

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 529 299**

51 Int. Cl.:

B21C 1/00 (2006.01)
D07B 1/06 (2006.01)
B21C 1/04 (2006.01)
C21D 7/10 (2006.01)
C21D 8/06 (2006.01)
C21D 9/52 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **30.10.2009 E 09823706 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **10.12.2014 EP 2351621**

54 Título: **Alambre de acero al carbono con alta resistencia y excelente ductilidad y resistencia a fatiga, proceso de producción del mismo y método de evaluación**

30 Prioridad:

30.10.2008 JP 2008279758

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

18.02.2015

73 Titular/es:

**BRIDGESTONE CORPORATION (100.0%)
10-1, Kyobashi 1-chome
Chuo-ku, Tokyo 104-8340, JP**

72 Inventor/es:

SHIMIZU WATARU

74 Agente/Representante:

DE ELZABURU MÁRQUEZ, Alberto

ES 2 529 299 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 de acero al carbono con alta resistencia y excelente ductilidad y resistencia a fatiga, proceso de producción del mismo y método de evaluación

Campo técnico

5 La presente invención se refiere a un alambre de acero al carbono con alta resistencia y excelente ductilidad y resistencia a fatiga, a un proceso de producción del mismo y a un método de evaluación del mismo.

Antecedentes

10 En los productos de caucho, tal como neumáticos y correas industriales, a efectos de reducir los pesos de los productos y mejorar la durabilidad de los productos, un cable de acero que se usa como refuerzo debe tener necesariamente una resistencia a tracción elevada y una excelente resistencia a fatiga. En la actualidad, para conseguir la misma resistencia de un neumático en las condiciones presentes y reducir al mismo tiempo la cantidad de cables de acero usados, es necesario aumentar la resistencia a tracción de cada filamento de acero del cable de acero de refuerzo.

15 A efectos de cumplir estos requisitos, se han realizado numerosas investigaciones e informes desde varios puntos de vista, y es conocido que resulta importante aumentar la ductilidad de un alambre de acero para intentar aumentar la resistencia a tracción. Por lo tanto, para conseguir un aumento de la resistencia a tracción, se lleva a cabo una evaluación de propiedades, tales como la ductilidad de un alambre de acero. Por ejemplo, cuando se evalúan propiedades tales como la ductilidad de un alambre de acero al carbono, normalmente, se ha utilizado una técnica mediante la que se lleva a cabo una evaluación usando una distribución de dureza en sección transversal.

20 Por ejemplo, el documento de patente 1 describe un alambre de acero de alta resistencia que puede alcanzar una alta resistencia permitiendo que la distribución de dureza en un alambre de acero al alto carbono satisfaga la condición:

$$0,960 \leq HV \leq 1,030$$

$$\text{en } R = 0, R = 0,8, R = 0,95$$

25 (cuando el radio del alambre de acero es r_0 y la distancia entre cualquier punto del alambre de acero y el centro del alambre de acero es r , $R = r/r_0$, y cuando la dureza en el punto en el que $R = 0,5$ es $HV_{0,5}$ y la dureza en el punto R es HV_R , $HV = HVR/HV_{0,5}$). El documento de patente 2 describe que es posible obtener una resistencia ultra alta y una alta tenacidad mediante una distribución sustancialmente plana de dureza Vickers en la sección transversal de un alambre de un alambre de acero de alto carbono desde la superficie al interior, excepto en la parte central, con
30 una cuarta parte del diámetro del alambre.

35 Se han propuesto varios procesos de producción para obtener una alta ductilidad y una alta resistencia a fatiga en un proceso de estiramiento de alambre en húmedo final. Por ejemplo, el documento de patente 3 describe que cada reducción de área en el proceso de estiramiento de alambre final se ajusta en un intervalo predeterminado mediante un estiramiento de procesamiento aplicado en un alambre de material de cables de acero, a efectos de obtener un alambre de acero de alta calidad también mediante un cable de acero de uso general. El documento de patente 4 describe que se lleva a cabo un proceso de estiramiento de alambre en el proceso de estiramiento de alambre final, teniendo cada matriz una reducción constante de área de aproximadamente el 15% a aproximadamente el 18%, a efectos de obtener un alambre de acero de alta resistencia a tracción que tiene una alta ductilidad a torsión.

