

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 397 832**

51 Int. Cl.:

C22C 38/02 (2006.01)

C22C 38/04 (2006.01)

C21D 8/06 (2006.01)

C22C 38/40 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **24.09.2003 E 03748555 (4)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **26.12.2012 EP 1577410**

54 Título: **Alambrón molido en caliente que destaca en cuanto a capacidad de trefilado del alambre y que permite evitar el tratamiento térmico antes del trefilado del alambre**

30 Prioridad:

26.09.2002 JP 2002281161

30.07.2003 JP 2003282947

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

11.03.2013

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:

**NAGAO, MAMORU;
KURODA, TAKESHI, y
MINAMIDA, TAKAAKI**

74 Agente/Representante:

UNGRÍA LÓPEZ, Javier

ES 2 397 832 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

Alambrón molido en caliente que destaca en cuanto a capacidad de trefilado del alambre y que permite evitar el tratamiento térmico antes del trefilado del alambre

5

Campo de la Invención

La presente invención se refiere a un alambrón laminado en caliente que presenta una excelente capacidad de trefilado del alambre y se encuentra laminado en caliente y, de este modo, permite la omisión del tratamiento térmico antes del trefilado del alambre. El alambre laminado en caliente de acuerdo con la presente invención muestra, a lo largo de toda su longitud: no solo resistencia a la tracción de un valor medio controlado de manera apropiada y baja variación; sino también una reducción del área de un valor medio elevado y baja variación. Por tanto, resulta útil como material para la producción de alambres de acero de alta resistencia tales como cordones de acero, alambres para talones de neumáticos, alambres de acero para hormigón pretensado, cables de alambres, etc.

10

15

En el presente documento, alambrón de acero de la presente invención es un alambrón laminado en caliente de 5,0 mm o más de diámetro y esto viene determinado por el hecho de que, en el caso de la producción de un alambrón convencional, se requiere la mayor capacidad de trefilado en el proceso de trefilado de un alambrón de acero al carbono (basado en JIS) de 5,5 a 5,0 mm de diámetro para dar lugar finalmente a un alambre tratado térmicamente de 1,0 mm de diámetro o similar. A la vista de esto, la presente invención proporciona una tecnología que mejora más la capacidad de trefilado de un alambre laminado en caliente que presenta el mismo diámetro que un alambrón convencional.

20

Técnica Anterior

25

Históricamente, el cordón de acero, el alambre para el talón de neumático o similares se han producido de manera general por medio de los procesos de: laminado en caliente de un acero al carbono que contiene aproximadamente de 0,7 a 0,8% de carbono (que corresponde a JIS G3502 (SWRS72A y SWRS82A)); posteriormente producción de un alambrón de acero de 5,0 a 6,4 mm de diámetro por medio del control de sus condiciones de enfriamiento; someter el mismo, de forma sucesiva, a trefilado primario del alambre, tratamiento de templado isotérmico, trefilado secundario del alambre (tratamiento de templado isotérmico secundario en el caso de un cordón de acero), metalizado con fase dual de Cu-Zn y tratamiento de azulado; y posteriormente aplicación final de trefilado del alambre en húmedo (trefilado de alambre de acabado), obteniéndose de manera resultante un diámetro de alambre prescrito. Entre los procesos anteriores, el tratamiento de templado isotérmico (tratamiento de atemperado) se aplica con el fin de obtener una estructura fina de perlita que resulte beneficiosa para la capacidad de trefilado del alambre. Pero, con el objetivo de mejorar la productividad, mejorando el ahorro de energía, y reduciendo los costes, se han favorecido el desarrollo de un alambrón laminado en caliente (alambrón de templado isotérmico directo) capaz de omitir el tratamiento térmico tal como el templado isotérmico y similares.

30

35

40

Por ejemplo, el documento de patente 1 (JP-B N.º. 60900/1991) propone un alambrón definido especificando la relación entre el equivalente de carbono, la resistencia a la tracción y el porcentaje de perlita gruesa de un alambrón de acero de alto contenido de carbono en forma de alambrón de acero que resulta excelente en cuanto a vida de servicio en el troquel de trefilado y que presenta una baja frecuencia de ruptura del alambre (en referencia a las REIVINDICACIONES, desde el renglón 19 del primer párrafo hasta el renglón 6 del segundo párrafo, y desde el renglón 7 al renglón 33 del quinto párrafo). De acuerdo con el documento, el valor medio de la resistencia a la tracción se encuentra controlado en relación con el equivalente de carbono, en particular sobre la base del conocimiento de que "un alambre de templado isotérmico directo presenta un determinado valor óptimo de resistencia a la tracción y la tasa de ruptura del alambre aumenta cuando la resistencia a la tracción se encuentra bien por debajo o bien por encima de un valor óptimo". Como resultado de los estudios llevados a cabo por parte de los presentes inventores, sin embargo, se ha aclarado que existen casos en los que no es posible evitar la aparición de una ruptura de alambre de manera suficiente durante el trefilado, incluso cuando se adoptan dichas medidas de control. De manera general, en el caso de un alambrón laminado común, sus propiedades mecánicas varían a lo largo de la longitud (partes longitudinales) y tiene lugar la coexistencia en el mismo de partes con elevada resistencia de tracción y reducción de área y partes de baja resistencia a la tracción y reducción de área. Además, las partes que presentan, localmente, elevada resistencia o baja ductilidad se encuentran insuficientemente controladas por medio de únicamente la regulación del valor medio de la resistencia a la tracción tal y como viene estipulado en el presente documento, y las partes actúan como los orígenes de la ruptura durante el trefilado del alambre y provocan la ruptura del alambre.

45

50

55

60

Además, aunque no se pretende proponer un alambrón de templado isotérmico directo, como método para permitir el reblandecimiento directo por medio de enfriamiento lento de la bobina tras el laminado en caliente, el documento de patente 2 (JP-A N.º. 179325/2001) describe un método para controlar la tasa de enfriamiento de la bobina en una cinta transportadora de enfriamiento después del laminado en caliente, los componentes del material de acero, el diámetro de los granos de austenita al comienzo del enfriamiento lento, el diámetro del alambre, el paso de aro y la temperatura de la cubierta de enfriamiento lento (se refiere a los párrafos [0001], [0004], [0020] a [0026], y la Figura 1). No obstante, el documento no incluye, desde el principio, la idea, de la presente invención, de que "resulta

65

esencial hacer que el alambroón tenga las propiedades mecánicas de baja variación con el fin de proporcionar un alambre laminado en caliente con una capacidad de trefilado de alambre incomparablemente excelente". Además, de manera similar al caso del documento de patente 1, las partes de resistencia extremadamente baja o ductilidad baja localmente se encuentran todavía insuficientemente controladas.

5 K, Minami, T. Nishiyama, S. Shimazu y E. Takahashi, "Drawing high-grade stella wire rods without heat treatment", Wire Journal International, vol. 16, páginas 236-247 describe el trefilado de alambrones que incluyen los que presentan las siguientes composiciones:

(% en peso)							
Calidad	C	Si	Mn	P	S	Cr	V
Acero Cr-V	0,65	0,23	0,70	0,015	0,010	0,50	0,170
Acero Si-Cr	0,55	1,45	0,70	0,015	0,010	0,70	-

10 También se proporcionan las condiciones de enfriamiento de los alambrones. Sin embargo, las propiedades mecánicas resultantes son diferentes de las de la presente invención teniendo en cuenta el proceso de enfriamiento diferente usado.

15 El documento EP 1 277 846 describe un alambroón de acero con elevado contenido en carbono que presenta una capacidad de trefilado superior que tiene la composición química (en % en masa) de C: 0,6-1,0%, Si 0,1-1,5%, Mn: 0,3-0,9%, P: no más de 0,02%, S: no más de 0,03%, N: no más de 0,005% (Nb opcional: 0,020-0,050% y V: 0,05-0,20%) siendo el resto Fe e impurezas inevitables, y la estructura está caracterizada por cantidades de perlita en no menos de 95% del área. También se proporcionan el diámetro medio de nódulo y el espaciado medio lamelar. No obstante, se describen diferentes procesos de enfriamiento lo que da lugar a un alambroón que tiene diferentes propiedades mecánicas de las de la presente invención.

Descripción de la Invención

25 Se ha establecido la presente invención a la vista de la situación anterior y su objetivo es proporcionar un alambroón laminado en caliente que resulte excelente de manera incomparable en cuanto a capacidad de trefilado y que se rompa de manera mucho menos frecuente que un alambroón convencional, incluso cuando es sometido a procesado, justo después del laminado en caliente, omitiendo el tratamiento térmico tal como un tratamiento de templado isotérmico o similar.

