de gran tamaño con el fin de permitir que los carburos eutécticos cristalicen de manera dispersa. Tales efectos son significativos en el caso en que el contenido en V sea del 5,3 % o más. Además, en el caso en que el contenido en V sea mayor del 7,0 %, puesto que puede haber un aumento en el diámetro de grano de los carburos de tipo MC, y puesto que puede promoverse la segregación por colada centrífuga de carburos de tipo MC, diversas propiedades de un rodillo para laminación en caliente se vuelven inestables en este caso. Por tanto, es preferible que el contenido en V esté limitado dentro del intervalo del 5,3 % o más y el 7,0 % o menos.

Nb: el 0,5 % o más y el 3,0 % o menos

El Nb aumenta la resistencia a la fatiga aumentando la resistencia mecánica de carburos de tipo MC como resultado de formar una disolución sólida en carburos de tipo MC granulares y aumentando la resistencia a la fractura como resultado de coexistir con Mo. Además, puesto que el Nb es un elemento químico que es eficaz para impedir que los carburos eutécticos se fracturen promoviendo la división de los carburos eutécticos de gran tamaño, el Nb es un elemento químico que es eficaz para aumentar la resistencia a la fatiga de un material de capa exterior de rodillo. Además, el Nb es eficaz para impedir la segregación de carburos de tipo MC cuando se realiza colada centrífuga. Tales efectos se vuelven significativos en el caso en que el contenido en Nb sea del 0,5 % o más. Además, en el caso en que el contenido en Nb sea mayor del 3,0 %, puesto que se promueve el crecimiento de carburos de tipo MC en acero fundido, puede promoverse la segregación de carburos cuando se realiza colada centrífuga. Por tanto, es preferible que el contenido en Nb esté limitado dentro del intervalo del 0,5 % o más y el 3,0 % o menos, o más preferiblemente el 0,5 % o más y el 2,0 % o menos.

Uno o más de Al: el 0,001 % o más y el 0,05 % o menos y REM: el 0,001 % o más y el 0,03 % o menos

Puesto que el Al y REM son ambos eficaces para promover fuertemente la nucleación de carburos granulares, el Al y REM son eficaces para aumentar el número de carburos de pequeño tamaño. Por tanto, el Al y REM dan resistencia a la fatiga excelente para un material de capa exterior de rodillo. Con el fin de obtener un efecto de este tipo, es preferible que al menos se añada uno de Al y REM en una cantidad del 0,001 % o más en total. En el caso en que el contenido en Al sea mayor del 0,05 % o en el caso en que el contenido en REM sea mayor del 0,03 %, el efecto llega a saturarse y tiende a producirse un defecto de gas. Por tanto, es preferible que se añadan uno o más

de Al: el 0,001 % o más y el 0,05 % o menos y REM: el 0,001 % o más y el 0,03 % o menos.

En este caso, REM es un metal mixto, que es una mezcla de dos o más elementos de tierras raras, y el contenido en REM puede definirse como el doble del contenido en Ce analizado en el caso en que sea difícil analizar todos los elementos de tierras raras.

En la presente invención, es preferible que se añadan Cr, Mo y V de manera apropiada para satisfacer la expresión (1) a continuación, mientras que el contenido en ellos está dentro de los intervalos respectivos descritos anteriormente.

$$1,5 \leq (\text{Cr}+\text{Mo})/\text{V} \leq 2,4 \quad \dots \quad (1),$$

(donde Cr, Mo y V: el contenido (% en masa) de los elementos químicos correspondientes)

En el caso en que no se satisfaga la expresión (1), es decir, en el caso en que la proporción de la cantidad de (Cr+Mo) con respecto a la cantidad de V sea menor de 1,5, puede haber un caso en que no pueda lograrse la excelente duración con fatiga por contacto por laminación en caliente deseada. Por otra parte, la proporción de la cantidad de (Cr+Mo) con respecto a la cantidad de V es mayor de 2,4, puesto que hay un aumento excesivo en el número de carburos eutécticos de gran tamaño, puede haber una disminución significativa en la duración con fatiga por contacto por laminación en caliente. Por tanto, es preferible que (Cr+Mo)/V esté limitado dentro del intervalo de 1,5 o más y 2,4 o menos.