Documentos de la técnica relacionada

40 Documentos de patente

Documento de patente 1: Publicación de solicitud de patente japonesa no examinada número 8-156514

Documento de patente 2: Publicación de solicitud de patente japonesa no examinada número 8-311788, que se corresponde con US 5 888 321.

Documento de patente 3: Publicación de solicitud de patente japonesa no examinada número 7-305285

45 Documento de patente 4: Publicación de solicitud de patente japonesa no examinada número 5-200428, que se corresponde con US 5 189 897 y EP 0 537 618.

Además, JP H 11309509 A y JP 2002 113541 describen alambres del mismo tipo de alta resistencia de estructura perlítica y dureza uniforme en una sección transversal en el centro y en la superficie o en puntos específicos.

Resumen de la invención

50 Problemas a resolver por la invención

No obstante el método convencional no resulta necesariamente suficiente para conseguir una resistencia a tracción alta. Por ejemplo, debido a que la dureza en sección transversal se ve afectada por un grano rizado (una estructura en la que una estructura perlítica se rompe por estiramiento del alambre), es probable que la dureza cambie dependiendo del punto medido y que la variación en la dureza sea grande, lo que resta fiabilidad a las propiedades de evaluación. Por lo tanto, en ambos documentos de patente 1 y 2, debido a que solamente se evalúa una distribución de dureza en una sección transversal del alambre de metal que ha sido sometido a un proceso de estiramiento de alambre, lo que significa que la evaluación se lleva a cabo sin considerar la variación de la estructura de grano rizado, la evaluación de sus propiedades no resulta necesariamente suficiente.

Aunque solamente se ajusta una reducción de área de una matriz (cantidad de procesamiento) para obtener una alta ductilidad y una alta resistencia a fatiga en el proceso de estiramiento de alambre final, tal como se muestra en los documentos de patente 3 y 4, los procesos siguen sin ser necesariamente suficientes como proceso para producir un cable de acero de alta ductilidad y alta resistencia a fatiga, ya que las condiciones de estiramiento del alambre durante el procesamiento real se ven afectadas no solamente por la reducción de área, sino también por el estatus de fricción entre la matriz y el alambre, la resistencia a tracción del acero y similares.

De acuerdo con ello, un objetivo de la presente invención consiste en dar a conocer un alambre de acero con una resistencia inéditamente alta y una ductilidad y resistencia a fatiga excelentes, un proceso de producción del mismo y un método de evaluación del mismo.

Medios para resolver el problema

A efectos de resolver los problemas descritos anteriormente, el alambre de acero al carbono de la presente invención es un alambre de acero al carbono que tiene un contenido de carbono del 0,50 al 1,10% en masa, en el que la relación entre la dureza de la parte de capa superficial en una sección (sección transversal) ortogonal con respecto a la dirección longitudinal y la dureza de la parte de capa superficial en una sección (sección longitudinal) en la dirección longitudinal, un coeficiente X (dureza en sección transversal/dureza en sección longitudinal), y la relación entre la dureza de la parte central en la sección transversal y la dureza de la parte central en la sección longitudinal, un coeficiente X (dureza en sección transversal/dureza en sección longitudinal), satisfacen cada una una relación representada por la siguiente expresión:

$$0,9 < \text{coeficiente X} \leq 1,10,$$

y en el que el alambre de acero al carbono tiene una resistencia a tracción de 4000 MPa o superior.

El proceso para producir un alambre de acero al carbono de la presente invención se caracteriza por que, en un proceso de estiramiento de alambre en húmedo final, cuando un alambre de acero al carbono que tiene un contenido de carbono del 0,50 al 1,10% en masa y que tiene una estructura perlítica queda sujeto a un proceso de estiramiento de alambre en cada matriz, el número de matrices en las que un coeficiente A representado por la siguiente fórmula, compuesta por la reacción de la matriz y el diámetro en la salida de la matriz:

$$\text{coeficiente A} = (\text{reacción matriz (kgf)} / \text{diámetro en la salida de la matriz (mm)}^2)$$

es superior a 95 es dos o inferior, y por que se aplica un estiramiento ϵ de procesamiento superior a 2,5 en el proceso de estiramiento de alambre en húmedo final.