30 La esencia de la presente invención, que soluciona los problemas anteriores, es un alambroón laminado en caliente que presenta una excelente capacidad de trefilado a medida que es laminado en caliente y, de este modo, permite omitir el tratamiento térmico antes del trefilado del alambre:

35 siendo dicho alambroón laminado en caliente un alambroón laminado en caliente de 5,0 mm o más de diámetro, consistiendo esencialmente en masa en

C: de 0,6 a 1,0%,

Si: de 0,1 a 1,5%,

Mn: de 0,3 a 1,0%,

40 P: de 0,02% o menos,

S: de 0,02% o menos;

de manera opcional Cr: 0,3% o menos (excluyendo cero) y/o

Ni: 0,3% o menos (excluyendo cero);

45 de manera opcional al menos un elemento seleccionado entre el grupo de Nb, V, Ti, Hf y Zr por 0,1% o menos (excluyendo cero) en total;

de manera opcional en la que N se encuentra controlado por medio de 0,01% o menos;

de manera opcional en la que Al y Mg se encuentran controlados hasta 0,05% o menos y 0,01% o menos, respectivamente;

de manera opcional B: de 0,001 a 0,005%;

50 estando el equilibrio formado por hierro e impurezas inevitables, y

estando formado no menos de 90% de dicho alambroón, en porcentaje en área, por una estructura de perlita, y satisfaciendo las propiedades mecánicas de dicho alambroón de 4 mm de longitud las expresiones siguientes (1) a (4),

55 (1) $TS^* - 30 \leq \text{valor medio de resistencia a la tracción } (TS_{AV} \text{ en MPa}) \leq TS^* + 30$, en la que, TS^* (TS^* en MPa) = $400 \times \{ [C] + ([Mn] + [Si]/5) + 670$ y los elementos de los corchetes [] de la igualdad significan los contenidos de los elementos relevantes en porcentaje,

(2) Desviación Estándar de la resistencia a la tracción (TS_{σ}) ≤ 30 MPa,

(3) Valor medio de la reducción de área (RA_{AV}) $> 35\%$

60 (4) Desviación estándar de la reducción de área (RA_{σ}) $\leq 4\%$.

Breve Descripción de los Dibujos

- La Figura 1 muestra la relación entre d/L y RA_{σ} en los casos de los Nos. de Muestra 8 a 14 por medio del método de enfriamiento B.
- 5 La Figura 2 es un gráfico que muestra la relación entre d/L y la capacidad de trefilado del alambre (frecuencia de ruptura del alambre a un trefilado hasta un diámetro de 1,2 mm) en los casos en los Nos. de Muestra 8 a 14 por medio del método de enfriamiento B.
- La Figura 3 es un gráfico que muestra la relación entre d/L y RA_{σ} en los casos de los Nos. de Muestra 15 a 21 por medio del método de enfriamiento C.
- 10 La Figura 4 es un gráfico que muestra la relación entre d/L y la capacidad de trefilado (con frecuencia de ruptura del alambre a un trefilado hasta un diámetro de 1,2 mm) en los casos de los Nos. de Muestra 15 a 21 por medio del método de enfriamiento C.
- La Figura 5 es un gráfico que muestra la relación entre d/L y RA_{σ} en los casos en los de los Nos. de Muestra 1 a 6 por medio del método de enfriamiento A.
- 15 La Figura 6 es un gráfico que muestra la relación entre d/L y la capacidad de trefilado en los casos en los de los Nos. de Muestra 1 a 6 por medio del método de enfriamiento A.

Mejor Modo de Llevar a Cabo la Invención

- 20 Los presentes inventores han estudiado con empeño el objetivo de proporcionar un alambón laminado en caliente que presente una capacidad de trefilado del alambre, a medida que es laminado en caliente, mejor que la del alambón convencional. Como resultado de los estudios, se ha comprobado que, con el fin de garantizar una buena capacidad de trefilado del alambre: aunque sea necesario controlar el valor medio (TS_{AV}) de la resistencia a la tracción (TS) dentro de un intervalo prescrito por medio de la aplicación de enfriamiento controlado o similar, tras la
- 25 conclusión del laminado en caliente, tal y como viene indicado por los documentos de patente anteriormente mencionados, la simple aplicación de los medios de control resulta todavía insuficiente: y resulta necesario aumentar el valor medio (RA_{AV}) de la reducción de área (RA) que es un índice de ductilidad. Además, también se ha descubierto que cuando se rebaja TS, aumenta la variación de RA, no queda garantizado un valor de RA_{AV} deseado, y de este modo no es posible evitar la aparición de la ruptura del alambre provocada por el deterioro local de la ductilidad. Es decir, se ha aclarado que, con el fin de proporcionar un "alambón laminado en caliente que presente una capacidad de trefilado del alambre incomparablemente excelente", capaz de reducir la frecuencia de ruptura del alambre más que un alambón convencional; resulta insuficiente simplemente controlar el valor de TS_{AV} en un nivel
- 30 bajo; también es necesario controlar RA_{AV} y la desviación estándar de la reducción de área (RA_{σ}); y además, resulta esencial controlar además la desviación estándar de la resistencia a la tracción (TS_{σ}) en un nivel bajo y garantizar un alambón laminado en caliente que presente propiedades mecánicas variables. Además, los presentes inventores han descubierto que, con el fin de obtener dicho alambón laminado en caliente, resulta insuficiente simplemente controlar las condiciones de laminado en caliente y regular una tasa de enfriamiento tras el enrollado; y dicho alambón laminado en caliente se puede obtener únicamente por medio del control de la densidad de carga (d/L , d significa el diámetro del alambón y L el paso de aro) del alambón transferido sobre la cinta transportadora tras el laminado en una cantidad menor que el método convencional. Sobre la base de estos descubrimientos, se ha
- 40 establecido la presente invención.

A continuación, se explica un alambón de acuerdo con la presente invención.

- 45 Como se ha mencionado anteriormente, el "alambón laminado en caliente, que presenta una capacidad de trefilado excelente, que permite omitir el tratamiento térmico antes del trefilado del alambre" de acuerdo con la invención está caracterizado por que: el alambón laminado en caliente es un alambón laminado en caliente de 5,0 mm o más de diámetro, que contiene C de 0,6 a 1,0%, Si de 0,1 a 1,5% y Mn de 0,3 a 1,0%; no menos de 90% de área de su estructura está formado por una estructura de perlita; y las propiedades mecánicas del alambón de 4 m de longitud satisfacen las expresiones (1) a (4) anteriormente mencionadas.
- 50

[Estructura]

- 55 En el alambón laminado en caliente de acuerdo con la presente invención, se especifica que no menos de 90% del área de la estructura del alambón laminado está formado por una estructura de perlita. La razón es que, cuando aumentan las estructuras diferentes de la estructura de perlita (ferrita intergranular, bainita y martensita) y el porcentaje en área de perlita es menor que 90%, su ductilidad se deteriora. Con el fin de garantizar una capacidad de trefilado excelente, es preferible aumentar la estructura de perlita tanto como sea posible. Un porcentaje de área preferida de una estructura de perlita es 95% o más y el mejor es de 100% (una estructura de perlita completa).
- 60

- En el alambón que contiene los componentes de acero estipulados en la presente invención (que se describirán a continuación), aunque el porcentaje de área de la estructura de perlita del alambón laminado sea generalmente de 90% o más, con el fin de aumentar el porcentaje de área de perlita, se recomienda, en particular, controlar de manera apropiada la velocidad de enfriamiento después del final del laminado.
- 65

Además, con el objetivo de mejorar más el efecto de la presente invención, es recomendable controlar el diámetro medio de los nódulos de la estructura de perlita hasta un tamaño de 10 μm o menos. De este modo, mejora más la capacidad de trefilado del alambre y resulta posible inhibir la ruptura del alambre tras el trefilado del mismo, incluso cuando aumenta la velocidad de trefilado (en referencia al Ejemplo 3 que se describe posteriormente). Desde ese punto de vista, es preferible disminuir el diámetro de nódulo molecular tanto como sea posible. Un diámetro de nódulo medio preferido es de 8 μm o menos, incluso preferentemente de 6 μm o menos.

En el presente documento, el término nódulo significa una región en la cual las orientaciones de cristal o ferrita son idénticas en la estructura de perlita, y el diámetro medio de nódulos de la estructura de perlita se mide por medio del siguiente método.

En primer lugar, se analizan las orientaciones de ferrita a intervalos de 0,5 μm en un campo visual de un cuadrado de 200 x 200 μm sobre un área transversal en una profundidad de D/4 de un material laminado (D significa un diámetro de alambón) con un SEM/EBSP (Patrón de Difracción de Retrodispersión de Electrones). Posteriormente, se identifican las fronteras de los cristales cuyas orientaciones difieren unas de otras en 15 grados o más como fronteras de grano de los nódulos adyacentes, se mide el número de fronteras de grano (N) sobre una línea de 800 μm de longitud total por medio del uso del método del segmento, y se define el valor de 800/N como "el diámetro medio de los nódulos de la estructura de perlita".

[Propiedades mecánicas]

En la presente invención, se toma muestra de un alambón de 4 m en longitud consecutiva y se definen sus propiedades mecánicas en forma de índices para obtener un "alambón laminado en caliente que presenta una capacidad de trefilado del alambre incomparablemente excelente". La razón por la cual se establece la longitud de la muestra en 4 m (la longitud casi corresponde al perímetro de la bobina de alambón) está basada en: el resultado experimental que presenta al menos una longitud de 4 m es necesario con el fin de estimar las propiedades mecánicas de toda la bobina de alambón; y a la vista de eso, si la longitud es más corta que 4 m, tienden a ocurrir los errores y, por el contrario, si es más larga de eso, no resulta aplicable desde un punto de vista práctico.

Se puede llevar a cabo un procedimiento práctico por medio de la toma de muestras de un alambón de 4 m en longitud consecutiva de manera arbitraria a partir de toda la bobina del alambón, tomando 16 piezas (n = 16) de muestras de ensayo JIS#9B de manera consecutiva a partir del alambón sobre el que se han tomado las muestras, midiendo las propiedades mecánicas de las piezas de ensayo.

En primer lugar, se explican las expresiones (1) a (4) anteriormente mencionadas de las propiedades mecánicas que caracterizan un alambón de acuerdo con la presente invención.

