

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 814 823**

51 Int. Cl.:

C21D 6/02	(2006.01)	C22C 38/42	(2006.01)
C21D 7/02	(2006.01)	C22C 38/44	(2006.01)
C21D 8/06	(2006.01)	C22C 38/58	(2006.01)
C21D 6/00	(2006.01)		
C21D 9/00	(2006.01)		
C21D 9/02	(2006.01)		
C21D 9/52	(2006.01)		
C21D 9/56	(2006.01)		
C22C 38/00	(2006.01)		
C22C 38/02	(2006.01)		

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **10.10.2008 PCT/JP2008/068467**
- 87 Fecha y número de publicación internacional: **16.04.0009 WO09048137**
- 96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **10.10.2008 E 08837204 (0)**
- 97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **05.08.2020 EP 2199421**

54 Título: **Material de alambre de acero inoxidable dúplex, alambre de acero, perno y método de fabricación del mismo**

30 Prioridad:

10.10.2007 JP 2007264992
10.10.2007 JP 2007264993

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
29.03.2021

73 Titular/es:

NIPPON STEEL STAINLESS STEEL CORPORATION (100.0%)
8-2, Marunouchi 1-chome, Chiyoda-ku Tokyo, JP

72 Inventor/es:

TAKANO, KOHJI;
TSUGE, SHINJI;
TENDO, MASAYUKI;
MORI, YUJI y
TADA, YOSHINORI

74 Agente/Representante:

ELZABURU, S.L.P

ES 2 814 823 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 alambre de acero inoxidable dúplex, alambre de acero, perno y método de fabricación del mismo

Campo técnico

5 La presente invención se refiere a un alambre de acero inoxidable dúplex que tiene una excelente capacidad de forjado en frío y puede proporcionar, a bajo coste, por ejemplo, pernos de alta resistencia que tienen una resistencia a la corrosión equivalente a SUS304.

10 La presente invención también se refiere a un material de alambre de acero inoxidable dúplex dúctil que es magnetizable y tiene una excelente trabajabilidad en frío, y a un material de alambre de acero inoxidable dúplex dúctil que tiene una excelente trabajabilidad en frío, es magnetizable y es capaz de proporcionar, a bajo coste, componentes resistentes trabajados en frío tales como tornillos, pasadores, tela metálica, alambre, cable metálico y resortes que tienen una resistencia a la corrosión equivalente a SUS304 o SUS316.

Antecedentes de la técnica

15 En el pasado, se ha usado de forma general un material de alambre SUS304 para pernos de alta resistencia y altamente resistentes a la corrosión que tenía una resistencia a un nivel de 700 N/mm². Sin embargo, en los últimos años, las industrias del automóvil y de electrónica de consumo han impulsado la demanda de pernos más resistentes (y más ligeros). Adicionalmente, el alto contenido de Ni de coste elevado en los pernos SUS304 y el alto coste resultante han conducido a una fuerte demanda de un producto de menor coste.

En el pasado, la demanda de pernos más resistentes se satisfacía, por ejemplo, con pernos SUS630 de acero inoxidable martensítico (véase, por ejemplo, el Documento de patente 1).

20 Sin embargo, aunque los pernos SUS630 tienen una excelente resistencia, la resistencia a la corrosión es inadecuada y la capacidad de forjado en frío también sufre enormemente, conduciendo a costes de producción considerablemente mayores, lo que limita significativamente el uso de dichos pernos.

25 Adicionalmente, también se han propuesto pernos de alta resistencia y bajo coste con excelente capacidad de fabricación realizados en acero inoxidable martensítico a base de Cr aproximadamente al 13% (véase el Documento de patente 2). Sin embargo, tales pernos tienen una resistencia a la corrosión inadecuada, lo cual limita su uso.

Adicionalmente, también se han propuesto pernos de alta resistencia realizados en acero inoxidable austenítico con alto contenido de (C + N) (véase el Documento de patente 3). Sin embargo, la menor capacidad de forjado en frío de tales pernos conlleva costes de producción significativamente mayores, lo cual limita la aceptación comercial.

30 Por otro lado, en los últimos años se han propuesto aceros inoxidables dúplex con bajo contenido de Ni que limitan el uso de Ni de coste elevado (Documentos de patente 4 a 6).

Sin embargo, debido a que el acero inoxidable dúplex convencional tiene poca capacidad de forjado en frío y altos costes de producción, pernos realizados en acero inoxidable dúplex no han estado disponibles comercialmente.

35 Como se ha descrito antes, entre los pernos de acero inoxidable existentes y los materiales de alambre de acero inoxidable usados hasta ahora como pernos, ningún producto puede reivindicar el combinar una alta resistencia a la corrosión, alta resistencia, alta capacidad de forjado en frío y bajo coste.

40 Los productos para los cuales se requiere resistencia a la corrosión, tales como tornillos, pasadores, tela metálica y alambres, se han fabricado hasta ahora usando material de alambre de acero inoxidable austenítico como SUS304 o SUSXM7, mediante procesos en frío severos como trefilado, forjado en frío y doblado. A diferencia del moldeo en prensa de chapas de acero, que exige materiales con características de alto alargamiento, el trabajo en frío de un material de alambre requiere ductilidad y una alta reducción del área en la rotura por tracción (las características de alto alargamiento no son un requisito). En términos de la resistencia a la tracción del material del alambre, esta ductilidad requiere un valor de 700 N/mm² o menos, y preferiblemente 650 N/mm² o menos.

45 Sin embargo, una desventaja de los productos de acero inoxidable a base de austenita es que debido a que se añaden grandes cantidades de Ni de coste elevado, los productos resultantes son caros a pesar del económico proceso de fabricación.

50 Adicionalmente, la naturaleza no magnética del acero inoxidable a base de austenita conduce a más inconvenientes, incluyendo la baja trabajabilidad debido a que las herramientas no pueden adherirse para cerrar un dispositivo de sujeción, o la incapacidad de los sensores magnéticos para detectar cuándo el material usado en una tela metálica, o la tela metálica (particularmente en una cinta transportadora o similar usada con productos alimenticios) cae y contamina un artículo alimenticio.

Para productos que requieren magnetizabilidad y resistencia a la corrosión, se han propuesto materiales de alambre de acero inoxidable a base de ferrita que tienen bajas cantidades de C y N, y Nb añadido (véanse los Documentos de

patente 7 a 9).

Sin embargo, los costes de producción de estos materiales son elevados debido a la inadecuada resistencia a la corrosión de los productos trabajados en frío, así como a la tendencia a que se originen defectos en la superficie durante el laminado del material de alambre con alto contenido de Cr.

- 5 Por otra parte, en los últimos años, se han propuesto una serie de variedades de aceros inoxidables dúplex de precio modesto con Ni reducido (véanse los Documentos de patente 10 a 12).

10 En el Documento de patente 10, se describe un acero inoxidable dúplex de alta resistencia que tiene un excelente módulo de Young y un bajo contenido de Ni, y contiene 0,04% o más de nitrógeno para mejorar la resistencia. Sin embargo, para mejorar la resistencia se añaden más de 1% de Si y 0,04% o más de nitrógeno, y los ejemplos describen un acero de alta resistencia que supera los 80 kg/mm², demostrando que no se tiene en cuenta conseguir ductilidad y una elevada reducción del área en la rotura por tracción, lo que significa que, en términos reales, el trabajo en frío del material de alambre es problemático.

15 En el Documento de patente 11, se describe un acero inoxidable dúplex que contiene un bajo contenido de Ni y no menos de 0,05% de nitrógeno, que es resistente a la corrosión y tiene una facilidad de soldadura favorable. Sin embargo, no se hace ninguna descripción relativa a la trabajabilidad en frío, y con el intervalo preferido para el contenido de nitrógeno informado como 0,06% a 0,12% para mejorar la resistencia, y el acero (acero con bajo contenido de Si) descrito en un ejemplo que contiene no menos de 0,13% de nitrógeno, no se tiene en cuenta obtener ductilidad y una alta reducción del área en la rotura por tracción, lo que significa que, en términos reales, el trabajo en frío del material de alambre es problemático.

20 En el Documento de patente 12, se describe un acero inoxidable dúplex de alta resistencia y bajo contenido de Ni que contiene no menos de 0,05% de nitrógeno y tiene excelentes propiedades de relajación. Sin embargo, los ejemplos describen aceros que contienen no menos de 0,13% de nitrógeno con el fin de mejorar la resistencia, mostrando que no se tiene en cuenta conseguir ductilidad y una alta reducción del área en la rotura por tracción, lo que significa que, en términos reales, el trabajo en frío del material de alambre es problemático.

25 En el Documento de patente 13, se describe un acero inoxidable dúplex con bajo contenido de Ni que contiene no menos de 0,05% de nitrógeno y tiene una excelente ductilidad y capacidad de embutición profunda. Sin embargo, los ejemplos describen aceros que contienen no menos del 0,08% de nitrógeno que mejora la resistencia con el fin de mejorar el estiramiento y mejorar la capacidad de embutición profunda de la chapa de acero, demostrando que no se tiene en cuenta la obtención de ductilidad y una alta reducción del área en la rotura por tracción, lo que significa que, en términos reales, el trabajo en frío del material del alambre es problemático.

30 Como se ha descrito antes, de los aceros inoxidables disponibles hasta ahora, ninguno tiene la ductilidad y la alta reducción del área en la rotura por tracción requeridas para el trabajo en frío de materiales de alambre, demostrando al mismo tiempo alta resistencia a la corrosión y magnetizabilidad a bajo costo.