En el proceso de producción de la presente invención es preferible que, en el proceso de estiramiento de alambre en húmedo final, el coeficiente A para cada matriz sea 90 o inferior.

Un método de evaluación de la ductilidad de un alambre de acero al carbono de la presente invención se caracteriza por que la ductilidad se evalúa teniendo en cuenta si la relación entre la dureza de la parte de capa superficial en una sección (sección transversal) ortogonal con respecto a la dirección longitudinal y la dureza de la parte de capa superficial en una sección (sección longitudinal) en la dirección longitudinal, un coeficiente X (dureza en sección transversal/dureza en sección longitudinal), y la relación entre la dureza de la parte central en la sección transversal y la dureza de la parte central en la sección longitudinal, un coeficiente X (dureza en sección transversal/dureza en sección longitudinal), satisfacen o no satisfacen cada una una relación representada por la siguiente expresión:

$$0,9 < \text{coeficiente X} \leq 1,10.$$

Efecto de la invención

Mediante la presente invención, es posible obtener un alambre de acero al carbono con una resistencia inéditamente alta y una ductilidad y resistencia a fatiga excelentes. Además, es posible evaluar de forma adecuada la ductilidad de un alambre de acero al carbono y obtener de forma segura un alambre de acero al carbono que tiene una buena ductilidad.

Breve descripción de los dibujos

La Fig. 1 (A) es un dibujo que explica el punto en el que se mide la dureza de la sección longitudinal de un alambre

de acero. La Fig. 1 (B) es un dibujo que explica el punto en el que se mide la dureza de la sección transversal de un alambre de acero.

La Fig. 2 es un dibujo para explicar la medición de una retención de resistencia de lazo.

5 La Fig. 3 es un gráfico que representa la relación entre la dureza en sección transversal y la dureza en sección longitudinal, un coeficiente X (parte central) y entre la dureza en sección transversal y la dureza en sección longitudinal, un coeficiente X (parte de capa superficial) en los ejemplos 1 a 3 y los ejemplos comparativos 1 y 2.

La Fig. 4 es un gráfico, en forma de programa de pasadas, que muestra la relación entre cada pasada y un coeficiente A.

Modo de llevar a cabo la invención

10 A continuación se describirán las realizaciones de la presente invención de forma precisa.

15 El alambre de acero al carbono de la presente invención es un alambre de acero al alto carbono que tiene un contenido de carbono del 0,50 al 1,10% en masa, preferiblemente del 0,85 al 1,10% en masa. Cuando el contenido de carbono es inferior al 0,50% en masa, empieza a ser probable que una ferrita proeutectoide se deposite, lo que provoca una irregularidad en la estructura metalográfica, y una cantidad total de un proceso de estiramiento de alambre para obtener una alta resistencia pasa a ser grande. Por otro lado, cuando el contenido de carbono supera el 1,10% en masa, empieza a ser probable que una cementita proeutectoide se deposite en el límite del grano, lo que provoca una irregularidad en la estructura metalográfica.

20 En el alambre de acero al carbono de la presente invención es fundamental que la relación entre la dureza de la parte de capa superficial en una sección (sección transversal) ortogonal con respecto a la dirección longitudinal y la dureza de la parte de capa superficial en una sección (sección longitudinal) en la dirección longitudinal, un coeficiente X (dureza en sección transversal/dureza en sección longitudinal), y la relación entre la dureza de la parte central en la sección transversal y la dureza de la parte central en la sección longitudinal, un coeficiente X (dureza en sección transversal/dureza en sección longitudinal), satisfagan cada una una relación representada por la siguiente expresión:

25 $0,9 < \text{coeficiente X} \leq 1,10.$

30 En el alambre de acero al carbono estirado, la dureza en sección longitudinal no se ve afectada por un grano rizado y la dureza se determina dependiendo de la matriz de láminas, de modo que es posible evaluar la dureza sin una variación. De acuerdo con ello, se consideró que sería posible llevar a cabo una evaluación más adecuada de las características evaluando la relación entre la dureza en sección transversal basándose en la dureza en sección longitudinal, y llevándose a cabo una prueba de evaluación. Se confirmó que es posible obtener una buena ductilidad cuando la relación de dureza en el centro del alambre, un coeficiente X, es superior a 0,90. Por lo tanto, el límite inferior se estableció en 0,90. Por otro lado, el límite superior se estableció en 1,10, ya que la mejor ductilidad se obtuvo cuando la relación de la dureza de la parte de capa superficial del alambre, un coeficiente X, fue 1,04, obteniéndose una buena ductilidad también cuando el coeficiente X fue 1,10.