(1) $TS^* - 30 \leq \text{valor medio de la resistencia a la tracción } (TS_{AV} \text{ en MPa}) \leq TS^* + 30$,

en la que, $TS^* = 400 \times \{[C] + ([Mn] + (Si)/5) + 670\}$ y los elementos entre corchetes [] de la igualdad significan los contenidos de los elementos relevantes en porcentaje.

Con el fin de garantizar la capacidad de trefilado del alambón en dicho alambón de acero de elevado contenido de carbono como se pretende en la presente invención, es necesario controlar la propiedad de TS_{AV} . Si TS_{AV} es demasiado elevada, aumenta la tasa de ruptura del alambón y, por el contrario, si es demasiado baja, no se puede obtener una estructura eficaz en la mejora de la capacidad de trefilado del alambre. Por ese motivo, en la presente invención, se controla TS_{AV} dentro de un intervalo prescrito con relación a TS^* (un valor definido por la igualdad que incluye los componentes químicos (C, Si y Mn) que contribuyen a la mejora de la resistencia) y el intervalo ha sido determinado para que sea de $TS^* - 30$ a $TS^* + 30$, preferentemente de $TS^* - 20$ a $TS^* + 20$.

(2) La desviación estándar de la resistencia a la tracción (TS_{σ}) ≤ 30 MPa

En la presente invención es necesario no solo controlar TS_{AV} como siempre, sino también controlar además TS_{σ} hasta 30 MPa o menos y, de este modo, reducir la variación de TS. Esto es porque se hace posible, de este modo, rebajar la frecuencia de ruptura del alambre más que con un alambón convencional. Es preferible rebajar TS_{σ} tanto como sea posible. Es recomendable que el valor de TS_{σ} sea de 28 MPa o menos, preferentemente de 26 MPa o menos.

(3) Valor medio de reducción de área (RA_{AV}) $> 35\%$

La reducción de área del alambón laminado en caliente gobierna la capacidad de trefilado del alambre en la etapa primera tras el trefilado del alambre. La presente invención estipula que RA_{AV} es más de 35% sobre la base del punto de vista de que los factores que determinan la capacidad de trefilado del alambre industrialmente son RA_{AV} y RA_{σ} que se mencionan a continuación. Si RA_{AV} es 35% o menos, entonces aumenta la frecuencia de ruptura del alambre en la etapa primaria del trefilado del alambre. Es preferible aumentar RA_{AV} tanto como sea posible. Es recomendable que RA_{AV} sea 40% o menos, preferentemente 45% o más.

(4) Desviación estándar de reducción de área (RA_{σ}) $\leq 4\%$.

Como se ha mencionado anteriormente, incluso aunque RA_{AV} se encuentre dentro de un intervalo estipulado, si existen partes en las que la reducción de área es extremadamente reducida, las partes actúan como sitios de

deterioro local de la ductilidad y como orígenes de ruptura del alambre. Por este motivo, en la presente invención, RA_{σ} se fija en 4% o menos, reduciendo de este modo la variación de RA. Es preferible rebajar RA_{σ} tanto como sea posible. Es recomendable que RA_{σ} sea de 3% o menos, preferentemente de 2% o menos.

5 [Componente de acero]

A continuación, se explican los componentes químicos presentes en un alambón de acuerdo con la presente invención.

10 C: de 0,6 a 1,0%

C es un elemento indispensable para garantizar la resistencia requerida del alambón y, por consiguiente, se añade C en 0,6% o más. Preferentemente, el contenido de C es de 0,65% o más, incluso preferentemente de 0,7% o más. Por otra parte, cuando el contenido de C supera 1,0%, se hace difícil inhibir la cementita proeutectoide, que funciona como el origen de la ruptura del alambre, en el proceso de enfriamiento tras el laminado en caliente. Un contenido preferido de C es de 0,95% o menos.

15 Si: de 0,1 a 1,5%

20 Si es un elemento que aumenta la resistencia de la ferrita en la perlita y contribuye al ajuste de la resistencia y también resulta útil como agente desoxidante. Con el fin de exhibir dichas funciones de manera eficaz, se debe añadir Si en 0,1% o más y un contenido de Si preferido es de 0,12% o más. Por el contrario, si se añade Si de manera excesiva, la ductilidad de la ferrita en el acero se ve deteriorada y es probable que ocurra la ruptura. Por ese motivo, se fija el límite superior del contenido de Si en 1,5%, y un contenido de Si preferido es de 1,3% o menos.

25 Mn: de 0,3 a 1,0%

Mn es un elemento útil para garantizar la capacidad de dureza del acero y mejorar su resistencia. Se añade Mn en 0,3% o más (preferentemente de 0,35% o más) con el fin de exhibir dichas funciones de manera eficaz. Por el contrario, cuando se añade Mn de manera excesiva, tiene lugar la segregación durante el enfriamiento tras el laminado en caliente y existe tendencia a la formación de una estructura superenfriada, tal como martensita, lo que resulta negativo para la capacidad de trefilado del alambre. Por ese motivo, se fija el límite superior del contenido de Mn en 1,0%. Un contenido de Mn preferido es de 0,8% o menos.

35 P: 0,02% o menos

P es un elemento que deteriora la tenacidad y la ductilidad del acero y además se fija su límite superior en 0,02% con el fin de evitar la ruptura del alambre en los procesos de trefilado del alambre y la posterior formación de hebras. Preferentemente, el contenido de P es de 0,01% o menos, incluso preferentemente de 0,005% o menos.

40 S: 0,02% o menos

45 S, igual que P, es un elemento que deteriora la tenacidad y la ductilidad del acero y de este modo se fija su límite superior en 0,02% con el fin de evitar la ruptura del alambre en los procesos de trefilado del alambre y posterior formación de hebras. Preferentemente, el contenido de S es de 0,01% o menos, incluso preferentemente de 0,005% o menos.

50 Un alambón de acuerdo con la presente invención contiene los componentes anteriormente mencionados y el equilibrio está formado por hierro e impurezas inevitables. No obstante, dentro del objetivo de mejorar más los efectos de la presente invención, es recomendable añadir los siguientes elementos.

Cr: 0,3% o menos (excluyendo 0%) y/o Ni: 0,3% o menos (excluyendo 0%)

55 Tanto Cr como Ni son elementos que mejoran la capacidad de dureza y, de este modo, contribuyen a aumentar la resistencia. Es recomendable añadir Cr y Ni en 0,1% o más, respectivamente, con el fin de exhibir dichas funciones de manera eficaz. No obstante, cuando se añaden de manera excesiva, existe tendencia a la formación de martensita. Por ese motivo, se fija el límite superior de cada Cr y Ni en 0,3% (preferentemente 0,25%), respectivamente. Estos elementos se pueden añadir de manera independiente o en combinación.

60 Se puede añadir al menos un elemento seleccionado entre el grupo de Nb, V, Ti, Hf y Zr en 0,1% o menos (excluyendo 0%) en total.

65 Esos son elementos que precipitan carbonitruro fino y, de este modo, contribuyen a la mejora de la resistencia. Es recomendable añadir Nb, V, Ti, Hf y Zr en 0,003% o más respectivamente, con el fin de exhibir dichas funciones de manera eficaz. No obstante, cuando se añaden de manera excesiva, la ductilidad se deteriora. Por ese motivo, se establece el límite superior de esos elementos en 0,1% (preferentemente en 0,08%) en total. Se pueden añadir esos

elementos de manera independiente o en combinación.

N: 0,01% o menos

5 N es un elemento que deteriora la tenacidad y la ductilidad del alambroón. Además, sobre la base de la visión de que un menor contenido de N resulta deseable con el fin de evitar la ruptura del alambre y, de este modo, mejorar la capacidad de trefilado del alambre, se fija el contenido de N en 0,01% o menos (preferentemente en 0,008% o menos) en la presente invención.

10 Al: 0,05% o menos y Mg: 0,01% o menos

Se usan ambos elementos como agentes desoxidantes. No obstante, cuando se añaden de manera excesiva, se forman de manera abundante inclusiones de tipo óxido tales como Al_2O_3 y $MgO-Al_2O_3$ y aparece con frecuencia la ruptura del alambre provocada por dichas inclusiones. Por ese motivo, se fijan los límites superiores de Al y Mg en 0,05% y 0,01%, respectivamente. Los contenidos preferidos de Al y Mg son 0,01% o menos y 0,005% o menos, respectivamente.

B: de 0,001 a 0,005%

20 Se sabe que B existe como B-libre disuelto en el acero y de este modo inhibe la formación de ferrita de fase secundaria, y la adición de B resulta eficaz en particular para producir un alambroón de elevada resistencia que requiere la supresión de la ruptura longitudinal. Es recomendable añadir B en 0,001% o más (preferentemente 0,002% o más) con el fin de garantizar una cantidad deseada de B libre. No obstante, incluso cuando se añade B en exceso de 0,005%, B precipita en forma de compuestos químicos y se deteriora la ductilidad. Por ese motivo, se fija el límite superior de B en 0,005%. Un contenido de B preferido es 0,004% o menos.

Además de los componentes anteriormente explicados, se pueden añadir otros componentes, incluyendo impurezas, en intervalos permitidos con tal de que los efectos de la presente invención no se vean impedidos.