Documento de patente 1: Solicitud de patente japonesa no examinada, primera publicación número Hei 9-314276

35 Documento de patente 2: Solicitud de patente japonesa no examinada, primera publicación número 2005-179718

Documento de patente 3: Solicitud de patente japonesa no examinada, primera publicación número 2006-274295

Documento de patente 4: Publicación Internacional PCT n.º WO2005/073422

Documento de patente 5: Publicación de patente japonesa (concedida) N.º 3,271,262

Documento de patente 6: Solicitud de patente europea N.º EP0337846

40 Documento de patente 7: Publicación de patente japonesa (concedida) N.º 2,906,445

Documento de patente 8: Publicación de patente japonesa (concedida) N.º 2,817,266

Documento de patente 9: Solicitud de patente japonesa no examinada, primera publicación número 2006-16665

Documento de patente 10: Solicitud de patente japonesa no examinada, primera publicación número Sho 62-47461

Documento de patente 11: Solicitud de patente japonesa no examinada, primera publicación número Sho 61-56267

45 Documento de patente 12: Solicitud de patente japonesa no examinada, primera publicación número Hei 2-305940

Documento de patente 13: Solicitud de patente japonesa no examinada, primera publicación número 2006-169622

El documento EP 1715073 A1 describe un acero inoxidable austenítico-ferrítico con bajo contenido de Ni y alto contenido de N que tiene una alta formabilidad y capacidad de embutición por punzón.

El documento EP 337 846 A1 se refiere a un acero inoxidable austenítico-ferrítico que tiene alta resistencia a la corrosión y formabilidad, con bajo contenido de Mo y alto contenido de Cu.

En el documento anterior, no prepublicado E 2 172 574 A1 también se describe un acero inoxidable ferrítico-austenítico excelente en resistencia a la corrosión y trabajabilidad y un proceso para fabricar el mismo.

5 **Descripción de la invención**

Problemas a solucionar por la invención

10 Un objeto de la presente invención es proporcionar un alambre de acero dúplex de austenita-ferrita de bajo coste para producir pernos de alta resistencia y con alta resistencia a la corrosión, proporcionar alambre de acero y pernos y un método para su fabricación, e impartir capacidad de forjado en frío y mejorar el resistencia de los productos de pernos controlando la composición, elementos constituyentes y propiedades del material de un alambre de acero inoxidable dúplex resistente a la corrosión de bajo coste.

15 Otro objeto de la presente invención es proporcionar un material de alambre de acero inoxidable dúplex de bajo coste con propiedades magnéticas que ofrece una excelente trabajabilidad en frío y resistencia a la corrosión, reducir significativamente los costes de producción de productos trabajados en frío en comparación con materiales de alambre de acero inoxidable austenítico convencionales, e impartir magnetizabilidad.

Medios para resolver los problemas

20 Como resultado de diversas investigaciones realizadas con el fin de alcanzar los objetos anteriores, los autores de la presente invención descubrieron que reduciendo la cantidad de Ni de coste elevado contenido en un acero inoxidable dúplex altamente resistente a la corrosión, llevando a cabo el ajuste de los componentes para estabilizar la composición (a un bajo valor de M), controlando la fase de ferrita para producir una alta fracción en volumen y optimizando la resistencia a la tracción del material de alambre y el alambre de acero mediante tratamiento térmico y trefilado, se podría alcanzar una capacidad de forjado en frío favorable y un producto de perno de alta resistencia a bajo coste.

25 Además, los autores de la presente invención descubrieron que, a partir de una base de acero inoxidable dúplex resistente a la corrosión que comprende una fase de ferrita magnética y una fase de austenita, reduciendo la cantidad de Ni de coste elevado y llevando a cabo el ajuste de los componentes para controlar la composición (control del valor M) y suprimiendo el endurecimiento por trabajo mediante la reducción de (C + N), podría impartirse a un material de alambre de acero inoxidable dúplex resistente a la corrosión de bajo coste una trabajabilidad en frío significativamente mayor.

30 La presente invención se basa en estos hallazgos y adopta los aspectos descritos a continuación.

Se describe aquí, pero no en las reivindicaciones, un material de alambre de acero inoxidable dúplex de austenita-ferrita que contiene, en términos de % en masa:

C: 0,005 a 0,05%,

Si: 0,1 a 1,0%,

35 Mn: 0,1 a 10,0%,

Ni: 1,0 a 6,0%,

Cr: 19,0 a 30,0%,

Cu: 0,05 a 3,0% y

N: 0,005 a 0,20%,

40 siendo el resto Fe e impurezas sustancialmente inevitables, donde el contenido de C + N es 0,20% o menos, el valor M representado por la fórmula (a) siguiente es 60 o menos, el valor F representado por la fórmula (b) siguiente es 45 a 85, y la resistencia a la tracción es 550 a 750 N/mm².

$$M = 551 - 462(C+N) - 9,2Si - 8,1Mn - 29(Ni+Cu) - 13,7Cr - 18,5Mo \quad (a)$$

$$F = 5,6Cr - 7,1Ni + 2,4Mo + 15Si - 3,1Mn - 300C - 134N - 26,6 \quad (b)$$

45 Un primer aspecto de la presente invención es un alambre de acero inoxidable dúplex de austenita-ferrita que consiste, en términos de % en masa, en:

C: 0,005 a 0,05%,

Si: 0,1 a 1,0%,

Mn: 0,1 a 10,0%,

Ni: 1,0 a 6,0%,

Cr: 19,0 a 30,0%,

5 Cu: no menos de 0,2%, pero menos de 1,0%,

N: 0,005 a 0,20%,

opcionalmente uno o más seleccionados de Mo: no más de 1,0%, B: no más de 0,01%, Al: no más de 0,1%, Mg: no más de 0,01% y Ca: no más de 0,01%, Nb: no más de 0,1%, Ti: no más de 0,5%, V: no más de 1,0% y Zr: no más de 1,0%

10 siendo el resto Fe e impurezas sustancialmente inevitables, donde el contenido de C + N es 0,20% o menos, el valor M representado por la fórmula (a) siguiente es 60 o menos, el valor F representado por la fórmula (b) a continuación es 45 a 85, y la resistencia a la tracción es 700 a 1000 N/mm².

$$M = 551 - 462(C+N) - 9,2Si - 8,1Mn - 29(Ni+Cu) - 13,7Cr - 18,5Mo \quad (a)$$

$$F = 5,6Cr - 7,1Ni + 2,4Mo + 15Si - 3,1Mn - 300C - 134N - 26,6 \quad (b)$$

15 Un segundo aspecto de la presente invención es un perno de alta resistencia y altamente resistente a la corrosión compuesto del material de alambre de acero según el primer aspecto, donde la resistencia a la tracción está en un intervalo de 700 a 1200 N/mm².

20 Un tercer aspecto de la presente invención es un método para fabricar un perno de alta resistencia y altamente resistente a la corrosión, incluyendo el método someter un alambre de acero inoxidable dúplex de austenita-ferrita compuesto del material de alambre de acero según el primer aspecto y que tiene una resistencia a la tracción de 700 hasta 1000 N/mm² para formar pernos en frío, y luego llevar a cabo un tratamiento térmico de envejecimiento a 300 a 600°C durante 1 a 100 minutos.

Un cuarto aspecto de la presente invención es un material de alambre de acero inoxidable dúplex dúctil magnetizable que contiene, en términos de % en masa:

C: 0,005 a 0,05%,

25 Si: 0,1 a 1,0%,

Mn: 0,1 a 10: 0%,

Ni: 1,6 a 6,0%,

Cr: 19,0 a 30,0%,

Cu: 0,05 a 3,0%,

30 N: al menos 0,005% pero menos de 0,06%,

opcionalmente uno o más seleccionados de Mo: no más de 3,0%, B: no más de 0,01%, Al: no más de 0,1%, Mg: no más de 0,01% y Ca: no más de 0,01%, Nb: no más de 0,1%, Ti: no más de 0,5%, V: no más de 1,0% y Zr: no más de 1,0%

35 siendo el resto Fe e impurezas sustancialmente inevitables, donde el contenido de C + N es 0,09% o menos, el valor M representado por la fórmula (a) siguiente es 60 o menos, la resistencia a la tracción es 700 N/mm² o menos, y la reducción del área en la rotura por tracción es del 70% o más.

$$M = 551 - 462(C+N) - 9,2Si - 8,1Mn - 29(Ni+Cu) - 13,7Cr - 18,5Mo \quad (a)$$

Efecto de la invención

40 El alambre de acero inoxidable dúplex de la presente invención, que exhibe una excelente capacidad de forjado en frío y se usa para formar pernos de alta resistencia y altamente resistentes a la corrosión, a pesar de no contener Ni de coste elevado en grandes cantidades, permite asegurar una excelente capacidad de forjado en frío mientras que ofrece una alta resistencia a la corrosión y alta resistencia equivalente a, o mejor que SUS304, y así permite proporcionar a bajo coste pernos de alta resistencia y altamente resistentes a la corrosión.

El material de alambre de acero inoxidable dúplex dúctil con excelente trabajabilidad en frío según la presente invención, a pesar de no contener Ni de coste elevado en grandes cantidades, permite asegurar una excelente

trabajabilidad en frío ofreciendo al mismo tiempo magnetizabilidad, así como resistencia a la corrosión equivalente a acero inoxidable austenítico como SUS304 y SUS316, lo que permite proporcionar a bajo coste un producto magnetizable altamente resistente a la corrosión.

Breve descripción de los dibujos

5 FIG. 1 es un gráfico que ilustra la relación entre el valor F y la fracción en volumen de la fase de ferrita de un producto de material de alambre.

FIG. 2 es un gráfico que ilustra la relación entre la relación de procesado (%) del material de alambre (15% de material trefilado) y la tensión de deformación por compresión (N/mm²) con respecto a los valores F.

Mejor modo de llevar a cabo la invención

10 A continuación se presenta una descripción de las razones para las restricciones especificadas en el primer al tercer aspecto de la presente invención.