35 En este caso, la dureza en sección longitudinal se midió en la parte 3 de capa superficial y en la parte central 4 en la sección transversal 2 del alambre 1 de acero al carbono, tal como se muestra en la Fig. 1 (A), y la dureza en sección transversal se midió en la parte 13 de capa superficial y en la parte central 14 en la sección transversal 12 del alambre 1 de acero al carbono, tal como se muestra en la Fig. 1 (B). Para esta dureza, por ejemplo, es preferible utilizar la dureza Vickers.

40 El alambre de acero al carbono de la presente invención tiene una resistencia a tracción de 4000 MPa o superior y, por lo tanto, es posible conseguir la misma resistencia de un neumático en las condiciones presentes y reducir al mismo tiempo la cantidad de cables de acero usados.

45 A continuación, se describirá el proceso para producir un alambre de acero al carbono de la presente invención descrito anteriormente. Para el proceso de producción de la presente invención, es fundamental que, durante la producción de un alambre de acero al carbono de la presente invención, en un proceso de estiramiento de alambre en húmedo final, cuando un alambre de acero al carbono que tiene un contenido de carbono del 0,50 al 1,10% en masa y que tiene una estructura perlítica queda sujeto a un proceso de estiramiento de alambre en cada matriz, el número de matrices en las que un coeficiente A representado por la siguiente fórmula, compuesta por la reacción de la matriz y el diámetro en la salida de la matriz:

50 $\text{coeficiente A} = (\text{reacción matriz (kgf)} / \text{diámetro en la salida de la matriz (mm)}^2)$

es superior a 95 sea dos o inferior, y que se aplique un estiramiento ϵ de procesamiento superior a 2,5 en el proceso de estiramiento de alambre en húmedo final y, preferiblemente, que el coeficiente A para todas las matrices se establezca en 90 o inferior.

En la presente invención, evaluando no solamente una reducción de área, sino también el coeficiente A descrito

anteriormente en el proceso de estiramiento de alambre en húmedo final, es posible llevar a cabo una evaluación que cubre todas las condiciones, tal como el material de acero, la resistencia a tracción, el diámetro del alambre, el coeficiente de fricción o similares. En consecuencia, es posible representar condiciones que incluyen todos los factores que afectan a la calidad y las propiedades físicas, y es posible representar condiciones más específicas del estiramiento del alambre en comparación con una única condición previa, que es la reducción de área.

En la presente invención, el número de matrices cuyo coeficiente A es superior a 95 se establece en 2 o inferior, ya que, si un proceso de estiramiento de alambre se lleva a cabo en una condición en la que el número es superior a 2, la estructura de acero se vuelve frágil debido a la cantidad de procesamiento y fricción, disminuyendo por lo tanto la ductilidad y la resistencia a fatiga. Por otro lado, el límite inferior del coeficiente A es preferiblemente 30 o superior en tres o más matrices de cabezal, ya que un proceso de estiramiento de alambre en una matriz se vuelve irregular cuando el coeficiente es demasiado bajo.

Cuando la relación descrita anteriormente, el coeficiente X (dureza en sección transversal/dureza en sección longitudinal), satisface una relación representada por la siguiente expresión:

$$0,9 < \text{coeficiente X} \leq 1,10,$$

es especialmente preferible que se satisfaga un estiramiento de procesamiento de 2,5 o superior en el que, en el proceso de estiramiento de alambre en húmedo final, la estructura de perlita está orientada en la dirección de estiramiento del alambre y el grano rizado en la estructura de dirección transversal se forma de manera compacta. El estiramiento ϵ de procesamiento se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$\epsilon = 2 \cdot \ln(D0/D1)$$

(donde D0 representa el diámetro (mm) del alambre de acero en la entrada del proceso de estiramiento de alambre, D1 representa el diámetro (mm) del alambre de acero en la salida del proceso de estiramiento de alambre).

