

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 457 842**

51 Int. Cl.:

C22C 38/00 (2006.01)
B21B 1/02 (2006.01)
B21B 3/00 (2006.01)
C21D 3/06 (2006.01)
C21D 8/06 (2006.01)
C21D 9/52 (2006.01)
C22C 38/34 (2006.01)
C22C 38/54 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **07.11.2006 E 06823043 (2)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **02.04.2014 EP 1990436**

54 Título: **Alambre con excelente idoneidad para trefilado y procedimiento para la producción del mismo**

30 Prioridad:

28.02.2006 JP 2006053525

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
29.04.2014

73 Titular/es:

**KABUSHIKI KAISHA KOBE SEIKO SHO (100.0%)
10-26, Wakinohama-cho 2-chome, Chuo-ku Kobe-shi
Hyogo 651-8585, JP**

72 Inventor/es:

**KOCHI, TAKUYA;
MURAKAMI, SHOGO;
MIYAZAKI, SHOJI;
ISHIDA, KEN;
TOYAMA, MASAO y
KOIZUMI, FUJIO**

74 Agente/Representante:

UNGRÍA LÓPEZ, Javier

ES 2 457 842 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

Alambre con excelente idoneidad para trefilado y procedimiento para la producción del mismo.

5 **Campo técnico**

La presente invención se refiere a alambres que se pueden utilizar para materiales de productos de trefilado del alambre, tales como cables de acero, alambre de talón, alambre de acero PC, y acero de resorte, y un procedimiento de fabricación de alambres; y particularmente se refiere a alambres laminados en caliente
10 excelentes en capacidad de trefilado del alambre, donde la rotura se puede suprimir incluso en el trefilado del alambres pesados de alambres que tienen grandes diámetros, y un procedimiento de fabricación de los alambres.

15 **Antecedentes de la técnica**

En los alambres o el acero de resorte para trefilado, la capacidad de trefilado del alambre ha sido mejorada mediante el control de factores microestructurales, suprimiendo la segregación, o similares. Por ejemplo, el documento JP-A-11-199977 propone controlar el tamaño del nódulo de perlita, un nivel de segregación central, y un intervalo laminar de una estructura de perlita para mejorar la capacidad de trefilado del alambre (en particular, la capacidad de trefilado de la varilla) de alambres. Los documentos JP-A-2000-239797 o EP-A1-1013780, proponen
20 ajustar las propiedades mecánicas del acero de resorte adecuadamente para mejorar la capacidad de trefilado de la varilla del acero de resorte.

Para la formación de alta aleación asociada con el aumento de la fuerza de un resorte y similares, también se requiere la supresión de microestructuras subfundidas para los alambres. La supresión de las microestructuras subfundidas se puede lograr mediante la fabricación de un alambre que tiene un diámetro de alambre mayor. Sin embargo, el alambre que tiene el diámetro del alambre mayor exhibe gran endurecimiento de trabajo debido al trefilado del alambre pesado, y además a medida que aumenta el diámetro inicial del alambre, el trefilado se vuelve más difícil. Por lo tanto, se requiere un alambre que tenga un diámetro grande para tener una mayor capacidad de
25 trefilado del alambre.

30 **Descripción de la invención**35 **Problema a resolver por la invención**

Es deseable proporcionar un alambre laminado en caliente excelente en capacidad de trefilado del alambre, donde la rotura se puede suprimir incluso en trabajos pesados usando un alambre con un diámetro grande.

Los medios para resolver el problema se describen en las reivindicaciones 1 a 4.

Las características de la invención se describen a continuación:

Un alambre laminado en caliente de acuerdo con la invención contiene C: 0,35 a 0,65% (por ciento en masa, en lo sucesivo expresado así), Si: 1,4 a 3,0%, Mn: 0,10 a 1,0%, Cr: 0,1 a 2,0%, P: 0,025% o menos (excluyendo 0%), S: 0,025% o menos (excluyendo 0%), N: 0,006% o menos (excluyendo 0%), Al: 0,1% o menos (excluyendo 0%), y O: 0,0030% o menos (excluyendo 0%), con el remanente consiste en Fe e impurezas inevitables; donde el contenido de hidrógeno en el acero es de 2,50 ppm (ppm en masa, en lo sucesivo expresado así) o menos, y la dureza (HV) es $460 \times C_0^{0.1}$ o menos (C₀ indica el contenido de C (por ciento en masa) en una posición de profundidad de D/4 (D: diámetro del alambre)). El "alambre laminado en caliente" en la realización de la invención se refiere a un
45 "alambre como laminado en caliente".

Como aspecto del alambre laminado en caliente de acuerdo con la invención, se da (I) un alambre, teniendo la varilla un diámetro medio de grano (D_{ave}) de 20 μm o menos, y un diámetro de grano máximo (D_{max}) de 80 micras o menos en un grano bcc-Fe de una estructura metalográfica, y/o se proporciona un alambre que satisface la siguiente ecuación (1);
55

$$C_{\max}/C_0 \leq 1,20 \dots (1)$$

(donde C_{max} indica el contenido de C (porcentaje en masa) en una posición de profundidad de D/2 (D: diámetro del alambre)), y C₀ indica el contenido de C (porcentaje en masa) en la posición de profundidad de D/4).

Efectivamente, el alambre laminado en caliente de la realización de la invención puede contener además lo siguiente, según sea necesario: (A) Ni: 1% o menos (excluyendo 0%) y/o Cu: 1,0% o menos (excluyendo 0%), (B) al menos un elemento seleccionado de un grupo que incluye V: 0,30% o menos (excluyendo 0%), Ti: 0,10% o menos (excluyendo 0%), Nb: 0,1% o menos (excluyendo 0%), y Zr: 0,10% o menos (excluyendo 0%), (C) Mo: 1,0% o
65

menos (excluyendo 0%), (D) B: 50 ppm o menos (excluyendo 0 ppm), y/o (E) al menos un elemento seleccionado de un grupo que incluye Mg: 50 ppm o menos (excluyendo 0 ppm), Ca: 50 ppm o menos (excluyendo 0 ppm), y elementos de tierras raras: 1,5 ppm o menos (excluyendo 0 ppm); donde las propiedades del alambón se han mejorado aún más en función de un tipo de componentes que debe contener.

5 El procedimiento de fabricación de la realización de la invención incluye: realizar el calentamiento donde una palanquilla que satisface el requerimiento de la composición (excepto para el contenido de hidrógeno) se mantiene de 500 a 730°C durante 60 minutos; calentar la palanquilla a 950 a 1.250°C, y realizar la laminación en caliente de la palanquilla para hacer un alambón a la temperatura de laminación (Tr) de 800°C o más y terminar el laminado a una temperatura (Tf) de 1150°C o menos; colocar un alambón laminado en caliente en un lecho de enfriamiento a temperatura de bobinado (TL) de 1020°C o menos; y enfriar el alambón a una velocidad de enfriamiento media (CR1) de 5°C/seg o más desde la temperatura de bobinado (TL) a 730°C, y con una velocidad media de enfriamiento (CR2) de 4°C/seg o menos de la temperatura de bobinado (TL) a 500°C.

15 Otro aspecto del procedimiento de fabricación de la realización de la invención incluye: realizar el tratamiento de homogeneización donde una palanquilla que satisface el requisito de la composición (excepto para el contenido de hidrógeno) se mantiene a 1250 a 1350°C durante 60 minutos; realizar el calentamiento donde la palanquilla se mantiene a 500 a 730°C durante 60 minutos; calentar la palanquilla a 950 a 1250°C, y realizar la laminación en caliente de la palanquilla para hacer un alambón a la temperatura de laminación (Tr) de 800°C o más y terminar a la temperatura de laminado (Tf) de 1150°C o menos; colocar el alambón laminado en caliente en un lecho de enfriamiento a temperatura de bobinado (TL) de 1020°C o menos; y enfriar el alambón a una velocidad media de enfriamiento (CR1) de 5°C/seg o más a partir de la temperatura de bobinado (TL) a 730°C, y a una velocidad media de enfriamiento (CR2) de 4°C/seg o menos desde la temperatura de bobinado (TL) a 500°C.

25 Los inventores encontraron que cada uno de los contenidos de C, Si, Mn, Cr, P, S, N, Al y O en el acero se especificaron, y se disminuyó el contenido de hidrógeno en el acero, y la dureza se controló para estar en un cierto intervalo o inferior, con lo que el alambón laminado en caliente proporciona una excelente capacidad de trefilado del alambre, donde la rotura se suprimió incluso en trabajos pesados utilizando alambones que tienen grandes diámetros.

30 [Breve descripción de los dibujos]

La figura 1 es un gráfico que muestra una relación entre la dureza y Co (= el contenido de C (porcentaje en masa) en una posición de profundidad de D/4 (D: diámetro de un alambón)) de un alambón obtenido en un ejemplo.