El contenido de C es al menos 0,005% para garantizar la resistencia del producto de perno. Sin embargo, si el contenido de C supera 0,05%, entonces no sólo se producen carbonitruros de Cr que afectan negativamente a la resistencia a la corrosión, sino que también se deteriora la capacidad de forjado en frío y, por consiguiente, el contenido de C está limitado a no más de 0,05%. Preferiblemente, el contenido de C no supera 0,03%.

15 El contenido de N es al menos 0,005% para garantizar el reforzamiento del producto de perno reforzando la solución sólida y endurecimiento por envejecimiento. Sin embargo, si el contenido de N supera 0,20%, la capacidad de forjado en frío se deteriora significativamente. Por tanto, el contenido máximo de N es 0,20%. Preferiblemente, el contenido de N es menos de 0,05%.

20 El contenido de C + N, por las razones anteriores relacionadas con la capacidad de forjado en frío, está limitado para que no supere 0,20%. Preferiblemente, el contenido de C + N no supera 0,10%.

El contenido de Si es al menos 0,1%, por motivos de desoxidación. Sin embargo, si el contenido de Si supera 1,0%, la capacidad de forjado en frío se deteriora. Por tanto, el contenido máximo de Si es 1,0%. El intervalo preferido es de 0,2 a 0,6%.

25 El contenido de Mn es al menos 0,1%, por motivos de desoxidación y como ajuste para obtener una estructura de austenita estable. Sin embargo, si el contenido de Mn supera 10,0%, la resistencia a la oxidación y la fracción en volumen de ferrita se reducen, aumenta la resistencia a la tracción y la capacidad de forjado en frío se deteriora. Por tanto, el contenido máximo de Mn está limitado a 10,0%. El intervalo preferido es de 0,5 a 5,0%.

30 El contenido de Ni es al menos 1,0% para estabilizar la estructura de austenita y asegurar la capacidad de forjado en frío. Sin embargo, si el contenido de Ni supera 6,0%, entonces los efectos conseguidos alcanzan la saturación, la fracción en volumen de la fase de ferrita alcanza 45% o menos y la capacidad de forjado en frío (vida útil de la herramienta) se deteriora. La viabilidad económica también se ve afectada debido al elevado coste del Ni. Por tanto, el contenido máximo de Ni está limitado a 6,0%. El intervalo preferido es superior a 3,0% pero no superior a 5,0%.

35 Para garantizar una resistencia a la corrosión favorable, aumentar la fracción en volumen de la fase de ferrita y estabilizar la estructura de austenita para garantizar la capacidad de forjado en frío, el contenido de Cr es al menos 19,0%. Sin embargo, si el contenido de Cr supera 30,0%, entonces, puesto que sus efectos alcanzan la saturación y la fracción en volumen de la fase de ferrita supera por el contrario el 85%, la resistencia del producto de perno se reduce. Por tanto, el contenido máximo de Cr está limitado a 30,0%. El intervalo preferido es de 22,0 a 26,0%.

40 El Cu es efectivo para estabilizar la estructura de austenita, mejorando la capacidad de forjado en frío mediante la supresión del endurecimiento por trabajo y promoviendo el endurecimiento por envejecimiento de la fase de ferrita durante el tratamiento de envejecimiento después del forjado en frío, aumentando de este modo la resistencia del producto de perno. Por tanto, el contenido de Cu es al menos 0,2% pero menos de 1,0%.

45 El valor M representado por la fórmula (a) siguiente es un indicador que contribuye a la estabilidad de la fase de austenita, y se describe en "Testu to Hagane", vol. 63 (1977), página 772. Cuando el valor M es alto, se produce una fase rígida de martensita inducida por el trabajo. Cuando se forja en frío un acero inoxidable dúplex, si el valor M supera 60, entonces se produce una fase rígida de martensita inducida por el trabajo durante el forjado en frío, y la capacidad de forjado en frío se deteriora notablemente (la vida de la herramienta se ve afectada negativamente y se produce agrietamiento durante el forjado en frío). Por tanto, el valor M está limitado a 60 o menos, y en un intervalo preferido no supera 40.

50
$$M = 551 - 462(C+N) - 9,2Si - 8,1Mn - 29(Ni+Cu) - 13,7Cr - 18,5Mo \quad (a)$$

El valor F representado por la fórmula (b) siguiente es un indicador que contribuye a la fracción en volumen de la fase de ferrita, y se describe en la Solicitud de Patente Examinada Japonesa, Segunda Publicación N.º Hei 7-74416. Un

valor F más alto indica una mayor fase de ferrita. La FIG. 1 examina la fracción en volumen de la fase de ferrita del producto de material de alambre de acero inoxidable dúplex a diversos valores de F. Si el valor F es 45 o más, entonces la fracción en volumen de la fase de ferrita alcanza 45% en volumen o más, lo cual indica un alto límite elástico y bajas características de endurecimiento por el trabajo (FIG. 2), permite obtener una alta resistencia del producto (la resistencia a la tracción del eje del perno) del orden de 700 a 1200 N/mm², y asegura una capacidad de forjado en frío favorable de la parte de la cabeza. Por tanto, el valor F está limitado al menos a 45. Como se muestra por la relación entre la razón de procesado (%) y la tensión de deformación por compresión (N/mm²) con respecto a los valores de F en la FIG. 2. cuando el valor F es menos de 45, se produce un significativo endurecimiento por deformación y la capacidad de forjado en frío (en términos de agrietamiento por el laminado y daño de la herramienta) se deteriora notablemente. Por otro lado, si el valor F supera 85, entonces la fase de ferrita dúctil supera el 85% y la fase de austenita de alta resistencia se reduce, lo que disminuye inversamente la resistencia del producto de perno. Por tanto, el valor máximo de F es 85. El intervalo preferido es de 50 a 80.

$$F = 5,6Cr - 7,1Ni + 2,4Mo + 15Si - 3,1Mn - 300C - 134N - 26,6 \quad (b)$$

La resistencia a la tracción del material de alambre aquí descrito, pero no reivindicado, contribuye significativamente a su capacidad de forjado en frío, y cuando la resistencia a la tracción del material de alambre es menos de 550 N/mm², la resistencia de los productos forjados en frío, tales como pernos, es baja, produciendo un producto de alta resistencia menos valioso. Por tanto, la resistencia mínima a la tracción está limitada a 550 N/mm². Por otro lado, cuando la resistencia a la tracción del material del alambre supera 750 N/mm², la capacidad de forjado en frío (en términos de agrietamiento por el laminado y daño de la herramienta) tiende a deteriorarse notablemente. Por tanto, la resistencia máxima a la tracción está limitada a 750 N/mm². El intervalo preferido es de 600 a 700 N/mm².

Mo es un elemento que es efectivo para mejorar la resistencia a la corrosión, y este efecto se puede conseguir de manera estable añadiendo 0,1% o más de Mo. Sin embargo, si el contenido de Mo supera 1,0%, no solo aumenta el coste del material, sino que también se endurecen los materiales y se deteriora la capacidad de forjado en frío. Por consiguiente, el contenido máximo de Mo está limitado a 1,0%. El intervalo preferido es al menos del 0,2% pero menos del 0,5%.

B es un elemento que es efectivo para mejorar la trabajabilidad en caliente, y este efecto se puede conseguir de manera estable añadiendo 0,001% o más de B. Sin embargo, si el contenido de B supera 0,01%, se producen boruros, que afectan adversamente la resistencia a la corrosión y la capacidad de forjado en frío. Por tanto, el contenido máximo de B está limitado a 0,01%. El intervalo preferido es de 0,002% a 0,006%.

Al, Mg y Ca son efectivos para la desoxidación, y este efecto se puede conseguir de manera estable añadiendo uno o más de Al: no menos de 0,005%, Mg: no menos de 0,001% y Ca: no menos de 0,001 %. Sin embargo, si el contenido de Al, Mg y Ca supera 0,1%, 0,01% y 0,01%, respectivamente, entonces los efectos de los mismos alcanzan la saturación y se producen óxidos (inclusiones) adversamente gruesos, que pueden causar agrietamiento durante el forjado en frío. Por tanto, el contenido máximo de Al, Mg y Ca está limitado a 0,1%, 0,01% y 0,01%, respectivamente. Los intervalos preferidos para estos elementos son uno o más de Al: 0,01 a 0,06%, Mg: 0,002 a 0,005% y Ca: 0,002 a 0,005%.

Nb, Ti, V y Zr son efectivos para garantizar la resistencia a la corrosión suprimiendo la formación de carbonitruros de Cr, y este efecto se puede conseguir de manera estable añadiendo uno o más de Nb: no menos de 0,05%, Ti: no menos de 0,02%, V: no menos de 0,05% y Zr: no menos de 0,05%. Sin embargo, si el contenido de Nb, Ti, V y Zr supera 1,0%, 0,5%, 1,0 y 1,0% respectivamente, los efectos de los mismos alcanzan la saturación y se producen precipitados adversamente gruesos que pueden provocar agrietamiento durante el forjado en frío. Por tanto, la cantidad máxima de cada elemento está limitada. Los intervalos preferidos para estos elementos son uno o más de Nb: 0,1 a 0,6%, Ti: 0,05 a 0,5%, V: 0,1 a 0,6% y Zr: 0,1 a 0,6%.

Normalmente, el acero contiene oxígeno inherente al proceso de fabricación como una impureza inevitable, pero en la presente invención, el acero contiene preferiblemente no más de 0,01% de oxígeno como impureza inevitable.

