

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 628 102**

51 Int. Cl.:

<b>C22C 38/44</b>	(2006.01)	<b>C22C 38/04</b>	(2006.01)
<b>C21D 1/32</b>	(2006.01)	<b>C22C 38/18</b>	(2006.01)
<b>C21D 8/06</b>	(2006.01)	<b>C22C 38/42</b>	(2006.01)
<b>F16C 33/62</b>	(2006.01)	<b>C22C 38/40</b>	(2006.01)
<b>F16C 33/64</b>	(2006.01)		
<b>C21D 9/40</b>	(2006.01)		
<b>C21D 6/00</b>	(2006.01)		
<b>C21D 7/13</b>	(2006.01)		
<b>C21D 8/00</b>	(2006.01)		
<b>C22C 38/02</b>	(2006.01)		

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **05.03.2013 PCT/JP2013/056008**
- 87 Fecha y número de publicación internacional: **03.10.2013 WO13146123**
- 96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **05.03.2013 E 13769818 (9)**
- 97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **31.05.2017 EP 2832892**

54 Título: **Material de acero para cojinete que tiene una operabilidad en frío superior y procedimiento para producir el mismo**

30 Prioridad:

**30.03.2012 JP 2012083066**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**01.08.2017**

73 Titular/es:

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

72 Inventor/es:

**KAIZUKA, MASAKI y  
SHINDO, YOSUKE**

74 Agente/Representante:

**UNGRÍA LÓPEZ, Javier**

ES 2 628 102 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín Europeo de Patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre Concesión de Patentes Europeas).

**DESCRIPCIÓN**

Material de acero para cojinete que tiene una operabilidad en frío superior y procedimiento para producir el mismo

5 La presente invención se refiere a un acero para fabricar un componente de cojinete para su uso en un automóvil, diversas máquinas industriales o similares. Más particularmente, se refiere a un acero para cojinete que muestra una operabilidad en frío favorable en la fabricación de un componente de cojinete mediante trabajo en frío y un procedimiento de fabricación del mismo.

10 Convencionalmente, como material para cojinetes usados en diversos campos tales como un automóvil y diversas máquinas industriales, se ha usado un acero para cojinete de alto contenido en carbono y cromo tal como SUJ2 definido de acuerdo con la norma JIS G 4805 (1999).

15 El presente solicitante ha presentado diversas propuestas con el fin de obtener las más excelentes características como aceros para cojinetes. Por ejemplo, en la literatura de patente 1, con el fin de favorecer la capacidad de pulido en el trabajo en forma de producto y obtener una vida de fatiga de contacto rodante favorable con estabilidad, particularmente, el tamaño y la densidad de compuestos de nitrógeno de tipo A1 dispersos en acero y se definen el tamaño y la relación de área de cementita. Mientras que, en la literatura de patente 2, con el fin de mejorar aún más la vida de fatiga de contacto rodante, se define la relación de las relaciones de área de carburo observadas respectivamente en la parte concentrada de Cr debido a la segregación de la franja y la parte no segregada de Cr. Además, la literatura de patente 3 presenta la siguiente propuesta: con el fin de obtener un alambre de acero para cojinete adecuado para un estiramiento de alambre profundo, que no se rompe ni siquiera cuando se somete a un estiramiento de alambre profundo, de modo que la relación de reducción de estiramiento del alambre exceda aproximadamente un 50 % (aún más, un 70 %), se controlan las condiciones de fabricación, para fijar, de este modo, el diámetro equivalente circular medio y la desviación estándar de la cementita después de un recocido de globulización igual o menor que los valores dados para suprimir variaciones.

20 Incidentalmente, se puede obtener un componente de cojinete de la siguiente manera: un acero para cojinete en forma de alambroón, varilla de acero, o similar, se somete a trabajo en frío tal como corte, forjado o mecanizado, con lo que se trabaja en una forma final. Sin embargo, el alambroón o el material de varilla laminado en caliente es demasiado duro y, por lo tanto, el trabajo en frío es difícil de realizar. Por esta razón, con el fin de mejorar la operabilidad en frío, en general, el recocido de globulización se lleva a cabo antes del trabajo en frío. Con el fin de asegurar una excelente operabilidad en frío, es importante controlar la microestructura del acero después del recocido de globulización (material de recocido de globulización). Por tanto, se han presentado diversas propuestas.

25 Por ejemplo, la literatura de patente 4 presenta la siguiente propuesta: mediante el control de la temperatura de laminación en caliente y la velocidad de enfriamiento en las etapas de fabricación, se reduce la red de cementita proeutectoide y se hace más gruesa la separación laminar de perlita. Sin embargo, con esta tecnología, la cementita globulizada se dispersa uniformemente y finamente. Por esta razón, se considera difícil decir que la dureza se reduce suficientemente.

30 Mientras que, la literatura de patente 5 divulga un patente en la que, después de un tratamiento de recocido de globulización, se definen el tamaño de partícula medio de ferrita y el tamaño de partícula medio de cementita después de un estiramiento de alambre en frío, para mejorar, de este modo, la operabilidad en frío. Sin embargo, los contenidos de C y Cr pueden ser altos, dando como resultado la formación de carburo eutéctico. Por esta razón, el recocido por difusión se vuelve esencial. Además, después del recocido de globulización, se lleva a cabo un estiramiento de alambre en frío de un 20 a un 40 %, dando como resultado la degradación del rendimiento del acero. La literatura de patente 6 y la literatura de patente 7 divulgan otros aceros para aplicaciones para cojinetes.

35 Sin embargo, en los últimos años, desde los puntos de vista de reducción de costes adicionales y reducción de CO<sub>2</sub>, se ha exigido una excelente operabilidad en frío.

Literatura de patente 1 Solicitud de Patente Japonesa no examinada publicación N °. 2011-111668

Literatura de patente 2 Solicitud de Patente Japonesa no examinada publicación N °. 2010-047832

40 Literatura de patente 3 Solicitud de Patente Japonesa no examinada publicación N °. 2007-224410

Literatura de patente 4 Solicitud de Patente Japonesa no examinada publicación N °. 6-299240

Literatura de patente 5 Solicitud de Patente Japonesa no examinada publicación N °. 2001-294972

Literatura de patente 6: documento EP 1 595 966

Literatura de patente 7: documento WO 2012/160677 A1

60

**Sumario de la invención**

La presente invención se completó en vista de las circunstancias anteriores. Es un objeto de la misma implementar un acero para cojinete que muestre una operabilidad en frío más excelente que en la técnica relacionada y un procedimiento de fabricación del mismo.