El resto de la composición química descrita anteriormente incluye Fe e impurezas inevitables. Los ejemplos de las impurezas inevitables incluyen P: el 0,05 % o menos, S: el 0,05 % o menos, N: el 0,06 % o menos, B: el 0,03 % o menos y Ni: el 0,2 % o menos.

Puesto que el P deteriora las propiedades del material como resultado de la segregación en límites de grano, es preferible que el contenido en P sea lo menor posible en la presente invención. Sin embargo, es aceptable que el contenido en P sea del 0,05 % o menos.

Además, puesto que el S deteriora las propiedades del material como resultado de existir en forma de inclusiones a base de sulfuro, es preferible que el contenido en S sea lo menor posible. Sin embargo, es aceptable que el contenido en S sea del 0,05 % o menos.

El N se mezcla para dar acero en una cantidad de aproximadamente el 0,01 % al 0,06 % en un procedimiento de obtención de acero habitual. El efecto de la presente invención no resulta afectado por un contenido en N de este tipo. Sin embargo, puesto que el N puede provocar un defecto de gas que se produce en los límites entre la capa exterior y la capa intermedia de un rodillo de material compuesto o entre la capa intermedia y la capa interior de un rodillo de material compuesto, es preferible que el contenido en N esté limitado para que sea menor del 0,05 %.

Además, el B es un elemento químico que se mezcla para dar lugar al acero a partir de, por ejemplo, chatarra, que es material de partida para fundir acero, y un flujo de colada, y el B tiene el efecto negativo de disminuir los carburos formando una disolución sólida en los carburos. Es preferible que el contenido en B sea lo menor posible en la presente invención. Sin embargo, es aceptable que el contenido en B sea del 0,03 % o menos, puesto que no hay ningún efecto negativo marcado sobre los efectos de la presente invención.

El Ni es un elemento químico que se mezcla para dar lugar al acero a partir de chatarra, que es material de partida para fundir acero, y puesto que el Ni tiene un efecto negativo sobre la capacidad de dureza de un material de capa exterior de rodillo, el Ni provoca variaciones en la dureza y la tensión residual una vez que se ha realizado un tratamiento térmico. Es preferible que el contenido en Ni sea lo menor posible en la presente invención. Sin embargo, es aceptable para fabricar un rodillo que el contenido en Ni sea del 0,2 % o menos.

A continuación en el presente documento, se describirá un método preferible para producir el rodillo de material compuesto para laminación en caliente según la presente invención.

En la presente invención, el material de capa exterior de rodillo se produce a través de un método de colada centrífuga que es económico debido a su bajo coste de energía.

En primer lugar, se vierte acero fundido que tiene la composición química para un material de capa exterior de rodillo descrito anteriormente, en un molde de colada rotatorio cuya superficie interior está cubierta con una capa refractaria compuesta principalmente por circón y similares que tiene un grosor de 1 a 5 mm de modo que la capa exterior del rodillo, que tiene un grosor especificado, se forma usando un método de colada centrífuga. En este caso, es preferible ajustar la velocidad de rotación del molde de colada de modo que se aplique una fuerza centrífuga de 120 a 220 G en múltiplos de gravedad a la superficie del rodillo. Además, en el caso en que se forme una capa intermedia, es preferible que la capa intermedia se forme usando un método de colada centrífuga de tal manera que se vierta el acero fundido que tiene una composición química para la capa intermedia en el molde de colada rotatorio

en medio de la solidificación o una vez que se ha completado la solidificación del material de capa exterior de rodillo. Una vez que la capa exterior o la capa intermedia se ha solidificado completamente, es preferible que se produzca un rodillo de material compuesto, deteniendo la rotación del molde de colada, levantando entonces el molde de colada, y formando de ese modo una capa interior usando un método de colada estática. Con este método, puesto

5 que vuelve a fundirse el lado de superficie interior de un material de capa exterior de rodillo, un rodillo resultante es un rodillo de material compuesto que tiene la capa exterior y la capa interior que están soldadas entre sí de manera solidaria o un rodillo de material compuesto que tiene la capa exterior, la capa intermedia que está soldada de manera solidaria a la capa exterior, y la capa interior que está soldada de manera solidaria a la capa intermedia.