35 Mejor modo de llevar a cabo la invención

En el alambón de acuerdo con la realización de la invención, el contenido de hidrógeno en el acero se reduce para lograr una excelente capacidad de trefilado del alambre. Se ha sabido hasta ahora que el hidrógeno afecta adversamente el acero bajo una condición de carga de tensión que dura un largo período de tiempo, donde el hidrógeno puede estar suficientemente difuso, por ejemplo, en el caso de una fractura retardada, pero se ha considerado que el hidrógeno no afecta adversamente el acero bajo una condición de carga de tensión que dura un período relativamente corto de tiempo como, por ejemplo, en el trefilado. Sin embargo, los inventores han encontrado que el hidrógeno en el acero, que no había sido considerado como un problema particular, tenía un gran efecto sobre la capacidad de trefilado del alambre bajo una condición de trefilado pesada. Cuando hay carbonitruros y similares de un elemento de aleación, que se añadieron para aumentar la fuerza en el alambón, actúan como trampas de hidrógeno, y el contenido de hidrógeno en el acero se incrementa.

50 Una razón para el efecto adverso del hidrógeno en el trefilado del alambre pesado se presume que es porque el trabajo de endurecimiento por trabajo pesado provoca el aumento de la resistencia, que a su vez aumenta la sensibilidad de fragilización por hidrógeno, o el hidrógeno que se ha fijado a un sitio de la trampa se libera del sitio por el aumento de la temperatura debido al trabajo pesado, y contribuye a la fragilidad. Sin embargo, la realización de la invención no se limita a tal presunción.

55 Para suprimir suficientemente la rotura incluso en trabajo pesado, el contenido de hidrógeno en el acero del alambón laminado en caliente tiene que ser de 2,50 ppm o menos. El contenido de hidrógeno en el acero es preferiblemente 2 ppm o menos, y más preferiblemente 1,5 ppm o menos.

60 El contenido de hidrógeno en el acero se puede medir usando APIMS (espectrómetro de masa de presión atmosférica de ionización). Un valor del "contenido de hidrógeno en el acero" en la realización de la invención se realiza mediante el muestreo de una muestra en forma de disco (espesor: 2 mm) mediante el corte de un alambón, a continuación, midiendo el contenido total de hidrógeno evolucionado a partir de la muestra a partir de la temperatura ambiente a 350°C bajo una condición de una velocidad de calentamiento de 10 K/min utilizando APIMS.

65 Como resultado de una mayor investigación, los inventores encontraron que había una cierta relación entre la capacidad de trefilado del alambre y la dureza de un alambón, y cuando la dureza inicial del alambón era alta, la

rotura era probable que se produjera durante el trefilado. La razón de esto se considera que es porque cuando la dureza inicial es alta, la sensibilidad de la fractura se incrementa, ya que el endurecimiento del trabajo se hace más significativo, o el efecto del calor debido al trabajo es significativo. Sin embargo, la realización de la invención no se limita a tal presunción.

5 La dureza de un alambroón se ve afectada principalmente por el contenido de C y una estructura del alambroón. En general, a medida que aumenta el contenido de C, o se aumenta una cantidad de una estructura de martensita como la microestructura superenfriada, se aumenta la dureza. La microestructura del alambroón afecta la capacidad de trefilado del alambre de manera similar a la dureza. Específicamente, se considera que cuanto mayor sea la cantidad de martensita, la rotura se produce más fácilmente en un alambroón.

15 Como anteriormente, la capacidad de trefilado del alambre de un alambroón (capacidad de rotura) se ve afectada no sólo por la dureza, sino también por su microestructura. Por lo tanto, incluso en alambrones que tienen la misma dureza, la rotura se produce fácilmente en un alambroón que tiene un contenido bajo de C y una gran cantidad de estructura de martensita en comparación con un alambroón que tiene un alto contenido de C y una gran cantidad de estructura de ferrita-perlita. En consecuencia, se puede decir que apenas se produce la rotura en un alambroón que tiene el alto contenido de C en comparación con un alambroón que tiene el bajo contenido de C si tienen la misma dureza, además, se puede considerar que un valor de referencia (valor máximo) de dureza permitido en un alambroón que tiene una excelente capacidad de estiramiento de alambre se puede configurar alto en el alambroón que tiene un alto contenido de C.

20 Sobre la base de la consideración anterior, aún a la luz de la microestructura, "dureza (HV) de $460 \times C_0^{0,1}$ o menos (C_0 indica el contenido de C (porcentaje en masa) en una posición de profundidad de D/4 (D: diámetro del alambroón)) se determinó como un requisito de dureza. El requisito de dureza $\leq 460 \times C_0^{0,1}$ se obtiene de la siguiente manera.

25 En las siguientes realizaciones, cuando los datos de " C_0 " y "dureza" de un alambroón (ejemplo comparativo, los círculos negros en la figura 1), de las cuales la capacidad de trefilado del alambre se considera que es reducida debido a la alta dureza, se someten a aproximación de energía, se obtiene una curva en una línea continua como se muestra en la figura 1 (expresión aproximada: Dureza = $466,06 \times C_0^{0,10}$ ($R^2 = 0,62$)).

30 En esta expresión aproximada (dureza = $466,06 \times C_0^{0,10}$), como se incrementa un valor de C_0 , también se incrementa un valor de dureza y, por el contrario, como el valor de C_0 disminuye, el valor de la dureza también disminuye. En consecuencia, los inventores consideraron la expresión aproximada como una expresión que indica un valor de referencia (valor máximo) de la dureza de un alambroón que se rompe fácilmente en consideración incluyendo la microestructura. En la figura 1, una región de una curva en una línea de trazos (dureza = $460 \times C_0^{0,10}$) o inferior, que está por debajo de la curva en la línea continua (curva aproximada del ejemplo comparativo), es decir, una región de "dureza $\leq 460 \times C_0^{0,10}$ " se determinó como un intervalo de dureza para satisfacerse por el alambroón de la realización de la invención. Un intervalo preferible es "dureza $\leq 450 \times C_0^{0,10}$ " (una región de una curva en una línea de puntos o inferior en la figura 1), y un intervalo más preferible es "dureza $\leq 440 \times C_0^{0,10}$ " (una región de una curva en una línea de puntos o inferior en la figura 1).

35 Cuando la estructura no se considera, se considera que a medida que se reduce la dureza, la capacidad de trefilado del alambre se mejora. De acuerdo con ello, en la realización de la invención, un valor máximo de dureza (HV) del alambroón es preferiblemente 420, más preferiblemente 410 o menos, y aún más preferiblemente 400 o menos.

40 El valor de "dureza" en la realización de la invención es una simple media aritmética de los valores obtenidos mediante la reducción de un alambroón en una sección transversal lateral para preparar al menos tres muestras por alambroón, a continuación, medir la dureza en cuatro puntos o más en posiciones de profundidad de D/4 de cada muestra mediante un probador de dureza Vickers (carga de 1 kgf).

45 Entre los alambrones laminados en caliente de la realización de la invención, un alambroón es preferible que tenga un diámetro medio de grano (D_{ave}) de 20 μm o menos y un diámetro de grano máximo (D_{max}) de 80 μm o menos en un grano bcc-Fe de una estructura metalográfica. Esto se debe a que se ha encontrado que los puntos de inicio de rotura o defectos de trabajo durante el trefilado se generaron fácilmente en el caso de granos gruesos, y, además, incluso si un valor promedio de diámetro de grano se hizo pequeño, cuando había algunos granos gruesos, la rotura se produjo fácilmente. Cuanto más pequeños son el diámetro medio de grano (D_{ave}) y el diámetro de grano máximo (D_{max}), más se mejora la capacidad de trefilado del alambre. Más preferiblemente, el diámetro medio de grano (D_{ave}) es de 15 μm o menos, y el diámetro de grano máximo (D_{max}) es de 60 μm o menos. Los valores del diámetro medio de grano (D_{ave}) y del diámetro de grano máximo (D_{max}) en la realización de la invención son valores de medición en el centro de un diámetro de alambre de un alambroón.

50 Los valores del diámetro promedio de grano (D_{ave}) y del diámetro de grano máximo (D_{max}) en la realización de la invención son los valores medidos de la siguiente manera utilizando un procedimiento SEM/EBSP (patrón de difracción de dispersión trasera de electrones).