65

Un acero para cojinete excelente en la operabilidad en frío que pueda resolver el problema anterior, consiste en:

- 5 C: 0,95 a 1,10 % (en términos de % en masa, se aplicará igual a los componentes químicos, en lo sucesivo en este documento),  
 Si: 0,10 a 0,30 %,  
 Mn: 0,1 % a 0,40 %,  
 Cr: 1 % a 1,50 %,  
 Ni: 0,01 % a 0,05 %,
   
10 Cu: 0,01 % a 0,05 % y  
 Mo: 0% a 0,03%,

y el equilibrio que consiste en hierro e impurezas inevitables, donde Si (límite Si), Ni (límite Ni), Cu (límite Cu), Mo (límite Mo), Mn (límite Mn) y Cr (límite Cr) incluidos en una región (región límite) desde una superficie límite de cementita globulizada a una posición a 20 nm de distancia en un material base satisfacen los intervalos siguientes, respectivamente y el coeficiente de circularidad de la cementita globulizada es 0,80 o más:

- 20 límite Si: 0,6 % o menos (excluyendo 0 %),  
 límite Ni: 0,10 % o menos (excluyendo 0 %),  
 límite Cu: 0,10 % o menos (excluyendo 0 %),  
 límite Mo: 0,03 % o menos (incluyendo 0 %),  
 límite Mn: 0,10 % o menos (excluyendo 0 %) y  
 límite Cr: 0,9 % o menos (excluyendo 0 %),

25 con el coeficiente de circularidad de la cementita globulizada que se calcula mediante la siguiente ecuación (1):

$$\text{Coeficiente de circularidad de la cementita globulizada} = 4\pi \times (\text{área de la cementita globulizada}) / (\text{longitud de la circunferencia de la cementita globulizada})^2 \text{ (I).}$$

30 La presente invención también incluye un procedimiento para fabricar el acero para cojinete.

El procedimiento es un procedimiento para fabricar un acero para cojinete excelente en la operabilidad en frío. El procedimiento incluye:  
 35 usar un acero que tiene la composición, realizar un recocido de globulización después de la laminación en caliente, fijar una velocidad de enfriamiento media para enfriar a 740 °C después de la laminación en caliente hasta 8 °C/s o más y elevar la temperatura a una velocidad de calentamiento media de 100 a 150 °C/h desde la temperatura ambiente hasta un intervalo de temperatura de 780 a 800 °C (temperatura de remojo) en el recocido de globulización, calentar a la temperatura de remojo durante 1 a 2 horas y entonces, enfriar a una velocidad de enfriamiento media de 50 a 150 °C/h desde la temperatura de remojo hasta 680 °C.

40 De acuerdo con la presente invención, es posible obtener un acero para cojinete que muestre una operabilidad en frío más excelente que en la técnica relacionada. El uso del acero para cojinete permite que el trabajo en frío como corte, forjado o mecanizado se realice favorablemente. Por consiguiente, cuando se fabrica un componente de cojinete tal como una bola, un rodillo, una aguja o una carrera, se puede alargar la vida del troquel a usar. Además, una carrera o similar sometida a trabajo en caliente se puede fabricar mediante trabajo en frío. Por esta razón, es posible reducir la cantidad de emisión de CO<sub>2</sub> en una etapa de fabricación de componentes. Además, es posible reducir el tiempo de globulización y también es posible reducir el coste.

50 Los presentes inventores tenían por objeto mejorar aún más la operabilidad en frío de un acero para cojinete. Por tanto, con el fin de reducir la resistencia a la deformación generada durante el trabajo en frío, los presentes inventores se centraron en el límite, que es la parte más débil, entre la cementita globulizada y la fase matriz en la microestructura del material de recocido de globulización, particularmente, la microestructura (microestructura de ferrita) de la región límite de la fase matriz con la cementita globulizada.

55 Como resultado, los presentes inventores descubrieron lo siguiente: (a) con el fin de reducir la resistencia a la deformación generada durante el trabajo en frío, es muy eficaz reducir los elementos del soluto (Si, Cr, Mn, Ni, Cu y Mo) en la microestructura de la región de la fase matriz (la región de la fase matriz puede denominarse en lo sucesivo "región límite") desde la superficie de la cementita globulizada hasta una posición a 20 nm de distancia.

60 Además, se ha indicado lo siguiente: (b) también es eficaz para mejorar aún más la operabilidad en frío que el coeficiente de circularidad de la cementita globulizada se fije en 0,80 o más para asegurar la excelente deformabilidad.

65 A continuación, en primer lugar, se describirá el (a) en detalle.

En la microestructura de un material recocido de globulización convencional, las densidades de los elementos en la región límite se sometieron a análisis de línea por EDX de FE-TEM. Esto indica lo siguiente: en la región límite, Si, Cu, Ni y Mo se concentran a densidades mayores que las respectivas densidades de elementos en la fase matriz del acero y Cr y Mn se agotan a densidades más bajas que las respectivas densidades de elementos en la fase matriz del acero.

Todo el Si, Ni, Cu y Mo son elementos cada uno de ellos, con un bajo coeficiente de reparto y apenas se disuelven en cementita en el recocido de globulización. Por esta razón, se puede considerar lo siguiente: los elementos se concentran en el límite entre cementita y la fase matriz; como resultado, la microestructura de ferrita de la región límite se refuerza, dando como resultado un aumento de la resistencia a la deformación. Por consiguiente, desde el punto de vista de la reducción de la resistencia a la deformación, se reducen deseablemente Si, Ni, Cu y Mo en la región límite.

Por otra parte, tanto Mn como Cr son elementos con un alto coeficiente de reparto y tienden a disolverse en cementita en el recocido de globulización. Por esta razón, se puede considerar que las regiones agotadas en Mn y Cr se forman en el límite entre cementita y la fase matriz. Cuando Mn o Cr se agota, la resistencia de la microestructura de la ferrita se reduce. Por esta razón, se puede considerar que la resistencia a la deformación se puede reducir.

Como se ha descrito anteriormente, con el fin de asegurar la excelente operabilidad en frío (con el fin de reducir la resistencia a la deformación), deseablemente, Si, Ni, Cu y Mo que tienden a concentrarse en la región límite se reducen positivamente y se reducen Mn y Cr que tienden a agotarse en la región límite. Desde este punto de vista, se examinaron las cantidades permisibles de los respectivos elementos en la región límite (incidentalmente, a continuación, Si, Ni, Cu, Mo, Mn y Cr en la región límite se denominarán límite Si, límite Ni, límite Cu, límite Mo, límite Mn y límite Cr, respectivamente).

Como resultado, se ha descubierto lo siguiente: con el fin de reducir suficientemente la resistencia a la deformación y asegurar la excelente operabilidad en frío, es deseable conseguir el control como sigue:

- límite Si: 0,6 % o menos (excluyendo 0 %),
- límite Ni: 0,10 % o menos (excluyendo 0 %),
- límite Cu: 0,10 % o menos (excluyendo 0 %),
- límite Mo: 0,03 % o menos (incluyendo 0 %),
- límite Mn: 0,10 % o menos (excluyendo 0 %) y
- límite Cr: 0,9 % o menos (excluyendo 0 %).

Como se ha descrito anteriormente, todos los elementos presentes en la región límite se reducen preferentemente con el fin de reducir la resistencia a la deformación. El límite Si es preferentemente 0,5 % o menos, y más preferentemente 0,4 % o menos. El límite Ni y el límite Cu son preferentemente 0,08 % o menos, respectivamente y más preferentemente 0,05 % o menos, respectivamente. Mientras que, el límite Mo es preferentemente 0,02 % o menos y más preferentemente 0,01 % o menos. Además, el límite Mn es preferentemente 0,08 % o menos y más preferentemente 0,05 % o menos. El límite Cr es preferentemente 0,85 % o menos y más preferentemente 0,70 % o menos.

Incidentalmente, para todos los elementos en la región límite, el límite inferior de cada contenido no está particularmente definido desde el punto de vista de asegurar la excelente operabilidad en frío. Sin embargo, teniendo en cuenta los componentes en acero, las condiciones de fabricación y similares, el límite inferior del límite Si es aproximadamente 0,30 %, el límite inferior del límite Ni es aproximadamente 0,01 %, el límite inferior del límite Cu es aproximadamente 0,01 %, el límite inferior del límite Mo es aproximadamente 0 %, el límite inferior del límite Mn es aproximadamente 0,01 % y el límite inferior del límite Cr es aproximadamente 0,60 %.

