

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 565 857**

21 Número de solicitud: 201531438

51 Int. Cl.:

C22C 38/02 (2006.01)

C22C 38/04 (2006.01)

C22C 38/40 (2006.01)

12

PATENTE DE INVENCION

B1

22 Fecha de presentación:

06.10.2015

30 Prioridad:

07.10.2014 JP 2014-206311

43 Fecha de publicación de la solicitud:

07.04.2016

Fecha de la concesión:

12.01.2017

45 Fecha de publicación de la concesión:

19.01.2017

73 Titular/es:

DAIDO STEEL CO., LTD. (100.0%)
1-10, Higashisakura 1-chome, Higashi-ku
Nagoya-shi, Aichi 461-8581 JP

72 Inventor/es:

KIMURA, Kosuke ;
OHASHI, Ryosuke y
ISHIKURA, Ryohei

74 Agente/Representante:

VALLEJO LÓPEZ, Juan Pedro

54 Título: **Acero para resortes de alta resistencia que tiene unas propiedades de laminación de alambón excelentes**

57 Resumen:

La presente invención se refiere a un acero para resortes de alta resistencia que tiene unas propiedades de laminación de alambón excelentes, que consiste esencialmente de, en términos de % en masa: C: del 0,40% al 0,65%; Si: del 1,20% al 2,80%; Mn: del 0,30% al 1,20%; P: 0,020% o menos; S: 0,020% o menos; Cu: 0,40% o menos; Ni: 0,80% o menos; Cr: 0,70% o menos; Ti: del 0,060% al 0,140%; Al: 0,10% o menos; N: 0,010% o menos; y O: 0,0015% o menos, y opcionalmente: B del 0,0005% al 0,0050% siendo el resto Fe e impurezas inevitables, en el que el contenido en términos de % en masa de los componentes químicos especificados cumple las siguientes expresiones (1) a (3):

$X1 = 0,14 \times [Si] - 0,11 \times [Mn] - 0,05 \times [Cu] - 0,11 \times [Ni]$

$- 0,03 \times [Cr] + 0,02 \leq 0,2...$ Expresión (1)

$X2 = (\alpha - 500) / \beta \geq 3,0...$ Expresión (2)

$\alpha = 912 - 231 \times [C] + 32 \times [Si] - 20 \times [Mn] - 40 \times$

$[Cu] - 18 \times [Ni] - 15 \times [Cr]$

$\beta = 10^{(0,322 - 0,538 \times [C] + 0,018 \times [Si] + 1,294 \times$

$[Mn] + 0,693 \times [Cu] + 0,609 \times [Ni] + 0,847 \times [Cr])$

$X3 = 31 \times [C] + 2,3 \times [Si] + 2,3 \times [Mn] + 1,25 \times [Cu] +$

$2,68 \times [Ni] + 3,57 \times [Cr] - 6 \times [Ti] \geq 24,0...$ Expresión

(3)

ES 2 565 857 B1

DESCRIPCIÓN

ACERO PARA RESORTES DE ALTA RESISTENCIA QUE TIENE UNAS PROPIEDADES DE LAMINACIÓN DE ALAMBRÓN EXCELENTES

5 CAMPO DE LA INVENCION

La presente invención se refiere a un acero para resortes de alta resistencia que tiene unas propiedades de laminación de alambón excelentes.

10 ANTECEDENTES DE LA INVENCION

15 Con motivo de la búsqueda de reducción de peso de los resortes de suspensión en respuesta a las demandas de reducción de peso de los vehículos (automóviles), se ha perseguido el desarrollo de los resortes que permitan un estrés de alto diseño. Con el fin de elevar la tensión de diseño de los resortes, se necesita ingeniar mejoras en diversas características de los resortes, y más específicamente, es esencial añadir elementos de aleación. Por ejemplo, se puede pensar en añadir Si cuando se pretende mejorar la propiedad de sedimentación, mientras que puede pensarse en añadir un elemento tal como Cu, Ni o Cr cuando se pretende mejorar la resistencia a la corrosión.

20 Por cierto, el aumento en cantidades de elementos de aleación añadidos con el objetivo de mejorar las características de resorte tiende a producir detrimentos tales como la aparición de descarburación de ferrita y la formación de bainita durante el enfriamiento después de la laminación de alambón. El detrimento formado es fatal para los resortes a los que debe darse un granallado, mientras que este último detrimento puede convertirse en un factor perjudicial en el momento del trabajo secundario, y por lo tanto se convierte en importante evitar ambos detrimentos. Como técnicas a evitar ambos detrimentos, ha habido técnicas conocidas descritas, por ejemplo, en los siguientes documentos de patente 1 y 2.

25 El siguiente documento de patente 1 ha divulgado la técnica de calentamiento de un material de acero a una temperatura de 1.170 °C o más durante al menos 2 minutos conforme a la laminación en caliente, enfriando el material a una velocidad de enfriamiento media de 5 a 300 °C/minuto en un intervalo de temperatura de 750 °C a 600 °C después del laminado, y adoptar además un proceso de descascarillado. El siguiente documento de patente 2 ha divulgado la técnica de someter un material de acero a laminado en caliente en una condición que, después de calentar la extracción del horno, se establece la temperatura antes del acabado en menos de 1.000 °C, manteniendo el material de acero en un intervalo de temperatura de 1.000 °C a 1.150 °C durante 5 segundos o menos después del laminado de acabado y a continuación enrollarlo, a partir de aquí enfriar el material de acero enrollado a una temperatura de 750 °C o menos a una velocidad de enfriamiento de 2 a 8 °C/s, y enfriando adicionalmente de manera gradual hasta 600 °C pasando 150 segundos o más después del enrollamiento.

30 Documento de Patente 1: Patente Japonesa N° 4031267

35 Documento de Patente 2: Patente Japonesa N° 5330181

40 SUMARIO DE LA INVENCION

45 Sin embargo, cada una de las técnicas divulgadas en los documentos de patente 1 y 2 necesita la ejecución de un proceso de laminación especificado de manera individual. Por consiguiente, se ha deseado evitar la aparición de descarburación de ferrita y la formación de bainita ajustando los componentes químicos de un material de acero en lugar de adoptar una técnica de proporcionar un proceso de laminación específico, desarrollando de este modo un acero para resortes de alta resistencia que tiene unas propiedades de laminación de alambón excelentes.

50 La presente invención se ha realizado en un contexto de las circunstancias anteriores, y un objeto de la presente invención es proporcionar un acero para resortes de alta resistencia que tenga unas propiedades de laminación de alambón excelentes ajustando los componentes químicos de un material de acero para evitar la aparición de descarburación de ferrita y la formación de bainita.

Concretamente, la presente invención se refiere a los siguientes puntos 1 a 4.