En primer lugar, una muestra de 10 mm de longitud se toma de un alambroón mediante corte en mojado, a continuación, como preparación de muestras para la medición EBSP, se realizan un pulido en húmedo, bruñido y pulido químico de manera que se prepara una muestra, donde la tensión y la irregularidad debidas al pulido se reducen al máximo. En ese momento, el pulido se lleva a cabo de tal manera que una superficie de observación
 5 corresponde a un centro del diámetro del alambre en una sección vertical del alambroón. Usando una muestra obtenida, la medición se realiza con el centro del diámetro del alambre del alambroón como un punto de medición EBSP. En ese momento, una etapa de medición se establece para que sea de 0,5 μm o menor, de tal manera que un área de medición de cada alambroón es de 60.000 μm^2 o más. Después de la medición, se analiza la orientación de los cristales, donde se utilizan los resultados de medición que tienen un valor de CI (Índice de Confianza)
 10 promedio de 0,3 o más para mejorar la fiabilidad del análisis.

Los resultados analíticos (mapa de límites) se recogen suponiendo que una región delimitada por una línea de límite que tiene una diferencia en azimut de 10 grados o más por análisis de la orientación cristalina de bcc-Fe es el "grano" en la realización de la invención. En el mapa de límites obtenido, se obtiene un área de una región individual
 15 (unidad de cristal) encerrada por la línea de límite usando un software de análisis de imágenes "Image-Pro" (fabricado por ADVANSOFT Ltd.), a continuación, el diámetro equivalente del círculo (diámetro) se calcula a partir del área como el diámetro de grano de un grano individual. La medición se realiza para al menos tres muestras, y el diámetro medio de grano (D_{ave}) como el número medio de diámetro, y el diámetro de grano máximo (D_{max}) se calculan en base a todos los datos de medición.
 20

En el alambroón laminado en caliente de acuerdo con la realización de la invención, para mejorar aún más la capacidad de trefilado del alambre, la segregación de C se controla preferiblemente de modo que se cumple la siguiente ecuación (1):

$$C_{max}/C_0 \leq 1,20 \dots (1)$$

25 (donde C_{max} indica el contenido de C (porcentaje en masa) en una posición de profundidad de D/2 (D: diámetro del alambroón)), y C_0 indica el contenido de C (porcentaje en masa) en la posición de profundidad de D/4).

30 Esto es porque cuando la segregación de C es excesiva, la capacidad de trefilado del alambre puede reducirse debido al endurecimiento por trabajo durante el trefilado del alambre, que puede ser desigual dentro de un alambroón, o generarse huecos fácilmente en un sitio de segregación de C. El C_{max}/C_0 del alambroón en la realización de la invención es preferentemente 1,15 o menos, y más preferiblemente 1,10 o menos.

35 La realización de la invención adoptó el contenido de C (porcentaje en masa) en la posición de profundidad de D/2 (D: diámetro del alambroón) como un valor de C_{max} . Esto es debido a que la segregación de carbono es importante en la parte central del alambroón. Además, la realización adoptó el contenido de C (porcentaje en masa) en la posición de profundidad de D/4 como un valor de C_0 . Esto es para evitar el efecto de un sitio descarburado en una superficie y el sitio de segregación de C en el centro. El valor de C_{max} o C_0 en la realización de la invención se mide mediante
 40 un procedimiento de absorción de infrarrojos de combustión usando una muestra de polvo tomada de la posición de la profundidad de D/2 o D/4, respectivamente.

La realización de la invención especifica una composición química además del contenido de hidrógeno en el acero y la dureza del alambroón laminado en caliente. Esto se debe a que cada componente químico que no está dentro de un intervalo apropiado, la capacidad de trefilado del alambre se reduce. En lo sucesivo, se describen los componentes químicos del alambroón.
 45

[Contenido de C: 0,35 a 0,65%]

50 C es un elemento que afecta a la resistencia de materiales de acero, y cuando aumenta el componente C, la resistencia se incrementa. El contenido de C de al menos 0,35% es necesario para usar el alambroón para muelles de alta resistencia. Preferiblemente, el contenido mínimo de C es 0,40%. Sin embargo, como un contenido excesivo de C puede reducir la capacidad de trefilado del alambre, un contenido máximo de C se especifica como 0,65%. Más preferiblemente, el contenido máximo de C es 0,60%.

55 [Contenido de Si: 1,4 a 3,0%]

Si es un elemento eficaz para mejorar la resistencia al pandeo necesaria para los resortes. El contenido de Si de al menos 1,4% es necesario para el uso del alambroón de la realización de la invención para muelles de alta resistencia. El contenido mínimo de Si es preferiblemente 1,6%, y más preferiblemente 1,8%. Sin embargo, como el Si acelera la descarburación, un contenido excesivo de Si puede causar que la rotura se produzca fácilmente durante el trefilado. Por lo tanto, un contenido máximo de Si se especifica como 3,0%. El contenido máximo de Si es preferiblemente 2,5%, y más preferiblemente 2,2% o menos.
 60

[Contenido de Mn: 0,10 a 1,0%]

Mn se utiliza para un elemento desoxidante, y es un elemento útil para formar MnS para desintoxicar S, que es un elemento perjudicial en el acero. Para exhibir suficientemente estos efectos ventajosos, el contenido de Mn debe ser 0,10% o más. Un contenido mínimo de Mn es preferentemente 0,15%, y más preferiblemente 0,2% o más. Sin embargo, cuando el contenido de Mn es excesivo, se forma una banda de segregación, lo que reduce la capacidad de trefilado del alambre, y además, se forma fácilmente una microestructura superenfriada, que no es preferible para el trefilado del alambre. Por lo tanto, se ha especificado un contenido máximo de Mn como 1,0%. El contenido máximo de Mn es preferentemente 0,85%, y más preferiblemente 0,75% o menos.

[Contenido de Cr: 0,1 a 2,0%]

Cr es eficaz para asegurar la resistencia del alambón después del templado. Por otra parte, tiene una ventaja de mejorar la resistencia a la corrosión, y es un elemento importante para resortes de suspensión que requieren durabilidad a la corrosión. Se especificó un contenido mínimo de Cr como 0,1% para exhibir suficientemente estas ventajas. El contenido mínimo de Cr es preferiblemente 0,15%, y más preferiblemente 0,2% o más. Sin embargo, cuando el contenido de Cr es excesivo, la segregación se produce fácilmente o la microestructura superenfriada se forma fácilmente, lo que reduce la capacidad de trefilado del alambre. Por lo tanto, un contenido máximo de Cr se especifica como 2,0%. El contenido máximo de Cr es preferiblemente 1,8%, y más preferiblemente 1,6% o menos.

[Contenido de P: 0,025% o menos (excluyendo 0%)]

El contenido de P es preferiblemente bajo, ya que reduce la capacidad de trefilado del alambre del alambón. De acuerdo con ello, el contenido de P es 0,025% o menos, preferentemente 0,020% o menos, y más preferiblemente 0,015% o menos.

[Contenido de S: 0,025% o menos (excluyendo 0%)]

El contenido de S es preferiblemente bajo, ya que reduce la capacidad de trefilado del alambre del alambón. Por consiguiente, el contenido de S es 0,025% o menos, preferentemente 0,020% o menos, y más preferiblemente 0,015% o menos.

[Contenido de N: 0,006% o menos (excluyendo 0%)]

N en un estado de nitrógeno disuelto puede reducir la capacidad de trefilado del alambre. Por lo tanto, un contenido máximo de N se especifica como 0,006%. El contenido máximo de N es preferiblemente 0,004%, y más preferiblemente 0,003% o menos. Sin embargo, cuando un alambón contiene un elemento que forma nitruros, tal como Al o Ti, N puede trabajar de manera efectiva para la formación de una estructura fina. De acuerdo con ello, un contenido mínimo de N es preferiblemente 0,0015%, y más preferiblemente al menos 0,0020%.

[Contenido de Al: 0,1% o menos (excluyendo 0%)]

Al se añade principalmente como un elemento desoxidante. Por otra parte, Al forma de AlN para fijar N para ser inocuo, además, contribuye a la formación de una estructura fina. Para la fijación de N, Al está contenido preferiblemente en el contenido de más de dos veces más que el contenido de N. Deseablemente, el contenido de Al es preferiblemente más del 0,0030%, y más preferiblemente más del 0,0040%. Sin embargo, como el Al acelera la descarburación, especialmente en aceros para resortes que contienen una gran cantidad de Si, el excesivo contenido de Al no es preferible. Por lo tanto, un máximo contenido de Al se especifica como del 0,1%. El máximo contenido de Al es preferiblemente del 0,07%, más preferiblemente del 0,05% o menos, y aún más preferiblemente del 0,03% o menos.

[Contenido de O: 0,0030% o menos (excluyendo 0%)]

Cuando se aumenta el contenido de oxígeno en el acero se forman óxidos gruesos, reduciendo de la capacidad de trefilado del alambre, y el contenido es preferiblemente pequeño. Por consiguiente, el contenido máximo de S se especifica como del 0,0030%. El contenido máximo de O es preferiblemente del 0,0020%, y más preferiblemente del 0,0015% o menos.