El método de evaluación de la ductilidad de un alambre de acero al carbono de la presente invención es un método de evaluación de la ductilidad de un alambre de acero al carbono en el que, durante la evaluación de la ductilidad de un alambre de acero al carbono, la ductilidad se evalúa teniendo en cuenta si la relación entre la dureza de la parte de capa superficial en una sección (sección transversal) ortogonal con respecto a la dirección longitudinal y la dureza de la parte de capa superficial en una sección (sección longitudinal) en la dirección longitudinal, un coeficiente X (dureza en sección transversal/dureza en sección longitudinal), y la relación entre la dureza de la parte central en la sección transversal y la dureza de la parte central en la sección longitudinal, un coeficiente X (dureza en sección transversal/dureza en sección longitudinal), satisfacen o no satisfacen cada una una relación representada por la siguiente expresión:

$$0,9 < \text{coeficiente X} \leq 1,10.$$

Tal como se ha descrito anteriormente, evaluando la relación de dureza y el coeficiente X (dureza en sección transversal/dureza en sección longitudinal), y seleccionando los valores en el intervalo descrito anteriormente, es posible obtener de forma segura los que presentan una buena ductilidad.

En cuanto a la forma de la matriz, es posible aplicar formas usadas de manera general para estirar alambres de acero y, por ejemplo, es posible usar las que tienen un ángulo de aproximación de 8° a 12° y que tienen una longitud de soporte de aproximadamente 0,3 D a 0,6 D. Además, los materiales de la matriz no se limitan a una matriz de diamante sinterizado o similares, siendo posible usar también una matriz de aleación súper dura que no es cara.

En cuanto al alambre de acero usado para el proceso de estiramiento de alambre, se usa preferiblemente un alambre de acero al alto carbono que tiene una buena uniformidad y, preferiblemente, el mismo queda sujeto a un tratamiento térmico de modo que se forma una estructura perlítica uniforme que tiene una pequeña cantidad de cementita proeutectoide, ferrita proeutectoide o bainita mezcladas conjuntamente, controlándose al mismo tiempo la decarbonización de la parte de capa superficial del alambre de acero.

Ejemplos

A continuación se describirá la presente invención a título de ejemplos.

Los alambres de acero al alto carbono mostrados en las Tablas 1 y 2 fueron sometidos a un estiramiento de alambre en seco hasta que sus diámetros alcanzaron el diámetro mostrado en las mismas tablas, respectivamente. Los alambres de acero obtenidos fueron sometidos a un tratamiento térmico por patentado y a un revestimiento de latón para producir alambres de acero con revestimiento de latón. Los alambres de acero con revestimiento de latón obtenidos se estiraron en cada programa de pasadas mostrado en las Tablas 1 y 2 a efectos de producir alambres de acero que tienen los diámetros mostrados en las Tablas, respectivamente.

Durante el proceso de estiramiento de alambre se usaron una matriz de aleación súper dura con un ángulo de aproximación de aproximadamente 12° y una longitud de soporte de aproximadamente 0,5 D y una máquina de estiramiento de alambre continuo en húmedo de tipo deslizante.

En lo que respecta a las condiciones de estiramiento de alambre en el proceso de estiramiento de alambre final, tal como se muestra en las Tablas 1 y 2, se usaron condiciones variables en las que el número de matrices cuyo coeficiente A descrito anteriormente es 95 o superior es 0 (Ejemplos 1 a 3), el número es 8 (Ejemplo comparativo 1) y el número es 3 (Ejemplo comparativo 2) para realizar procesos de estiramiento de alambre, y se evaluaron las propiedades físicas descritas a continuación.

5

Resistencia a tracción

La resistencia a tracción de los alambres de acero de prueba se midió basándose en una prueba de tracción según JIS G3510.

Dureza

10 Usando un instrumento de ensayo de dureza Vickers (tipo: HM-211) fabricado por Mitutoyo Corporation, se midió la dureza en la parte de capa superficial y en la parte central de la sección longitudinal y la sección transversal del alambre de acero probado, y se calculó cada una de las relaciones, el coeficiente X (dureza en sección transversal/dureza en sección longitudinal).

Retención de resistencia de lazo

15 La retención de resistencia de lazo del alambre de prueba se calculó como:

$$\text{retención resistencia lazo} = ((\text{resistencia lazo})/(\text{resistencia a tracción}) \times 100),$$

midiendo la resistencia de lazo y la resistencia a tracción de un alambre 21 de acero de prueba montado en una sujeción 22, tal como se muestra en la Fig. 2. Esta medición se realizó 10 veces.