10 En este caso, es preferible que la capa interior, que se somete a colada usando un método de colada estática, esté formada por, por ejemplo, hierro colado grafitico nodular o hierro colado grafitico vermicular (hierro colado CV) que son excelentes en lo que se refiere al rendimiento de colada y las propiedades mecánicas. Puesto que un rodillo, que se produce a través de un método de colada centrífuga, está formado por una capa exterior y una capa interior que están soldadas entre sí de manera solidaria, los elementos constituyentes del material de capa exterior se mezclan en la capa interior en una cantidad de aproximadamente el 1 % al 8 %. En el caso en que los elementos de

15 formación de carburo tales como Cr y V, que están contenidos en el material de capa exterior, se mezclen en la capa interior, hay una disminución en la tenacidad de la capa interior. Por tanto, es preferible que la cantidad de los elementos constituyentes de la capa exterior mezclados en la capa interior sea inferior al 6 %.

20 Además, en el caso en que se forme una capa intermedia, es preferible que, por ejemplo, se use acero grafitico, acero con alto contenido en carbono o hierro colado hipoeutectico como material de capa intermedia. Puesto que la capa intermedia y la capa exterior están soldadas entre sí de manera solidaria como es el caso con la capa exterior y la capa interior, los elementos constituyentes de la capa exterior se mezclan en la capa intermedia en una cantidad del 10 % al 95 %. Es importante que la cantidad de los elementos constituyentes de la capa exterior que se mezclan en la capa intermedia sea lo menor posible desde el punto de vista de disminuir la cantidad de los elementos

25 constituyentes de la capa exterior mezclados en la capa interior.

Es preferible que el rodillo de material compuesto para laminación en caliente según la presente invención se someta a tratamiento térmico una vez realizada la colada. Es preferible que el tratamiento térmico se realice usando un procedimiento en el que el rodillo se calienta a una temperatura de 950 °C a 1150 °C y se somete a enfriamiento por aire o enfriamiento por corriente de aire y un procedimiento en el que el rodillo se calienta adicionalmente a una temperatura de 450 °C a 600 °C, se mantiene a la temperatura y se enfría una vez o más.

30 un procedimiento en el que el rodillo se calienta a una temperatura de 950 °C a 1150 °C y se somete a enfriamiento por aire o enfriamiento por corriente de aire y un procedimiento en el que el rodillo se calienta adicionalmente a una temperatura de 450 °C a 600 °C, se mantiene a la temperatura y se enfría una vez o más.

En este caso, es preferible que la dureza del rodillo de material compuesto para laminación en caliente según la presente invención sea de 79 a 88 HS, o más preferiblemente de 80 a 87 HS. Se recomienda que el tratamiento térmico una vez que se ha realizado la colada se controle de modo que se logre tal dureza de manera estable.

35 En este caso, es preferible que la dureza del rodillo de material compuesto para laminación en caliente según la presente invención sea de 79 a 88 HS, o más preferiblemente de 80 a 87 HS. Se recomienda que el tratamiento térmico una vez que se ha realizado la colada se controle de modo que se logre tal dureza de manera estable.

Ejemplo 1

40 Se prepararon aceros fundidos que tenían las composiciones químicas para un material de capa exterior de rodillo facilitadas en la tabla 1 usando un horno de alta frecuencia y entonces se prepararon materiales de ensayo en anillo (rodillos en anillo que tenían un diámetro exterior de 250 mm ϕ , una anchura de 75 mm y un grosor de 55 mm) usando un método de colada centrífuga. En este caso, la temperatura de colada fue de 1430 °C a 1550 °C, y la fuerza centrífuga fue de 180 G en múltiplos de gravedad. Una vez realizada la colada, realizando templado con una temperatura de templado de 1050 °C, y realizando revenido con una temperatura de revenido de 540 °C a 560 °C, se controló la dureza para que fuera de 79 a 86 HS. Se tomaron una muestra de ensayo para la observación de la microestructura y una muestra de ensayo de fatiga del material de ensayo en anillo obtenido, y se realizaron la observación de la microestructura y un ensayo de fatiga por contacto por laminación en caliente. Los métodos de los ensayos fueron los siguientes.