55 1. Un acero para resortes de alta resistencia que tiene unas propiedades de laminación de alambón excelentes, que consiste esencialmente de, en términos de % en masa:

C: de 0,40 % a 0,65 %;

Si: de 1,20 % a 2,80 %;

Mn: de 0,30 % a 1,20 %;

5 P: 0,020 % o menos;
 S: 0,020 % o menos;
 Cu: 0,40 % o menos;
 Ni: 0,80 % o menos;
 Cr: 0,70 % o menos;
 Ti: de 0,060 % a 0,140 %;
 Al: 0,10 % o menos;
 N: 0,010 % o menos; y
 O: 0,0015 % o menos,
 10 y opcionalmente:
 B: del 0,0005 % a 0,0050 %,

siendo el resto Fe e impurezas inevitables,

en el que los contenidos en términos de % en masa de los componentes químicos especificados cumplen las siguientes expresiones (1) a (3):

15 $X1 = 0,14 \times [Si] - 0,11 \times [Mn] - 0,05 \times [Cu] - 0,11 \times [Ni] - 0,03 \times [Cr] + 0,02 \leq 0,2$...Expresión (1)

$X2 = (\alpha - 500) / \beta \geq 3,0$...Expresión (2)

$\alpha = 912 - 231 \times [C] + 32 \times [Si] - 20 \times [Mn] - 40 \times [Cu] - 18 \times [Ni] - 15 \times [Cr]$

$\beta = 10^{\wedge} (0,322 - 0,538 \times [C] + 0,018 \times [Si] + 1,294 \times [Mn] + 0,693 \times [Cu] + 0,609 \times [Ni] + 0,847 \times [Cr])$

20 $X3 = 31 \times [C] + 2,3 \times [Si] + 2,3 \times [Mn] + 1,25 \times [Cu] + 2,68 \times [Ni] + 3,57 \times [Cr] - 6 \times [Ti] \geq 24$...Expresión (3)

2. El acero para resortes de alta resistencia que tiene unas propiedades de laminación de alambón excelentes de acuerdo con el punto 1, que tiene una dureza de templado a 400 °C de 53,0 HRC o más :

25 3. El acero para resortes de alta resistencia que tiene unas propiedades de laminación de alambón excelentes de acuerdo con los puntos 1 o 2, que tiene un número de tamaño de grano de 9 o más.

Los presentes inventores han descubierto que es posible formular (como la expresión (1)) la relación entre una profundidad de descarburación de ferrita y un parámetro (X1) determinado convirtiendo los grados de las contribuciones a la profundidad a partir de los componentes químicos respectivos de un material de acero en valores numéricos, formular (como la expresión (2)) la relación entre la formación de bainita en el caso de un enfriamiento a una velocidad de enfriamiento normal después de la laminación de alambón y un parámetro (X2) determinado convirtiendo los grados de las contribuciones a la formación de bainita a partir de los componentes químicos respectivos de un material de acero en valores numéricos y formular (como la expresión (3)) la relación entre la dureza en el caso de someter a un tratamiento de templado a 400 °C y un parámetro (X3) determinado convirtiendo los grados de las contribuciones a la dureza a partir de los componentes químicos respectivos de un material de acero en valores numéricos. Concretamente, es posible obtener un acero para resortes de alta resistencia que tenga unas propiedades de laminación de alambón excelentes ajustando los contenidos de los componentes químicos en un material de acero con el fin de cumplir las expresiones anteriores (1) a (3).

40 BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

La figura 1 es una gráfica para ilustrar las condiciones de la expresión (1).

La figura 2 es una gráfica para ilustrar las condiciones de la expresión (2).

La figura 3 es una gráfica para ilustrar las condiciones de la expresión (3).

45 La figura 4 es una gráfica para mostrar la razón para establecer el límite inferior del contenido de Ti al 0,060 % en masa.

DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LA INVENCION

50 Las siguientes son descripciones de razones y condiciones para limitar los componentes químicos individuales (elementos) en la composición del presente acero para resortes de alta resistencia. Por lo demás, el contenido de cada componente se muestra en términos de % en masa, y "% en masa" es lo mismo que "% en peso".

(1) C: 0,40 % a 0,65 %

55 El C es un elemento esencial del acero para resortes para garantizar la resistencia. Cuando el contenido de C es menor que el 0,40 %, es imposible lograr la resistencia de resorte prevista. Por otro lado, cuando se añade C en una cantidad superior al 0,65 %, se provoca la degradación de las características de tenacidad y fatiga, y por lo tanto el límite superior del contenido de C se establece en el 0,65 %. El contenido de C es preferiblemente del 0,45 % al 0,60 %.

(2) Si: 1,20 % a 2,80 %

5 El Si es un elemento eficaz en mejorar la resistencia de sedimentación del acero para resortes. El Si se añade en una cantidad por lo tanto del 1,20 % o más. Sin embargo, la adición de Si en exceso del 2,80 % tiende a provocar no sólo la degradación de las propiedades de sedimentación, sino también la aparición de descarburación de ferrita, y por lo tanto el límite superior del contenido de Si se establece en el 2,80 %. El contenido de Si es preferiblemente mayor que el 1,50 % y 2,50 % o menos, más preferiblemente mayor que el 2,00 % y 2,50 % o menos.

(3) Mn: 0,30 % a 1,20 %

10 El Mn funciona como un ingrediente para fijar el S, que es un elemento degradante de la tenacidad, en la forma del MnS. El Mn funciona también como un mejorador de la propiedad de temple. Con el fin de hacer un buen uso de estas funciones, el Mn se añade en una cantidad del 0,30 % o más. Sin embargo, la adición de Mn en una cantidad superior al 1,20 % da como resultado la degradación de la tenacidad, y por lo tanto el límite superior del contenido de Mn se establece en el 1,20 %. El contenido de Mn es preferiblemente mayor que el 0,50 % y 1,10 % o menos, más preferiblemente menor que el 1,00 %.

(4) P: 0,020 % o menos

20 Ya que el P hace quebradizos los límites de grano del cristal, el contenido del mismo se necesita minimizarse. Siempre y cuando el contenido de P sea 0,020 % o menos, el impacto de la reducción en la resistencia de los límites de grano es leve, mientras que la reducción extrema en el contenido de P es indeseable desde el punto de vista industrial, ya que provoca el alargamiento del proceso de fusión lo que resulta en un mayor coste.

(5) S: 0,020 % o menos

25 El S está presente de manera inevitable en el acero y, como se ha mencionado anteriormente, se combina con el Mn para formar inclusiones de MnS que se convierten en puntos de inicio de concentración de esfuerzos. Un indebidamente alto contenido de S no sólo aumenta la cantidad de inclusiones de MnS, sino que también provoca la reducción de la resistencia a la fatiga. Sin embargo, siempre y cuando el contenido de S sea del 0,020 % o menos, la reducción de la resistencia a la fatiga es extremadamente leve.

30 (6) Cu: 0,40 % o menos

35 El Cu es un elemento eficaz en improvisar resistencia a la corrosión. Además, también es eficaz en prevenir la descarburación de ferrita. El contenido de Cu es preferiblemente del 0,20 % al 0,37 %.