Con el fin de fijar el límite Si, el límite Ni, el límite Cu y el límite Mo dentro de los intervalos anteriores, respectivamente, en la composición (composición media de la fase matriz) en el acero, se requiere que Si, Ni, Cu y Mo se fijan en cantidades iguales o menores que los respectivos valores límite superiores prescritos, respectivamente. Mientras que, con el fin de fijar el límite Mn y el límite Cr dentro de los intervalos respectivos, en la composición del acero, se requiere que Mn y Cr se fijan en cantidades iguales o más pequeñas que los respectivos valores límite superiores prescritos, respectivamente. Además, se requiere que las condiciones para el recocido de globulización se controlen como se describe después.

En la región límite, los componentes distintos del Si, Ni, Cu, Mo, Cr y Mn son hierro e impurezas inevitables.

Entonces, se dará una descripción al (b) (el coeficiente de circularidad de la cementita globulizada se fija en 0,80 o más, para asegurar de este modo, una excelente deformabilidad).

Se examinó la relación entre el coeficiente de circularidad de la cementita globulizada calculada mediante la siguiente ecuación (1) y la operabilidad en frío para aceros que varían en el coeficiente de circularidad de la

cementita globulizada realizando un ensayo de trabajo en frío (ensayo de compresión) mostrado en las realizaciones descritas después. Como resultado, se ha descubierto lo siguiente: cuando el coeficiente de circularidad de la cementita globulizada es de 0,80 o más, la rotura no se produce después de la compresión en el ensayo y se puede asegurar una operabilidad en frío favorable.

5 Por otra parte, cuando el coeficiente de circularidad es menos que 0,80, durante el forjado en frío, es más probable que una tensión se concentre en la cementita globulizada. Por consiguiente, el agrietamiento se produce en el límite, de modo que la rotura tiene más probabilidades de producirse.

10 El coeficiente de circularidad de la cementita globulizada es preferentemente 0,83 o más y más preferentemente 0,86 o más. Incidentalmente, el límite superior del coeficiente de circularidad es aproximadamente 0,95 en términos de la productividad.

15 
$$\text{Coeficiente de circularidad de la cementita globulizada} = 4\pi \times (\text{área de la cementita globulizada}) / (\text{longitud de la circunferencia de la cementita globulizada})^2 \dots (1)$$

20 Con el fin de fijar el coeficiente de circularidad de la cementita globulizada en 0,80 o más, la configuración se ajusta deseablemente como sigue. Concretamente, en la presente invención, como se describe en detalle después, con el fin de inhibir la difusión de Cr y Mn en cementita globulizada en el límite, el tiempo de recocido de globulización se fija más corto de lo normal. Cuando el tiempo de recocido de globulización es, por tanto, corto, la división y la globulización de perlita no transcurren suficientemente. Por consiguiente, el coeficiente de circularidad se vuelve menor que 0,80, de modo que la rotura es probable que se produzca. Por lo tanto, en la presente invención, se controlan las condiciones de laminación antes del recocido por globulización. Particularmente, la velocidad de enfriamiento media después de la laminación en caliente se aumenta a 8 °C/s o más, para purificar de este modo la cementita proeutectoide y la perlita. Como resultado, incluso cuando el tiempo de recocido de globulización es un tiempo corto, la cementita tiende a globularse. Por consiguiente, el coeficiente de circularidad se puede fijar en 0,80 o más.

30 A continuación, se describirá en detalle la composición y las condiciones de fabricación para obtener la microestructura.

En primer lugar, con el fin de obtener la microestructura y asegurar las características necesarias como acero para cojinete, se requiere que la composición se fije dentro del siguiente intervalo.

35 C: 0,95 a 1,10 %

40 C es un elemento esencial para aumentar la dureza de templado, dispersar cementita adecuada, mantener la resistencia del componente a temperatura ambiente y a altas temperaturas y transmitir la resistencia al desgaste. Por lo tanto, se requiere que C se incluya en una cantidad de 0,95 % o más, preferentemente de 0,98 % o más y más preferentemente de 1 % o más. Sin embargo, un contenido de C demasiado alto da como resultado el refuerzo de la ferrita. Por consiguiente, la resistencia a la deformación es más probable que aumente. Por esta razón, el contenido de C se fija en 1,10 % o menos. el contenido de C es preferentemente 1,05 % o menos.

45 Si: 0,10 a 0,30 %

50 Si es un elemento necesario para mejorar la resistencia al reblandecimiento del revenido y asegurar la propiedad de fatiga de contacto rodante del componente. Sin embargo, cuando el contenido es excesivo, el contenido del límite Si también se vuelve excesivo. Por tanto, el refuerzo de la solución sólida de la matriz aumenta la resistencia a la deformación durante el trabajo en frío. Por consiguiente, el contenido de Si se fija en 0,30 % o menos. El contenido de Si es preferentemente 0,25 % o menos y más preferentemente 0,20 % o menos. Sin embargo, cuando el contenido de Si es demasiado pequeño, se vuelve imposible asegurar suficientemente la propiedad de fatiga de contacto rodante. Por esta razón, el contenido de Si se fija en 0,10 % o más. El contenido de Si es preferentemente 0,13 % o más y más preferentemente 0,15 % o más.

55 Mn: 0,1 % a 0,40 %

60 Mn es un elemento necesario para mejorar la propiedad de templado del material base y asegurar la propiedad de fatiga de contacto rodante. Sin embargo, cuando el contenido es excesivo, el contenido del límite Mn también resulta excesivo. Por tanto, el refuerzo de la solución sólida de la matriz aumenta la resistencia a la deformación durante el trabajo en frío. Por consiguiente, se requiere que el contenido de Mn se fije en 0,40 % o menos. El contenido de Mn es preferentemente 0,35 % o menos y más preferentemente 0,30 % o menos. Sin embargo, cuando el contenido de Mn es demasiado pequeño, la propiedad de templado no se puede asegurar. Por tanto, se vuelve difícil asegurar una alta resistencia del componente y una excelente propiedad de fatiga de contacto rodante. Por esta razón, el contenido de Mn se fija en 0,10 % o más. El contenido de Mn es preferentemente 0,15 % o más y más preferentemente 0,20 % o más.

Cr: 1 % a 1,50 %

Cr es un elemento necesario para combinar con C y formar cementita que es fina y tiene un coeficiente de circularidad de 0,80 o más, y purificar la operabilidad en frío y la resistencia al desgaste y mejorar la propiedad de templado. Con el fin de que se ejerzan tales efectos, se requiere que el contenido de Cr se fije en 1 % o más. El contenido de Cr es preferentemente 1,10 % o más y más preferentemente 1,15 % o más. Sin embargo, cuando el contenido de Cr excede el 1,50 %, el contenido del límite Cr también se vuelve excesivo. Por tanto, el refuerzo de la solución sólida de la matriz aumenta la resistencia a la deformación durante el trabajo en frío. Por esta razón, el contenido de Cr se fija en 1,50 % o menos. El contenido de Cr es preferentemente 1,45 % o menos y más preferentemente 1,40 % o menos.