45 temperatura de templado de 1050 °C, y realizando revenido con una temperatura de revenido de 540 °C a 560 °C, se controló la dureza para que fuera de 79 a 86 HS. Se tomaron una muestra de ensayo para la observación de la microestructura y una muestra de ensayo de fatiga del material de ensayo en anillo obtenido, y se realizaron la observación de la microestructura y un ensayo de fatiga por contacto por laminación en caliente. Los métodos de los ensayos fueron los siguientes.

(1) Ensayo de fatiga por contacto por laminación en caliente

Se tomó una muestra de ensayo de fatiga ilustrado en la figura 3 (que tenía un diámetro exterior de 60 mm ϕ , un grosor de 10 mm y esquinas biseladas) del material de ensayo en anillo obtenido. Tal como se ilustra en la figura 3, se formaron entalladuras (que tenían una profundidad t de 1,2 mm y una longitud L en la dirección circunferencial de 0,8 mm) en dos posiciones en la superficie circunferencial exterior de la muestra de ensayo de fatiga usando un método de formación de chispa eléctrica (método de corte de hilo) con un hilo que tenía un diámetro de 0,2 mm ϕ .

55 se formaron entalladuras (que tenían una profundidad t de 1,2 mm y una longitud L en la dirección circunferencial de 0,8 mm) en dos posiciones en la superficie circunferencial exterior de la muestra de ensayo de fatiga usando un método de formación de chispa eléctrica (método de corte de hilo) con un hilo que tenía un diámetro de 0,2 mm ϕ .

Se realizó un ensayo de fatiga por contacto por laminación en caliente, tal como se ilustra en la figura 3, entre dos discos que eran la muestra de ensayo de fatiga por contacto por laminación en caliente y un material opuesto usando un método de tipo deslizamiento-laminación de tal manera que, mientras que la muestra de ensayo de fatiga por contacto por laminación en caliente se enfriaba con agua y se hacía rotar a una velocidad de rotación de 700 rpm, la pieza opuesta (compuesta por S45C, y que tenía un diámetro exterior de 190 mm ϕ y una anchura de 15 mm) se calentaba a una temperatura de 810 °C, se presionó sobre la muestra de ensayo en rotación con una carga de contacto de 980 N, y se hizo rotar con una proporción de deslizamiento del 9 %. Al hacer rotar la muestra de ensayo hasta que se rompieran las dos entalladuras formadas en la muestra de ensayo de fatiga por contacto por

60 Se realizó un ensayo de fatiga por contacto por laminación en caliente, tal como se ilustra en la figura 3, entre dos discos que eran la muestra de ensayo de fatiga por contacto por laminación en caliente y un material opuesto usando un método de tipo deslizamiento-laminación de tal manera que, mientras que la muestra de ensayo de fatiga por contacto por laminación en caliente se enfriaba con agua y se hacía rotar a una velocidad de rotación de 700 rpm, la pieza opuesta (compuesta por S45C, y que tenía un diámetro exterior de 190 mm ϕ y una anchura de 15 mm) se calentaba a una temperatura de 810 °C, se presionó sobre la muestra de ensayo en rotación con una carga de contacto de 980 N, y se hizo rotar con una proporción de deslizamiento del 9 %. Al hacer rotar la muestra de ensayo hasta que se rompieran las dos entalladuras formadas en la muestra de ensayo de fatiga por contacto por

65 de ensayo hasta que se rompieran las dos entalladuras formadas en la muestra de ensayo de fatiga por contacto por

laminación en caliente, se contaron respectivamente los números de rotación hasta que se rompieron las entalladuras, y se definió el promedio de dos números de rotación como la duración con fatiga por contacto por laminación en caliente. Un caso en el que esta duración con fatiga por contacto por laminación en caliente fue de más de 300 mil se consideró un caso de duración excelente con fatiga por contacto por laminación en caliente.