Una composición básica del alambón de la realización de la invención es como anteriormente, y el remanente es sustancialmente Fe. Sin embargo, el alambón, obviamente, puede contener impurezas inevitables introducidas dependiendo de las condiciones de las materias primas, otros materiales, y el equipo de fabricación. Además, el alambón de realización de la invención puede contener los siguientes elementos opcionales según sea necesario.

[Contenido de Ni: 1% o menos]

5 Ni tiene una ventaja de la supresión de la descarburación superficial, además de la ventaja de mejorar la resistencia a la corrosión. Para exhibir suficientemente las ventajas, el contenido de Ni es preferiblemente al menos del 0,1%, y más preferiblemente al menos del 0,2%, según sea necesario. Sin embargo, cuando el contenido de Ni es excesivo, la microestructura superenfriada se forma fácilmente, por consiguiente, la capacidad de trefilado del alambre se reduce. Por consiguiente, cuando está contenido Ni, el contenido de Ni es preferiblemente del 1% o menos, más preferiblemente del 0,8% o menos, y aún más preferiblemente del 0,6% o menos.

10 [Contenido de Cu: 1,0% o menos]

15 Cu también tiene la ventaja de suprimir la descarburación superficial, y además, la ventaja de mejorar la resistencia a la corrosión, similar a la del Ni. Para exhibir suficientemente las ventajas, el contenido de Cu es preferiblemente al menos del 0,1%, y más preferiblemente al menos del 0,2%, según sea necesario. Sin embargo, cuando el contenido de Cu es excesivo, una microestructura superenfriada se forma fácilmente, y, en consecuencia, la capacidad de trefilado del alambre se reduce. Por otra parte, se pueden producir grietas durante el trabajo en caliente. Por consiguiente, cuando Cu está contenido, el contenido de Cu es preferentemente del 1,0% o menos, más preferiblemente del 0,8% o menos, y aún más preferiblemente del 0,6% o menos.

20 Ni y Cu son comunes en que contribuyen a la supresión de la descarburación superficial y mejoran la resistencia a la corrosión. Por lo tanto, el alambón laminado en caliente contiene preferiblemente al menos uno de Ni y Cu en la cantidad indicada anteriormente.

[Contenido de V: 0.30% o menos]

25 V forma carbonitruros principalmente con C y N y por lo tanto contribuye a la formación de una estructura fina. Para exhibir suficientemente la ventaja, el contenido de V es preferiblemente al menos del 0,01%, y más preferiblemente al menos del 0,05%, según sea necesario. Sin embargo, cuando el contenido de V es excesivo, se reduce la capacidad de trefilado del alambre. En consecuencia, cuando V está contenido, el contenido de V es preferiblemente del 0,30% o menos, más preferiblemente del 0,2% o menos, y aún más preferiblemente del 0,15% o menos.

[Contenido de Ti: 0,10% o menos]

35 Ti forma carbonitruros o sulfuros con C y N, o S, y por lo tanto funciona para desintoxicar N y S. Por otra parte, los carbonitruros de Ti tienen una ventaja de contribuir a la formación de la estructura fina. Para exhibir suficientemente las ventajas, el contenido de Ti es preferiblemente del 0,01% o más, según sea necesario. Desde un punto de vista de la fijación de N, el contenido de Ti es preferentemente más de tres veces y media el contenido de N. Sin embargo, cuando el contenido de Ti es excesivo, se forman carbonitruros gruesos, y en consecuencia, la capacidad de trefilado del alambre puede reducirse. Por consiguiente, cuando Ti está contenido, el contenido de Ti es preferiblemente del 0,10% o menos, más preferiblemente del 0,07% o menos, y aún más preferiblemente del 0,05% o menos.

[Contenido de Nb: 0,1% o menos]

45 Nb forma carbonitruros con C y N y, por tanto, contribuye a la formación de la estructura fina. Para exhibir suficientemente la ventaja, el contenido de Nb es preferiblemente al menos del 0,01%, y más preferiblemente al menos del 0,03%, según sea necesario. Sin embargo, cuando el contenido de Nb es excesivo, se forman carbonitruros gruesos, y en consecuencia, la capacidad de trefilado del alambre se reduce. Por consiguiente, cuando Nb está contenido, el contenido de Nb es preferiblemente del 0,1% o menos, más preferiblemente del 0,07% o menos, y aún más preferiblemente del 0,05% o menos.

[Contenido de Zr: 0,10% o menos]

55 Zr forma carbonitruros y contribuye así a la formación de la estructura fina. Para exhibir suficientemente la ventaja, el contenido de Zr es preferiblemente del 0,01% o más, y más preferiblemente del 0,02% o más, según sea necesario. Sin embargo, cuando el contenido de Zr es excesivo, se forman carbonitruros gruesos, y en consecuencia, la capacidad de trefilado del alambre se reduce. Por consiguiente, cuando Zr está contenido, el contenido de Zr es preferiblemente del 0,10% o menos, más preferiblemente del 0,07% o menos, y aún más preferiblemente del 0,05% o menos.

60 V, Ti, y Nb son comunes en que contribuyen a la formación de la estructura fina mediante la formación de carbonitruros. El alambón laminado en caliente contiene preferiblemente al menos uno de V, Ti, y Nb de la cantidad indicada anteriormente.

65

[Contenido de Mo: 1,0% o menos]

5 Mo forma carbonitruros con C y N, y se concentra en cementita y por lo tanto contribuye a asegurar la resistencia. Para exhibir suficientemente las ventajas, el contenido de Mo es preferiblemente al menos del 0,1%, y más preferiblemente al menos del 0,2%, según sea necesario. Sin embargo, cuando el contenido de Mo es excesivo, la microestructura superenfriada se forma fácilmente, y por consiguiente la capacidad de trefilado del alambre se reduce. Por consiguiente, cuando Mo está contenido, el contenido de Mo es preferiblemente del 1,0% o menos, más preferiblemente del 0,7% o menos, y aún más preferiblemente del 0,5% o menos.

10 [Contenido de B: 50 ppm o menos]

15 B forma nitruros y por lo tanto desintoxica N. Para exhibir suficientemente la ventaja, el contenido de B es preferiblemente de al menos 1 ppm, más preferiblemente de 3 ppm o más, y aún más preferiblemente al menos 5 ppm, según sea necesario. Sin embargo, cuando el contenido de B es excesivo, ya que se forman carbonitruros gruesos y la microestructura superenfriada, se reduce la capacidad de trefilado del alambre. En consecuencia, cuando B está contenido, el contenido de B es preferiblemente 50 ppm o menos, más preferiblemente 40 ppm o menos, y aún más preferiblemente 30 ppm o menos.

[Contenido de Mg: 50 ppm o menos]

20 Mg tiene una ventaja de suavizado de óxidos y por lo tanto mejora la capacidad de trefilado del alambre. Para exhibir suficientemente la ventaja, el contenido de Mg es preferiblemente al menos 0,1 ppm, más preferiblemente al menos 1 ppm, y aún más preferiblemente al menos 10 ppm, según sea necesario. Sin embargo, cuando el contenido de Mg es excesivo, las propiedades de los óxidos se cambian, y por consiguiente la capacidad de trefilado del alambre puede ser bastante reducida. Por consiguiente, cuando Mg está contenido, el contenido de Mg es preferentemente 50 ppm o menos, y más preferiblemente 40 ppm o menos.

[Contenido Ca: 50 ppm o menos]

30 Ca tiene una ventaja de suavizado de óxidos y por lo tanto la mejora de la capacidad de trefilado del alambre. Para exhibir suficientemente la ventaja, el contenido de Ca es preferiblemente al menos 0,1 ppm, más preferiblemente al menos 1 ppm, y aún más preferiblemente al menos 10 ppm, según sea necesario. Sin embargo, cuando el contenido de Ca es excesivo, las propiedades de los óxidos cambian, y por consiguiente la capacidad de trefilado del alambre puede ser bastante reducida. Por consiguiente, cuando Ca está contenido, el contenido de Ca es preferiblemente 50 ppm o menos, y más preferiblemente 40 ppm o menos.

Mg y Ca son comunes en que mejoran la capacidad de trefilado del alambre mediante el suavizado de óxidos. Por lo tanto, el alambón laminado en caliente contiene preferiblemente al menos uno de Mg y Ca en la cantidad indicada anteriormente.

40 [Contenido de elementos de tierras raras: 1,5 ppm o menos]

45 Los elementos de tierras raras (a veces abreviados como "REM") tienen una ventaja de suavizar óxidos y por lo tanto mejorar de la capacidad de trefilado del alambre. Para exhibir suficientemente la ventaja, el contenido de REM es preferiblemente al menos 0,1 ppm, según sea necesario. Sin embargo, cuando el contenido de REM es excesivo, las propiedades de los óxidos cambian, y por consiguiente la capacidad de trefilado del alambre puede ser bastante reducida. Por consiguiente, cuando REM está contenido, el contenido de REM es preferiblemente 1,5 ppm o menos, y más preferiblemente 0,5 ppm o menos. Elementos preferibles entre los REM son La, Ce, Pr y Nd, y uno o al menos dos de los mismos se pueden utilizar.