30 A continuación, se explica un método para producir un alambroón de acuerdo con la presente invención.

Con el fin de obtener las propiedades mecánicas prescritas que se pretenden en la presente invención, es necesario: calentar una colada que satisfaga las regulaciones de componentes anteriormente mencionadas: laminar la colada para dar lugar a un alambroón de diámetro prescrito (de 5,5 ó 5,0 mm); y posteriormente someter el alambroón transferido sobre una cinta transportadora a un enfriamiento controlado y controlar la densidad de carga (d/L , d significa el diámetro del alambroón y L es el paso de aro (distancia entre dos bucles adyacentes de un alambroón)) del alambroón para que sea de 0,20 o menos. En particular, la presente invención está caracterizada por regular, al tiempo que controla, la velocidad de laminado y la velocidad de transferencia de la cinta transportadora de manera que el alambroón cargado sobre la cinta transportadora después del laminado pueda satisfacer la expresión $d/L \leq 0,20$. En el caso de un alambroón convencional, TS_{AV} está controlado dentro de un intervalo prescrito por medio de la regulación de la cantidad de chorro sobre el alambroón transferido sobre la cinta transportadora tras el laminado en caliente o adoptando medios similares. No obstante, únicamente a través de ese tipo de medios, no es posible controlar TS_{σ} y además los valores deseados de RA_{AV} y RA_{σ} apenas quedan garantizados.

45 A continuación, se explica cada proceso.

En primer lugar, se calienta una colada que satisface las regulaciones del componente anteriormente mencionado. En el presente documento, las condiciones de calentamiento no se encuentran particularmente limitadas y es posible adoptar condiciones (por ejemplo, una temperatura de 900 °C a 1.250 °C) normalmente empleada en la producción de un alambroón laminado en caliente.

A continuación, se lamina en caliente la colada para producir un alambroón de diámetro prescrito. En el presente documento, las condiciones de laminado en caliente no se encuentran particularmente limitadas y es posible adoptar las condiciones apropiadas según se requiera de forma que se puedan obtener las propiedades mecánicas deseadas. Por ejemplo, es recomendable controlar la temperatura de laminado de acabado hasta un valor de 800 °C a 1.150 °C y la temperatura de enrollado (una temperatura en la cual se coloca un alambroón con forma de bucle sobre el suelo y se comienza a enfriar) en un valor de 980 °C a 750 °C.

Tras el laminado en caliente y el enrollado como se ha descrito anteriormente, se transfiere el alambroón enrollado a una cinta transportadora (una cinta transportadora de Stelmor, por ejemplo). En el presente documento, es necesario controlar la velocidad de enfriamiento del alambroón sobre la cinta transportadora y regular la densidad de carga (d/L) del alambroón relevante de manera adecuada.

En particular, el control de la velocidad de enfriamiento resulta necesario para garantizar un valor de TS_{AV} prescrito. Para ser más precisos, es recomendable adoptar un enfriamiento de etapa doble; para enfriar rápidamente un alambroón a una velocidad media de enfriamiento de 8 a 20 °C/s (preferentemente de 10 a 15 °C/s) en el intervalo de

temperatura de 900 °C a 670 °C, y posteriormente enfriar lentamente a una velocidad de enfriamiento media de 1 a 5 °C/s (preferentemente de 1 a 3 °C/s) en el intervalo de temperatura de 670 °C a 500 °C. El motivo es que, con el enfriamiento de etapa única, cuando se pretende rebajar la resistencia, también disminuye la ductilidad en proporción y, de este modo, no es posible obtener la capacidad deseada de trefilado de alambre. De manera concreta, se puede aplicar el enfriamiento controlado como se ha mencionado anteriormente, por ejemplo, por medio del uso de un dispositivo de enfriamiento de Stelmor y regulando la cantidad de chorro.

Posteriormente, se explica la densidad de carga (d/L) del alambón, que es una de las características de la presente invención. Como se ha explicado anteriormente, con el fin de obtener un alambón que presente las propiedades mecánicas deseadas (en particular, un alambón que presente propiedades mecánicas de variación pequeña), es necesario controlar d/L en un valor de 0,20 o menos, y de este modo es posible obtener un alambón laminado en caliente capaz de reducir de manera llamativa la frecuencia de ruptura del alambre, en comparación con el alambón convencional. En el caso de un método tal como, por ejemplo, el representado por medio del documento de patente 1 anteriormente mencionado, se estima que, debido a que la densidad de carga del alambón transferido sobre la cinta transportadora no se toma tanto en consideración y simplemente la velocidad de enfriamiento está regulada por medio del ajuste de la cantidad de chorro o similar, la falta de uniformidad en cuanto a la velocidad de enfriamiento aparece de tal forma que las partes con gran valor de densidad de carga (concretamente, las partes en las que el alambón es grueso) se enfrían de manera insuficiente y las partes con valor bajo de densidad de carga (concretamente, las partes en las que el alambón es fino) se enfrían de manera rápida y, en particular, las partes de velocidades de enfriamiento lentas principalmente provocan la variación de TS y RA. A la vista de esto, en la presente invención, no solo se controla la velocidad de enfriamiento sino también la densidad de carga y, por tanto, resulta posible mantener una velocidad de enfriamiento constante en cualquier parte del alambón (de manera más precisa, la variación de las velocidades de enfriamiento en las partes gruesas y finas se encuentra dentro de 5 °C/s), obtener un alambón que presente propiedades mecánicas de baja variación y, de manera resultante, mejorar de manera considerable la capacidad de trefilado. Es preferible reducir d/L tanto como sea posible. Preferentemente, el valor de d/L es de 0,18 o menos, incluso preferentemente de 0,16 o menos. En el presente documento, el límite inferior de d/L no se encuentra particularmente limitado sino que, en consideración de la productividad y de otros, resulta recomendable controlar d/L para que tenga un valor de 0,10 o más, preferentemente de 0,15 o más.

Mientras tanto, el documento de patente 2 anteriormente mencionado describe el método para controlar las velocidades de enfriamiento medias por separado en las partes gruesas y finas de la bobina de alambón en el intervalo de temperatura (desde 750 °C hasta 650 °C), lo que afecta de manera principal al reblandecimiento del alambón, en relación con los valores de d, L y otros cuando la bobina se enfría de forma lenta sobre una cinta transportadora tras el laminado en caliente. No obstante, el procedimiento consiste en enfriar lentamente el alambón a una velocidad de enfriamiento de 0,05 a 2,0 °C/s, en el intervalo de temperatura que se muestra en la Figura 1, y el método es sustancialmente diferente del método en el que el alambón se enfría a una velocidad de enfriamiento más elevada por medio del control de d/L en un valor de 0,20 o menos, de la presente invención. Como cuestión de hecho, cuando se calculan los valores de d/L sobre la base de la Tabla 3 mostrada en el documento de patente 2, todos los valores calculados son de 0,33 o más y, de este modo, cualesquiera de los valores descritos en el documento de patente 2 excede el valor estipulado en la presente invención (0,20 o menos). Se confirma en los ejemplos que se explican a continuación, que no es posible obtener las propiedades pretendidas en la presente invención con esos valores.

Se puede controlar el valor d/L anteriormente mencionado por medio de la regulación de la velocidad de laminado del alambón y de la velocidad de transferencia de la cinta transportadora Stelmor o a través de otros medios. Principalmente, el valor viene determinado por la velocidad de laminado del alambón y el valor L viene determinado principalmente por la velocidad de transferencia de la cinta transportadora.

Además, con el fin de controlar el diámetro medio de los nódulos de la estructura de perlita para que sea de 10 μm o menos, resulta particularmente recomendable controlar la temperatura de laminado de acabado y la temperatura de enrollado en un intervalo idéntico de temperatura y también controlar de forma estrecha el proceso de enfriamiento tras el enrollado. Para ser más precisos, el alambón: se procesa a una temperatura de laminado de acabado dentro del intervalo de 750 °C a 900 °C; se enrolla al tiempo que se controla la temperatura de enrollado también dentro del intervalo de 750 °C a 900 °C; posteriormente se enfría hasta una temperatura de 600 °C a 630 °C en 10 s después del enrollado; se calienta de nuevo hasta una temperatura de 650 °C a 680 °C en 15 s, tras el enfriamiento (concretamente, en 25 s después del enrollado); y posteriormente se enfría de nuevo.

En el presente documento, la finalidad de controlar la temperatura de enrollado de acabado dentro del intervalo de 750 °C (preferentemente 800 °C) a 900 °C (preferentemente 850 °C) es aumentar al área, por volumen unitario, de las fronteras de grano γ que son sitios en los cuales se produce la formación de núcleos de transformación de perlita, y de este modo se hace posible reducir el número medio de nódulos de perlita hasta 10 μm o menos. Si la temperatura de laminado de acabado es menor de 750 °C en particular, no tiene lugar la recristalización en el laminado, se induce la transformación de perlita desde el interior de los granos γ, la estructura de material laminado se vuelve no uniforme y, de manera resultante, se deteriora la capacidad de trefilado del alambre. De este modo, se puede rebajar el límite inferior de la temperatura de laminado de acabado hasta 750 °C, en comparación con el caso

en el que no se controla el diámetro de nódulo hasta un valor de 10 μm o menos (el límite inferior preferido de la temperatura de laminado de acabado en este caso es de 800 °C). Esto es porque, en el caso en el que el diámetro de nódulo se encuentra controlado hasta un valor de 10 μm o menos, el proceso de enfriamiento tras el enrollado se encuentra controlado de manera precisa y, como resultado de ello, se puede obtener un alambón que presenta un
5 unas propiedades mecánicas de pequeña variación, incluso cuando la temperatura de laminado de acabado es tan baja como 750 °C.