Ni: 0,01 % a 0,05 %

Ni es un elemento que, como se ha descrito anteriormente, tiene un coeficiente de reparto bajo y se concentra en el límite entre la cementita globulizada y la fase matriz y aumenta el contenido de límite Ni, aumentando de este modo, la resistencia a la deformación. Por esta razón, el contenido de Ni se minimiza deseablemente. En la presente invención, el límite superior del contenido de Ni se fija en 0,05 %. El límite superior del contenido de Ni es preferentemente 0,04 % y más preferentemente 0,03 %. Incidentalmente, la reducción extrema sufre un aumento del costo de fabricación de acero. Por esta razón, el límite inferior del contenido de Ni es aproximadamente 0,01 %.

Cu: 0,01 % a 0,05 %

Cu es también un elemento que, como se ha descrito anteriormente, tiene un coeficiente de reparto bajo y se concentra en el límite entre la cementita globulizada y la fase matriz y aumenta el contenido de límite Cu, aumentando de este modo, la resistencia a la deformación. Por esta razón, el contenido de Cu se minimiza deseablemente. En la presente invención, el límite superior del contenido de Cu se fija en 0,05 %. El límite superior del contenido de Cu es preferentemente 0,04 % y más preferentemente 0,03 %. Incidentalmente, la reducción extrema sufre un aumento del costo de fabricación de acero. Por esta razón, el límite inferior del contenido de Cu es aproximadamente 0,01 %.

Mo: 0 % a 0,03 %

Mo es también un elemento que, como se ha descrito anteriormente, tiene un coeficiente de reparto bajo y se concentra en el límite entre la cementita globulizada y la fase matriz y aumenta el contenido de límite Mo, aumentando de este modo, la resistencia a la deformación. Por esta razón, el contenido de Mo se minimiza deseablemente. En la presente invención, el límite superior del contenido de Mo se fija en 0,03 %. El límite superior del contenido de Mo es preferentemente 0,02 % y más preferentemente 0,01 %. Incidentalmente, el límite inferior del contenido de Mo no se fija particularmente y el caso del 0 % también se incluye.

Los componentes del acero de la presente invención son como se ha descrito anteriormente. El equilibrio consiste en hierro e impurezas inevitables. P, que es una impureza inevitable, se segrega en el límite de grano y reduce la propiedad de fatiga de contacto rodante y la característica de impacto. Por esta razón, el contenido de P se minimiza deseablemente y se fija preferentemente en 0,05 % o menos. El contenido de P se reduce más preferentemente a 0,04 % o menos y aún más preferentemente a 0,03 % o menos. Además, S que es una impureza inevitable se precipita como MnS, y reduce la propiedad de fatiga de contacto rodante. Por esta razón, el contenido de S se minimiza deseablemente. el contenido de S se controla preferentemente a 0,05 % o menos. El contenido de S es más preferentemente 0,04 % y aún más preferentemente 0,03 % o menos.

Condiciones de fabricación

Con el fin de obtener un acero para cojinete que tenga la región límite prescrita, es necesario realizar la fabricación en las siguientes condiciones.

Con el recocido de globulización convencional, el material laminado en caliente o el material forjado en caliente se calienta dentro del intervalo de temperatura de 780 a 800 °C durante 2 a 8 horas. Entonces, el material se enfría a 680 °C a una velocidad de enfriamiento media de 10 a 15 °C/h, seguido de enfriamiento por aire. Por tanto, la cementita globulizada se dispersa. Como resultado, Cr y Mn en cementita globulizada precipitada durante el enfriamiento se dispersan parcialmente en la fase matriz. Por consiguiente, el límite Cr y el límite Mn exceden las respectivas cantidades prescritas.

Por el contrario, en la presente invención, usanso el acero con la composición anterior, después de la laminación en caliente, se realiza un recocido de globulización. Para este procedimiento, la velocidad de enfriamiento media a 740 °C después de la laminación en caliente se fija en 8 °C/s o más. Además, en el recocido de globulización, la temperatura se eleva a una velocidad de calentamiento media de 100 a 150 °C/h desde la temperatura ambiente hasta el intervalo de temperatura de 780 a 800 °C (temperatura de remojo). A la temperatura de remojo, el calentamiento se realiza durante 1 a 2 horas. Entonces, el enfriamiento se realiza a una velocidad de enfriamiento

## ES 2 628 102 T3

media de 50 a 150 °C/h desde la temperatura de remojo hasta 680 °C (aún posteriormente, puede realizarse enfriamiento por aire). Como resultado, la cementita se puede globulizar. Además, las densidades de Cr y Mn en la región límite se pueden controlar dentro de los respectivos intervalos prescritos sin difundir Cr y Mn en cementita globulizada en la fase matriz.

5

A continuación, se describirá en detalle la razón para prescribir las respectivas condiciones de fabricación.

Velocidad de enfriamiento media a 740 °C después de laminación en caliente: 8 °C/s o más

10 Cuando la velocidad de enfriamiento media a 740 °C después de la laminación en caliente es menor que 8 °C/s, el grano cristalino anterior se vuelve más grueso. Por esta razón, no se puede purificar la cementita proeutectoide y la perlita. Por consiguiente, cuando se realiza el recocido de globulización en las condiciones descritas después, no se puede conseguir la división de la perlita y la globulización de la cementita proeutectoide. Por tanto, el coeficiente de circularidad de la cementita globulizada no se puede fijar en 0,80 o más. Por lo tanto, la velocidad de enfriamiento

15 media a 740 °C después de la laminación en caliente se fija en 8 °C/s o más. La velocidad de enfriamiento media es preferentemente 10 °C/s o más y más preferentemente 20 °C/s o más. Incidentalmente, el límite superior de la velocidad de enfriamiento media es aproximadamente 100 °C/s desde el punto de vista de la productividad porque la microestructura superenfriada (martensita) causa desconexión.

20 Las condiciones de fabricación hasta el laminado en caliente distintas de las descritas anteriormente no tienen ninguna restricción particular y se pueden adoptar condiciones generales. Por ejemplo, se puede hacer mención de lo siguiente: en un horno de calentamiento, el calentamiento se realiza de 1100 a 1300 °C; entonces, la florescencia se lleva a cabo de 900 a 1200 °C, seguido de laminación en caliente de 830 a 1100 °C.

25 Entonces, se dará una descripción a una etapa de recocido de globulización después de la laminación en caliente.

La velocidad de calentamiento media desde la temperatura ambiente hasta el intervalo de temperatura de 780 to 800 °C (temperatura de remojo): 100 a 150 °C/h

30 Cuando la velocidad de calentamiento media desde la temperatura ambiente hasta el intervalo de temperatura de 780 to 800 °C (temperatura de remojo) es inferior a 100 °C/h, durante la división de perlita, Cr y Mn se difunden en el límite. Por consiguiente, el límite Cr y el límite Mn no se pueden controlar dentro de los respectivos intervalos prescritos. Por lo tanto, la velocidad de calentamiento media se fija en 100 °C/h o más. La velocidad de calentamiento media es preferentemente 110 °C/h o más y más preferentemente 120 °C/h o más. Por otra parte, cuando la velocidad de calentamiento media excede los 150 °C/h, la perlita no se puede dividir suficientemente. Por

35 consiguiente, el coeficiente de circularidad de la cementita se vuelve menor que 0,80. Por lo tanto, la velocidad de calentamiento media se fija en 150 °C/h o menos. La velocidad de calentamiento media es preferentemente 140 °C/h o menos y más preferentemente 130°C/h o menos.