(7) Ni: 0,80 % o menos

40 El Ni es un elemento eficaz en mejorar la resistencia a la corrosión. Además, también es eficaz en la prevención de la descarburación de ferrita. La incorporación de Ni, sin embargo, ocasiona un aumento en el coste, y por lo tanto el límite superior del contenido de Ni se establece en el 0,80 %. El contenido de Ni es preferiblemente del 0,50 % al 0,75 %.

(8) Cr: 0,70 % o menos

45 El Cr es un elemento eficaz en mejorar la resistencia a la corrosión. Además, también es eficaz para el ajuste de las propiedades de temple. Una adición excesiva de Cr provoca la formación de picaduras de corrosión afiladas, y por lo tanto el límite superior del contenido de Cr se establece en el 0,70 %. El contenido de Cr es preferiblemente del 0,20 % al 0,50 %.

(9) Ti: 0,060 % a 0,140 %

50 El Ti es un elemento que es apto para formar carburo. Los carburos basados en Ti contribuyen a afinar los granos de cristal y mejorar una característica de fatiga, una característica de fractura retrasada y una resistencia de sedimentación. Por estas razones, el Ti se añade en una cantidad del 0,060 % o más. Sin embargo, cuando el contenido de Ti es superior al 0,140 %, los efectos de la adición de Ti se convierten en saturados; por el contrario, ocasiona el deterioro de las propiedades de laminación. El límite superior de contenido de Ti se establece por lo tanto en el 0,140 %. El contenido de Ti es preferiblemente del 0,080 % al 0,120 %. Las razones por las que el límite inferior del contenido de Ti se establece en el 0,060 % se describirán más adelante.

55 (10) Al: 0,10 % o menos

El Al es un elemento que actúa como un desoxidante durante el tratamiento de acero líquido. Sin embargo, cuando se añade Al en una cantidad superior al 0,10 %, se aumentan las inclusiones, más bien se provoca de este modo la disminución de la resistencia a la fatiga. Por lo tanto, el límite superior del contenido de Al se establece en el 0,10 %.

5 (11) N: 0,010 % o menos

El N combina con Ti para formar nitruro, lo que resulta en la disminución de la resistencia a la fatiga. Por tanto, el límite superior del contenido de N se establece en el 0,010 %.

10 (12) O: 0,0015 % o menos

Ya que el O forma inclusiones basadas en óxido, el contenido del mismo se establece en el 0,0015 % o menos.

(13) El resto: Fe e impurezas inevitables

15 Por cierto, se omiten las descripciones de Fe y de las impurezas inevitables en la Tabla 1.

(14) Satisfaciendo la siguiente expresión (1)

$X1 = 0,14 \times [Si] - 0,11 \times [Mn] - 0,05 \times [Cu] - 0,11 \times [Ni] - 0,03 \times [Cr] + 0,02 \leq 0,2 \dots$ Expresión (1)

20 Con el fin de examinar la adecuación de la Expresión (1), se realizaron simulaciones de descarburación de ferrita. En las simulaciones, las muestras de acero que tienen composiciones químicas se muestran en la Tabla 1, respectivamente, se formaron cada una por fusión de manera independiente y se laminaron en caliente en barras que tenían 22 mmφ. A partir de entonces, estas muestras se mecanizaron en barras que tenían unas dimensiones de 14 mmφ x 20 mm, sometidas a un tratamiento térmico con la condición de que se mantuvieran a 900 °C durante 100 minutos, y a continuación se enfriaron en aceite. Posteriormente al mismo, se hicieron mediciones profundas de descarburación de ferrita sobre las muestras después del tratamiento térmico. Los resultados de medición obtenidos se muestran en la Tabla 1 y en la figura 1.

25

Tabla 1

Especies de acero	Componentes químicos (% en masa)										Expresiones (1) a (3)					Profundidad de descarbonización ferrita (mm)	Presencia o ausencia de ferrita durante laminación del alambión	Presencia o ausencia de ferrita durante formación de bainita		Dureza de templado a 400 °C (HRC)	Número de tamaño de grano del cristal
	C	Si	Mn	Cu	Ni	Cr	Ti	B	X1	X2	α	β	X3	0,5 °C/s	1,5 °C/s						
	0,40-0,65	1,20-2,80	0,30-1,20	≤ 0,40	≤ 0,80	≤ 0,70	0,060-0,140	0,0005-0,0050	≤ 0,2	≥ 3,0	-	-	≥ 24,0	-	-						
Ej. 1	0,53	2,10	0,72	0,27	0,58	0,33	0,092	0,0011	0,148	4,72	816	67,0	25,4	ausente	ausente	≥ 53,0	≥ 9,0				
Ej. 2	0,52	2,02	0,65	0,32	0,71	0,33	0,090	0,0015	0,127	4,39	813	71,3	25,2	ausente	ausente	53,9	9,6				
Ej. 3	0,50	2,15	0,78	0,27	0,57	0,33	0,093	0,0017	0,149	3,94	824	82,2	24,7	ausente	ausente	53,4	9,5				
Ej. 4	0,50	2,09	0,70	0,32	0,72	0,33	0,091	0,0010	0,131	3,69	819	86,3	24,9	ausente	ausente	53,5	9,7				
Ej. 5	0,49	2,19	0,83	0,27	0,58	0,33	0,094	0,0018	0,148	3,32	826	98,1	24,6	ausente	ausente	53,1	9,6				
Ej. 6	0,48	2,14	0,75	0,32	0,72	0,33	0,090	0,0017	0,132	3,15	824	102,9	24,5	ausente	ausente	53,0	10,1				
Ej. 7	0,52	2,09	0,76	0,30	0,49	0,25	0,092	0,0016	0,153	5,28	819	60,4	24,7	ausente	ausente	53,0	9,5				
Ej. 8	0,52	2,10	0,76	0,30	0,50	0,25	0,124	0,0017	0,153	5,20	819	61,3	24,6	ausente	ausente	53,6	9,5				
Ej. 9	0,56	2,11	0,76	0,30	0,50	0,25	0,122	0,0014	0,154	5,31	810	58,4	25,8	ausente	ausente	53,4	11,2				
Ej. 10	0,56	1,79	0,39	0,20	0,40	0,25	0,089	0,0016	0,166	22,09	813	14,2	24,1	ausente	ausente	53,5	10,8				
Ej. 11	0,52	2,09	0,76	0,30	0,50	0,25	0,093	0	0,152	5,20	819	61,3	24,7	ausente	ausente	53,4	9,7				
Ej. 12	0,48	2,11	0,75	0,32	0,72	0,33	0,091	0	0,128	3,14	823	102,8	24,4	ausente	ausente	53,5	9,4				
														ausente	ausente	53,3	9,5				

Tabla 1 (continuación)