5

Los resultados obtenidos se facilitan en la tabla 2.

Tabla 1

N.º de muestra de ensayo	Composición química (% en masa)											(Cr+Mo)/V	Nota
	C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo	V	Nb	Al	REM		
A	2,8	0,5	0,6	0,024	0,011	6,2	6,1	5,6	0,7	<0,001	0,018	2,2	Ejemplo
B	2,9	0,8	0,8	0,017	0,008	6,3	4,3	5,3	1,2	0,019	<0,001	2,0	Ejemplo
C	2,6	0,4	0,5	0,020	0,009	5,5	4,8	5,9	1,0	0,023	<0,001	1,7	Ejemplo
D	2,9	0,5	0,5	0,027	0,007	6,7	6,4	6,9	0,8	0,018	0,011	1,9	Ejemplo
E	2,5	0,4	0,4	0,014	0,011	5,2	5,2	6,4	1,1	0,018	0,016	1,6	Ejemplo
F	2,5	0,4	0,7	0,018	0,009	4,4	5,5	6,3	1,3	0,022	<0,001	1,6	Ejemplo
G	2,4	0,6	0,3	0,028	0,012	7,2	5,7	6,8	0,6	0,018	0,027	1,9	Ejemplo
H	2,6	0,6	0,8	0,032	0,015	5,3	4,2	5,6	1,6	0,032	0,004	1,7	Ejemplo
I	2,9	0,3	0,4	0,028	0,012	6,3	4,1	5,4	2,7	0,024	<0,001	1,9	Ejemplo
J	2,5	0,3	0,4	0,014	0,007	6,8	6,5	5,5	2,2	0,026	<0,001	2,4	Ejemplo
K	2,7	0,4	0,5	0,012	0,003	5,3	5,2	6,2	1,2	<0,001	<0,001	1,7	Ejemplo
L	2,8	0,4	0,5	0,021	0,008	8,7	4,8	5,1	3,6	0,014	<0,001	2,6	Ejemplo comparativo
M	2,7	0,4	0,4	0,024	0,011	13,6	6,2	5,1	1,4	0,011	<0,001	3,9	Ejemplo comparativo
N	2,8	0,4	0,4	0,018	0,009	10,1	5,1	5,9	1,1	0,006	<0,001	2,6	Ejemplo comparativo
P	3,0	0,3	0,4	0,022	0,008	7,7	6,2	5,5	0,9	0,010	<0,001	2,5	Ejemplo comparativo
Q	3,0	0,7	1,0	0,025	0,014	3,7	4,1	4,5	0,6	0,023	<0,001	1,7	Ejemplo comparativo
R	2,4	0,6	0,6	0,019	0,014	8,4	4,5	5,1	0,01	0,001	<0,001	2,5	Ejemplo comparativo
S	2,9	0,4	0,5	0,022	0,009	8,2	4,8	8,1	2,0	0,021	<0,001	1,6	Ejemplo comparativo
T	2,9	0,7	0,4	0,021	0,009	6,2	5,3	7,9	<0,001	0,013	<0,001	1,5	Ejemplo comparativo
U	2,2	0,5	0,5	0,025	0,011	6,7	4,3	4,7	0,02	0,003	<0,001	2,3	Ejemplo comparativo
V	1,9	0,9	0,6	0,014	0,007	5,9	7,0	4,9	0,6	<0,001	<0,001	2,6	Ejemplo comparativo
W	2,5	0,6	0,6	0,0021	0,011	5,4	6,9	7,1	<0,001	0,018	<0,001	1,7	Ejemplo comparativo