Calentamiento dentro del intervalo de temperatura de 780 a 800 °C (temperatura de remojo) durante 1 a 2 horas

40

Cuando la temperatura de remojo es inferior a 780 °C, la división de la perlita se vuelve insuficiente. Por consiguiente, no se puede obtener una distribución de cementita favorable. Por tanto, el coeficiente de circularidad de la cementita se vuelve menor que 0,80. Por lo tanto, la temperatura de remojo se fija en 780 °C o más. La temperatura de remojo es preferentemente 790 °C o más. Por otra parte, cuando la temperatura de remojo excede

45 los 800 °C, Cr y Mn en cementita globulizada se difunden en el límite. Por consiguiente, se vuelve imposible controlar el límite Cr y el límite Mn dentro de los respectivos intervalos prescritos. Por lo tanto, la temperatura de remojo se controla a 800 °C o menos. La temperatura de remojo es preferentemente 795 °C o menos.

Cuando el tiempo de calentamiento (tiempo de remojo) a la temperatura de remojo es inferior a 1 h, la división de la perlita se vuelve insuficiente. Por consiguiente, no se puede obtener una distribución de cementita favorable. Por

50 tanto, el coeficiente de circularidad de la cementita se vuelve menor que 0,80. El tiempo de remojo es preferentemente de 1,2 h o más y más preferentemente de 1,5 h o más. Sin embargo, cuando el tiempo de remojo excede de 2 h, Cr y Mn en cementita globulizada se difunden al lado de la matriz fase. Por consiguiente, el límite Cr y el límite Mn no se pueden controlar dentro de los respectivos intervalos prescritos. Por lo tanto, en la presente

55 invención, la temperatura de remojo se fija en 2 h o menos. La temperatura de remojo es preferentemente 1,8 h o menos.

Velocidad de enfriamiento media de la temperatura de remojo a 680 °C: 50 a 150 °C/h

60 Cuando la velocidad de enfriamiento media desde la temperatura de remojo hasta 680°C es menor que 50°C/h, Cr y Mn en cementita globulizada precipitada se difunden en el límite. Por consiguiente, el límite Cr y el límite Mn no se pueden controlar dentro de los respectivos intervalos prescritos. Por lo tanto, la velocidad de enfriamiento media se fija en 50 °C/h o más. La velocidad de enfriamiento media es preferentemente 60 °C/h o más y más preferentemente 70°C/h o más. Por otra parte, cuando la velocidad de enfriamiento media excede los 150 °C/h, la globulización de la cementita precipitada se vuelve insuficiente. Por consiguiente, el engrosamiento de la cementita continua, de modo

65 que el tamaño pasa a ser 0,6 µm o más. Por tanto, el coeficiente de circularidad de la cementita es menor que 0,80.

Por lo tanto, la velocidad de enfriamiento media se fija en 150 °C/h o menos. La velocidad de enfriamiento media es preferentemente 140 °C/h o menos y más preferentemente 130 °C/h o menos.

5 El enfriamiento a la velocidad de enfriamiento media se realiza desde la temperatura de remojo hasta al menos 680 °C. A 680 °C o menos, la difusión de cada elemento se vuelve muy lenta. Por esta razón, la velocidad de enfriamiento a 680 °C o menos apenas afecta a la densidad de la región límite. Por consiguiente, la velocidad de enfriamiento a 680 °C o menos se puede seleccionar adecuadamente de acuerdo con la línea de producción. Por tanto, la velocidad de enfriamiento a temperatura ambiente después del enfriamiento a 680 °C descrita anteriormente no tiene ninguna restricción particular. Sin embargo, desde el punto de vista de la mejora de la productividad, el enfriamiento por aire es deseable.

De acuerdo con el procedimiento anterior, el tiempo de remojo es más corto que el de las etapas de recocido de globulización convencionales. Por esta razón, es posible reducir el coste y mejorar la productividad.

15 El acero de la presente invención se somete a un recocido de globulización como se ha descrito anteriormente y entonces se trabaja en una forma de componente prescrito, seguido de templado/revenido. Como resultado, el acero se fabrica en un componente de cojinete o similar. Las formas en la etapa de acero incluyen ambas de tales formas lineales y similares a varillas como aplicables a dicha fabricación. El tamaño también se puede determinar adecuadamente de acuerdo con el producto final.

20 Realizaciones

A continuación, la presente invención se describirá más particularmente a modo de realizaciones. Sin embargo, la presente invención no está limitada en modo alguno por las realizaciones siguientes.

25 Las piezas fundidas de las composiciones químicas mostradas en la Tabla 1 se calentaron de 1100 a 1300 °C en un horno de calentamiento. Entonces, la florescencia se llevó a cabo de 900 a 1200 °C. Entonces, se realizó la laminación en caliente de 830 a 1100 °C y se llevó a cabo el enfriamiento a 740 °C después de completar la laminación en caliente a cada velocidad de enfriamiento media mostrada en la Tabla 2, dando como resultado un acero con un tamaño de 20 mm de diámetro. Entonces, el acero se calentó a cada velocidad de calentamiento media mostrada en la Tabla 2 desde la temperatura ambiente hasta cada temperatura de remojo mostrada en la Tabla 2 y se mantuvo a la temperatura de remojo para cada tiempo de remojo mostrado en la Tabla 2. Entonces, el acero se enfrió a cada velocidad de enfriamiento media mostrada en la Tabla 2 a 680 °C, seguido de enfriamiento por aire.

[Tabla 1]

Acero N°	Composición química (% en masa)								
	C	Si	Cr	Mn	P	S	Cu	Ni	Mo
1	1,01	0,2	1,41	0,23	0,011	0,004	0,01	0,02	0,01
2	1,06	0,28	1,45	0,38	0,013	0,005	0,03	0,03	0,02
3	0,96	0,13	1,12	0,15	0,012	0,003	0,01	0,02	0,01
4	1,05	0,15	1,28	0,27	0,01	0,006	0,02	0,04	0,02
5	1,01	0,38	1,42	0,29	0,014	0,005	0,01	0,02	0,01
6	0,99	0,17	1,25	0,44	0,011	0,006	0,02	0,01	0,02
7	1,03	0,18	0,97	0,25	0,013	0,004	0,03	0,03	0,01
8	1,14	0,25	1,4	0,18	0,001	0,003	0,02	0,04	0,01
9	0,99	0,27	1,58	0,29	0,01	0,005	0,02	0,01	0,02
10	1	0,29	1,49	0,21	0,014	0,004	0,07	0,01	0,02
11	0,95	0,25	1,35	0,22	0,011	0,004	0,02	0,08	0,01
12	1,01	0,26	1,42	0,25	0,012	0,005	0,01	0,02	0,06
13	0,96	0,14	1,09	0,19	0,013	0,005	0,01	0,01	0,01
14	1,08	0,17	1,22	0,24	0,015	0,006	0,02	0,02	0,01
15	1,02	0,21	1,33	0,28	0,011	0,004	0,03	0,03	0,03

ES 2 628 102 T3

Acero N°	Composición química (% en masa)								
	C	Si	Cr	Mn	P	S	Cu	Ni	Mo
16	0,99	0,25	1,41	0,32	0,01	0,005	0,04	0,02	0,01
17	0,98	0,28	1,47	0,35	0,012	0,005	0,02	0,05	0,01
18	1,02	0,18	1,35	0,18	0,013	0,01	0,02	0,03	0,01

[Tabla 2]