Además, el motivo para controlar la temperatura de enrollado dentro del intervalo desde 750 °C (preferentemente 780 °C) hasta 900 °C (preferentemente 880 °C) es que: cuando supera 900 °C, no se puede garantizar un área prescrita de fronteras de grano γ de la misma forma que en el caso de la temperatura de laminado de acabado; y por el contrario, cuando se encuentra por debajo de 750 °C, resulta difícil enrollar el alambón para dar lugar a bucles.
10

Además, la finalidad de enfriar el alambón hasta una temperatura de 600 °C a 630 °C en 10 s (preferentemente 8 s) tras el enrollado es comenzar la transformación de perlita en el intervalo de temperatura y, de este modo, garantizar una resistencia prescrita. Cuando se enfría el alambón en el intervalo de temperatura en exceso de 10 s, tras el enrollado, la temperatura de transformación se hace mayor de 630 °C y el diámetro de nódulo excede 10 μm aunque la resistencia disminuye.
15

La finalidad de calentar el alambón de nuevo hasta una temperatura de 650 °C a 680 °C en 15 s (preferentemente en 13 s) tras el enfriamiento, concretamente en 25 s tras el enfriamiento, es controlar las propiedades mecánicas (TS_{AV} , TS_{σ} , RA_{AV} y RA_{σ}) dentro de los intervalos estipulados por medio de las expresiones (1) a (4) de la presente invención. Cuando la temperatura de calentamiento es menor que 650 °C, la resistencia media (TS_{AV}) supera el intervalo estipulado en la presente invención y, de este modo, no es posible obtener de manera suficiente el efecto de la presente invención en cuanto a mejora de la capacidad de trefilado del alambre, en particular el efecto de mejora de la vida de servicio en troquel. Por otra parte, cuando se calienta el alambón en exceso de 680 °C, el diámetro medio de nódulo excede 10 μm . De igual forma, cuando el calentamiento tarda más de 15 s, se forman nódulos que tienen un diámetro de más de 10 μm . En el presente documento, con respecto a la operación de calentamiento, se puede aplicar a propósito un medio de calentamiento, pero también es posible hacer uso de la recuperación de la transformación de la perlita.
20
25
30

Con respecto al enfriamiento tras el calentamiento, no se especifica nada en particular. No obstante, con el fin de obtener un diámetro de nódulo deseado, resulta deseable que la velocidad de enfriamiento sea tan elevada como sea posible y, por ejemplo, es recomendable que la velocidad de enfriamiento sea de 5 °C/s o mayor.
35

La presente invención hace posible que el alambón, incluso en el estado laminado en caliente, presente una excelente capacidad de trefilado del alambre. Además, incluso después de someter el alambón a eliminación de suciedad por medio de la adición de ácido (ácido clorhídrico, ácido sulfúrico o similar), deformación mecánica o similar y posteriormente a trefilado del alambre, laminado en frío u otros tratamientos usando una película de fosfato de cinc, una película de fosfato de calcio, caliza, jabón metálico u otros como lubricante, el alambón puede mantener todavía una excelente capacidad de trefilado del alambre. Además, también se incluye en la presente invención un alambón sometido a dichos tratamientos.
40

A continuación, la presente invención se explica con detalle sobre la base de los ejemplos. No obstante, nótese que los ejemplos descritos a continuación no restringen el alcance de la presente invención y cualquiera de las modificaciones que no se desvíen de la finalidad de la presente invención queda incluida en el alcance tecnológico de la presente invención.
45

Ejemplo 1 (Consideración de las condiciones de producción)

En el presente ejemplo, se modificaron de manera diferente las velocidades de enfriamiento tras el laminado y las densidades de carga (d/L) y se investigaron sus influencias sobre las propiedades mecánicas.
50

Para ser más precisos, se calentó una colada que comprendía 0,82% de C-0,21% de Si-0,51% de Mn hasta 1.150 °C y se laminó en caliente (siendo la temperatura de laminado de acabado de 800 °C a 900 °C) y se produjo un alambón de 5,5 ó 5,0 mm de diámetro. Se sometió el alambre enrollado a un dispositivo de enfriamiento de Stelmor, se controló la velocidad media de enfriamiento sobre una cinta transportadora de Stelmor por medio de cualesquiera de los siguientes métodos de enfriamiento A a C, se controló la densidad de carga para que estuviera dentro del intervalo de 0,13 a 0,22 por medio de la regulación de la velocidad de laminado y la velocidad de transferencia de la cinta transportadora de Stelmor y, de este modo, se produjo un bobina de 2 toneladas.
55
60

Método de enfriamiento A (método de acuerdo con la presente invención)

Se controló la velocidad de enfriamiento a 10 °C/s hasta 670 °C y a 5 °C/s en el intervalo de temperatura de 670 °C a 500 °C.
65

ES 2 397 832 T3

Método de enfriamiento B (método desviado a partir de la presente invención)

Se controló la velocidad media total de enfriamiento en 5 °C/s en el intervalo de temperatura de 670 °C a 500 °C.

5 Método de enfriamiento C (método desviado a partir de la presente invención)

Se controló la velocidad media total de enfriamiento en 2 °C/s en el intervalo de temperatura de 670 °C a 500 °C.

10 Se cortó una alambroón de 20 m de longitud a partir de la parte superior de laminado de la longitud de 20 m. Se prepararon 16 piezas de ensayo JIS#9B a partir del alambroón tomado como muestra y se sometieron a ensayo de tracción, y de este modo se midió el valor de resistencia a la tracción (TS_{AV}), desviación estándar de resistencia a la tracción (TS_{σ}), valor medio de la reducción de área (RA_{AV}) y desviación estándar de la reducción de área (RA_{σ}), respectivamente.

15 Además, se midió la estructura (porcentaje en área de perlita) de la bobina de alambroón por medio de observación con un microscopio electrónico de barrido (3.000 aumentos).

20 Además, se sometió la bobina de alambroón a un ensayo de trefilado de alambre y se midió la frecuencia de ruptura del alambre (por tonelada) por medio de trefilado hasta un diámetro de 1,2 ó 0,9 mm. En el ensayo de trefilado del alambre, se usó una máquina de trefilado continuo equipada con 7 troqueles y se sometió el alambroón a trefilado con vuelta a atrás. Se fijaron el ángulo del troquel y la velocidad de trefilado en 12° y 300 m/min, respectivamente.

25 Los resultados de ensayo se colocan en la Tabla 1 y algunos de los resultados son extraídos de la tabla y se muestran de manera gráfica en las Figuras 1 a 6. Las Figuras 1 y 2 muestran de manera gráfica los resultados de los casos Nos. 8 y 14, en los que se adoptó el método de enfriamiento B, y la Figura 1 muestra la relación entre d/L y RA_{σ} y la Figura 2 la relación entre d/L y la capacidad de trefilado del alambre (frecuencia de ruptura del alambre hasta el diámetro de trefilado de 1,2 mm). Las Figuras 3 y 4 muestran de manera gráfica los resultados de los casos Nos. 15 a 21 en los que se adoptó el método de enfriamiento C, y la Figura 3 muestra la relación entre d/L y RA_{σ} y la Figura 4 la relación entre d/L y la capacidad de trefilado del alambre (la frecuencia de ruptura del alambre hasta el diámetro de trefilado de 1,2 mm). Las Figuras 5 y 6 muestran de manera gráfica los resultados de los casos Nos. 1 a 6 en los que se adoptó el método de enfriamiento A, y la Figura 5 muestra la relación entre d/L y RA_{σ} y la Figura 6 la relación entre d/L y la capacidad de trefilado del alambre (frecuencia de ruptura de alambre hasta el diámetro de trefilado de 1,2 mm).

35 Nótese que, el porcentaje de área de perlita de cualquiera de las estructuras de la bobina de alambroón del Ejemplo 1 fue de 90% o más (no mostrado en la tabla).

Tabla 1

Nº. muestra	Enfriamiento controlado	Diámetro de alambre laminado mm	Densidad de carga d/L	Propiedades mecánicas					Capacidad de trefilado del alambre	
				TS_{AV}		TS_{σ}	RA_{AV}	RA_{σ}	1,2 mm*	0,90 mm**
				Valor medido	Valor computado					
1	A	5,5	0,18	1059	1056±30	22	42	3,6	0	5
2	A	5,5	0,17	1085	1056±30	24	41	2,5	0	5
3	A	5,0	0,15	1054	1056±30	21	42	2,7	0	5
4	A	5,0	0,13	1062	1056±30	18	38	1,5	0	0
5	A	5,5	0,21	1072	1056±30	33	38	4,2	10	-
6	A	5,0	0,22	1048	1056±30	32	37	5,6	10	-
7	A	5,0	0,23	1062	1056±30	25	36	8,3	10	-
8	B	5,5	0,13	1120	1056±30	16	45	1,4	15	-
9	B	5,5	0,15	1131	1056±30	13	44	2,4	20	-
10	B	5,5	0,17	1092	1056±30	15	43	2,0	15	-
11	B	5,5	0,19	1145	1056±30	13	42	3,1	20	-
12	B	5,5	0,21	1190	1056±30	15	43	2,4	15	-
13	B	5,5	0,23	1115	1056±30	18	44	4,2	15	-
14	B	5,5	0,25	1133	1056±30	17	46	4,7	15	-
15	C	5,5	0,13	1011	1056±30	22	32	5,6	25	-
16	C	5,5	0,15	1088	1056±30	21	33	6,2	35	-
17	C	5,0	0,17	989	1056±30	23	34	7,0	25	-
18	C	5,0	0,19	1020	1056±30	23	34	6,2	20	-
19	C	5,0	0,21	988	1056±30	22	30	8,5	25	-