Se produce un alambre de acero trefilado sometiendo el material del alambre a trefilado, pero la resistencia a la tracción del alambre de acero contribuye significativamente a la capacidad de forjado en frío y la resistencia del producto de perno, y si la resistencia a la tracción del alambre de acero es menor de 700 N/mm², entonces la resistencia del producto de perno se reduce, dando un producto de alta resistencia menos valioso. Por tanto, la resistencia mínima a la tracción está limitada a 700 N/mm². Por otro lado, cuando la resistencia a la tracción del alambre de acero supera los 1000 N/mm², la capacidad de forjado en frío se deteriora notablemente (la vida útil de la herramienta se ve afectada negativamente y se producen grietas durante el forjado en frío). Por tanto, la resistencia máxima a la tracción está limitada a 1000 N/mm². El intervalo preferido es de 700 a 900 N/mm².

La resistencia a la tracción del perno de alta resistencia de la presente invención está reforzada por el tratamiento térmico de envejecimiento llevado a cabo después del trefilado y el forjado en frío. En este momento, si la resistencia a la tracción del producto del perno es menos de 700 N/mm², el producto de perno es menos valioso como producto de perno de alta resistencia. Por otro lado, si la resistencia a la tracción del producto del perno supera 1200 N/mm², los costes relacionados con el forjado en frío aumentan notablemente debido al agrietamiento durante el forjado en

frío y al daño de la herramienta y similares. Por tanto, la resistencia máxima a la tracción del producto de perno está limitada a 1200 N/mm². El intervalo preferido para demostrar la eficacia económica es de 800 a 1000 N/mm².

5 Después de llevar a cabo el forjado en frío para formar pernos a partir del alambre de acero de la presente invención, un medio eficaz para mejorar la resistencia a la tracción del producto de perno es llevar a cabo un tratamiento térmico de envejecimiento al menos a 300°C durante al menos 1 minuto. Por otro lado, temperaturas superiores a 600°C dan como resultado un sobrevejecimiento, que reduce la resistencia a la tracción del producto de perno. Por tanto, la temperatura máxima está limitada a 600°C. El intervalo de temperatura preferido es de 400 a 550°C. Además, con tiempos de envejecimiento superiores a 100 minutos, no solo los efectos del endurecimiento por envejecimiento alcanzan la saturación, sino que en algunos casos el sobrevejecimiento provoca una disminución de la resistencia a la tracción del producto de perno. Por tanto, el tiempo máximo de envejecimiento está limitado a 100 minutos. El intervalo preferido para el tiempo de envejecimiento es de 5 a 60 minutos.

A continuación se presenta una descripción de las razones para las restricciones especificadas en el cuarto aspecto de la presente invención.

15 Se añade C en una cantidad de al menos 0,005% para garantizar la resistencia del acero. Sin embargo, si el contenido de C supera 0,05%, no solo se deteriora la trabajabilidad en frío, sino que también se producen carbonitruros de Cr que afectan negativamente la resistencia a la corrosión. Por consiguiente, el contenido máximo de C está limitado a 0,05%. El intervalo preferido es de 0,01 a 0,03%.

20 Se añade N en una cantidad que no supera 0,005% para garantizar la resistencia del producto trabajado en frío mediante el reforzamiento de la solución sólida. Sin embargo, si se añade N en una cantidad de 0,06% o más, aumenta la resistencia a la tracción y se deteriora la trabajabilidad en frío. Por tanto, la cantidad máxima de N es menos de 0,06%. En general, se añade al menos 0,06% de N a los aceros inoxidables dúplex para minimizar el uso de elementos de aleación costosos, pero una característica del acero de la presente invención es que la composición y el equilibrio de los componentes están controlados y el contenido de N se mantiene reducido para mejorar drásticamente la trabajabilidad en frío del material de alambre dúctil. El intervalo preferido es al menos 0,02% pero menos de 0,05%.

25 El contenido de C + N, por las razones anteriores relacionadas con la trabajabilidad en frío, está limitado a 0,09% o menos. Preferiblemente, el contenido de C + N no supera 0,07%.

Se añade Si en una cantidad de al menos 0,1% para efectuar la desoxidación. Sin embargo, si se añade Si en una cantidad que supere 1,0%, el acero se endurece y se deteriora la trabajabilidad en frío. Por tanto, el contenido máximo de Si es 0,1%. El intervalo preferido es de 0,2% a 0,6%.

30 Se añade Mn en una cantidad de al menos 0,1% para efectuar la desoxidación y obtener una estructura dúplex de ferrita-austenita, y como ajuste para estabilizar la estructura de austenita. Sin embargo, si se añade Mn en una cantidad que supere 10,0%, la resistencia a la corrosión y la resistencia aumentan, lo que afecta negativamente a la trabajabilidad en frío. Por tanto, el contenido máximo de Mn es 10,0%. El intervalo preferido es de 0,5% a 5,0%.

35 Se añade Ni en una cantidad de al menos 1,6% para reducir el valor M y obtener una estructura de ferrita-austenita, y estabilizar la estructura de austenita para garantizar una trabajabilidad en frío favorable. Sin embargo, si la cantidad de Ni añadido supera 6,0%, los efectos del mismo alcanzan la saturación y la viabilidad económica se ve afectada porque el Ni es un elemento caro. Por tanto, el contenido máximo de Ni está limitado a 6,0%. El intervalo preferido es de 2,0% a 5,0%.

40 Se añade Cr en una cantidad de al menos 19,0% para garantizar la resistencia a la corrosión y obtener una estructura dúplex de ferrita-austenita, y estabilizar la estructura de austenita para garantizar una trabajabilidad en frío favorable. Sin embargo, si la cantidad de Cr añadido supera 30,0%, los efectos del mismo alcanzan la saturación y, de forma adversa, se deteriora la trabajabilidad en frío. Por tanto, el contenido máximo de Cr está limitado a 30,0%. El intervalo preferido es de 20,0% a 26,0%.

45 Se añade Cu en una cantidad de al menos 0,05% para reducir el valor M y obtener una estructura de ferrita-austenita, estabilizar la estructura de austenita y suprimir el endurecimiento por trabajo, mejorando de este modo la trabajabilidad en frío. Sin embargo, debido a que un contenido de Cu que supere un 3,0% excede el límite de solubilidad sólida del Cu y provoca un deterioro notable en la trabajabilidad en caliente del material, el contenido máximo de Cu está limitado a 3,0%. El intervalo preferido es menos del 1,0%.

50 El valor M representado por la fórmula (a) siguiente es un indicador que contribuye a la estabilidad de la fase de austenita, y se describe en "Testu to Hagane", vol. 63 (1977), página 772. Cuando el valor M es alto, se produce una fase de martensita inducida por el trabajo rígida. Cuando se forja en frío un acero inoxidable dúplex, si el valor M supera 60, se produce una fase de martensita inducida por el trabajo rígida durante el trabajo en frío, y la capacidad de forjado en frío se deteriora notablemente. Por tanto, el valor M está limitado a 60 o menos, y en un intervalo preferido no supera 40.

55
$$M = 551 - 462(C+N) - 9,2Si - 8,1Mn - 29(Ni+Cu) - 13,7Cr - 18,5Mo \quad (a)$$

5 La resistencia a la tracción del material de alambre contribuye de forma significativa a su trabajabilidad en frío, y cuando la resistencia a la tracción del material de alambre supera los 700 N/mm², la trabajabilidad en frío se deteriora notablemente. Por tanto, la resistencia a la tracción máxima está limitada a 700 N/mm². Por otro lado, cuando la resistencia a la tracción del material del alambre es menos de 500 N/mm², la resistencia del producto forjado en frío es demasiado baja, haciendo el producto resultante menos viable. Por tanto, preferiblemente, la resistencia a la tracción mínima está limitada a 500 N/mm². El intervalo preferido es de 500 a 650 N/mm².

10 La reducción del área en las propiedades de rotura por tracción del material de alambre contribuye de forma significativa a la trabajabilidad en frío del material de alambre, y cuando la reducción del área en la rotura por tracción es menos de 70%, se deteriora la trabajabilidad de procesos en frío como el trefilado y el forjado en frío. Por tanto, la reducción del área en la rotura por tracción está limitada al menos a 70%. El intervalo preferido es al menos 75%.

15 La magnetizabilidad es una característica no intrínseca al acero inoxidable austenítico, y por razones que incluyen mejorar la trabajabilidad ofreciendo magnetizabilidad con respecto a las herramientas magnéticas usadas para cerrar los dispositivos de sujeción y permitir que los sensores magnéticos detecten cuándo un material usado como una tela o malla metálica (particularmente en una cinta transportadora o similar usada con productos alimenticios) cae y contamina un producto alimenticio, la magnetizabilidad es una característica importante en términos industriales. Por tanto, el grado de magnetizabilidad se especifica en la presente invención. La permeabilidad magnética relativa es preferiblemente no menos de 3,0.

20 Mo es un elemento que es efectivo para mejorar la resistencia a la corrosión, y este efecto se puede alcanzar de una forma estable añadiendo 0,1% o más de Mo. Sin embargo, si se añade Mo en una cantidad que supera 3%, entonces el material experimenta un endurecimiento, y se produce precipitación de fase sigma, provocando un marcado deterioro en la trabajabilidad en frío. Por consiguiente, el contenido máximo de Mo está limitado a 3%. El intervalo preferido es de 0,3% a 1,0%.

25 B es un elemento que es efectivo para mejorar la trabajabilidad en caliente, y este efecto puede alcanzarse de forma estable añadiendo 0,001% o más de B. Sin embargo, si el contenido de B supera 0,01%, se producen borrosos, que afectan de modo adverso la resistencia a la corrosión y trabajabilidad en frío. Por tanto, el contenido máximo de B está limitado a 0,01%. El intervalo preferido es de 0,002% a 0,006%.