Los resultados obtenidos se muestran en la siguiente Tabla 3.

20

Tabla 1

		Ejemplo 1		Ejemplo 2		Ejemplo 3	
Material alambre acero		1,02% en masa del alambre de acero al carbono		1,02% en masa del alambre de acero al carbono		0,80% en masa del alambre de acero al carbono	
		diámetro alambre	Coficiente A	diámetro alambre	Coficiente A	diámetro alambre	Coficiente A
Pasada	0	1,400	-	1,320	-	1,320	-
	1	1,360	10,5	1,280	19,6	1,280	19,6
	2	1,290	30,1	1,200	36,4	1,200	36,4
	3	1,200	39,2	1,090	52,7	1,090	52,7
	4	1,100	49,0	0,960	68,8	0,960	68,8
	5	0,990	62,0	0,850	70,3	0,850	70,3
	6	0,890	66,1	0,750	76,8	0,750	76,8
	7	0,790	76,8	0,670	75,4	0,670	75,4
	8	0,700	82,7	0,600	79,0	0,600	79,0
	9	0,640	69,1	0,540	80,8	0,540	80,8
	10	0,580	79,2	0,490	80,2	0,490	80,2
	11	0,530	77,6	0,450	78,4	0,450	78,4
	12	0,485	80,7	0,415	76,9	0,415	76,9
	13	0,445	84,5	0,385	79,7	0,385	79,7
	14	0,410	83,7	0,355	74,3	0,355	74,3
	15	0,375	94,1	0,340	45,4	0,340	45,4
	16	0,345	87,4	0,315	74,1	0,330	45,8
17	0,320	84,8	0,295	82,8	0,310	71,1	

ES 2 529 299 T3

		Ejemplo 1		Ejemplo 2		Ejemplo 3	
Material alambre acero		1,02% en masa del alambre de acero al carbono		1,02% en masa del alambre de acero al carbono		0,80% en masa del alambre de acero al carbono	
	18	0,295	94,1	0,270	86,9	0,290	73,8
	19	0,273	94,7	0,255	80,9	0,275	69,2
	20	0,255	86,4	0,240	80,0	0,260	82,1
	21	0,240	81,9	0,230	77,5	0,245	74,1
	22	0,225	89,3	0,220	62,6	0,230	79,8
	23	0,215	70,6	0,210	71,9	0,220	76,3
	24	0,210	42,2	0,200	74,6	0,210	54,2
	25	-	-	0,190	66,6	0,205	48,4
	26	-	-	0,180	70,6	-	-
	27	-	-	0,175	67,3	-	-
	28	-	-	0,170	52,1	-	-
		Superior a 90	3	Superior a 90	0	Superior a 90	0
		Superior a 95	0	Superior a 95	0	Superior a 95	0

Tabla 2

		Ejemplo comparativo 1		Ejemplo comparativo 2	
Material alambre acero		1,02% en masa del alambre de acero al carbono		0,80% en masa del alambre de acero al carbono	
Pasada		diámetro alambre	Coefficiente A	diámetro alambre	Coefficiente A
	0	1,400	-	1,860	-
	1	1,360	10,5	1,820	7,3
	2	1,290	34,0	1,720	15,5
	3	1,200	43,1	1,560	44,3
	4	1,100	53,4	1,390	52,9
	5	0,990	66,9	1,230	60,9
	6	0,890	71,2	1,080	68,5
	7	0,790	82,1	0,950	72,6
	8	0,700	88,4	0,840	75,5
	9	0,640	75,5	0,735	86,4
	10	0,580	85,8	0,650	86,8
	11	0,530	84,7	0,580	87,6
	12	0,485	88,1	0,520	90,3
	13	0,445	92,8	0,470	90,2
	14	0,410	92,0	0,425	97,7
	15	0,375	102,8	0,390	88,9
16	0,345	102,4	0,360	88,1	