N.º	Acero N.º	Velocidad de enfriamiento media a 740 °C después de laminación en caliente (°C/s)	Condiciones de tratamiento térmico por globulización			
			Velocidad de calentamiento media (°C/h)	Temperatura de remojo (°C)	Tiempo de remojo (h)	Velocidad de enfriamiento media a 680°C (°C/h)
1	1	1	80	795	6	15
2	1	10	120	795	1,8	60
3	1	10	150	795	1,8	60
4	1	10	120	795	1	60
5	1	10	120	795	1,8	120
6	1	10	80	795	1,8	60
7	1	10	120	820	1,8	60
8	1	10	120	795	5	60
9	1	10	120	795	1,8	30
10	1	1	120	795	1,8	60
11	1	10	170	795	1,8	60
12	1	10	120	795	0,5	60
13	1	10	120	760	1,8	60
14	2	10	140	780	1,8	130
15	3	20	140	795	1,8	130
16	4	20	140	795	1,5	130
17	5	10	120	795	1,8	60
18	6	10	140	780	1,8	130
19	7	10	140	780	1,8	130
20	8	10	140	780	1,8	130
21	9	10	140	780	1,8	130
22	10	10	140	780	1,8	130
23	11	10	140	780	1,8	130
24	12	10	140	780	1,8	130
25	13	20	140	795	1,8	130
26	13	20	110	795	1,8	130
27	13	20	140	780	1,8	130
28	13	20	140	795	1	130
29	14	50	110	780	1,2	75

N.º	Acero N.º	Velocidad de enfriamiento media a 740 °C después de laminación en caliente (°C/s)	Condiciones de tratamiento térmico por globulización			
			Velocidad de calentamiento media (°C/h)	Temperatura de remojo (°C)	Tiempo de remojo (h)	Velocidad de enfriamiento media a 680°C (°C/h)
30	14	50	130	780	1,2	75
31	14	50	110	780	2	75
32	14	50	110	780	1,2	140
33	15	50	120	790	1,5	75
34	16	30	130	790	1,5	120
35	17	30	140	800	1,8	140
36	18	30	120	790	1,5	75
37	18	30	140	790	1,5	75
38	18	30	120	800	1,5	50
39	18	30	120	780	1,5	75
40	18	20	90	790	1,5	75
41	18	20	120	830	1,5	75
42	18	20	120	790	7	75
43	18	20	120	790	1,5	30
44	18	5	120	790	1,5	75
45	18	20	180	790	1,5	75
46	18	20	120	790	0,5	75
47	18	20	120	760	1,5	75
48	18	30	120	790	1,5	200

Usando cada acero obtenido de la manera anterior, se realizó la medición de cada densidad de elemento en la región límite, la medición del coeficiente de circularidad de cementita y la evaluación de la operabilidad en frío (propiedad de forjado en frío) de la siguiente manera.

5

Medición de cada densidad de elemento en la región límite

Cada acero después del recocido de globulización (tratamiento térmico) se cortó en la sección longitudinal (sección transversal en paralelo con la dirección de laminación) para permitir la observación de la posición de D (diámetro)/4. Después de pulir la sección transversal, se fabricó una muestra para ensayo mediante un procedimiento de película delgada. Por FE-TEM (microscopio electrónico de transmisión de emisión de campo), se observó cementita globulizada. En esta etapa, por EDX (espectroscopio de rayos x de dispersión de energía) de TEM, se llevó a cabo un análisis lineal de cementita globulizada a través de casi el centro del círculo de cementita globulizada (las condiciones de medición fueron como se describe a continuación), para medir, de este modo, la densidad de cada elemento de Fe, Si, Mn, Cr, Cu, Ni y Mo. El análisis se realizó sobre cinco cementitas globulizadas seleccionadas arbitrariamente. Se determinaron los valores medios de los respectivos elementos en la región desde la superficie límite de la cementita globulizada hasta una posición a 20 nm de distancia en el material base y se denominaron los contenidos del límite Fe, el límite Si, el límite Mn, el límite Cr, el límite Cu, el límite Ni y el límite Mo, respectivamente.

20

Condiciones de medición  
Aumento: 500000 veces  
Etapa de medición: 2 nm  
Longitud de análisis: 100 nm

25

Medición del coeficiente de circularidad de cementita

Cada muestra de ensayo después del tratamiento térmico se cortó en la sección longitudinal (sección transversal en paralelo con la dirección de laminación) para permitir la observación de la posición de D (diámetro)/4. Por tanto, la

5 posición de D/4 se observó en 2000 veces mediante un microscopio electrónico de barrido. El tamaño de un campo visual fue de  $2688 \mu\text{m}^2$  y se observaron un total de cuatro campos visuales ( $2688 \mu\text{m}^2 \times 4 = 10752 \mu\text{m}^2$ ). Entonces, usando el software de análisis de partículas [análisis de partículas III], para las que tienen un tamaño de partícula de cementita (diámetro equivalente circular) de  $0,13 \mu\text{m}$  o más, el coeficiente de circularidad se calculó mediante la siguiente ecuación (1).

$$\text{Coeficiente de circularidad} = 4\pi \times \text{área}/(\text{longitud de circunferencia})^2$$

10 Evaluación de la operabilidad en frío (propiedad de forjado en frío)

Desde la parte central axial del acero después del recocido de globulización, se cortó una muestra de ensayo con un diámetro de 14 mm y una longitud de 21 mm y se sometió a trabajo en frío a una relación de compresión (velocidad de trabajo) del 60 % usando un probador de presión. Entonces, Se observó la superficie lateral de la muestra de ensayo en 20 veces mediante un microscopio óptico, para confirmar de este modo, la aparición o no de rotura. Por tanto, se evaluó la deformabilidad. Además, se midió la resistencia a la deformación durante el trabajo a una relación de compresión del 40 %.

15 Incidentalmente, la relación de compresión se determina a partir de la siguiente ecuación (2).

$$20 \quad \text{Relación de compresión (\%)} = (1-L/L_0) \times 100... (2)$$

(En la ecuación (2),  $L_0$ : longitud de la muestra de ensayo antes de trabajar y L: longitud de la muestra de ensayo después del trabajar)

25 Entonces, la muestra de ensayo que no sufrió rotura después de trabajar a una relación de compresión del 60 % y cuya relación de reducción de la resistencia a la deformación con respecto al acero base (acero convencional, N° 1) determinada a partir de la siguiente ecuación (3) fue del 5 % o más, se determinó como exitosa (excelente en la operabilidad en frío).

$$30 \quad \text{Relación de reducción de la resistencia a la deformación (\%)} = 100 \times [\text{resistencia a la deformación de N° 1 (934 MPa)} - \text{resistencia a la deformación de cada muestra de ensayo}] / \text{resistencia a la deformación de N° 1 (934 MPa)}... (3)$$

35 Estos resultados se muestran en la Tabla 3 y Tabla 4.

[Tabla 3]