30 Al, Mg y Ca son efectivos para la desoxidación, y este efecto se puede alcanzar de forma estable añadiendo uno o más de, Al: no menos de 0,005%, Mg: no menos de 0,001% y Ca: no menos de 0,001 %. Sin embargo, si el contenido de Al, Mg y Ca supera el 0,1%, 0,01% y 0,01% respectivamente, los efectos de los mismos alcanzan la saturación y se producen óxidos (inclusiones) que afectan de forma adversa, dando como resultado una mala trabajabilidad en frío. Por tanto, el contenido máximo de Al, Mg y Ca está limitado a 0,1%, 0,01% y 0,01%, respectivamente. Los intervalos preferidos para estos elementos son uno o más de Al: 0,008 a 0,06%, Mg: 0,001 a 0,005% y Ca: 0,001 a 0,005%.

35 Nb, Ti, V y Zr son efectivos para asegurar la resistencia a la corrosión suprimiendo la formación de carbonitruros de Cr, y este efecto se puede alcanzar de manera estable añadiendo uno o más de Nb: no menos de 0,01%, Ti: no menos de 0,01%, V: no menos de 0,01% y Zr: no menos de 0,01%. Sin embargo, si el contenido de Nb, Ti, V y Zr supera 1,0%, 0,5%, 1,0 y 1,0% respectivamente, los efectos de los mismos alcanzan la saturación y se producen precipitados adversamente gruesos, dando como resultado una mala trabajabilidad en frío. Por tanto, la cantidad máxima de cada elemento está limitada. Los intervalos preferidos para estos elementos son uno o más de Nb: 0,05 a 0,6%, Ti: 0,05 a 0,5%, V: 0,1 a 0,6% y Zr: 0,05 a 0,6%.

40 Normalmente, el acero contiene oxígeno inherente al proceso de fabricación como una impureza inevitable, pero en la presente invención, el acero contiene preferiblemente no más de 0,01% de oxígeno como impureza inevitable.

Ejemplo 1

El ejemplo 1 de la presente invención se describe a continuación.

Las Tablas 1 a 4 muestran la composición química de los aceros según el ejemplo 1.

Tabla 1

Acero	Composición química (% en masa)														Valor M	Valor F
	C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Mo	Cu	Al	O	N	Otro	C+N		
A	0.02	0.5	3.6	0.024	0.001	4	23.5	0.0	0.4	-	0.006	0.04	-	0.06	39.2	60.4
B	0.04	0.6	4.2	0.038	0.001	4.2	23.5	0.0	0.5	-	0.006	0.06	-	0.1	6.3	49.7
C	0.01	0.6	4.1	0.024	0.001	4	23.8	0.0	0.4	-	0.006	0.16	-	0.17	-20.7	49.0
D	0.01	0.5	4.1	0.022	0.001	4.1	23.4	0.0	0.4	-	0.005	0.01	-	0.02	52.1	64.6
E	0.02	0.2	2.1	0.026	0.002	5.5	24	0.0	0.3	-	0.005	0.04	-	0.06	6.7	53.0
F	0.02	0.8	2	0.025	0.001	5.5	24	0.0	0.3	-	0.005	0.04	-	0.06	2.0	62.4
G	0.02	0.6	9.7	0.024	0.001	1.8	25.5	0.0	0.5	-	0.005	0.03	-	0.05	27.0	70.9
H	0.02	0.7	5.5	0.021	0.003	3.5	26	0.0	0.5	-	0.005	0.04	-	0.06	-0.7	74.8
I	0.01	0.5	1.1	0.032	0.003	5.8	25.4	0.0	0.4	-	0.006	0.06	-	0.07	-23.4	66.4
J	0.02	0.9	9.8	0.023	0.001	1.9	21.2	0.0	0.8	-	0.005	0.06	-	0.08	56.9	45.3
K	0.02	0.3	1.9	0.026	0.003	5.7	25.6	0.0	0.8	-	0.005	0.04	-	0.06	-34.8	61.2
L	0.02	0.3	1.9	0.027	0.002	5.5	29.2	0.0	0.4	-	0.005	0.04	-	0.06	-66.8	84.0
M	0.01	0.5	2.1	0.033	0.006	3.5	24.1	0.0	0.5	-	0.005	0.04	-	0.05	59.4	74.7
N	0.01	0.5	2.1	0.033	0.003	3.5	24	0.0	1.5	-	0.006	0.04	-	0.05	31.8	71.0

Acero de la presente invención

* no dentro de la composición definida en la reivindicación 1

Tabla 2

Acero	Composición química (% en masa)														C+N	Valor M	Valor F
	C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Mo	Cu	Al	O	N	Otro				
* O	0.01	0.4	1.9	0.032	0.008	3.4	24.2	0.0	2.6	-	0.007	0.04	-	0.05	2.6	68.6	
P	0.02	0.5	1.7	0.032	0.001	5.4	23.2	0.3	0.4	-	0.005	0.06	-	0.08	4.1	52.7	
Q	0.02	0.4	1.8	0.022	0.002	5.3	22.8	0.9	0.4	-	0.005	0.06	-	0.08	1.5	50.8	
R	0.02	0.5	2.2	0.027	0.001	4	24.5	0.1	0.7	-	0.005	0.1	B; 0.005	0.12	0.1	61.5	
S	0.02	0.5	2.3	0.028	0.001	5.4	24.5	0.1	0.7	0.035	0.003	0.05	-	0.07	-18.4	57.9	
T	0.01	0.6	1.9	0.026	0.002	4	25	0.1	0.6	-	0.005	0.16	Mg; 0.003	0.17	-25.5	62.0	
U	0.02	0.4	2.2	0.026	0.002	4	25.5	0.1	0.5	-	0.005	0.15	Ca; 0.005	0.17	-30.2	59.5	
V	0.02	0.5	2	0.027	0.002	4.2	25.1	0.1	0.6	0.02	0.005	0.13	Ca; 0.003	0.15	-23.7	60.4	
W	0.01	0.4	2.1	0.026	0.002	4.4	24.2	0.1	0.7	-	0.005	0.11	Nb; 0.4	0.12	-5.9	57.4	
X	0.03	0.5	2.2	0.032	0.003	4.5	24.3	0.1	0.4	-	0.005	0.05	Ti; 0.3	0.08	15.5	61.4	
Y	0.02	0.4	2.1	0.025	0.003	4.1	23.1	0.1	0.7	-	0.006	0.05	V; 0.6	0.07	41.4	58.4	
Z	0.03	0.6	1.8	0.023	0.003	4.1	22.8	0.1	0.5	-	0.006	0.04	Zr; 0.4	0.07	51.5	59.6	
AA	0.02	0.6	1.7	0.023	0.003	4.5	23	0.1	0.6	-	0.005	0.04	Nb; 0.1, V; 0.1	0.06	39.7	60.9	
BBB	0.02	0.4	1.8	0.030	0.002	4.1	24.1	0.2	0.4	0.03	0.004	0.04	B; 0.003	0.06	40.7	67.6	
CCC	0.02	0.3	1.9	0.028	0.003	4.0	24.2	0.1	0.3	0.03	0.004	0.05	Nb; 0.08, B; 0.002	0.07	42.4	65.7	
DDD	0.01	0.4	1.8	0.025	0.002	3.9	23.8	0.1	0.5	0.02	0.003	0.04	Ca; 0.002	0.05	54.1	69.7	
EEE	0.02	0.3	1.7	0.031	0.001	4.2	24.1	0.1	0.4	0.03	0.004	0.05	V; 0.12	0.04	36.7	64.1	

Acero de la presente invención

* no dentro de la composición definida en la reivindicación 1

Tabla 3

Acero	Composición química (% en masa)													C+N	Valor M	Valor F
	C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Mo	Cu	Al	O	N	Otro			
AB	0.07	0.5	4.2	0.025	0.002	4.9	23.2	0.0	0.3	-	0.005	0.12	-	0.19	-44.8	25.1
AC	0.02	0.5	4.1	0.026	0.001	5.1	23.5	0.0	0.3	-	0.005	0.22	-	0.24	-76.8	27.2
AD	0.03	1.3	4.2	0.018	0.001	4.9	22.9	0.0	0.4	-	0.005	0.04	-	0.07	4.5	57.8
AE	0.03	0.7	11.5	0.033	0.005	4.9	23.2	0.0	0.7	-	0.004	0.04	-	0.07	-61.9	26.9
AF	0.04	0.7	4.7	0.022	0.003	0.8	23.1	0.0	0.6	-	0.004	0.13	-	0.17	70.1	61.8
AG	0.02	0.7	4.8	0.022	0.003	0.7	23.5	0.0	0.6	-	0.004	0.03	-	0.05	122.2	83.9
AH	0.02	0.5	4.4	0.024	0.003	6.5	23.3	0.0	0.5	-	0.006	0.11	-	0.13	-72.3	29.4
AI	0.02	0.4	4.5	0.025	0.002	7.4	23.5	0.0	0.8	-	0.006	0.04	-	0.06	-77.2	30.7
AJ	0.02	0.5	5.1	0.032	0.003	4.3	18.1	0.0	0.3	-	0.005	0.08	-	0.10	76.8	18.4
AK	0.02	0.6	3.8	0.023	0.003	4.3	30.5	0.0	0.5	-	0.005	0.04	-	0.06	-70.8	98.1
AL	0.01	0.6	4.1	0.025	0.002	5.1	23.5	0.0	3.2	-	0.004	0.04	-	0.05	-74.2	46.9

* los subrayados indican valores o resultados fuera de los intervalos especificados por la presente invención