Ej. comp. 1	0,48	2,01	0,60	0,37	0,65	0,15	0,091	0	0,141	7,17	825	45,3	23,1	0,057	ausente	ausente	ausente	ausente	52,1	9,7
Ej. comp. 2	0,52	2,13	0,76	0,30	0,50	0,25	0,004	0	0,157	5,21	820	61,4	25,4	0,066	ausente	ausente	ausente	ausente	53,5	7,9
Ej. comp. 3	0,52	2,09	0,76	0,30	0,50	0,25	0,032	0,0013	0,152	5,20	819	61,3	25,1	0,063	ausente	ausente	ausente	ausente	53,8	8,2
Ej. comp. 4	0,52	2,37	0,35	0,29	0,37	0,23	0,081	0,0020	0,251	23,51	839	14,4	24,1	0,163	presente	ausente	ausente	ausente	53,4	9,3
Ej. comp. 5	0,56	2,39	0,39	0,20	0,43	0,25	0,090	0,0020	0,247	21,89	832	15,2	25,5	0,116	presente	ausente	ausente	ausente	54,1	9,4
Ej. comp. 6	0,48	2,39	0,40	0,20	0,40	0,25	0,089	0,0019	0,249	21,21	851	16,5	23,0	0,158	presente	ausente	ausente	ausente	52,0	9,5
Ej. comp. 7	0,61	2,39	0,40	0,20	0,40	0,25	0,092	0,0017	0,249	22,78	821	14,1	27,0	0,126	presente	ausente	ausente	ausente	55,6	9,7
Ej. comp. 8	0,57	2,20	0,40	0,20	0,40	0,25	0,091	0,0015	0,223	22,07	824	14,7	25,3	0,109	presente	ausente	ausente	ausente	54,2	9,8
Ej. comp. 9	0,56	2,78	0,40	0,20	0,40	0,25	0,090	0,0017	0,304	22,65	845	15,2	26,3	0,156	presente	ausente	ausente	ausente	55,2	9,6
Ej. comp. 10	0,42	2,64	1,11	0,31	0,21	0,25	0,097	0,0020	0,221	2,62	857	136,3	22,9	0,088	presente	ausente	presente	ausente	52,2	10,6

Tabla 1 (continuación)

Ej. comp. 11	0,41	2,56	0,96	0,29	0,21	0,14	0,091	0,0020	0,231	5,27	863	68,7	21,7	0,114	presente	ausente	ausente	51,5	9,6
Ej. comp. 12	0,44	2,50	0,98	0,28	0,78	0,58	0,087	0,0016	0,145	0,93	837	362,0	25,6	0,048	ausente	presente	presente	54,4	9,4
Ej. comp. 13	0,44	2,52	0,73	0,30	0,80	0,59	0,079	0,0015	0,172	1,83	841	186,2	25,3	0,063	ausente	presente	presente	53,2	9,3
Ej. comp. 14	0,41	2,10	1,01	0,24	0,24	0,36	0,088	0	0,154	2,98	845	115,8	21,6	0,087	ausente	ausente	presente	51,5	9,5
Ej. comp. 15	0,40	2,18	0,84	0,26	0,17	0,12	0,001	0	0,198	8,60	857	41,5	20,6	0,064	ausente	ausente	ausente	50,1	7,6
Ej. comp. 16	0,60	1,97	0,83	0,10	0,11	0,12	0,003	0	0,184	14,05	812	22,2	25,9	0,072	ausente	ausente	ausente	53,2	7,4
Ej. comp. 17	0,54	1,29	0,74	0,09	0,06	0,63	0,002	0	0,089	6,79	800	44,1	23,9	0,031	ausente	ausente	ausente	52,4	7,9

La figura 1 es una gráfica realizada trazando los datos de coordenadas de todas las especies de acero con la profundidad de descarburación de ferrita como eje vertical, y X1 en la expresión (1) como eje horizontal. X1 incluye un polinomio formado realizando la adición o sustracción de términos de componentes, cada uno de los cuales se obtiene multiplicando cada uno de los contenidos de los componentes químicos especificados (Si, Mn, Cu, Ni y Cr) por el coeficiente individual especificado y, como se ve claramente en la figura 1, realiza una relación de correspondencia casi lineal con la profundidad de descarburación de ferrita.

Por otro lado, separadamente de lo anterior, cada especie de acero se formó por fusión y se sometió a un desbastado y además a una laminación de alambrión en relación con el alambrión laminado (13,5 mmφ) usando una máquina real a una temperatura de laminación de 900 °C. La velocidad de enfriamiento en este caso se estableció en 0,5 °C/s. Y una valoración de un resultado real de la descarburación de ferrita en cada material de laminación de alambrión, es decir, se produjo una decisión en cuanto a si se realizó la descarburación de ferrita (la descarburación de ferrita estaba presente) o no (la descarburación de ferrita estaba ausente). Los resultados de la valoración se muestran en la figura 1 en la forma de datos de coordenadas de todas las especies de acero con ausencia de descarburación de ferrita como un círculo blanco y la presencia de descarburación de ferrita como un círculo negro. Además, en la Tabla 1, la ausencia de descarburación de ferrita se describe como "ausente", mientras que la presencia de descarburación de ferrita se describe como "presente".

Como puede verse en la figura 1, es conveniente organizar las profundidades de descarburación de ferrita en la X1 en la expresión (1). Y considerando los resultados reales de descarburación de ferrita conforme a la laminación de alambrión práctica, se determinó que el valor de umbral de X1 para la decisión en cuanto a si se produjo o no la descarburación de ferrita es 0,2. En otras palabras, ajustando X1 a 0,2 o menos, llega a ser posible obtener una estructura libre de descarburación de ferrita.

(15) Satisfaciendo la siguiente expresión (2)

$$X2 = (\alpha - 500) / \beta \geq 3,0$$

...Expresión (2)

$$\alpha = 912 - 231 \times [C] + 32 \times [Si] - 20 \times [Mn] - 40 \times [Cu] - 18 \times [Ni] - 15 \times [Cr]$$

$$\beta = 10^{(0,322 - 0,538 \times [C] + 0,018 \times [Si] + 1,294 \times [Mn] + 0,693 \times [Cu] + 0,609 \times [Ni] + 0,847 \times [Cr])}$$

Con el fin de examinar la adecuación de la Expresión (2), cada especie de acero se sometió, de manera similar a la anterior, a un devastado y además a una laminación de alambrión (13,5 mmφ) usando una máquina real a una temperatura de laminación de 900 °C. En este caso, el enfriamiento se realizó a dos velocidades diferentes de 1,5 °C/s y 0,5 °C/s. Y una valoración de un resultado real de la formación de bainita en cada uno de los materiales laminados de alambrión, es decir, se produjo una decisión en cuanto a si se formó bainita (presencia de formación de bainita) o no (ausencia de formación de bainita). Además, en la Tabla 1 y en la figura 2, la unidad de una velocidad de enfriamiento se expresa en °C/s.