N.º	Acero N.º	Densidad de cada elemento en la región límite (% en masa)										Coeficiente de circularidad de cementita
		Límite Si	Límite Cr	Límite Mn	Límite Fe	Límite Cu	Límite Ni	Límite Mo				
1	1	0,46	1,34	0,26	97,89	0,02	0,02	0,01				0,86
2	1	0,51	0,81	0,06	98,55	0,02	0,04	0,01				0,87
3	1	0,52	0,78	0,05	98,58	0,02	0,04	0,01				0,86
4	1	0,53	0,76	0,05	98,59	0,02	0,04	0,01				0,85
5	1	0,54	0,74	0,04	98,61	0,02	0,04	0,01				0,84
6	1	0,5	0,98	0,16	98,29	0,03	0,03	0,01				0,88
7	1	0,48	1,02	0,19	98,35	0,02	0,03	0,01				0,86
8	1	0,48	1,22	0,2	98,25	0,02	0,03	0,01				0,87
9	1	0,47	1,15	0,31	98,01	0,02	0,03	0,01				0,88
10	1	0,54	0,85	0,08	98,48	0,02	0,02	0,01				0,74
11	1	0,49	0,82	0,07	98,56	0,02	0,03	0,01				0,75
12	1	0,51	0,83	0,06	98,53	0,02	0,04	0,01				0,73
13	1	0,52	0,87	0,06	98,48	0,02	0,04	0,01				0,76
14	2	0,58	0,75	0,03	98,49	0,06	0,07	0,02				0,84
15	3	0,35	0,74	0,04	98,82	0,03	0,02	0				0,86
16	4	0,42	0,83	0,08	98,61	0,02	0,02	0,02				0,86
17	5	0,75	0,88	0,08	98,25	0,01	0,02	0,01				0,88
18	6	0,33	0,82	0,14	98,6	0,03	0,06	0,02				0,87
19	7	0,51	0,83	0,09	98,51	0,03	0,02	0,01				0,71
20	8	0,55	0,84	0,04	98,47	0,05	0,03	0,02				0,84
21	9	0,51	1,04	0,09	98,28	0,05	0,01	0,02				0,82
22	10	0,53	0,87	0,07	98,33	0,17	0,01	0,02				0,87
23	11	0,52	0,89	0,06	98,32	0,05	0,15	0,01				0,86
24	12	0,51	0,88	0,05	98,5	0	0,01	0,05				0,84

N.º	Acero N.º	Densidad de cada elemento en la región límite (% en masa)										Coeficiente de circularidad de cementita
		Límite Si	Límite Cr	Límite Mn	Límite Fe	Límite Cu	Límite Ni	Límite Mo				
25	13	0,39	0,74	0,04	98,79	0,03	0,01	0				0,86
26	13	0,38	0,78	0,06	98,74	0,03	0,01	0				0,88
27	13	0,4	0,72	0,03	98,81	0,03	0,01	0				0,84
28	13	0,39	0,71	0,04	98,82	0,03	0,01	0				0,82
29	14	0,45	0,78	0,04	98,67	0,03	0,02	0,01				0,85
30	14	0,46	0,75	0,03	98,7	0,03	0,02	0,01				0,81
31	14	0,44	0,83	0,04	98,63	0,03	0,02	0,01				0,87
32	14	0,45	0,72	0,03	98,74	0,03	0,02	0,01				0,82
33	15	0,49	0,81	0,05	98,51	0,06	0,05	0,03				0,84
34	16	0,52	0,83	0,06	98,43	0,08	0,07	0,01				0,89
35	17	0,57	0,85	0,07	98,35	0,06	0,09	0,01				0,88
36	18	0,43	0,78	0,04	98,66	0,03	0,05	0,01				0,87
37	18	0,42	0,75	0,03	98,72	0,03	0,04	0,01				0,84
38	18	0,44	0,83	0,07	98,58	0,03	0,04	0,01				0,88
39	18	0,45	0,77	0,04	98,66	0,03	0,04	0,01				0,83
40	18	0,42	0,95	0,11	98,43	0,04	0,04	0,01				0,89
41	18	0,4	1,04	0,13	98,35	0,03	0,04	0,01				0,88
42	18	0,4	1,17	0,13	98,22	0,03	0,04	0,01				0,86
43	18	0,4	1,11	0,21	98,2	0,03	0,04	0,01				0,89
44	18	0,46	0,82	0,05	98,59	0,03	0,04	0,01				0,75
45	18	0,41	0,79	0,05	98,67	0,03	0,04	0,01				0,77
46	18	0,43	0,8	0,04	98,65	0,03	0,04	0,01				0,74
47	18	0,44	0,84	0,04	98,61	0,02	0,04	0,01				0,77
48	18	0,42	0,76	0,03	98,7	0,03	0,05	0,01				0,72

ES 2 628 102 T3

[Tabla 4]

N.º	Acero N.º	Operabilidad en frío (propiedad de forjado en frío)		
		Resistencia a la deformación (MPa)	Relación de reducción de la resistencia a la deformación (%)	Determinación de la rotura
1	1	934	0	O
2	1	854	8,6	O
3	1	844	9,6	O
4	1	840	10,1	O
5	1	837	10,4	O
6	1	921	1,4	O
7	1	923	1,2	O
8	1	938	-0,4	O
9	1	945	-1,2	O
10	1	875	6,3	X
11	1	874	6,4	X
12	1	878	6	X
13	1	887	5	X
14	2	854	8,6	O
15	3	834	10,7	O
16	4	847	9,3	O
17	5	945	-1,2	O
18	6	897	4	O
19	7	881	5,7	X
20	8	945	-1,2	O
21	9	912	2,4	O
22	10	942	-0,9	O
23	11	923	1,2	O
24	12	911	2,5	O
25	13	834	10,7	O
26	13	855	8,5	O
27	13	831	11	O
28	13	829	11,2	O
29	14	838	10,3	O
30	14	832	10,9	O
31	14	864	7,5	O
32	14	833	10,8	O
33	15	851	8,9	O
34	16	864	7,5	O
35	17	884	5,4	O

## ES 2 628 102 T3

N.º	Acero N.º	Operabilidad en frío (propiedad de forjado en frío)		
		Resistencia a la deformación (MPa)	Relación de reducción de la resistencia a la deformación (%)	Determinación de la rotura
36	18	842	9,9	O
37	18	835	10,6	O
38	18	875	6,3	O
39	18	837	10,4	O
40	18	908	2,8	O
41	18	910	2,6	O
42	18	925	1	O
43	18	932	0,2	O
44	18	863	7,6	X
45	18	862	7,7	X
46	18	866	7,3	X
47	18	875	6,3	X
48	18	895	4,2	X

De las Tablas 1 a 4, se puede considerar lo siguiente. N.º 2 a 5, 14 a 16 y 25 a 39 satisfacen los requisitos de la presente invención y proporcionan aceros para cojinetes que muestran operabilidad en frío favorable. Por el contrario, los ejemplos distintos de los N.º no satisfacen todos los requisitos especificados en la presente invención y por lo tanto no proporcionan una operabilidad en frío excelente. En particular, los resultados son los siguientes.

Concretamente, El N.º 1 es un acero base (acero convencional). La velocidad de enfriamiento después de la laminación en caliente fue lenta (1 °C/s) y la velocidad de calentamiento media para el recocido de globulización fue lenta (80 °C/s). Además, el tiempo de remojo fue largo (6 h) y además, la velocidad de enfriamiento a 680 °C después del remojo fue lenta (15°C/h). Por estas razones, el límite Cr y el límite Mn no se podían controlar dentro de los respectivos intervalos prescritos, de modo que la resistencia a la deformación fue alta (934 MPa).

Incidentalmente, para el N.º 1, la velocidad de enfriamiento después de la laminación en caliente fue lenta (1 °C/s), pero el coeficiente de circularidad de la cementita globulizada fue 0,80 o más. La razón de esto es que el tiempo de remojo es largo (6 h).

Para el N.º 6 y N.º 40, el tiempo de calentamiento hasta la temperatura de remojo fue demasiado lento. Por esta razón, en ambos casos, el límite Cr y el límite Mn no se podían controlar dentro de los respectivos intervalos prescritos, dando como resultado un aumento de la resistencia a la deformación (N.º 6: 921 MPa, N.º 40: 908 MPa).