Tabla 4

Acero	Composición química (% en masa)														C+N	Valor M	Valor F
	C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Mo	Cu	Al	O	N	Otro				
AM	0.02	0.7	3.9	0.026	0.001	4.9	22.9	1.8	0.7	-	0.005	0.04	-	0.06	-24.2	56.1	
AN	0.02	0.5	4.1	0.025	0.002	5	24.5	0.0	0.5	-	0.006	0.11	B: 0.023	0.13	-42.8	47.7	
AO	0.03	0.5	4.2	0.032	0.004	4.9	24.5	0.0	0.7	0.22	0.005	0.09	-	0.12	-41.9	47.2	
AP	0.02	0.7	4.1	0.028	0.003	4.9	24.5	0.0	0.6	-	0.006	0.12	Mg: 0.015	0.14	-49.2	49.8	
AQ	0.02	0.6	3.9	0.03	0.002	5.1	24.4	0.0	0.4	-	0.007	0.09	Ca: 0.018	0.11	-31.4	51.5	
AR	0.02	0.5	4	0.031	0.002	5.1	24.3	0.0	0.5	-	0.005	0.08	Nb: 1.3	0.1	-28.2	50.2	
AS	0.03	0.7	4.2	0.032	0.003	5.1	24.3	0.0	0.5	-	0.004	0.09	Ti: 0.8	0.12	-40.9	48.2	
AT	0.02	0.7	4.3	0.027	0.002	4.8	24.3	0.0	0.5	-	0.005	0.09	V: 1.8	0.11	-28.4	53.1	
AU	0.03	0.6	3.9	0.027	0.003	4.9	24.3	0.0	0.3	-	0.006	0.09	Zr: 1.5	0.12	-26.0	49.7	
AV	0.02	0.4	3.1	0.026	0.002	3.7	22.4	0.0	0.2	-	0.005	0.06	-	0.08	64.5	54.4	
AW	0.06	0.6	1.9	0.026	0.003	8.1	18.5	0.0	0.4	-	0.005	0.06	-	0.12	-26.0	4.6	

* los subrayados indican valores o resultados fuera de los intervalos especificados por la presente invención

5

Los aceros que tienen estas composiciones químicas se fundieron cada uno en un horno de fusión a vacío de 300 kg y se fundieron formando una chapa de acero gruesa de $\varnothing 80$ mm, la chapa de acero gruesa resultante se sometió luego a un proceso de laminado de varillas redondas en caliente para reducir el diámetro hasta $\varnothing 5,5$ a $6,5$ mm, y después de completar el laminado en caliente a 1050°C , el producto resultante se mantuvo a 1050°C durante 5 minutos mediante tratamiento térmico en línea, se sometió a un tratamiento de solución en forma de enfriamiento con agua y luego se lavó con ácido para obtener un producto de material de alambre. A continuación, se llevó a cabo un tratamiento con película de ácido oxálico, y se realizó un trefilado ligero mediante un proceso en frío hasta $\varnothing 5,2$ mm, preparando así un alambre de acero para el forjado en frío.

Seguidamente, se llevó a cabo un forjado en frío y un laminado de formas para producir aproximadamente 5000 unidades de pernos hexagonales. Los pernos se sometieron entonces selectivamente a un tratamiento de envejecimiento a una temperatura de 300 a 650°C durante 3 a 200 minutos. Finalmente, todos los pernos se sometieron a un acabado y lavado del cañón, completando así la preparación de un producto de perno hexagonal.

- 5 Las evaluaciones se llevaron a cabo evaluando la resistencia a la tracción del alambre de acero, la fracción en volumen de la fase de ferrita del alambre de acero, la capacidad de forjado en frío (bien por aparición de grietas o defectos de la herramienta), la resistencia a la tracción del producto del perno y la resistencia a la corrosión. Los resultados de estas evaluaciones se muestran en las Tablas 5 a 8.

Tabla 5

N.º	Acero	Material de alambre		Alambre de acero		Capacidad de forjado en frío		Tratamiento térmico de envejecimiento		Producto de perno		Observaciones
		Díametro alambre (mm)	Resistencia a la tracción (N/mm ²)	Reducción (%)	Resistencia a la tracción (N/mm ²)	Fisuración por trabajo	Vida de la herramienta	Temperatura (°C)	Tiempo (min)	Resistencia a la tracción (N/mm ²)	Resistencia a la corrosión	
1												
2	A	6	620	24.9	830	No	o	480	30	880	o	
3								530	40	950	o	
4	B	6	700	24.9	870	No	o	-	-	930	o	
5	C	5.5	730	10.6	800	No	o	-	-	940	o	
6	D	6.5	550	36.0	850	No	o	-	-	830	o	
7	E	6	650	24.9	840	No	o	-	-	900	o	
8	F	6	670	24.9	860	No	o	-	-	880	o	
9	G	6	650	24.9	850	No	o	-	-	880	o	
10	H	6	650	24.9	850	No	o	-	-	870	o	
11	I	6	690	24.9	900	No	o	-	-	920	o	
12	J	5.5	690	10.6	800	No	o	-	-	850	o	
13	K	6	630	24.9	820	No	o	-	-	830	o	
14	L	6	590	24.9	830	No	o	-	-	850	o	
15	M	6	620	24.9	810	No	o	-	-	840	o	
16		6.5								900	o	
17	N	6.5	620	36.0	880	No	o	300	90	1000	o	
18		6.5						450	60	1050	o	

* no dentro de las reivindicaciones

Tabla 6

N.º	Acero	Material de alambre		Alambre de acero		Capacidad de forjado en frío		Tratamiento térmico de envejecimiento		Producto de perno		Observaciones
		Díámetro alambre (mm)	Resistencia a la tracción (N/mm²)	Reducción (%)	Resistencia a la tracción (N/mm²)	Fisuración por trabajo	Vida de la herramienta	Temperatura (°C)	Tiempo (min)	Resistencia a la tracción (N/mm²)	Resistencia a la corrosión	
19	O	6.5	630	36.0	900	No	o	-	-	950	o	
20		6.5						450	60	1120	o	
21		6.5						550	5	1000	o	
22	P	6	650	24.9	850	No	o	-	-	870	o	
23	Q	5.5	680	10.6	820	No	o	-	-	850	o	
24	R	5.5	660	10.6	800	No	o	-	-	820	o	
25	s	6	650	24.9	840	No	o	-	-	880	o	
26	T	5.5	680	10.6	810	No	o	-	-	830	o	
27	U	5.5	670	10.6	820	No	o	-	-	840	o	
28	V	6	660	24.9	900	No	o	-	-	920	o	
29	W	5.5	680	10.6	800	No	o	-	-	830	o	
30	X	6	630	24.9	820	No	o	-	-	850	o	
31	Y	6	640	24.9	830	No	o	-	-	850	o	
32	Z	6	640	24.9	840	No	o	-	-	870	o	
33	AA	6	630	24.9	830	No	o	-	-	870	o	
34	BBB	6	630	24.9	850	No	o	-	-	860	o	
35	CCC	6	640	24.9	840	No	o	-	-	850	o	
36	DDD	6	650	24.9	860	No	o	-	-	870	o	
37	EEE	6	650	24.9	860	No	o	-	-	870	o	

* no dentro de las reivindicaciones

Tabla 7

N.º	Acero	Material de alambre		Alambre de acero		Capacidad de forjado en frío		Tratamiento térmico de envejecimiento		Producto de perno		Observaciones
		Díámetro alambre (mm)	Resistencia a la tracción (N/mm²)	Reducción (%)	Resistencia a la tracción (N/mm²)	Fisuración por trabajo	Vida de la herramienta	Temperatura (°C)	Tiempo (min)	Resistencia a la tracción (N/mm²)	Resistencia a la corrosión	
38	N	6.5	620	36.0	900	No	o	650	30	690	o	
39		6.5	620	36.0	900	No	o	550	200	670	o	
40	AB	5.5	760	10.6	910	Si	xi	-	-	980	xi	
41	AC	5.5	760	10.6	950	Si	xi	-	-	1000	o	
42	AD	6	680	24.9	900	No	xi	-	-	950	o	
43	AE	6	770	24.9	950	Si	xi	-	-	1000	xi	
44	AF	6	700	24.9	900	Si	xi	-	-	1050	o	
45	AG	6	530	24.9	650	No	o	-	-	680	o	
46	AH	6	770	24.9	950	Si	xi	-	-	970	o	Alto coste
47	AI	6	760	24.9	900	No	xi	-	-	950	o	Alto coste
48	AJ	6	780	24.9	1010	Si	xi	-	-	1050	xi	
49	AK	5.5	580	10.6	630	No	o	-	-	680	o	

* Los subrayados indican valores o resultados fuera de los intervalos especificados por la presente .

Tabla 8

N°	Acero	Material de alambre		Alambre de acero		Capacidad de forjado en frío		Tratamiento térmico de envejecimiento		Producto de perno		Observaciones
		Díametro alambre (mm)	Resistencia a la tracción (N/mm ²)	Reducción (%)	Resistencia a la tracción (N/mm ²)	Fisuración por trabajo	Vida de la herramienta	Temperatura (°C)	Tiempo (min)	Resistencia a la tracción (N/mm ²)	Resistencia a la corrosión	
50	AL	6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	No puede producirse por procesos en caliente
51	AM	6	<u>760</u>	24.9	900	No	<u>x</u>	-	-	960	o	
52	AN	5.5	680	10.6	830	<u>Si</u>	o	-	-	850	<u>x</u>	
53	AO	5.5	650	10.6	820	<u>Si</u>	o	-	-	860	o	
54	AP	5.5	680	10.6	830	<u>Si</u>	o	-	-	880	o	
55	AQ	5.5	670	10.6	840	<u>Si</u>	o	-	-	880	o	
56	AR	5.5	690	10.6	830	<u>Si</u>	o	-	-	890	o	
57	AS	5.5	680	10.6	830	<u>Si</u>	o	-	-	870	o	
58	AT	5.5	680	10.6	840	<u>Si</u>	o	-	-	890	o	
59	AU	5.5	670	10.6	840	<u>Si</u>	o	-	-	890	o	
60	AV	6	670	24.9	850	<u>Si</u>	<u>x</u>	-	-	900	o	
61	AW	6	620	24.9	850	No	<u>x</u>	-	-	920	o	Alto coste

* Los subrayados indican valores o resultados fuera de los intervalos especificados por la presente

5

Las propiedades mecánicas se evaluaron usando el método de prueba de tracción prescrito en JIS Z 2241 para evaluar la resistencia a la tracción y la reducción del área de rotura. Todos los alambres de acero de los ejemplos de la presente invención estuvieron dentro de un intervalo de 650 a 1000 N/mm², y todos los productos de pernos de los ejemplos de la presente invención estuvieron dentro de un intervalo de 700 a 1000 N/mm², indicando un alto nivel de resistencia.