Nº. muestra	Enfriamiento controlado	Diámetro de alambre laminado mm	Densidad de carga d/L	Propiedades mecánicas					Capacidad de trefilado del alambre	
				TS _{AV}		TS _σ	RA _{AV}	RA _σ	1,2 mm*	0,90 mm**
				Valor medido	Valor computado					
20	C	5,5	0,23	1003	1056±30	21	31	7,8	15	-
21	C	5,5	0,25	995	1056±30	20	32	8,8	25	-

Nota: * Frecuencia de ruptura de alambre (por tonelada) hasta un diámetro de trefilado de alambre de 1,2 mm
 ** Frecuencia de ruptura de alambre (por tonelada) hasta una diámetro de trefilado de alambre de 0,90 mm
 - Trefilado de alambre discontinuo

5 En primer lugar, los casos Nos. 8 a 14 son ejemplos de adopción del método de enfriamiento B y modifican la densidad de carga d/L dentro del intervalo de 0,13 a 0,25 por medio del control de la velocidad de laminado y de la velocidad de la cinta transportadora. En cualquiera de los casos, debido a que el alambón fue producido a una velocidad de enfriamiento tan reducida como 5 °C/s, TS_{AV} aumentó aunque RA_{AV} se controló en el intervalo prescrito. En tal caso, aunque se controlaron TS_σ y RA_σ a niveles más bajos por medio del control de d/L en el intervalo estipulado en la presente invención como puede observarse en los casos Nos. 8 a 11, se deterioró la capacidad de trefilado del alambre (en referencia a las Figuras 1 y 2).

10 A continuación, los casos Nos. 15 a 21 son ejemplos de adopción del método de enfriamiento C y modificación de la densidad de carga d/L dentro del intervalo de 0,13 a 0,25 por medio del control de la velocidad de laminado y la velocidad de transferencia de la cinta transportadora. En algunos de los casos, debido a que el alambre fue producido a una velocidad de enfriamiento muy baja de 2 °C/s, que fue bastante inferior a la de los casos Nos. 8 a 14, TS_{AV} y RA_{AV} fueron bajos. En tal caso, aunque se controló TS_σ a un nivel inferior por medio del control de d/L en el intervalo estipulado en la presente invención como puede observarse en los casos Nos. 15 a 18, no fue posible reducir RA_σ y se deterioró la capacidad de trefilado del alambre (en referencia a las Figuras 3 y 4).

20 Por el contrario, los casos Nos. 1 a 8 son ejemplos de adopción del método de enfriamiento A y de la modificación de la densidad de carga d/L dentro del intervalo de 0,13 a 0,25 por medio del control de la velocidad de laminado y de la velocidad de transferencia de la cinta transportadora.

25 En esos casos, los casos Nos. 1 a 4 son ejemplos de acuerdo con la presente invención debido a que las condiciones de producción fueron controladas de manera apropiada y d/L se encontraba en el interior del intervalo estipulado de la presente invención. En este caso, TS_{AV}, TS_σ, RA_{AV} y RA_σ se controlaron bien dentro de los intervalos estipulados en la presente invención y la capacidad de trefilado del alambre resultó incomparablemente excelente. En el caso N°. 4 en particular, el alambón no se rompió en ningún caso cuando fue trefilado hasta un diámetro de 0,90 mm.

30 Por otra parte, en los casos Nos. 5 y 6, aunque TS_{AV} y RA_{AV} se encontraron dentro de los intervalos estipulados en la presente invención debido a que la velocidad de enfriamiento se controló de manera apropiada, d/L excedió el intervalo estipulado en la presente invención. Como resultado de ello, TS_σ y RA_σ aumentó más allá de los intervalos estipulados en la presente invención (variaciones grandes) y la capacidad de trefilado del alambre resultó inferior (en referencia a las Figuras 5 y 6).

35 De igual forma, en el caso N°. 7, d/L se encontró fuera del intervalo estipulado de la presente invención y además RA_σ aumentó y la capacidad de trefilado se vio deteriorada.

40 Se ha comprobado a partir de los resultados anteriores que resulta posible proporcionar un alambón laminado en caliente mucho más excelente que el convencional en cuanto a capacidad de trefilado del alambre, únicamente por medio del control de las propiedades de TS_{AV}, RA_{AV}, TS_σ y RA_σ dentro de los intervalos estipulados en la presente invención.

45 **Ejemplo 2 (Consideración de los componentes químicos)**

En el presente ejemplo, se modificaron los componentes de acero de manera diferente al tiempo que se mantuvieron constantes las condiciones de producción y se investigaron sus influencias sobre las propiedades mecánicas.

50 Para ser más preciso, se laminó en caliente una colada que comprendía los componentes que se muestran en la Tabla 3 bajo las mismas condiciones que en el Ejemplo 1 y se produjo un alambón de 5,0 mm de diámetro. Posteriormente, se sometió el alambón producido a un dispositivo de enfriamiento de Stelmor, se controló la velocidad media de enfriamiento sobre una cinta transportadora por medio del método de enfriamiento A anteriormente mencionado, se controló la densidad de carga para que estuviera dentro del intervalo de 0,13 a 0,20 por medio de la regulación de la velocidad de laminado y de la velocidad de transferencia de la cinta transportadora

y, de este modo, se produjo una bobina de alambón. Se midieron las propiedades mecánicas y la capacidad de trefilado de alambre de la bobina de alambón producida de la misma forma que en el Ejemplo 1. Los resultados se muestran en la Tabla 3. Nótese que, el porcentaje de área de perlita en cualquiera de las estructuras de la bobina de alambón producida en el Ejemplo 2 fue de 90% o más (no mostrada en la tabla).

5

Tabla 2

Acero N°.	Componentes químicos (% en masa)										
	C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	N	Al	B	Otros
1	0,90	0,25	0,40	0,005	0,007	0,18	0,03	0,005	0,003	-	-
2	0,85	0,18	0,75	0,007	0,009	0,01	0,01	0,007	0,020	0,0015	V= 0,05, Ti= 0,02
3	0,77	0,85	0,42	0,005	0,002	0,01	0,01	0,005	0,003	0,0021	Nb= 0,02, Zr= 0,02
4	0,72	0,20	0,78	0,015	0,011	0,01	0,30	0,005	0,040	-	Mg = 0,008
5	0,95	0,20	0,40	0,005	0,001	0,30	0,15	0,004	0,015	0,0020	-
6	1,20	0,54	0,67	0,005	0,007	0,01	0,01	0,008	0,005	-	-
7	0,90	1,60	0,44	0,009	0,005	0,21	0,01	0,009	0,007	-	Hf= 0,04
8	0,77	0,55	1,04	0,015	0,005	0,01	0,01	0,005	0,025	-	-
9	0,82	0,19	0,55	0,022	0,021	0,01	0,01	0,005	0,003	-	Ti= 0,01
10	0,92	0,15	0,77	0,010	0,010	0,35	0,31	0,025	0,004	-	-
11	0,85	0,17	0,44	0,009	0,006	0,01	0,01	0,021	0,060	-	Mg = 0,0
12	0,65	0,15	0,77	0,005	0,009	0,01	0,01	0,015	0,004	0,0026	-
13	0,77	0,19	0,56	0,007	0,008	0,01	0,01	0,002	0,003	0,0055	-

Tabla 3

N° muestra	Propiedades mecánicas					Capacidad de trefilado del alambre	
	TS _{AV} (Mpa)		TS _σ (MPa)	RA _{AV} (%)	RA _σ (%)	1,2 mm*	0,90 mm**
	Valor medido	Valor computado					
1	1089	1082±30	23	39	3,2	0	5
2	1092	1084±30	24	39	3,6	0	5
3	1055	1080±30	22	45	3,8	0	5
4	1052	1036±30	24	42	3,1	0	5
5	1110	1098±30	23	40	2,5	0	5
6	1310	1247±30	18	41	4,2	15	Trefilado de alambre discontinuo
7	1252	1193±30	19	36	4,5	10	Trefilado de alambre discontinuo
8	1235	1103±30	18	37	3,8	15	Trefilado de alambre discontinuo
9	1120	1057±30	18	32	4,5	15	Trefilado de alambre discontinuo
10	1245	1112±30	22	37	4,1	5	15
11	1075	1059±30	24	38	4,8	0	10
12	989	1004±30	29	36	3,8	0	10
13	1025	1038±30	28	41	3,8	0	15

Nota: * Frecuencia de ruptura de alambre (por tonelada) hasta un diámetro de trefilado de alambre de 1,2 mm
 ** Frecuencia de ruptura de alambre (por tonelada) hasta un diámetro de trefilado de alambre de 0,90 mm.

10 A partir de la Tabla 3, se puede derivar la siguiente consideración.

En primer lugar, cualquiera de los casos N°. 1 a 5 es un ejemplo de uso de acero que presenta una composición química estipulada en la presente invención y también TS_{AV}, TS_σ, RA_{AV} y RA_σ se encuentran todos dentro de los intervalos estipulados en la presente invención. Además no ocurrió ruptura alguna ni siquiera cuando el alambón fue trefilado hasta un diámetro de 1,2 mm y además la frecuencia de ruptura del alambre fue no más de cinco veces, incluso cuando el alambón se trefiló de manera adicional hasta 0,90 mm y, de este modo, se obtuvo una capacidad de trefilado de alambre incomparablemente excelente.