Para el N.º 7 y N.º 41, la temperatura de remojo fue demasiado alta (N.º 7: 820 °C, N.º 41: 830 °C). Por esta razón, en ambos casos, el límite Cr y el límite Mn no se podían controlar dentro de los respectivos intervalos prescritos, dando como resultado un aumento de la resistencia a la deformación (N.º 7: 923 MPa, N.º 41: 910 MPa).

Para el N.º 8 y N.º 42, el tiempo de remojo fue demasiado largo (N.º 8: 5 h, N.º 42: 7 h). Por esta razón, en ambos casos, el límite Cr y el límite Mn no se podían controlar dentro de los respectivos intervalos prescritos, dando como resultado un aumento de la resistencia a la deformación (N.º 8: 938 MPa, N.º 42: 925 MPa).

Para el N.º 9 y N.º 43, la velocidad de enfriamiento a 680 °C después del remojo fue demasiado lenta (N.º 9: 30 °C/h, N.º 43: 30 °C/h). Por esta razón, en ambos casos, el límite Cr y el límite Mn no se podían controlar dentro de los respectivos intervalos prescritos, dando como resultado un aumento de la resistencia a la deformación (N.º 9: 945 MPa, N.º 43: 932 MPa).

Para el N.º 10 y N.º 44, la velocidad de enfriamiento después de la laminación en caliente fue demasiado lenta (N.º 10: 1 °C/s, N.º 44: 5 °C/s). Por esta razón, el coeficiente de circularidad de la cementita es menor que 0,80. Como resultado, se produjo rotura durante el trabajo en frío.

Para el N.º 11 y N.º 45, la velocidad de calentamiento media durante el recocido de globulización fue demasiado rápida (N.º 11: 170 °C/h, N.º 45: 180 °C/h). Por esta razón, la perlita no se dividió suficientemente y el coeficiente de

## ES 2 628 102 T3

circularidad fue menor que 0,80. Como resultado, se produjo rotura durante el trabajo en frío.

5 Para el N.º 12 y N.º 46, el tiempo de remojo fue demasiado corto (N.º 12: 0,5 h, N.º 46: 0,5 h). Por esta razón, la división de la perlita fue insuficientemente y el coeficiente de circularidad de la cementita fue menor que 0,80. Como resultado, se produjo rotura durante el trabajo en frío.

10 Para el N.º 13 y N.º 47, la temperatura de remojo fue demasiado baja (N.º 13: 760 °C, N.º 47: 760 °C). Por esta razón, la división de la perlita fue insuficientemente y el coeficiente de circularidad de la cementita fue menor que 0,80. Como resultado, se produjo rotura durante el trabajo en frío.

10 Para el N.º 48, la velocidad de enfriamiento a 680 °C después del remojo fue demasiado rápida (200 °C/h). Por esta razón, la globulización de la cementita precipitada fue insuficientemente y el coeficiente de circularidad de la cementita fue menor que 0,80. Como resultado, se produjo rotura durante el trabajo en frío.

15 Para el N.º 17, el contenido de Si del acero (acero N.º 5) fue excesivo (0,38 % en masa). Por esta razón, el contenido de límite Si estaba fuera del intervalo prescrito, dando como resultado un aumento de la resistencia a la deformación (945 MPa).

20 Para el N.º 18, el contenido de Mn del acero (acero N.º 6) fue excesivo (0,44 % en masa). Por esta razón, el contenido de límite Mn estaba fuera del intervalo prescrito, dando como resultado un aumento de la resistencia a la deformación (897 MPa).

25 Para el N.º 19, el contenido de Cr del acero (acero N.º 7) fue insuficiente (0,97 % en masa). Por esta razón, el coeficiente de circularidad de la cementita es menor que 0,80. Como resultado, se produjo rotura durante el trabajo en frío.

30 Para el N.º 20, el contenido de C del acero (acero N.º 8) fue excesivo (1,14 % en masa). Por esta razón, la resistencia a la deformación aumentó (945 MPa). Para el N.º 21, el contenido de Cr del acero (acero N.º 9) fue excesivo (1,58 % en masa). Por esta razón, el contenido de límite Cr estaba fuera del intervalo prescrito, dando como resultado un aumento de la resistencia a la deformación (912 MPa).

35 Para el N.º 22, el contenido de Cu del acero (acero N.º 10) fue excesivo (0,07 % en masa). Por esta razón, el contenido de límite Cu estaba fuera del intervalo prescrito, dando como resultado un aumento de la resistencia a la deformación (942 MPa). Mientras que, para el N.º 23, el contenido de Ni del acero (acero N.º 11) fue excesivo (0,08 % en masa). Por esta razón, el contenido de límite Ni estaba fuera del intervalo prescrito, dando como resultado un aumento de la resistencia a la deformación (923 MPa).

40 Para el N.º 24, el contenido de Mo del acero (acero N.º 12) fue excesivo (0,06 % en masa). Por esta razón, el contenido de límite Mo estaba fuera del intervalo prescrito, dando como resultado un aumento de la resistencia a la deformación (911 MPa).

**REIVINDICACIONES**

1. Un acero para cojinete excelente en la operabilidad en frío, que consiste, en términos de % en masa de C, en: 0,95 a 1,10 %, Si: 0,10 a 0,30 %,

- 5 Mn: 0,1 % a 0,40 %,  
 Cr: 1 % a 1,50 %,
   
 Ni: 0,01% a 0,05%, Cu: 0,01 % a 0,05 %, Mo: 0 % a 0,03 %,
   
 P: 0,05 % o menos y
   
 10 S: 0,05 % o menos y el equilibrio que consiste en hierro e impurezas inevitables, donde el límite Si, límite Ni, límite Cu, límite Mo, límite Mn y límite Cr incluidos en una región límite desde la superficie límite de cementita globulizada a una posición a 20 nm de distancia en el material base satisfacen los intervalos siguientes, respectivamente y el coeficiente de circularidad de la cementita globulizada es 0,80 o más:
- 15 límite Si: 0,6 % o menos, excluyendo 0 %; límite Ni: 0,10 % o menos, excluyendo 0 %; límite Cu: 0,10 % o menos, excluyendo 0%; límite Mo: 0,03 % o menos, incluyendo 0%; límite Mn: 0,10 % o menos, excluyendo 0 %; y límite Cr: 0,9 % o menos, excluyendo 0 %; con el coeficiente de circularidad de la cementita globulizada que se calcula mediante la siguiente ecuación (1):
- 20 
$$\text{Coeficiente de circularidad de la cementita globulizada} = 4\pi \times (\text{área de la cementita globulizada}) / (\text{longitud de la circunferencia de la cementita globulizada}) (1).$$

2. Un procedimiento para fabricar el acero para cojinete de acuerdo con la reivindicación 1, que comprende:

- 25 usar un acero que tiene la composición descrita en la reivindicación 1, realizar un recocido de globulización después de la laminación en caliente, fijar una velocidad de enfriamiento media para enfriar a 740 °C después de la laminación en caliente hasta 8 °C/s o más y elevar la temperatura a una velocidad de calentamiento media de 100 a 150 °C/h desde la temperatura ambiente hasta un intervalo de temperatura de 780 a 800 °C (temperatura de remojo) en el recocido de globulización,
- 30 calentar a la temperatura de remojo durante 1 a 2 horas y entonces, enfriar a una velocidad de enfriamiento media de 50 a 150 °C/h desde la temperatura de remojo hasta 680 °C.