Para determinar la fracción en volumen de la fase de ferrita del alambre de acero, se pulió una superficie de una sección transversal del alambre de acero hasta obtener un acabado especular, la fase de ferrita se tiñó usando reactivo de Murakami y se usó análisis por imagen para calcular la relación de área. La fracción de ferrita en el alambre de

acero de los ejemplos de la presente invención estuvo dentro de un intervalo de 45% a 85% en volumen.

5 La capacidad de forjado en frío se evaluó usando un equipo de formación de cabezas de tres etapas para formar 5000 cabezas hexagonales y verificando la presencia de grietas o daños en la herramienta. Si no se producían daños en la herramienta se registraba un signo O en la columna de vida de la herramienta, y si se producían daños en la herramienta se registraba un símbolo x. Con el alambre de acero de los ejemplos de la presente invención, no se observó agrietamiento en frío y la vida útil de la herramienta se evaluó usando el signo O, que indicaba una excelente capacidad de forjado en frío.

10 La resistencia a la corrosión del producto de perno se evaluó sometiendo 10 unidades de cada producto de perno a la prueba de pulverización salina prescrita en JIS Z 2371 durante 100 horas, y determinando si se producía o no oxidación. Si no había óxido, o estaba presente solo en forma de pequeñas manchas de óxido, se registraba un signo O en la columna de resistencia a la corrosión. Si había flujo de óxido o aparecía óxido en toda la superficie, se registraba un signo x en la columna de resistencia a la corrosión. Todos los productos de pernos de los ejemplos de la presente invención consiguieron una evaluación de O para la resistencia a la corrosión.

15 Por otro lado, los Ejemplos comparativos 38 a 61, que estaban fuera del ámbito de la presente invención, fueron inferiores en términos de propiedades como la capacidad de forjado en frío, resistencia del producto del perno y/o resistencia a la corrosión, demostrando claramente la superioridad de la presente invención.

EJEMPLO 2 (no dentro de las reivindicaciones)

La Tabla 9 y la Tabla 10 muestran la composición química (en términos de % en masa) de los aceros (materiales de muestra) usados en el Ejemplo 2.

20

Tabla 9

Acero	C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Cu	Mo	Al	O	N	Otro	C+N	Valor M
AX	0.01	0.5	2.0	0.025	0.001	5.1	23.5	0.1	-	-	0.006	0.01	-	0.02	48.2
AY	0.04	0.6	2.1	0.016	0.002	4.1	22.9	0.05	-	-	0.006	0.04	-	0.08	57.4
AZ	0.02	0.9	2.0	0.025	0.001	4.3	23.5	0.3	-	-	0.005	0.03	-	0.05	48.1
BA	0.02	0.6	9.7	0.024	0.001	1.9	24.0	0.4	-	-	0.005	0.03	-	0.05	48.3
BB	0.01	0.5	1.1	0.032	0.003	5.8	23.4	0.3	-	-	0.006	0.02	-	0.03	26.2
BC	0.03	0.8	5.5	0.018	0.001	5.2	18.9	0.2	-	-	0.005	0.03	-	0.06	55.8
BD	0.03	0.4	5.5	0.019	0.002	5.1	25.5	0.2	-	-	0.005	0.02	-	0.05	-23.4
BE	0.02	0.5	2.1	0.025	0.001	3.6	23.4	0.8	-	-	0.006	0.03	-	0.05	58.1
BF	0.01	0.4	1.9	0.028	0.002	3.5	23.2	2.5	-	-	0.007	0.01	-	0.02	30.9
BG	0.02	0.5	3.5	0.032	0.001	3.8	22.7	0.3	0.8	-	0.005	0.03	-	0.05	50.3
BH	0.02	0.4	3.5	0.022	0.002	3.8	22.5	0.3	2.3	-	0.005	0.02	-	0.04	30.8
BI	0.02	0.5	2.2	0.027	0.001	5.0	23.2	0.2	-	-	0.005	0.02	B; 0.005	0.04	41.5
BJ	0.02	0.5	2.3	0.028	0.001	5.1	23.3	0.2	-	0.035	0.003	0.01	-	0.03	41.0
BK	0.01	0.6	2.2	0.026	0.002	5.0	23.2	0.3	-	-	0.005	0.02	Mg; 0.003	0.03	42.3
BL	0.02	0.4	2.2	0.026	0.002	5.1	23.1	0.1	-	-	0.005	0.02	Ca; 0.005	0.04	43.8
BM	0.02	0.5	2.0	0.027	0.002	5.1	22.9	0.1	-	0.02	0.005	0.02	Ca; 0.003	0.04	47.2
BN	0.01	0.4	2.1	0.026	0.002	5.1	23.2	0.1	-	-	0.005	0.02	Nb; 0.4	0.03	47.8
BO	0.03	0.5	2.2	0.032	0.003	5.2	22.8	0.2	-	-	0.005	0.02	Ti; 0.3	0.05	36.5
BP	0.02	0.4	2.1	0.025	0.003	5.2	23.1	0.1	-	-	0.006	0.02	V; 0.6	0.04	41.7
BQ	0.03	0.6	1.8	0.023	0.003	5.3	22.8	0.2	-	-	0.006	0.01	Zr; 0.4	0.04	40.6
BR	0.02	0.6	1.7	0.023	0.003	5.2	23.0	0.3	-	-	0.005	0.01	Nb; 0.3, Ti; 0.1	0.03	43.3
FFF	0.02	0.4	1.9	0.031	0.004	4.3	23.5	0.2	0.2	-	0.006	0.03	B; 0.003	0.05	52.7
GGG	0.02	0.3	1.8	0.025	0.005	4.5	24	0.3	0.3	0.03	0.005	0.04	Ca; 0.002	0.06	32.4
HHH	0.04	0.4	1.8	0.028	0.004	4.5	24	0.2	0.1	-	0.007	0.04	Nb; 0.08	0.06	38.1

no dentro de las reivindicaciones

Tabla 10

Acero	C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Cu	Mo	Al	O	N	Otro	C+N	Valor M
Acero comparativo															
BS	0.06	0.5	1.8	0.032	0.004	5.2	23.1	0.1			0.006	0.02		0.08	24.7
BT	0.02	0.6	2.2	0.027	0.003	5.6	23.1	0.3			0.005	0.07		0.09	-1.5
BU	0.05	0.4	1.9	0.028	0.003	5.5	23.3	0.2			0.005	0.05		0.1	1.2
BV	0.03	1.5	1.8	0.024	0.002	5.5	23.0	0.3			0.005	0.03		0.06	11.6
BW	0.03	0.6	11.5	0.032	0.004	5.3	22.8	0.2			0.007	0.02		0.05	-42.6
BX	0.03	0.6	9.8	0.028	0.004	1.1	23.3	0.2			0.006	0.03		0.06	81.5
BY	0.02	0.8	2.3	0.023	0.003	7.3	23.3	0.1			0.005	0.02		0.04	-27.3
BZ	0.02	0.8	6.8	0.023	0.003	5.6	17.3	0.3			0.005	0.02		0.04	62.0
CA	0.02	0.4	1.3	0.023	0.003	5.4	30.3	0.2			0.005	0.02		0.04	-59.2
CB	0.01	0.6	1.8	0.028	0.002	5.6	23.1	3.2			0.005	0.02		0.03	-54.6
CC	0.03	0.7	1.8	0.027	0.002	5.5	23.2	0.05	3.1		0.005	0.03		0.06	-33.9
CD	0.02	0.6	2.2	0.032	0.003	5.3	23.1	0.1			0.006	0.02	B; 0.023	0.04	36.1
CE	0.02	0.6	2.1	0.033	0.003	5.2	22.8	0.2		0.15	0.004	0.02		0.04	41.0
CF	0.02	0.6	2.2	0.032	0.004	5.4	22.8	0.3			0.005	0.01	Mg; 0.015	0.03	36.1
CG	0.02	0.5	1.9	0.03	0.003	5.5	23.1	0.3			0.005	0.03	Ca; 0.018	0.05	23.2
CH	0.02	0.5	2.1	0.032	0.002	5.4	23.1	0.4			0.005	0.02	Nb; 1.3	0.04	26.2
CI	0.02	0.6	2.2	0.033	0.003	5.5	23.2	0.3			0.004	0.02	Ti; 0.8	0.04	23.1
CJ	0.01	0.4	1.9	0.028	0.001	5.6	22.9	0.2			0.006	0.02	V; 1.8	0.03	36.1
CK	0.03	0.5	1.9	0.028	0.002	5.4	22.8	0.1			0.005	0.02	Zr; 1.5	0.05	36.1
CL	0.01	0.4	1.6	0.027	0.003	4.7	22.7	0.1			0.005	0.02		0.03	70.3
CM	0.05	0.5	1.7	0.028	0.004	5.4	22.8	0.1			0.006	0.05		0.1	14.6
CN	0.04	0.6	1.1	0.025	0.005	9.8	18.5	0.1	0.1		0.006	0.05		0.09	-47A

* Los subrayados indican valores o resultados fuera de los intervalos especificados por la presente

5

Los aceros que tienen estas composiciones químicas se fundieron cada uno en un horno de fusión a vacío de 150 kg y se fundieron formando una plancha de acero gruesa de $\varnothing 180$ mm. La chapa de acero gruesa se sometió entonces a un proceso de laminado de varillas redondas en caliente hasta un diámetro de $\varnothing 5,5$ mm, y después de completar el laminado en caliente a 1050°C , el producto resultante se mantuvo a 1050°C durante 5 minutos, sometido a tratamiento térmico enfriado con agua continua y luego lavado con ácido para obtener un material de alambre. A continuación, se llevó a cabo un trefilado en frío intenso mediante un proceso estándar hasta un diámetro de $\varnothing 2,0$ mm, y el alambre de acero resultante se sometió a doblado mediante un proceso en frío para obtener una tela metálica para su uso en un transportador.