15

Por el contrario, el caso N°. 6 es un ejemplo de una cantidad excesiva de C, el caso N°. 7 es un ejemplo de una

cantidad excesiva de Si, el caso N°. 8 es un ejemplo de una cantidad excesiva de Mn, y el caso N°. 9 es un ejemplo de cantidades excesivas de P y S. En cualquiera de los casos, la frecuencia de ruptura del alambre aumentó de forma considerable hasta 10 a 15 veces cuando se trefiló el alambón hasta un diámetro de 1,2 mm, aunque se intentó de manera adicional el trefilado hasta un diámetro de 0,90 mm, resultó insatisfactorio y tuvo que ser descartado.

En el caso N°. 10, se controlan de manera apropiada las cantidades de C, Si, Mn, P y S. Además, la frecuencia de ruptura del alambre fue tan baja como 5 veces o menos cuando el alambón se trefiló hasta un diámetro de 1,2 mm. No obstante, las cantidades de Cr y Ni son excesivas y además la frecuencia de ruptura del alambre aumentó hasta 15 veces cuando el alambón fue trefilado hasta un diámetro de 0,90 mm.

El caso de N°. 11 es un ejemplo que contiene cantidades excesivas de Mg y Al. En cualquiera de los casos, se formaron inclusiones de tipo óxido en cantidad y además la frecuencia de ruptura del alambre aumentó hasta 10 veces cuando el alambón se trefiló hasta un diámetro de 0,90 mm.

El caso de N°. 12 es un ejemplo que contiene una cantidad excesiva de N. En este caso, la ductilidad se vio deteriorada y además la frecuencia de ruptura de alambre aumentó hasta 10 veces cuando el alambón fue trefilado hasta un diámetro de 0,90 mm.

El caso de N°. 13 es un ejemplo que contiene una cantidad excesiva de B. En este caso, la ductilidad se vio deteriorada y además la frecuencia de ruptura de alambre aumentó hasta 15 veces cuando el alambón fue trefilado hasta un diámetro de 0,90 mm.

Ejemplo 3 (Consideración del diámetro medio de nódulos en la estructura de perlita)

Se calentó una colada que tenía la composición de 0,82% de C-0,18% de Si-0,5% de Mn hasta 1.150 °C, posteriormente se laminó en caliente y se enrolló bajo las condiciones que se muestran en la Tabla 4, y se produjo un alambón de 5,5 o 5,0 mm de diámetro. Se sometió el alambón enrollado a un dispositivo de enfriamiento de Stelmor, se ajustaron las condiciones de enfriamiento y la densidad de carga como se muestra en la Tabla 4 sobre una cinta transportadora de Stelmor y se produjo una bobina de 2 toneladas.

Se midieron las propiedades mecánicas y la estructura del alambón producido por medio del mismo método del Ejemplo 1 y también se midieron el diámetro medio de los nódulos de la estructura de perlita por medio del método anteriormente mencionado. Se midió la capacidad de trefilado del alambre bajo las mismas condiciones del Ejemplo 1 exceptuando que se midió la frecuencia de ruptura de alambre (por tonelada) a dos velocidades de trefilado de 300 y 500 m/min, cuando se llevó a cabo el ensayo de trefilado del alambre hasta un diámetro de 1,2 mm.

Los resultados se muestran en la Tabla 5.

Tabla 4

Acero N°.	Temperatura de laminado de acabado (°C)	Temperatura de enrollado (°C)	Temperatura tras un lapso de 10 s desde el enfriamiento (°C)	Temperatura tras un lapso de 25 s desde el enfriamiento (°C)	Velocidad de enfriamiento posterior (°C/s)	d/L
1	800	800	615	670	4	0,16
2	750	750	600	665	4	0,18
3	850	850	625	660	4	0,14
4	880	770	610	670	4	0,15
5	830	750	600	660	4	0,15
6	820	750	630	670	4	0,15
7	820	750	600	650	4	0,15
8	800	750	620	660	4	0,15
9	800	750	625	670	4	0,15
10	820	760	610	660	7	0,15
11	825	825	615	650	8	0,16
12	825	825	615	660	8	0,20
13	910	800	620	640	6	0,15
14	910	900	650	630	8	0,15
15	860	800	640	635	7	0,15
16	830	820	580	545	6	0,15
17	825	800	610	590	7	0,15
18	920	850	750	660	5	0,18

Tabla 5

Nº. de Acero	Porcentaje de área de perlita (%)	Diámetro medio de nódulo (μm)	Propiedades mecánicas					Capacidad de trefilado del alambre*	
			TS _{AV} (MPa)		TS _{σ} (Mpa)	RA _{AV} (%)	RA _{σ} (%)	300 m/min	600 m/min
			Valor medido	Valor computado					
1	95	9,5	1037	1052 \pm 30	25	42	3,7	0	0
2	95	8,6	1037	1052 \pm 30	24	40	3,5	0	0
3	95	9,6	1050	1052 \pm 30	25	40	3,7	0	0
4	95	9,9	1036	1052 \pm 30	27	41	3,5	0	0
5	95	9,3	1038	1052 \pm 30	25	41	3,7	0	0
6	95	9,0	1025	1052 \pm 30	28	42	3,5	0	0
7	95	9,2	1025	1052 \pm 30	24	40	3,8	0	0
8	95	9,1	1033	1052 \pm 30	28	42	3,7	0	0
9	95	9,6	1048	1052 \pm 30	26	38	3,6	0	0
10	95	8,7	1045	1052 \pm 30	26	39	3,7	0	0
11	95	9,0	1031	1052 \pm 30	27	40	3,6	0	0
12	95	8,8	1040	1052 \pm 30	26	44	3,5	0	0
13	90	13,5	1045	1052 \pm 30	28	33	4,2	2,5	Trefilado de alambre discontinuo
14	95	12,1	1049	1052 \pm 30	29	35	3,9	0	4,5
15	96	10,8	1033	1052 \pm 30	29	35	4,1	3,5	Trefilado de alambre discontinuo
16	96	11,5	1068	1052 \pm 30	27	34	3,1	4	Trefilado de alambre discontinuo
17	96	12,4	1086	1052 \pm 30	21	33	2,5	3	Trefilado de alambre discontinuo
18	97	11,5	1059	1052 \pm 30	22	42	3,6	0	5,5

Nota: * Frecuencia de ruptura de alambre (por tonelada) hasta un trefilado de alambre de diámetro 1,2 mm

A partir de la Tabla 5, se puede derivar la siguiente consideración.

5

En primer lugar, los casos Nos. 1 a 12 son ejemplos de control de las condiciones de laminado, condiciones de enrollado y condiciones de enfriamiento tras enrollar de manera apropiada y reducir el diámetro medio de los nódulos en la estructura de perlita hasta 10 μm o menos. En comparación con los Ejemplos 1 y 2, en esos casos, no se observó ruptura de alambre alguna ni siquiera cuando se aplicó el trefilado bajo condiciones severas (se aumentó la velocidad de trefilado desde 300 a 500 m/min. en el trefilado hasta un diámetro de 1,2 mm) y de este modo se reconoció que la capacidad de trefilado del alambre resultó incomparablemente excelente.

10

Como contraste, los casos Nos. 13 a 18 son ejemplos en los cuales se controlaron, de manera inapropiada, bien las condiciones de enrollado o bien las condiciones de enfriamiento, tras el enrollado, y además el diámetro medio de nódulo excedió 10 μm . Para ser más específico, el caso N°. 13 es un ejemplo en el que la temperatura de laminado de acabado fue elevada y la temperatura de laminado de acabado y la temperatura de enfriamiento tras un lapso de 10 s desde el enrollado fueron elevadas y la temperatura de calentamiento tras un lapso de 25 s desde el enrollado fue baja, el caso N°. 15 es un ejemplo en el que la temperatura de enfriamiento tras un lapso de 10 s desde el enrollado fue elevada y la temperatura de calentamiento tras un lapso de 25 s desde el enrollado fue baja, el caso N°. 16 es un ejemplo en el que tanto la temperatura de enfriamiento después de un lapso de 10 s desde el enrollado y la temperatura de calentamiento después de un lapso de 25 s desde el enrollado fueron bajas, el caso N°. 17 es un ejemplo en el que la temperatura de calentamiento después de un lapso de 25 s desde el enrollado fue baja, y el caso N°. 18 es un ejemplo en el que tanto la temperatura de laminado de acabado como la temperatura de enfriamiento tras un lapso de 10 s desde el enrollado fueron elevadas. En esos casos, mientras la frecuencia de ruptura del alambre a una velocidad de trefilado de 300 m/min fue preferentemente de 4 veces o menos, a una velocidad de trefilado de 500 m/min, la capacidad de trefilado del alambre se vio deteriorada de manera considerable en comparación con los casos Nos. 1 a 12 en los que se controló el diámetro medio de nódulo hasta un valor de 10

25

μm o menos. Por consiguiente, se observó una frecuencia de ruptura de alambre de 4,5 a 5,5 veces (los casos Nos. 14 y 18) o fue preciso que el trefilado fuera discontinuo (los casos Nos. 13 y 15 a 17).

Aplicación industrial

5 La presente invención hace posible proporcionar un alambón laminado en caliente que resulta incomparablemente excelente en cuanto a capacidad de trefilado de alambre y se rompe de manera menos frecuente que un alambón convencional, incluso cuando es procesado tal como laminado en caliente, omitiendo el tratamiento térmico tal como un tratamiento de templado isotérmico.