Los resultados obtenidos se muestran en la Tabla 1 y en la figura 2. La figura 2 es una gráfica realizada trazando los datos de coordenadas de todas las especies de acero con la velocidad de enfriamiento como eje vertical y X2 en la Expresión (2) como eje horizontal. Aunque X2 incluye α y β como variables, se conoce el concepto de la igualdad en sí (por ejemplo, véase Materia, vol. 36, N° 6, 1997, páginas 603 a 608). α incluye un polinomio formado realizando la adición o sustracción de los términos de componentes de cada uno de los cuales se obtiene multiplicando cada uno de los contenidos de los componentes químicos especificados (C, Si, Mn, Cu, Ni y Cr) por el coeficiente especificado individualmente, y β es 10 a la potencia de tal polinomio. Como se muestra en la figura 2, considerando los resultados reales de la formación de bainita conforme a la laminación de alambrión práctica, se determinó que el valor umbral de X2 para la decisión en cuanto a si se produjo o no la formación de bainita es de 3,0. En otras palabras, ajustando X2 a 3,0 o más, se hace posible obtener estructuras libres de formación de bainita, siempre y cuando el enfriamiento se realice a velocidades de ejecución habituales.

(16) Satisfaciendo la siguiente expresión (3)

$$X3 = 31 \times [C] + 2,3 \times [Si] + 2,3 \times [Mn] + 1,25 \times [Cu] + 2,68 \times [Ni] + 3,57 \times [Cr] - 6 \times [Ti] \geq 24,0$$

...Expresión (3)

Con el fin de examinar la adecuación de la Expresión (3), unas muestras de acero preparadas para las especies de acero individuales que se forman por fusión, forjándolas en caliente en sus barras respectivas que tienen 22 mm φ y a continuación mecanizándolas en sus barras respectivas que tienen unas dimensiones de 20 mmφ x 10 mm se mantuvieron a 950 °C durante 60 minutos, sometidas a temple en aceite, a continuación se mantuvieron a 400 °C durante 30 minutos, y templadas adicionalmente conforme a una refrigeración por aire. Se realizaron mediciones de dureza (HRC) en las muestras de acero tratadas de este modo.

Los resultados de medición obtenidos se muestran en la Tabla 1 y en la figura 3. La figura 3 es una gráfica realizada trazando los datos de coordenadas de todas las especies de acero con una dureza como eje vertical y X3 en la Expresión (3) como eje horizontal. X3 incluye un polinomio formado realizando una adición o sustracción de términos de componente, cada uno de los cuales se obtiene multiplicando cada uno de los contenidos de los componentes químicos especificados (C, Si, Mn, Cu, Ni, Cr y Ti) por el coeficiente especificado individualmente.

Como puede verse en la figura 3, es apropiado organizar la dureza en X3 en la Expresión (3). Y con el fin de que el acero para resortes de alta resistencia de acuerdo con la invención garantice una dureza (HRC) de al menos 53,0 en el caso de establecer la temperatura de templado en 400 °C, se determinó que el valor de umbral de X3 es 24,0. En otras palabras, ajustando X3 a 24,0 o más, se hace posible obtener una estructura de alta resistencia con una dureza (HRC) de 53,0 o más en el caso de establecer la temperatura de templado a 400 °C.

(17) B: de 0,0005 % al 0,0050 %

El B es un elemento eficaz en mejorar la tenacidad del acero para resortes evitando que el P y el S se segreguen de los límites de grano de cristal. Por lo tanto, el contenido de B es preferentemente del 0,0005 % o más. Por otro lado, la adición excesiva de B provoca la formación de nitruro de B, lo que resulta en la degradación de la tenacidad. Por lo tanto, el contenido de B es preferentemente del 0,0050 % o menos.

(Otros) Razones para establecer el límite inferior del contenido de Ti en el 0,060 %

En las muestras que hayan experimentado una forja en caliente, un temple posterior a 950 °C y un templado adicional a 400 °C, las mediciones de tamaño de grano del cristal (tamaño de grano del cristal austenítico) se realizaron de acuerdo con el método de ensayo del tamaño de grano del cristal austenítico (JIS G 0551:2005). Los resultados de medición (números de tamaño de grano del cristal) obtenidos se muestran en la Tabla 1 y en la figura 4. La figura 4 es una gráfica realizada trazando los datos de coordenadas de cada especie de acero con un número de tamaño de grano del cristal como eje vertical y el contenido de Ti como eje horizontal.

El tamaño de grano del cristal austenítico influye en diversas características (una característica de fatiga, una característica de fractura retardada, una propiedad de sedimentación), y por lo general, es posible mejorar estas características a través del afinado de los granos del cristal. En el acero de alta resistencia de la presente invención, el límite inferior de contenido de Ti se establece en 0,060 basado en la figura 4 de manera que el tamaño de grano del cristal después del temple y del templado se hace el N° 9 o más. En otras palabras, ajustando el contenido de Ti al 0,060 % o más, se hace posible obtener una estructura fina que es el N° 9 o más en número de tamaño de grano del cristal.

Los resultados de cálculo, los resultados de medición y los resultados de valoración de las Expresiones (1) a (3) correspondientes a cada especie de acero (en cada uno de los ejemplos 1 a 12 y de los ejemplos comparativos 1 a 17) se muestran en la Tabla 1. Como se muestra en los ejemplos 1 a 12, los aceros para resortes de alta resistencia que tienen unas propiedades de laminación de alambtrón excelentes, y más específicamente, los aceros que no provocan descarburación de ferrita ni la formación de bainita durante la laminación de alambtrón y que tienen una dureza de templado a 400 °C de 53,0 HRC o más y un número de tamaño de grano de 9 o más, pueden obtenerse ajustando cada uno de los componentes químicos para que caigan dentro del intervalo de contenido especificado individualmente y cumplan las expresiones (1) a (3).

Por otro lado, en cada uno de los ejemplos comparativos 1, 6, 10, 11, 14, 15 y 17, no se cumplía la expresión (3); como resultado, la dureza de templado a 400 °C estaba por debajo de 53,0 HRC. Además, en cada uno de los ejemplos comparativos 4 a 11, no se cumplía la expresión (1); como resultado, se produjo una descarburación de ferrita durante la laminación de alambtrón.

Además, en cada uno de los ejemplos comparativos 2, 3 y 15 a 17, el contenido de Ti estaba por debajo del 0,060 % en masa; como resultado, el número de tamaño de grano del cristal de los mismos llegó a estar por debajo del N° 9. Además, en cada uno de los ejemplos comparativos 10 y 12 a 14, no se cumplía la expresión (2); como resultado, se produjo la formación de bainita durante la laminación de alambtrón.

Como puede verse claramente a partir de las descripciones anteriores, de acuerdo con la presente invención, es posible obtener un acero para resortes de alta resistencia que tenga propiedades de laminación de alambtrón excelentes. Por cierto, la presente invención no debería interpretarse como estando limitada a los ejemplos anteriores, pero pueden realizarse de modo que experimenten diversos cambios y modificaciones siempre y cuando no se aparten de la esencia de la invención.

La presente solicitud está basada en la solicitud de patente japonesa N° 2014-206311 presentada el 7 de octubre de 2014, y el contenido se incorpora en el presente documento por referencia.