50 El alambón laminado en caliente satisface los requisitos del contenido de hidrógeno en el acero y la dureza (preferiblemente, requisito del diámetro de grano en adición) puede fabricarse mediante: realizar el calentamiento donde una palanquilla que satisface el requisito de la composición se mantiene de 500 a 730°C durante 60 minutos; calentar la palanquilla a 950 a 1250°C, y realizar la laminación en caliente de la palanquilla para hacer un alambón a la temperatura de laminación (Tr) de 800°C o más y la temperatura de laminación de acabado (Tf) de 1150°C o menos; colocar el alambón laminado en caliente en un lecho de enfriamiento a temperatura de bobinado (TL) de 1020°C o menos para hacer un alambre; y enfriar el alambón a una velocidad media de enfriamiento (CR2) de 4°C/seg o menos de la temperatura de bobinado (TL) a 500°C (y a una velocidad promedio de enfriamiento (CR1) de 5°C/seg o más de la temperatura de bobinado (TL) a 730°C). A continuación, se describe cada una de las etapas de este procedimiento de fabricación.

65 El hidrógeno puede entrar en el acero durante un proceso de fabricación del acero (alambón). En particular, como el alambón laminado en caliente de la realización de la invención, y la palanquilla para la obtención del alambón contienen diversos elementos de aleación, carbonitruros o inclusiones no metálicas de los mismos puede formar sitios donde se atrapa hidrógeno, con lo que el hidrógeno se acumula fácilmente en el acero. Como las trampas de hidrógeno son robustas, el hidrógeno difícilmente se libera de la trampa bajo una condición de temperatura normal.

Los inventores evaluaron la capacidad de trampa de los sitios de trampa de hidrógeno, y como resultado encontraron que el acero fue aceptablemente sometido a calentamiento donde se mantuvo una temperatura de 500°C o más durante 60 minutos o más para reducir efectivamente el contenido de hidrógeno en el acero. Sin embargo, además encontraron que cuando la palanquilla era excesivamente caliente a alta temperatura, se formó austenita, ya que el hidrógeno se disuelve fácilmente en austenita en comparación con la ferrita, y era bastante difícil la liberación de hidrógeno.

Por consiguiente, para disminuir de manera eficiente el contenido de hidrógeno en el acero del alambroón, una palanquilla antes de la laminación puede ser calentada de 500 a 730°C, preferiblemente de 550 a 700°C, durante 60 minutos o más, preferentemente durante 120 minutos o más. El calentamiento antes de la laminación es importante como una etapa en un procedimiento de fabricación de un alambroón laminado en caliente excelente en capacidad de trefilado del alambre, y útil como un procedimiento de disminución de hidrógeno en el acero del alambroón laminado en caliente. El calentamiento se puede realizar en cualquiera de una línea que es la misma que una línea de laminación y una línea separada de la línea de laminación.

A continuación, la palanquilla que satisface el requisito de la composición se calienta de 950 a 1250°C, preferiblemente de 1000 a 1200°C, y se somete a laminación en caliente a la temperatura de laminación (T_r) de al menos 800°C, preferiblemente al menos 850°C, y más preferiblemente al menos 900°C, y la temperatura de laminado de acabado (T_f) de 1150°C o menos, y preferiblemente 1100°C o menos. En ambos casos de temperatura de calentamiento extremadamente baja y alta antes de la laminación, la descarburación se produce en la superficie del alambroón. Cuando la temperatura de laminación es inferior a 800°C, se aumenta la posibilidad de descarburación. Cuando la temperatura de laminado de acabado es una alta temperatura de más de 1150°C, se aumenta la templabilidad debido al crecimiento de granos de austenita, causando el aumento de la templabilidad y, en consecuencia, la resistencia del alambroón se puede aumentar excesivamente.

Se recomienda que el alambroón se coloque en el lecho de enfriamiento a la temperatura de bobinado (T_L) de 1020°C o menos, preferiblemente 980°C o menos, y más preferiblemente 950°C o menos. Esto es porque cuando la temperatura de bobinado excede de 1020°C, el tamaño de grano de austenita se agranda. Es necesario disminuir la dureza del alambroón de manera que el alambroón se enfríe a la velocidad media de enfriamiento (CR_2) de 4°C/seg o menos de la temperatura de bobinado (T_L) a 500°C. Además, por ejemplo, mediante este enfriamiento lento de la temperatura de bobinado (T_L) a 500°C, el contenido de hidrógeno en el acero puede disminuirse aún más. CR_2 es preferiblemente de 3°C/seg o menos.

Sin embargo, para formar una estructura fina debido a la inhibición del crecimiento de granos de austenita y la disminución de la dureza, es eficaz que la velocidad de enfriamiento de CR_1 desde la temperatura de bobinado (T_L) a 730°C sea al menos de 5°C/seg, y preferiblemente al menos 8°C/seg.

Para suprimir la segregación de C de manera que C_{max}/C_0 sea 1,20 o menos, se añade un empapado al procedimiento de fabricación, donde la palanquilla que satisface el requisito de la composición se mantiene a 1250 a 1350°C, preferiblemente de 1280 a 1310°C, durante 60 minutos o más, preferiblemente durante 120 minutos o más, antes del laminado. El empapado se puede realizar en cualquiera de una línea que es la misma que la línea de laminación o una línea separada de la línea de laminación. Por otra parte, se puede realizar antes o después del calentamiento para disminuir el contenido de hidrógeno en el acero.

Sin embargo, para disminuir aún más el contenido de hidrógeno en el acero, es preferible que el empapado se realice para eliminar la banda de la segregación antes del calentamiento. Por otra parte, es preferible que el empapado que requiere alta temperatura se realice en una línea diferente de la línea de laminación, y el calentamiento para disminuir el contenido de hidrógeno en el acero se realice en la línea que es la misma que la línea de laminación, además, desde un punto de vista de los equipos, es preferible que primero se realice el empapado antes del calentamiento.

En la realización de la invención, el diámetro del alambre del alambroón laminado en caliente no está particularmente limitado. Sin embargo, el diámetro del alambre es preferiblemente grande como para suprimir la formación de la microestructura superenfriada. El alambroón de la realización de la invención es excelente en capacidad de trefilado del alambre, por lo tanto, la rotura se puede suprimir de manera efectiva incluso si la varilla se somete a trabajo pesado a partir de un diámetro grande. De acuerdo con ello, un diámetro mínimo de alambre es preferiblemente de 8 mm, más preferiblemente al menos de 10 mm, y más preferiblemente al menos de 12 mm. Por otro lado, como un excesivo diámetro del alambre causa dificultad en el trefilado del alambre, un alambre de un diámetro máximo es preferiblemente 25 mm, más preferiblemente 20 mm, y más preferiblemente 18 mm.

(Realización)

A continuación, aunque la invención se describirá más específicamente con una realización, la invención no está limitada por la siguiente realización y, obviamente, puede practicarse para modificarse apropiadamente dentro de un alcance adaptable al significado descrito antes y después, y cualquiera de tales modificaciones pueden cubrirse dentro de un alcance técnico de la invención.

ES 2 457 842 T3

[Fabricación de alambres]

5 Los materiales de acero que tienen las composiciones químicas indicadas en las tablas 1-1 a 1-2 (el remanente: hierro e impurezas inevitables) fueron formados en palanquillas de 155 mm cuadrados. A continuación se realizaron el empapado, calentamiento, laminación en caliente, bobinado, y enfriamiento bajo las condiciones que figuran en las tablas 2-1 a 2-3, y, en consecuencia, se fabricaron alambres laminados en caliente de 8,0 a 18 mm de diámetro de alambre.