		Ejemplo comparativo 1		Ejemplo comparativo 2	
Material alambre acero		1,02% en masa del alambre de acero al carbono		0,80% en masa del alambre de acero al carbono	
	17	0,320	99,3	0,330	92,4
	18	0,295	110,1	0,305	89,9
	19	0,273	110,9	0,283	90,4
	20	0,255	100,5	0,262	96,5
	21	0,240	95,5	0,245	87,2
	22	0,225	104,1	0,228	95,5
	23	0,215	82,2	0,215	84,8
	24	0,210	47,1	0,205	75,1
	25	-	-	0,200	44,7
		Superior a 90	10	Superior a 90	7
		Superior a 95	8	Superior a 95	3

Tabla 3

	Ejemplo 1	Ejemplo 2	Ejemplo 3	Ejemplo comparativo 1	Ejemplo comparativo 2
Número de matrices cuyo coeficiente A es superior a 95	0	0	0	8	3
Número de matrices cuyo coeficiente A es superior a 90	3	0	0	10	7
Dureza en sección transversal/ Dureza en sección longitudinal Coeficiente X (Parte central)	0,93	0,93	0,93	0,81	0,85
Dureza en sección transversal/ Dureza en sección longitudinal Coeficiente X (Parte de capa superficial)	1,02 0,99	1,06 1,10	1,02 0,99	1,04 0,92	1,04 0,99
Resistencia a tracción (MPa)	4300	4500	4100	4300	4300
Retención resistencia lazo (%)	75	60	85	29	35
Ductilidad	Alta	Alta	Alta	Baja	Baja

5 En la Fig. 3 se muestra un gráfico de las relaciones de dureza en sección transversal/dureza en sección longitudinal, coeficiente X (parte central) y de dureza en sección transversal/dureza en sección longitudinal, coeficiente X (parte de capa superficial) de los ejemplos 1 a 3 y los ejemplos comparativos 1 y 2. Tal como resulta evidente a partir de este gráfico, en los ejemplos 1 a 3, la relación entre la dureza en la parte de capa superficial y la parte central es pequeña.

10 En la Fig. 4 se muestra un gráfico de la relación entre cada pasada y un coeficiente A en forma de programa de pasadas. En este gráfico puede comprobarse que, en el ejemplo 1, solamente existen tres pasadas cuyo coeficiente es superior a 90, y no existe ninguna pasada cuyo coeficiente es superior a 95, y en los ejemplos 2 y 3, no existe ninguna pasada cuyo coeficiente A es superior a 90, constituyendo un programa de pasadas claramente diferente al de los ejemplos comparativos 1 y 2.

Descripción de símbolos

- 1 alambre de acero
- 2 sección longitudinal
- 15 12 sección transversal

3, 13 parte de capa superficial

4, 14 parte central

21 alambre de acero

22 sujeción

5

REIVINDICACIONES

1. Alambre de acero al carbono que tiene un contenido de carbono del 0,50 al 1,10% en masa, en el que la relación entre la dureza de la parte de capa superficial en una sección (sección transversal) ortogonal con respecto a la dirección longitudinal y la dureza de la parte de capa superficial en una sección (sección longitudinal) en la dirección longitudinal, un coeficiente X (dureza en sección transversal/dureza en sección longitudinal), y la relación entre la dureza de la parte central en la sección transversal y la dureza de la parte central en la sección longitudinal, un coeficiente X (dureza en sección transversal/dureza en sección longitudinal), satisfacen cada una una relación representada por la siguiente expresión:

$$0,9 < \text{coeficiente X} \leq 1,10,$$

10 y en el que el alambre de acero al carbono tiene una resistencia a tracción de 4000 MPa o superior.

2. Proceso para producir un alambre de acero al carbono según la reivindicación 1, en el que, en un proceso de estiramiento de alambre en húmedo final, cuando un alambre de acero al carbono que tiene un contenido de carbono del 0,50 al 1,10% en masa y que tiene una estructura perlítica queda sujeto a un proceso de estiramiento de alambre en cada matriz, el número de matrices en las que un coeficiente A representado por la siguiente fórmula, compuesta por la reacción de la matriz y el diámetro en la salida de la matriz:

$$\text{coeficiente A} = (\text{reacción matriz (kgf)} / \text{diámetro en la salida de la matriz (mm)}^2)$$

es superior a 95 es dos o inferior, y en el que se aplica un estiramiento ϵ de procesamiento superior a 2,5 en el proceso de estiramiento de alambre en húmedo final.