REIVINDICACIONES

1. Un acero para resortes de alta resistencia que tiene unas propiedades de laminación de alambón excelentes, que consiste esencialmente de, en términos de % en masa:
- 5 C: del 0,40 % al 0,65 %;
Si: del 1,20 % al 2,80 %;
Mn: del 0,30 % al 1,20 %;
P: 0,020 % o menos;
S: 0,020 % o menos;
- 10 Cu: 0,40 % o menos;
Ni: 0,80 % o menos;
Cr: 0,70 % o menos;
Ti: del 0,060 % al 0,140 %;
- 15 Al: 0,10 % o menos;
N: 0,010 % o menos; y
O: 0,0015 % o menos,
y opcionalmente:
B: del 0,0005 % al 0,0050 %
- 20 siendo el resto Fe e impurezas inevitables,
en el que el contenido en términos de % en masa de los componentes químicos especificados cumple las siguientes expresiones (1) a (3):
 $X1 = 0,14 \times [Si] - 0,11 \times [Mn] - 0,05 \times [Cu] - 0,11 \times [Ni] - 0,03 \times [Cr] + 0,02 \leq 0,2$...Expresión (1)
 $X2 = (\alpha - 500) / \beta \geq 3,0$...Expresión (2)
 $\alpha = 912 - 231 \times [C] + 32 \times [Si] - 20 \times [Mn] - 40 \times [Cu] - 18 \times [Ni] - 15 \times [Cr]$
 $\beta = 10^{(0,322 - 0,538 \times [C] + 0,018 \times [Si] + 1,294 \times [Mn] + 0,693 \times [Cu] + 0,609 \times [Ni] + 0,847 \times [Cr])}$
 $X3 = 31 \times [C] + 2,3 \times [Si] + 2,3 \times [Mn] + 1,25 \times [Cu] + 2,68 \times [Ni] + 3,57 \times [Cr] - 6 \times [Ti] \geq 24,0$..Expresión (3)
- 25
2. El acero para resortes de alta resistencia que tiene unas propiedades de laminación de alambón excelentes de acuerdo con la reivindicación 1, que tiene una dureza de templado a 400 °C de 53,0 HRC o más.
- 30
3. El acero para resortes de alta resistencia que tiene unas propiedades de laminación de alambón excelentes de acuerdo con la reivindicación 1 o 2, que tiene un número de tamaño de grano de 9 o más.