Tabla 1-1

Tipo de acero N°,	Porcentaje en masa								
	C	Si	Mn	Cr	P	S	N	Al	O
A1	0,38	1,78	0,20	1,05	0,008	0,008	0,0041	0,0300	0,0019
A2	0,40	2,09	0,85	1,83	0,003	0,002	0,0032	0,0321	0,0018
A3	0,42	2,71	0,94	1,92	0,002	0,002	0,0028	0,0003	0,0010
A4	0,44	1,92	0,18	1,00	0,008	0,007	0,0039	0,0310	0,0012
A5	0,47	2,05	0,79	0,18	0,015	0,016	0,0035	0,0280	0,0011
A6	0,50	2,01	0,62	1,21	0,021	0,020	0,0028	0,0300	0,0011
A7	0,50	2,01	0,62	1,21	0,027	0,020	0,0028	0,0300	0,0011
A8	0,50	2,01	0,39	1,83	0,013	0,014	0,0032	0,0300	0,0008
A9	0,50	2,18	0,18	1,20	0,005	0,006	0,0028	0,0320	0,0005
A10	0,51	2,40	0,18	1,02	0,004	0,005	0,0030	0,0310	0,0005
A11	0,52	2,41	0,18	1,04	0,004	0,006	0,0032	0,0290	0,0009
A12	0,55	1,81	0,77	0,70	0,013	0,009	0,0041	0,0003	0,0012
A13	0,55	2,32	0,92	1,88	0,003	0,003	0,0033	0,0015	0,0011
A14	0,57	1,41	0,76	0,70	0,016	0,016	0,0039	0,0320	0,0014
A15	0,58	0,19	0,90	0,85	0,014	0,013	0,0066	0,5210	0,0034
A16	0,61	3,12	1,21	0,20	0,005	0,004	0,0030	0,0005	0,0007
A17	0,61	1,47	0,53	0,54	0,012	0,007	0,0029	0,0270	0,0010
A18	0,63	1,62	0,51	0,72	0,008	0,008	0,0030	0,0310	0,0011
A19	0,70	0,18	0,50	2,12	0,005	0,004	0,0025	0,0015	0,0010
A20	0,81	0,20	0,07		0,015	0,026	0,0027	0,0210	0,0022

10

Tabla 1-2

Tipo de acero N°,	Porcentaje en masa							PPM por masa			
	Ni	Cu	Mo	V	Ti	Nb	Zr	Mg	Ca	REM	B
A1	0,53	0,22	0,0	0,168	0,065			0,2	2,7		1,0
A2											
A3											
A4	0,50	0,25	0,0	0,155	0,068			0,1	1,8		1,0
A5	0,30	0,28	0,0	0,156	0,072			0,1	1,9	0,1	
A6	0,02	0,01	0,6		0,051	0,008					
A7	0,02	0,01	1,2	0,080	0,051						
A8	0,01	0,02		0,079	0,048						
A9	0,40	0,39			0,070			35,0	34,0		23,0
A10	0,60	0,58			0,050			35,0	38,0		22,0
A11	0,61	0,57			0,050						1,0
A12		0,03				0,007	0,072	0,1	1,2	0,1	
A13											
A14	0,02	0,03			0,020			0,1	1,3		1,0
A15									0,7		
A16	1,22	1,09						0,2	2,5	0,1	
A17				0,168							
A18					0,075	0,059					
A19				0,321			0,105				
A20					0,110			0,1	0,8		55,0

REM: el contenido total de La, Ce, Pr y Nd

Tabla 2-1

Tipo de acero N°	Alambón No.	Empapado		Calentamiento		Laminado			Temperatura de bobinado	Enfriamiento	
		Temperatura	Tiempo	Temperatura	Tiempo	Temperatura de calentamiento	Temperatura de laminado mínima	Temperatura de laminado de acabado		Velocidad de enfriamiento CR1	Velocidad de enfriamiento CR2
		°C	minutos	°C	minutos	°C	°C	°C	°C	°C/seg	°C/seg
A1	A1-1	-	-	-	-	1240	950	1080	990	12,0	3,5
	A1-2	-	-	600	120	1240	950	1080	990	12,0	3,1
	A1-3	-	-	700	120	1240	950	1080	990	12,2	3,7
	A1-4	-	-	700	120	1220	950	1170	1050	12,2	6,1
	A1-5	1280	60	550	120	1220	950	1045	960	7,1	2,5
	A1-6	1280	60	600	60	1220	950	1045	960	9,2	2,9
	A1-7	1280	60	700	60	1220	950	1045	960	6,3	2,2
	A1-8	1280	60	700	60	1220	950	1020	960	3,7 *	1,4
A2	A2-1	1310	60	600	60	1230	1000	1070	990	4,2 *	1,3
A3	A3-1	1310	60	600	60	1230	1000	1070	990	4,0 *	1,1
A4	A4-1	-	-	600	20	1220	950	1045	950	13,0	5,5
	A4-2	-	-	600	60	1220	950	1045	950	8,8	2,6
	A4-3	-	-	600	60	1220	950	1045	950	7,3	2,5
	A4-4	-	-	700	60	1220	950	1045	950	12,0	3,7
	A4-5	1310	60	600	60	1200	920	1080	980	1,0	1,2
	A4-6	1310	60	600	60	1200	920	1080	980	16,0	2,7

* fuera del alcance de la presente invención

Tabla 2-2

Tipo de acero N°	Alambón N°	Empapado		Calentamiento		Laminado			Temperatura de bobinado	Enfriamiento	
		Temperatura °C	Tiempo Minutos	Temperatura °C	Tiempo minutos	Temperatura de laminado mínima °C	Temperatura de laminado de acabado °C	Velocidad de enfriamiento CR1 °C/seg		Velocidad de enfriamiento CR2 °C/seg	
									Temperatura		Tiempo
A5	A5-1	1260	60	550	20	950	1045	980	15,2	6,8	
	A5-2	1260	60	550	40	950	1045	980	12,8	5,9	
	A5-3	1260	60	550	120	950	1045	980	0,5	2,8	
	A5-4	1260	60	600	60	950	1045	950	6,7	1,8	
	A5-5	1260	60	600	60	950	1045	950	3,8 *	1,7	
A6	A6-1	1310	60	-	-	920	1020	925	12,2	2,3	
	A6-2	1310	60	700	60	920	1020	925	12,5	2,0	
A7	A7-1	1280	60	-	-	920	1020	925	12,1	2,9	
	A7-2	1280	60	700	60	920	1020	925	12,0	3,7	
A8	A8-1	1280	60	-	-	920	1000	925	2,7	1,5	
	A8-2	1280	60	720	60	920	1000	925	2,5 *	1,4	
A9	A9-1	-	-	-	-	920	1000	925	2,5	1,8	
	A9-2	-	-	650	120	920	1000	925	2,4 *	1,7	
A10	A10-1	1280	60	650	120	900	990	900	10,0	1,3	
A11	A11-1	1280	60	650	120	900	990	900	9,7	1,4	

* fuera del alcance de la presente invención

Tabla 2-3

Tipo de acero Nº.	Alambón Nº.	Empapado		Calentamiento		Laminado			Temperatura de bobinado	Enfriamiento	
		Temperatura °C	Tiempo minutos	Temperatura °C	Tiempo minutos	Temperatura de calentamiento °C	Temperatura de laminado mínima °C	Temperatura de laminado de acabado °C		Velocidad de enfriamiento CR1 °C/seg	Velocidad de enfriamiento CR2 °C/seg
A12	A10-1	1260	60	700	60	1050	850	1000	900	11,8	1,2
A13	A13-1	1310	60	600	60	1220	930	1030	990	4,5 *	1,4
	A13-2	1310	60	600	60	1220	930	1030	990	10,1	2,1
	A13-3	1310	60	600	60	1220	930	1030	990	14,3	3,2
A14	A14-1	1260	60	700	60	1000	850	900	880	11,2	1,2
A15	A15-1	1260	60	700	60	1000	850	900	880	10,8	1,5
A16	A16-1	1260	60	700	60	1150	900	950	925	10,2	1,9
A17	A17-1	-	-	-	-	1150	900	1050	925	8,9	2,2
	A17-2	-	-	400	60	1150	900	1050	925	9,4	2,4
	A17-3	-	-	600	60	1150	900	1080	925	9,0	2,0
	A17-4	-	-	600	60	1100	870	1080	925	14,3	5,9
	A17-5	-	-	700	60	1100	870	1080	900	15,7	3,1
	A17-6	-	-	700	180	1100	870	1080	900	15,0	2,7
	A17-7	-	-	700	180	1100	870	1080	900	15,0	0,4
A18	A18-1	-	-	700	180	1150	900	1000	925	15,7	1,8
A19	A19-1	1280	60	700	60	1150	900	1050	900	9,5	2,2
A20	A20-1	1280	60	700	60	1150	900	1050	900	10,3	2,4

* fuera del alcance de la presente invención

[Contenido de hidrógeno en el acero]

Como el contenido de hidrógeno en el acero, se midió el contenido total de hidrógeno evolucionado a partir de una muestra en forma de disco (espesor: 2 mm) desde la temperatura ambiente a 350°C bajo una condición de temperatura de calentamiento de 10 K/min usando APIMS. Los resultados se muestran en las Tablas 3-1 a 3-3.

[Dureza]

Los alambres se cortaron en secciones transversales laterales para preparar tres muestras por alambre, y en una posición de profundidad de D/4 de cada muestra, la dureza se midió en cuatro puntos mediante un probador de dureza Vickers (carga: 1 kgf), y se obtuvo la media aritmética simple de los valores obtenidos, de modo que se calculó la dureza de cada alambre. Los resultados se muestran en las Tablas 3-1 a 3-3.