3. Proceso de producción según la reivindicación 2, en el que, en el proceso de estiramiento de alambre en húmedo final, el coeficiente A para cada matriz es 90 o inferior.

4. Método de evaluación de la ductilidad de un alambre de acero al carbono, en el que la ductilidad se evalúa teniendo en cuenta si la relación entre la dureza de la parte de capa superficial en una sección (sección transversal) ortogonal con respecto a la dirección longitudinal y la dureza de la parte de capa superficial en una sección (sección longitudinal) en la dirección longitudinal, un coeficiente X (dureza en sección transversal/dureza en sección longitudinal), y la relación entre la dureza de la parte central en la sección transversal y la dureza de la parte central en la sección longitudinal, un coeficiente X (dureza en sección transversal/dureza en sección longitudinal), satisfacen o no satisfacen cada una una relación representada por la siguiente expresión:

$$0,9 < \text{coeficiente X} \leq 1,10.$$

Fig. 1

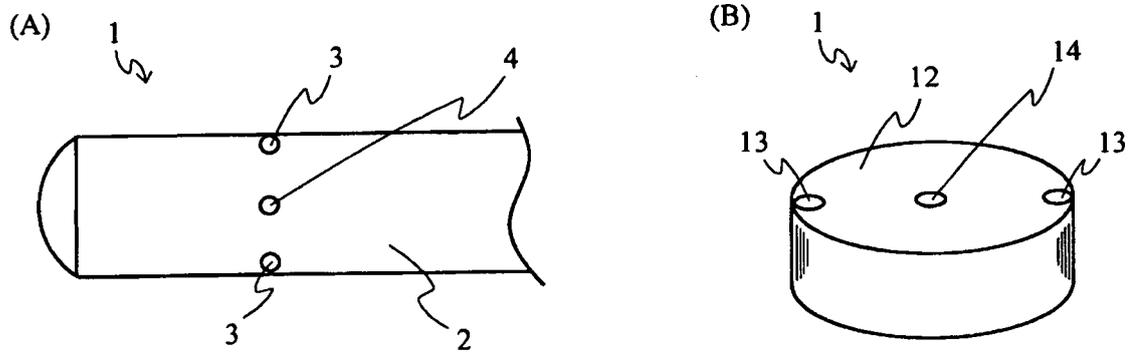


Fig. 2

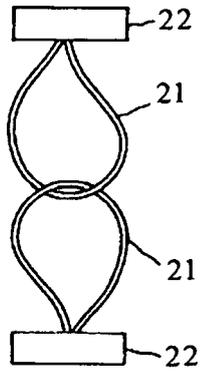


Fig. 3

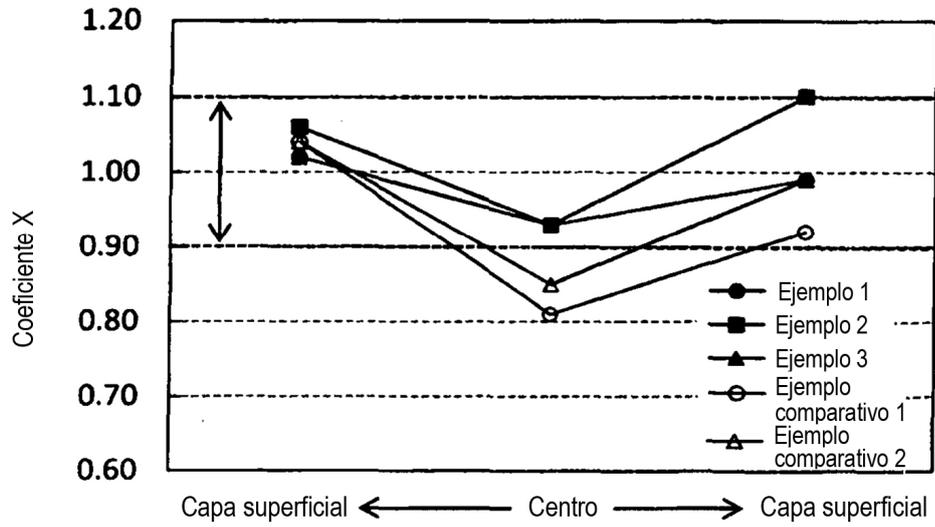


Fig. 4