Fig. 1

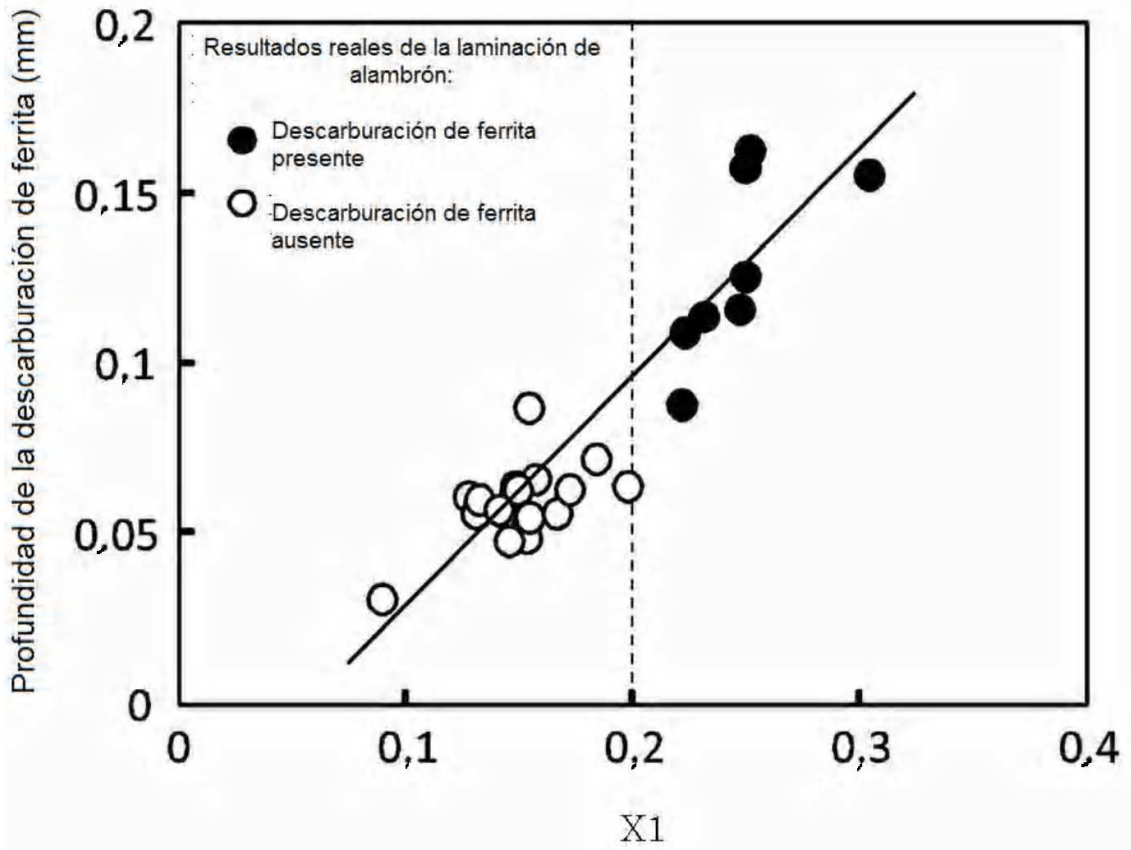


Fig. 2

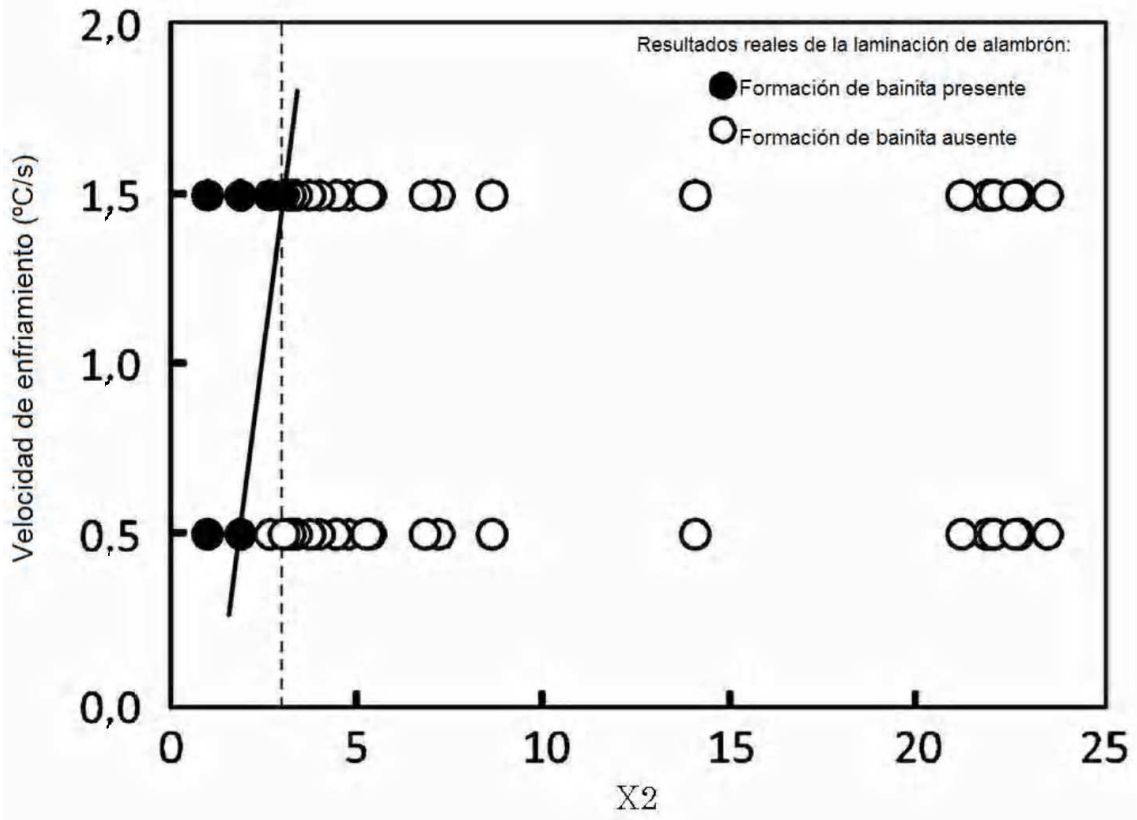


Fig. 3

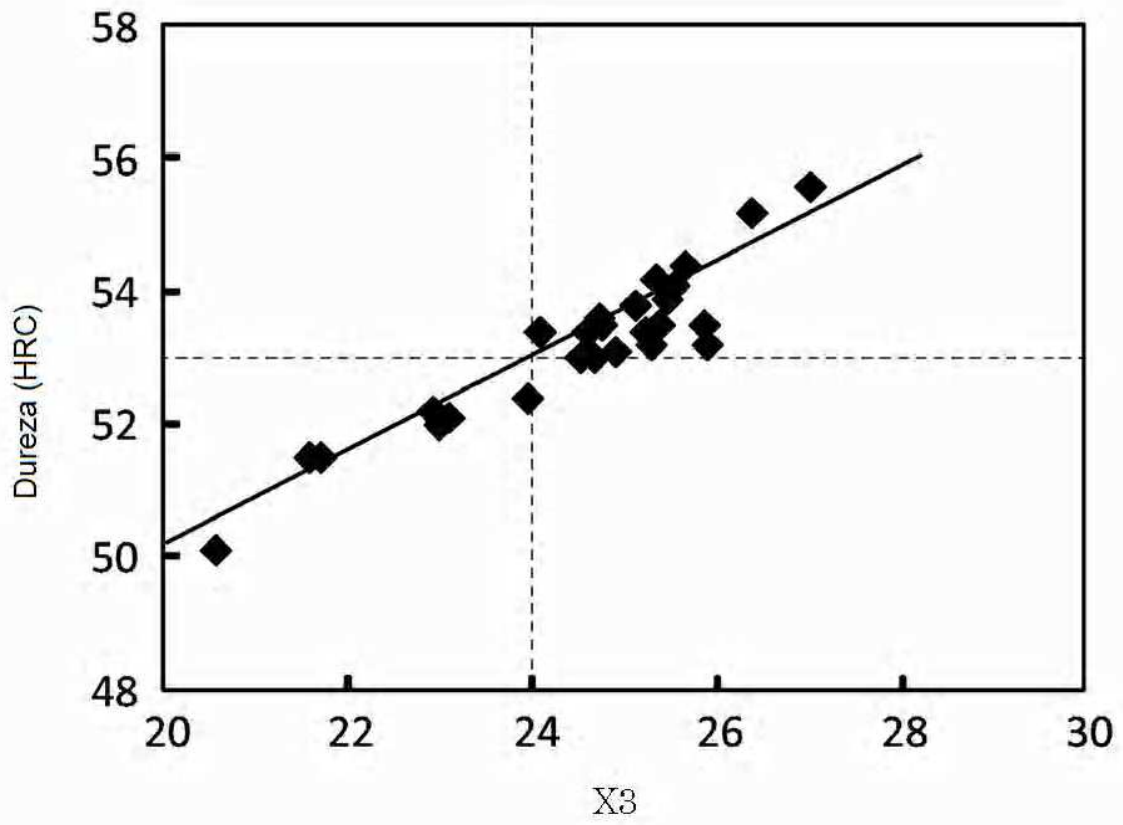
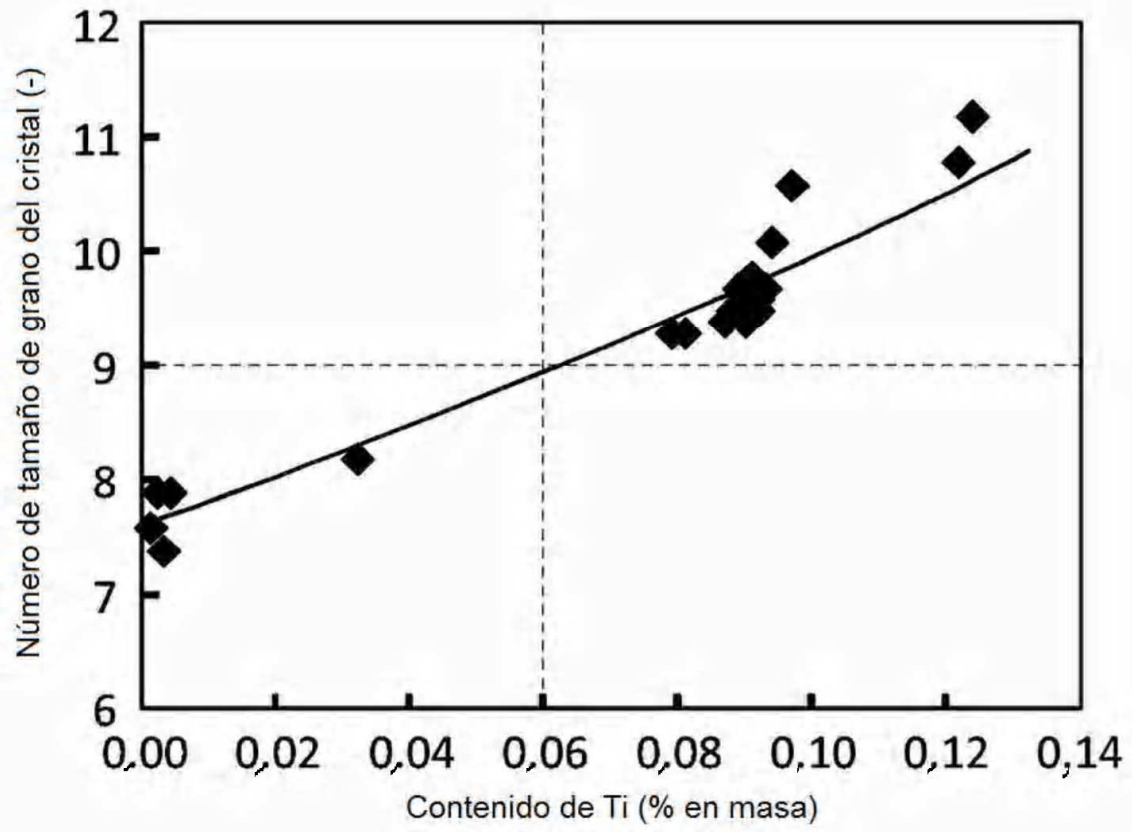