Un gráfico que muestra una relación entre C_0 (C_0 indica el contenido de C (porcentaje en masa) en la posición de profundidad de D/4 (D: diámetro del alambre)) y la dureza de cada alambre se representa como en la figura 1. En la figura 1, los círculos negros (más allá del rango de dureza de la presente invención) son un diagrama de datos de alambres A1-4, A2-1, A3-1, A3-2 y A 14-4; los cuadrados negros (más allá del rango de composición de la presente invención) son un trazado de los datos del alambre obtenidos a partir de tipos de acero cuadrados A5, A12, A13, A16 y A17; los triángulos negros (más allá del rango de contenido de hidrógeno de la presente invención) son un diagrama de datos de los alambres A1-1, A4-1, A6-1, A7-1, A14-1 y A 14-2; y los círculos blancos (ejemplo inventivo) son un trazado de otros datos de los alambres.

Los datos de los alambres A1-4, A2-1, A3-1, A3-2 y A14-4 se sometieron a aproximación de energía, en consecuencia, se obtuvo una expresión aproximada de dureza = $466,06 \times C_0^{0,10}$ ($R^2 = 0,62$). Tal curva aproximada también se muestra en la figura 1 mediante una línea continua. En la figura 1, de manera similar, una curva aproximada de $460 \times C_0^{0,10}$ se muestra en una línea discontinua, una curva aproximada de $450 \times C_0^{0,10}$ se muestra en una línea discontinua, y una curva aproximada de $440 \times C_0^{0,10}$ se muestra en una línea de puntos.

[Diámetro medio de grano (D_{ave}) y diámetro de grano máximo (D_{max})]

Una muestra de 10 mm de longitud se tomó de cada uno de los alambres mediante corte húmedo, a continuación, como preparación de muestras para la medición EBSP, se realizó un pulido en húmedo, pulido, y pulido químico de manera que se preparó una muestra, donde la tensión y la irregularidad debida al pulido se redujeron al máximo. En ese momento, el pulido se realizó de tal manera que una superficie de observación corresponde a un centro de diámetro de alambre en una sección vertical del alambre. Usando una muestra obtenida, la medición se realizó con el centro de diámetro de alambre del alambre como un punto de medición EBSP. En ese momento, una etapa de medición se establece para que fuera de 0,5 μm o menor, de tal manera que un área de medición de cada alambre era de 60.000 μm^2 o más. Después de la medición, se analizó la orientación del cristal, donde se utilizaron los resultados de medición que tienen un valor medio de CI de 0,3 o más para mejorar la fiabilidad del análisis.

Se obtuvieron resultados analíticos (mapa de límites) suponiendo que una región delimitada por una línea de límite que tiene una diferencia en azimut de 10 grados o más mediante el análisis de la orientación del cristal bcc -Fe era el "grano" en la realización de la invención. En el mapa de límites obtenido, se obtuvo un área de una región individual (unidad de cristal) encerrada por la línea de límite usando el software de análisis de imagen "Image-Pro" (fabricado por ADVANSOFT Ltd.), a continuación, se calculó el círculo del diámetro equivalente (diámetro) a partir del área como el diámetro de grano de un grano individual. La medición se realizó para al menos tres muestras, y el diámetro medio de grano (D_{ave}) como el diámetro promedio en número, y el diámetro de grano máximo (D_{max}) se calcularon sobre la base de todos los datos de la medición. Los resultados se muestran en las Tablas 3-1 a 3-3.

[C_{max}/C_0]

C_{max} o C_0 se midió mediante un procedimiento de absorción de infrarrojos de combustión usando una muestra de polvo tomada a partir de la posición de la profundidad de D/2 o D/4, respectivamente. Los valores de C_{max}/C_0 calculados usando C_{max} y C_0 se muestran en las Tablas 3-1 a 3-3.

[Trefilado del alambre]

Los alambres obtenidos fueron decapados mediante decapado, a continuación, se aplicaron con una capa superficial mediante bonderización, y después se sometieron a trefilado del alambre en seco. En primer lugar, en el trefilado del alambre 1, el trefilado del alambre se realizó bajo una condición de deformación real $> 0,25$ para comprobar la presencia de rotura. Por otra parte, los alambres sin rotura que se produjeron en el trefilado del alambre 1 se sometieron a trefilado del alambre bajo una estricta condición adicional de deformación real $> 0,50$ para comprobar la presencia de rotura. Los resultados se muestran en las Tablas 3-1 a 3-3.

Tabla 3-1

Tipo de acero Nº.	Alambre Nº.	Diámetro del alambre		460x C _{0,1}	Dureza		Contenido de hidrógeno en el acero	Diámetro de grano		C _{max} /C ₀	Treflado del alambre 1		Treflado del alambre 2		
		mm	mm		HV	mm		mm	Tensión verdadera		Resultado treflado del alambre	Diámetro final del alambre	Tensión verdadera	Resultado treflado del alambre	
															D _{ave} µm
A1	A1-1	12,0	12,0	383	418	2,63	12,0	23,5	1,17	10,0	0,36	x	-	-	
	A1-2	12,0	12,0	362		1,76	12,0	27,4	1,17	10,0	0,36	0,36	o	0,58	o
	A1-3	12,0	12,0	393		0,53	12,0	25,0	1,17	10,0	0,36	0,36	o	0,58	o
	A1-4	12,0	12,0	432		0,88	12,0	16,8	1,17	10,0	0,36	0,36	x	-	-
	A1-5	16,0	16,0	349		2,21	16,0	39,0	0,98	13,0	0,42	0,42	o	0,58	o
	A1-6	16,0	16,0	351		1,11	16,0	37,8	0,98	13,0	0,42	0,42	o	0,58	o
	A1-7	16,0	16,0	343		0,90	16,0	41,3	0,98	13,0	0,42	0,42	o	0,58	o
	A1-8	18,0	18,0	331		1,06	18,0	58,9	0,98	14,5	0,43	0,43	o	0,58	o
A2	A2-1	15,0	15,0	292	0,40	15,0	48,5	1,03	12,0	0,45	0,45	o	0,62	o	
A3	A3-1	15,0	15,0	300	0,33	15,0	50,3	1,05	12,0	0,45	0,45	o	0,62	o	
A4	A4-1	16,0	16,0	425	2,56	16,0	16,9	1,24	13,0	0,42	0,42	x	-	-	
	A4-2	16,0	16,0	341	2,42	16,0	38,5	1,24	13,0	0,42	0,42	o	0,58	x	
	A4-3	16,0	16,0	350	2,26	16,0	39,0	1,24	13,0	0,42	0,42	o	0,58	x	
	A4-4	16,0	16,0	409	1,23	16,0	20,5	1,24	13,0	0,42	0,42	o	0,58	x	
	A4-5	11,5	11,5	303	1,12	11,5	88,3	1,10	10,0	0,28	0,28	o	0,60	x	
	A4-6	11,5	11,5	355	1,70	11,5	22,5	1,10	10,0	0,28	0,28	o	0,73	o	

Resultado del treflado del alambre o: sin rotura, x: rotura

Tabla 3-2

Tipo de acero Nº.	Alambre Nº.	Diámetro del alambre mm	Contenido de hidrógeno en el acero ppm	Dureza HV	460x C _{0,1}	Diámetro del grano		C _{max} /C ₀	Trefilado del alambre 1		Trefilado del alambre 2			
						Diámetro del grano promedio	Diámetro del grano máximo		Diámetro final del alambre mm	Tensión verdadera	Resultado trefilado del alambre	Diámetro final del alambre mm	Tensión verdadera	Resultado trefilado del alambre
A5	A5-1	15,5	2,68	432	427	5,8	12,1	1,07	13,0	0,35	x	-	-	
	A5-2	15,5	2,53	430		6,5	12,7	1,07	13,0	0,35	x	-	-	-
	A5-3	15,5	2,20	349		17,0	81,0	1,07	13,0	0,35	o	11,5	0,60	x
	A5-4	15,5	1,75	346		8,1	42,2	1,07	13,0	0,35	o	11,5	0,60	o
	A5-5	15,5	1,21	337		10,5	52,0	1,07	13,0	0,35	o	11,5	0,60	o
A6	A6-1	15,5	2,68	359	429	7,2	21,4	1,01	13,0	0,35	x	-	-	
	A6-2	15,5	1,07	367		7,0	27,4	1,01	13,0	0,35	o	11,5	0,60	o
A7	A7-1	15,5	2,71	393	429	7,1	23,4	1,11	13,0	0,35	x	-	-	
	A7-2	15,5	1,22	412		7,5	18,2	1,11	13,0	0,35	x	-	-	-
A8	A8-1	14,5	2,61	352	429	12,6	61,0	1,05	12,0	0,38	x	-	-	
	A8-2	14,5	0,41	341		13,5	63,9	1,05	12,0	0,38	o	11,0	0,55	o
A9	A9-1	14,5	2,59	355	429	14,0	58,4	1,10	12,0	0,38	x	-	-	
	A9-2	14,5	0,68	362		15,4	58,0	1,10	12,0	0,38	o	11,0	0,55	o
A10	A10-1	14,0	0,52	352	430	8,0	53,1	1,02	12,0	0,31	o	10,0	0,67	o
A11	A11-1	14,0	0,63	358	431	8,5	53,7	1,02	12,0	0,31	o	10,0	0,67	o