10

REIVINDICACIONES

1. Un alambión laminado en caliente que presenta una excelente capacidad de trefilado del alambre a medida que es laminado en caliente y, de este modo, permite omitir el tratamiento térmico antes del trefilado del alambre:

- 5 siendo dicho alambión laminado en caliente un alambión laminado en caliente de 5,0 mm o más de diámetro, que consiste en masa
 C: de 0,6 a 1,0%
 Si: de 0,1 a 1,5%,
 10 Mn: 0,3 a 1,0%,
 P: 0,02% o menos,
 S: 0,02% o menos;
 de manera opcional Cr: 0,3% o menos (excluyendo cero) y/o
 Ni: 0,3% o menos (excluyendo cero);
 15 de manera opcional al menos un elemento seleccionado entre el grupo de Nb, V, Ti, Hf y Zr en 0,1% o menos (excluyendo cero) en total;
 de manera opcional en la que N se encuentra controlado por 0,01% o menos;
 de manera opcional en la que Al y Mg están controlados hasta 0,05% o menos y 0,01% o menos, respectivamente;
 20 de manera opcional B: de 0,001 a 0,005%;
 estando el equilibrio formado por hierro e impurezas inevitables; y
 no menos de 90% de dicho alambión, en porcentaje en área, está formado por una estructura de perlita; y las propiedades mecánicas de dicho alambión de 4 m de longitud satisfacen las expresiones (1) a (4),
 25 (1) $TS^*-30 \leq \text{valor medio de resistencia a la tracción } (TS_{AV} \text{ en MPa}) \leq TS^*+30$,
 en la que, TS^* (TS^* en MPa) = $400x\{[C] + ([Mn] + [Si]/5) + 670$ y los elementos de los corchetes [] de la igualdad significan los contenidos de los elementos relevantes en porcentaje,
 (2) Desviación estándar de la resistencia a la tracción (TS_{σ}) ≤ 30 MPa,
 (3) Valor medio de la reducción de área (RA_{AV}) $> 35\%$,
 30 (4) Desviación estándar de la reducción de área (RA_{σ}) $\leq 4\%$.

2. El alambión laminado en caliente de acuerdo con la reivindicación 1, en el que el diámetro medio de los nódulos de dicha estructura de perlita es de 10 μm o menos.

FIG.1

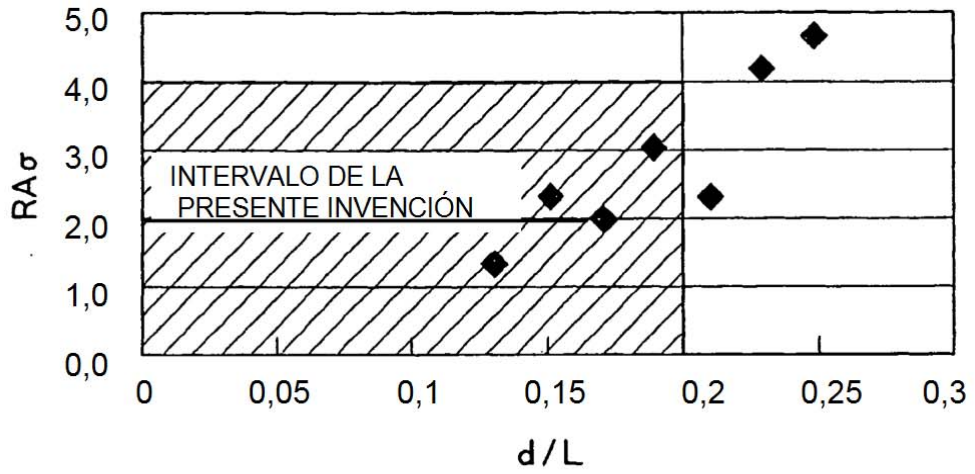


FIG.2

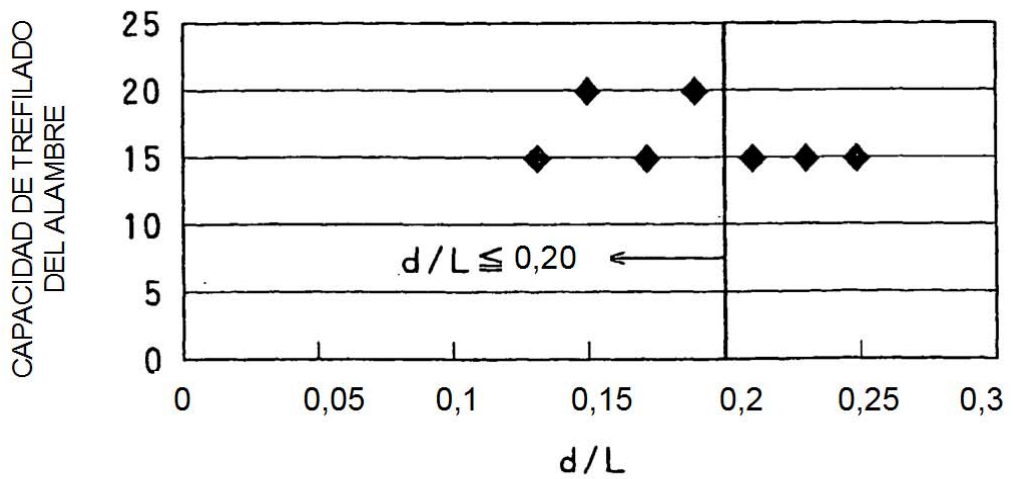


FIG.3

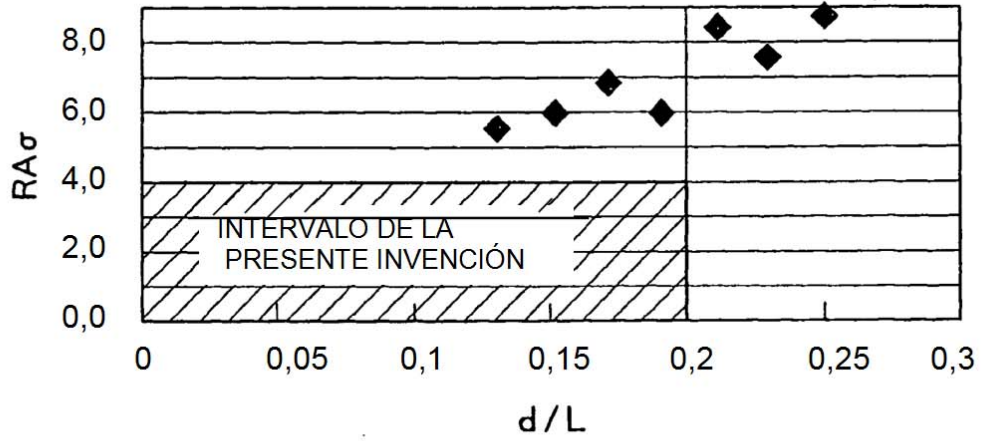


FIG.4

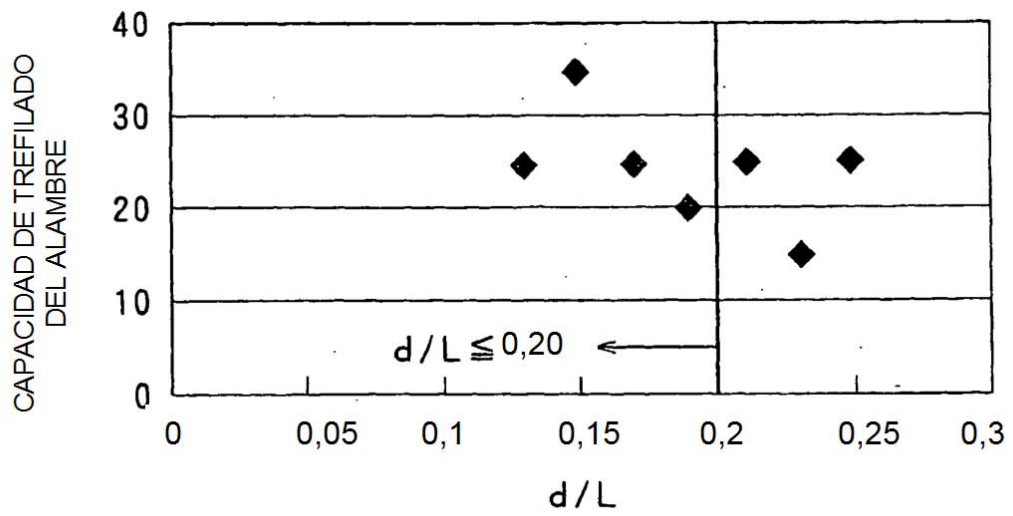


FIG.5

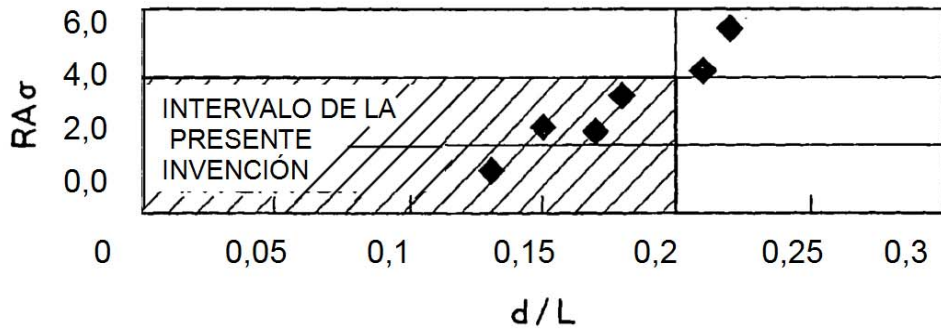


FIG.6