Fig. 4





- ②① N.º solicitud: 201531438
②② Fecha de presentación de la solicitud: 06.10.2015
③② Fecha de prioridad: **07-10-2014**

INFORME SOBRE EL ESTADO DE LA TÉCNICA

⑤① Int. Cl.: Ver Hoja Adicional

DOCUMENTOS RELEVANTES

Categoría	⑤⑥ Documentos citados	Reivindicaciones afectadas
A	EP 1783239 A1 (KOBW-SHI) 09.05.2007, párrafos [14-33].	1-4
A	EP 0657557 A1 (KOBESHOSH) 03.11.1994, página 4, línea 48 – página 6, línea 56.	1-4
A	WO 2008044859 A1 (POSCO) 17.04.2008, párrafos [25-27],[100-101].	1-4
A	EP 2816130 A1 (JFE STEEL CORPORATION) 24.12.2014, párrafos [11-15].	1-4
A	EP 2374904 A1 (KOBESTEEL LTD) 12.10.2011, párrafos [53],[85].	1-4

Categoría de los documentos citados

X: de particular relevancia

Y: de particular relevancia combinado con otro/s de la misma categoría

A: refleja el estado de la técnica

O: referido a divulgación no escrita

P: publicado entre la fecha de prioridad y la de presentación de la solicitud

E: documento anterior, pero publicado después de la fecha de presentación de la solicitud

El presente informe ha sido realizado

para todas las reivindicaciones

para las reivindicaciones nº:

Fecha de realización del informe
29.02.2016

Examinador
A. Rúa Agüete

Página
1/4

CLASIFICACIÓN OBJETO DE LA SOLICITUD

C22C38/02 (2006.01)

C22C38/04 (2006.01)

C22C38/40 (2006.01)

Documentación mínima buscada (sistema de clasificación seguido de los símbolos de clasificación)

C22C

Bases de datos electrónicas consultadas durante la búsqueda (nombre de la base de datos y, si es posible, términos de búsqueda utilizados)

INVENES, EPODOC

Fecha de Realización de la Opinión Escrita: 29.02.2016

Declaración

Novedad (Art. 6.1 LP 11/1986)	Reivindicaciones 1-4	SI
	Reivindicaciones	NO
Actividad inventiva (Art. 8.1 LP11/1986)	Reivindicaciones 1-4	SI
	Reivindicaciones	NO

Se considera que la solicitud cumple con el requisito de aplicación industrial. Este requisito fue evaluado durante la fase de examen formal y técnico de la solicitud (Artículo 31.2 Ley 11/1986).

Base de la Opinión.-

La presente opinión se ha realizado sobre la base de la solicitud de patente tal y como se publica.

1. Documentos considerados.-

A continuación se relacionan los documentos pertenecientes al estado de la técnica tomados en consideración para la realización de esta opinión.

Documento	Número Publicación o Identificación	Fecha Publicación
D01	EP 1783239 A1 (KOBW-SHI)	09.05.2007
D02	EP 0657557 A1 (KOBW-SHO)	03.11.1994
D03	WO 2008044859 A1 (POSCO)	17.04.2008

2. Declaración motivada según los artículos 29.6 y 29.7 del Reglamento de ejecución de la Ley 11/1986, de 20 de marzo, de Patentes sobre la novedad y la actividad inventiva; citas y explicaciones en apoyo de esta declaración

El objeto de la invención es un acero para resortes de alta resistencia que tiene unas propiedades de laminación de alambón excelentes con una composición química que comprende [0.4%-0.65%]C, [1.2%-2.8%] Si, [0.3%-1.2%] Mn, [≤0.8%]Ni, [≤0.7%]Cr y [0.06%-0.14%]Ti, ajustada en función de 3 expresiones matemáticas que tienen en cuenta la aparición la descarburación de la ferrita, la formación de bainita y la dureza del acero. Tiene aplicación para los resortes de suspensión en automóviles.

El documento D1 divulga un acero para un resorte de alta resistencia con una composición química que comprende [0.35%-0.65%]C, [1.5%-2.5%]Si, [0.05%-1%]Mn, [≤0.8%]Ni, [0.05%-1.9%] Cr y [0.005%-0.5%]Ti. (Ver párrafo [9]). Si bien es cierto que los intervalos de composición definidos se podrían considerar similares a los del objeto de la invención, se puede comprobar el efecto diferenciador del ajuste teniendo en cuenta las expresiones recogidas en la reivindicación 1 de la solicitud, lo que provoca variaciones significativas en las composiciones de varios de los elementos aleados. Por ejemplo comparando valores recogidos en la tabla 1 de la solicitud y los de la tabla 1 de D1, se puede comprobar que para valores similares de la composición en C, Si, Mn y Ni, las composiciones seleccionadas para el Cr, Mn y Cu presentan diferencias relevantes. (Ver Ejemplo 6, tabla 1 en la solicitud y ejemplos F y D en D1).

El documento D2 divulga un acero para un resorte de alta resistencia que tiene una composición química que comprende [0.3%-0.6%]C, [1%-3%] Si, [0.1%-0.5%] Mn, [1%]Ni y [0.01% - 1%] de Ti. (Ver pag.3 línea 50-56; pag.6, línea 50). La composición del Ti se encuentra definida en un intervalo muy amplio, lo que provoca un gasto innecesario de un material muy costoso.

El documento D3 divulga un acero para un resorte de alta resistencia con una composición química que comprende [0.4%-0.7%]C, [1.5%- 3.5%]Si, [0.3%-1%] Mn, [0.01%-1.5%]Cr y [0.005%-0.5%]Ti. (Ver párrafos [25 a 27]). En este caso el intervalo de composición para el Ti es todavía más amplio, con lo que el coste sería muy elevado sin mejora apreciable del comportamiento del alambre.

Ninguno de los documentos D1 a D3 citados o cualquier combinación relevante de los mismos revela un acero para resortes de alta resistencia con una composición química ajustada a los intervalos descritos en la reivindicación 1, satisfaciendo las expresiones (1) a (3) recogidas en dicha reivindicación con el objetivo de evitar la aparición de descarburación de ferrita y la formación de bainita, que son efectos secundarios indeseables que se producirían de manera inevitable como consecuencia de la aleación múltiple de elementos.

Por lo tanto, la invención tal y como se recoge en las reivindicaciones 1 a 4 de la solicitud es nueva e implica actividad inventiva.