Tabla 3-3

Tipo de acero N°.	Alambre N°.	Diámetro del alambre		460x C ₀ ^{0,1}	Diámetro de grano		C _{max} /C ₀	Trefilado del alambre 1		Trefilado del alambre 2			
		mm	mm		D _{ave} μm	D _{max} μm		Diámetro de alambre final	Tensión verdadera	Resultado trefilado del alambre	Diámetro de alambre final	Tensión verdadera	Resultado trefilado del alambre
A12	A10-1	13,0	13,0	433	9,2	59,1	1,05	11,0	0,33	10,0	0,52	○	
	A 13-1	15,0	15,0	329	9,8	50,2	1,08	13,0	0,29	11,5	0,53	○	
A13	A13-2	15,0	15,0	433	7,7	39,4	1,08	13,0	0,29	11,5	0,53	○	
	A13-3	15,0	15,0	402	5,3	30,3	1,08	13,0	0,29	11,5	0,53	○	
A14	A14-1	13,0	13,0	346	7,6	48,9	1,05	11,0	0,33	10,0	0,52	○	
A15	A15-1	13,0	13,0	359	7,0	47,7	1,04	11,0	0,33	-	-	-	
A16	A16-1	13,0	13,0	373	8,1	42,0	1,04	11,0	0,33	-	-	-	
A17	A17-1	12,5	12,5	359	8,5	30,9	1,12	11,0	0,26	-	-	-	
	A17-2	12,5	12,5	372	8,3	31,3	1,12	11,0	0,26	-	-	-	
	A17-3	12,5	12,5	360	8,0	35,2	1,12	11,0	0,26	9,0	0,66	○	
	A17-4	13,0	13,0	449	8,5	16,7	1,12	11,0	0,33	-	-	-	
	A 17-5	13,0	13,0	407	9,1	25,3	1,12	11,0	0,33	9,5	0,63	○	
A18	A17-6	13,0	13,0	392	8,3	30,1	1,12	11,0	0,33	9,5	0,63	○	
	A17-7	13,0	13,0	331	7,8	38,6	1,12	11,0	0,33	9,5	0,63	○	
A18	A18-1	13,0	13,0	350	7,0	33,8	1,12	11,0	0,33	9,5	0,63	○	
A19	A19-1	8,0	8,0	370	8,8	30,5	1,40	7,0	0,27	-	-	-	
A20	A20-1	8,0	8,0	382	8,0	50,1	1,04	7,0	0,27	-	-	-	

Wire drawing result ○: no breakage, x: breakage

5 A partir de los resultados mostrados en las Tablas 3-1 a 3-3, aunque la rotura se produjo incluso en el trefilado del alambre 1 en condiciones fáciles en alambres que no cumplen alguno de los requisitos del componente, el contenido de hidrógeno en el acero, y la dureza especificada en la realización de la invención; sin embargo, la rotura no se produjo en el trefilado del alambre 1 en alambres que satisfacen todos estos requisitos. Por otra parte, entre los alambres de la realización de la invención, en alambres que satisfacen los requisitos de diámetro de grano (D_{ave} y D_{max}) y la segregación de C (C_{max}/C_0), la rotura no se produjo incluso en el trefilado del alambre 2 bajo condiciones estrictas.

REIVINDICACIONES

1. Un alambro laminado en caliente para trefilados de alambre donde la deformación real es más de 0,42, que consiste en:

- 5 C: 0,35 a 0,65% (porcentaje en masa, en lo sucesivo expresado así);
 Si: 1,4 a 3,0 %;
 Mn: 0,10 a 1,0%;
 Cr: 0,1 a 2,0%;
 10 P: 0,025 % o menos (excluyendo 0%);
 S: 0,025% o menos (excluyendo 0%);
 N: 0,006% o menos (excluyendo 0%);
 Al: 0,1% o menos (excluyendo 0%); y
 O: 0,0030% o menos (excluyendo 0%),

15 y opcionalmente uno o más seleccionados de:

- Ni: 1% o menos (excluyendo 0%) y/o Cu: 1,0% o menos (excluyendo 0%),
 al menos un elemento seleccionado de un grupo que consiste en:
 20 V: 0,30 % o menos (excluyendo 0%);
 Ti: 0,10% o menos (excluyendo 0%);
 Nb: 0,1% o menos (excluyendo 0%); y
 Zr: 0,10% o menos (excluyendo 0%),
 Mo: 1,0% o menos (excluyendo 0%), B: 50 ppm o menos (excluyendo 0 ppm),

25 al menos un elemento seleccionado de un grupo que consiste en:

- Mg: 50 ppm o menos (excluyendo 0 ppm);
 Ca: 50 ppm o menos (excluyendo 0 ppm); y
 30 elementos de tierras raras: 1,5 ppm o menos (excluyendo 0 ppm),

con el remanente consistiendo en Fe e impurezas inevitables;

- donde el contenido de hidrógeno en acero es 2,50 ppm (ppm en masa, en lo sucesivo expresado así) o menos,
 donde la dureza (HV) es $460 \times C_0^{0.1}$ o menos (C_0 indica el contenido de C (porcentaje en masa) en una posición de
 35 profundidad de D/4 (D: diámetro del alambro)),
 donde el diámetro medio de grano (D_{ave}) es de 20 μm o menos, y el diámetro máximo de grano (D_{max}) es de 80 μm o
 menos en un grano bcc-Fe de una estructura metalográfica, y
 donde el diámetro del alambro no es menos de 8 mm y no más de 25 mm.

40 2. El alambro laminado en caliente de acuerdo con la reivindicación 1, que satisface:

$$C_{max}/C_0 \leq 1,20 \dots (1)$$

45 (donde C_{max} indica el contenido de C (porcentaje en masa) en una posición de profundidad de D/2 (D: diámetro del alambro)), y C_0 indica el contenido de C (porcentaje en masa) en la posición de profundidad de D/4).

3. Un procedimiento de fabricación de un alambro laminado en caliente excelente en capacidad de trefilado de alambre que comprende las etapas de:

- 50 realizar un calentamiento donde una palanquilla que satisface el requisito de la composición de acuerdo con la reivindicación 1 o 2 se mantiene de 500 a 730°C durante 60 minutos;
 calentar la palanquilla a 950 a 1250°C, y realizar la laminación en caliente de la palanquilla para hacer un alambro laminado en caliente a la temperatura de laminación (T_r) de 800°C o más y a la temperatura de laminado de acabado (T_f) de 1150°C o menos;
 55 colocar el alambro laminado en caliente en un lecho de enfriamiento a temperatura de bobinado (TL) de 1020°C o menos para hacer un alambro; y
 enfriar el alambro a una velocidad media de enfriamiento (CR1) de 5°C/seg o más a partir de la temperatura de bobinado (TL) a 730°C, y a una velocidad media de enfriamiento (CR2) de 4°C/seg o menos a partir de la temperatura de bobinado (TL) a 500°C.

60 4. Un procedimiento de fabricación de un alambro laminado en caliente excelente en capacidad de trefilado de alambre que comprende las etapas de:

- 65 realizar un tratamiento de homogeneización donde una palanquilla que satisface el requisito de la composición de acuerdo con la reivindicación 1 o 2 se mantiene a 1250 a 1350°C durante 60 minutos;

ES 2 457 842 T3

realizar un calentamiento donde la palanquilla se mantiene a 500 a 730°C durante 60 minutos;
calentar la palanquilla a 950 a 1250°C, y realizar la laminación en caliente de la palanquilla para hacer un alambón a la temperatura de laminación (Tr) de 800°C o más y a la temperatura de laminado de acabado (Tf) de 1150°C o menos;

- 5 colocar el alambón laminado en caliente en un lecho de enfriamiento a una temperatura de bobinado (TL) de 1020°C o menos para hacer un alambón; y
enfriar el alambón a una velocidad media de enfriamiento (CR1) de 5°C/seg o más a partir de la temperatura de bobinado (TL) a 730°C, y con una velocidad media de enfriamiento (CR2) de 4°C/seg o menos a partir de la temperatura de bobinado (TL) a 500°C.

FIG. 1