Tabla 2

N.º de muestra de ensayo	Número de carburos de pequeño tamaño que tienen un diámetro equivalente circular de 3 a 30 μm	Número de carburos de gran tamaño que tienen un diámetro equivalente circular de 50 μm o más	Duración con fatiga por laminación en caliente	Nota
	(piezas/ mm^2)	(piezas/ mm^2)	(miles de veces)	
A	1632	13,2	466	Ejemplo
B	826	15,1	362	Ejemplo
C	1528	4,8	595	Ejemplo
D	2452	1,8	442	Ejemplo
E	1992	0,9	612	Ejemplo
F	1107	4,1	416	Ejemplo
G	1161	15,2	454	Ejemplo
H	1436	2,1	438	Ejemplo
I	579	2,8	396	Ejemplo
J	923	13,8	364	Ejemplo
K	1036	8,7	411	Ejemplo
L	891	25,6	157	Ejemplo comparativo
M	213	31,2	186	Ejemplo comparativo
N	1348	27,6	172	Ejemplo comparativo
P	1209	23,7	167	Ejemplo comparativo
Q	612	24,1	134	Ejemplo comparativo
R	454	17,3	103	Ejemplo comparativo
S	412	22,1	198	Ejemplo comparativo
T	742	24,3	201	Ejemplo comparativo
U	210	18,7	154	Ejemplo comparativo
V	397	2,9	159	Ejemplo comparativo
W	2686	1,2	216	Ejemplo comparativo

5 En el caso de todos los ejemplos de la presente invención, hubo un aumento significativo en la duración con fatiga por contacto por laminación en caliente en comparación con los ejemplos comparativos.

10 En el caso de los ejemplos comparativos M, R, S, U y V, puesto que el número de carburos de pequeño tamaño que tienen un diámetro equivalente circular de 3 a 30 μm era pequeño, hubo una disminución en la duración con fatiga por contacto por laminación en caliente. Además, en el caso de los ejemplos comparativos L, M, N, P, Q, S y T, puesto que existe un número excesivo de carburos de gran tamaño que tienen un diámetro equivalente circular de más de 50 μm , se propagaron grietas a través de los carburos de gran tamaño, lo que dio como resultado una disminución significativa en la resistencia a la fatiga por laminación en caliente. Además, en el caso del ejemplo comparativo W, puesto que el número de carburos de pequeño tamaño fue excesivamente grande, se propagaron grietas a través de los carburos adyacentes, lo que dio como resultado una disminución significativa en la duración con fatiga por contacto por laminación en caliente.

15

REIVINDICACIONES

- 5 1. Material de capa exterior de rodillo, que es un material de capa exterior de rodillo de hierro colado que va a usarse para la capa exterior de un rodillo de material compuesto para laminación en caliente, conteniendo el material carburos de pequeño tamaño que tienen un diámetro equivalente circular de 3 a 30 μm en un número de 500 a 2500 piezas/ mm^2 y carburos de gran tamaño que tienen un diámetro equivalente circular de 50 μm o más en un número de 20 piezas/ mm^2 o menos.
- 10 2. Material de capa exterior de rodillo según la reivindicación 1, teniendo el material una composición química que contiene, en % en masa, C: el 2,4 % o más y el 2,9 % o menos, Si: el 0,2 % o más y el 1,0 % o menos, Mn: el 0,2 % o más y el 1,0 % o menos, Cr: el 4,0 % o más y el 7,5 % o menos, Mo: el 4,0 % o más y el 6,5 % o menos, V: el 5,3 % o más y el 7,0 % o menos, Nb: el 0,5 % o más y el 3,0 % o menos, y siendo el resto Fe e impurezas inevitables, en el que el contenido en Cr, Mo y V satisface la expresión (1) a continuación:
- 15
$$1,5 \leq (\text{Cr} + \text{Mo}) / \text{V} \leq 2,4 \quad \dots \quad (1),$$
- donde Cr, Mo y V representan respectivamente el contenido (% en masa) de los elementos químicos correspondientes.
- 20 3. Material de capa exterior de rodillo según la reivindicación 2, teniendo el material la composición química que contiene además, en % en masa, uno o más de Al: el 0,001 % o más y el 0,05 % o menos y REM: el 0,001 % o más y el 0,03 % o menos.
- 25 4. Rodillo de material compuesto para laminación en caliente, que es un rodillo de material compuesto para laminación en caliente formado de una capa exterior y una capa interior que están soldadas entre sí de manera solidaria, estando formada la capa exterior del material de capa exterior de rodillo según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3.

FIG. 1

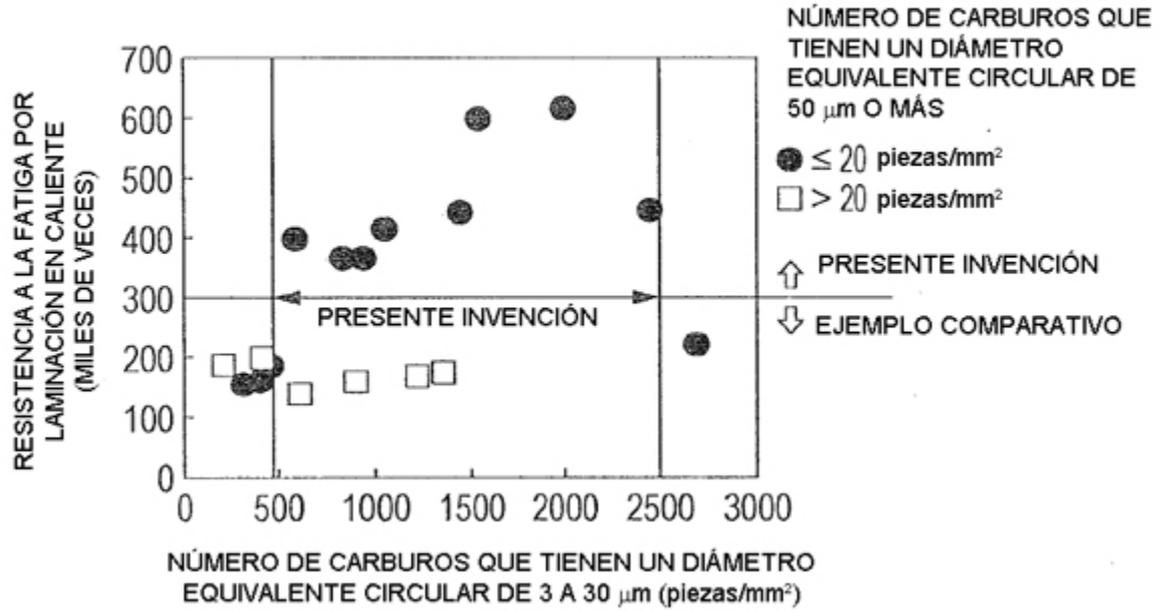


FIG. 2

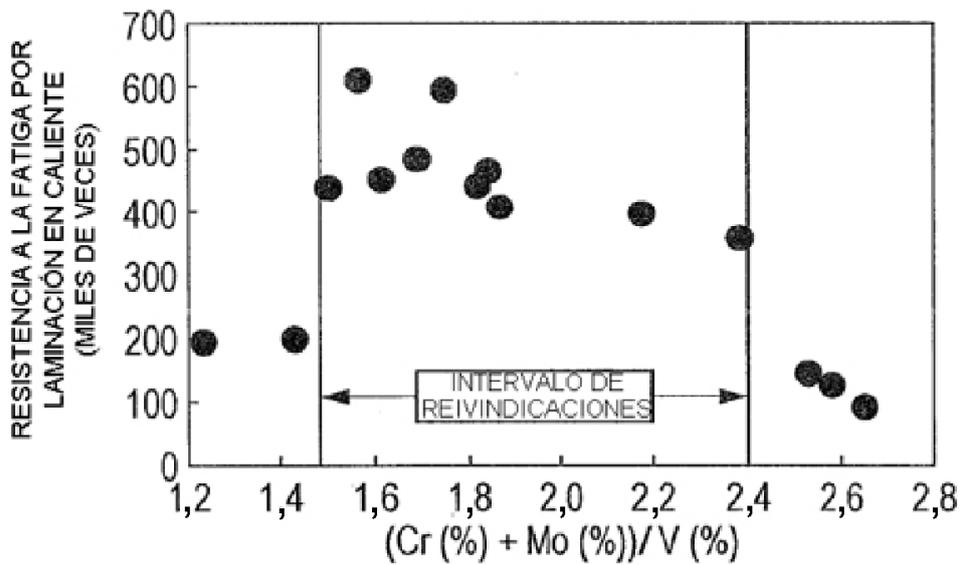


FIG. 3