Las evaluaciones se llevaron a cabo determinando la resistencia a la tracción, la reducción del área en la rotura por tracción, la trabajabilidad en frío, la resistencia a la corrosión y la magnetizabilidad del material del alambre. Los resultados de estas evaluaciones están registrados en la Tabla 11 y la Tabla 12.

Tabla 11

Categoría	N.º	Acero	Resistencia a la tracción (N/mm ²)	Reducción del área en la rotura por tracción (%)	Trabajabilidad en frío	Resistencia a la corrosión	Magnetizabilidad	Observaciones
No dentro de las reivindicaciones	62	AX	540	83	o	o	Si	
	63	AY	650	70	o	o	Si	
	64	AZ	610	76	o	o	Si	
	65	BA	650	79	o	o	Si	
	66	BB	560	80	o	o	Si	
	67	BC	650	80	o	o	Si	
	68	BD	610	76	o	o	Si	
	69	BE	530	81	o	o	Si	
	70	BF	530	71	o	o	Si	
	71	BG	590	79	o	o	Si	
	72	BH	630	72	o	o	Si	
	73	BI	600	75	o	o	Si	
	74	BJ	610	76	o	o	Si	
	75	BK	590	79	o	o	Si	
	76	BL	570	75	o	o	Si	
	77	BM	580	75	o	o	Si	
	78	BN	640	71	o	o	Si	
	79	BO	630	72	o	o	Si	
	80	BP	640	75	o	o	Si	
	81	BQ	650	76	o	o	Si	
	82	BR	660	72	o	o	Si	
	83	FEE	600	80	o	o	Si	
	84	GGG	590	78	o	o	Si	
	85	HHH	580	78	o	o	Si	

Tabla 12

Categoría	N.º	Acero	Resistencia a la tracción (N/mm ²)	Reducción del área en la rotura por tracción (%)	Trabajabilidad en frío	Resistencia a la corrosión	Magnetizabilidad	Observaciones
Ejemplo comparativo	86	BS	690	68	X	X	Si	
	87	BT	710	66	X	O	Si	
	88	BU	730	65	X	O	Si	
	89	BV	680	70	X	O	Si	
	90	BW	720	70	X	X	Si	
	91	BX	660	72	X	O	Si	
	92	BY	560	75	O	O	Si	Mala viabilidad económica
	93	BZ	650	70	X	X	Si	
	94	CA	680	68	X	O	Si	
	95	CB	-	-	-	-	Si	No superó el proceso de fabricación (rotura bajo calor)
	96	CC	720	65	X	O	Si	
	97	CD	620	68	X	X	Si	
	98	CE	610	72	X	O	Si	
	99	CF	620	73	X	O	Si	
	100	CG	610	72	X	O	Si	
	101	CH	650	73	X	O	Si	
	102	CI	640	72	X	O	Si	
103	CJ	650	73	X	O	Si		
104	CK	640	74	X	O	Si		
105	CL	720	73	X	O	Si		
106	CM	730	72	X	O	Si		
107	CN	620	78	O	O	No	Altos costes de materia prima debido al costoso Ni	

La resistencia a la tracción y la reducción del área en la rotura por tracción para los materiales de alambre se evaluaron usando el método de prueba de tracción prescrito en JIS Z 2241 para evaluar la resistencia a la tracción y la reducción del área en la rotura. Todos los materiales de alambre de los ejemplos números 62 a 85 (que no están dentro de las

reivindicaciones) exhibieron una resistencia a la tracción dentro del intervalo de 500 a 700 N/mm² y una reducción del área de rotura de $\geq 70\%$.

5 La trabajabilidad en frío se evaluó en términos del proceso de trefilado en frío y posterior trabajabilidad del alambre. Si se producía una tela metálica intacta y sin doblar, se registraba un signo O en la columna de capacidad de forjado en frío, y si la tela metálica no se podía formar debido a rotura o dobléz o similar del alambre, se registraba un signo x. Los materiales de alambre de los ejemplos números 62 a 85 (que no están dentro de las reivindicaciones) no exhibieron roturas ni dobleces, y mostraron una excelente trabajabilidad en frío.

10 La resistencia a la corrosión se evaluó puliendo la capa superficial del material de alambre lavado con ácido con un papel de lija n.º 500 y llevando a cabo luego la prueba de pulverización salina prescrita en JIS Z 2371 durante 100 horas y determinando si se producía o no oxidación. Si no estaba presente oxidación, o estaba presente solo en forma de pequeñas manchas de óxido, se registraba un signo O en la columna de resistencia a la corrosión. Si había flujo de óxido o aparecía óxido en toda la superficie, se registraba un signo x. Todos los aceros de los Ejemplos números 62 a 85 (que no están dentro de las reivindicaciones) consiguieron una evaluación de O para la resistencia a la corrosión.

15 La magnetizabilidad se determinó usando un medidor de ferrita (un instrumento simple para medir la permeabilidad magnética) al objeto de medir la permeabilidad magnética relativa de la malla metálica. Si la malla metálica tenía una permeabilidad magnética relativa de 3,0 o superior, a la cual la magnetizabilidad es claramente demostrable, la malla metálica se consideraba magnetizable, mientras que a menos de 3,0, la malla metálica se consideraba no magnetizable.

20 Por otro lado, los Ejemplos comparativos 86 a 107, que están fuera del alcance de la presente invención, fueron inferiores en términos de propiedades tales como trabajabilidad en frío, resistencia a la corrosión, coste y magnetizabilidad, demostrando claramente la superioridad de la presente invención.

Aplicabilidad industrial

25 Como es evidente de los ejemplos descritos antes, el material de alambre de acero inoxidable dúplex altamente resistente a la corrosión de la presente invención, que contiene solo una pequeña cantidad de Ni de coste elevado, proporciona una excelente capacidad de forjado en frío y la capacidad de aumentar la resistencia de un producto de perno, posibilitando de este modo poder proporcionar un perno de alta resistencia y altamente resistente a la corrosión a bajo coste, siendo aplicable también al mismo tiempo a tuercas, y por tanto es extremadamente útil en términos industriales.

30 Como es evidente también a partir de los ejemplos antes descritos, la presente invención también se puede usar para fabricar un material de alambre de acero inoxidable dúplex de bajo coste, dúctil y magnetizable, puede impartir excelente trabajabilidad en frío así como resistencia a la corrosión equivalente a aceros inoxidables austeníticos tales como SUS304 y SUS316, y puede proporcionar componentes forjados en frío magnetizables y altamente resistentes a la corrosión tales como tornillos, pasadores, tela metálica, alambre, cable metálico y resortes y, por tanto, es extremadamente útil en términos industriales.

35

REIVINDICACIONES

1. Un alambre de acero dúplex de austenita-ferrita que tiene una excelente capacidad de forjado en frío para producir un perno de alta resistencia y altamente resistente a la corrosión, consistiendo el alambre de acero, en términos de % en masa, en,

- 5 C: 0,005 a 0,05%,
Si: 0,1 a 1,0%,
Mn: 0,1 a 10,0%,
Ni: 1,0 a 6,0%,
Cr: 19,0 a 30,0%,

- 10 Cu: no menos de 0,2%, pero menos de 1,0%,
N: 0,005 a 0,20%,

opcionalmente uno o más seleccionados de Mo: no más de 1,0%, B: no más de 0,01%, Al: no más de 0,1%, Mg: no más de 0,01% y Ca: no más de 0,01%, Nb: no más de 1,0%, Ti: no más de 0,5%, V: no más de 1,0%, y Zr: no más de 1,0%, siendo el resto hierro e impurezas inevitables,

- 15 donde $C + N$ no es más de 0,20%, el valor M representado por la fórmula (a) no es más de 60, el valor F representado por la fórmula (b) es de 45 a 85,

y la resistencia a la tracción está dentro de un intervalo de 700 a 1000 N/mm²,

$$M = 551 - 462(C+N) - 9,2Si - 8,1Mn - 29(Ni+Cu) - 13,7Cr - 18,5Mo \quad (a)$$

$$F = 5,6Cr - 7,1Ni + 2,4Mo + 15Si - 3,1Mn - 300C - 134N - 26,6 \quad (b)$$

- 20 2. Un perno de alta resistencia y altamente resistente a la corrosión, teniendo el perno una composición química descrita en la reivindicación 1, y una resistencia a la tracción en un intervalo de 700 a 1200 N/mm².

3. Un método de fabricación de un perno de alta resistencia y altamente resistente a la corrosión, comprendiendo el método:

- 25 someter un alambre de acero dúplex de austenita-ferrita que tiene una composición química descrita en la reivindicación 1 y que tiene una resistencia a la tracción en un intervalo de 700 a 1000 N/mm² a formado de pernos en frío, y seguidamente, llevar a cabo un tratamiento térmico de envejecimiento a 300 a 600°C durante 1 a 100 minutos.

FIG. 1

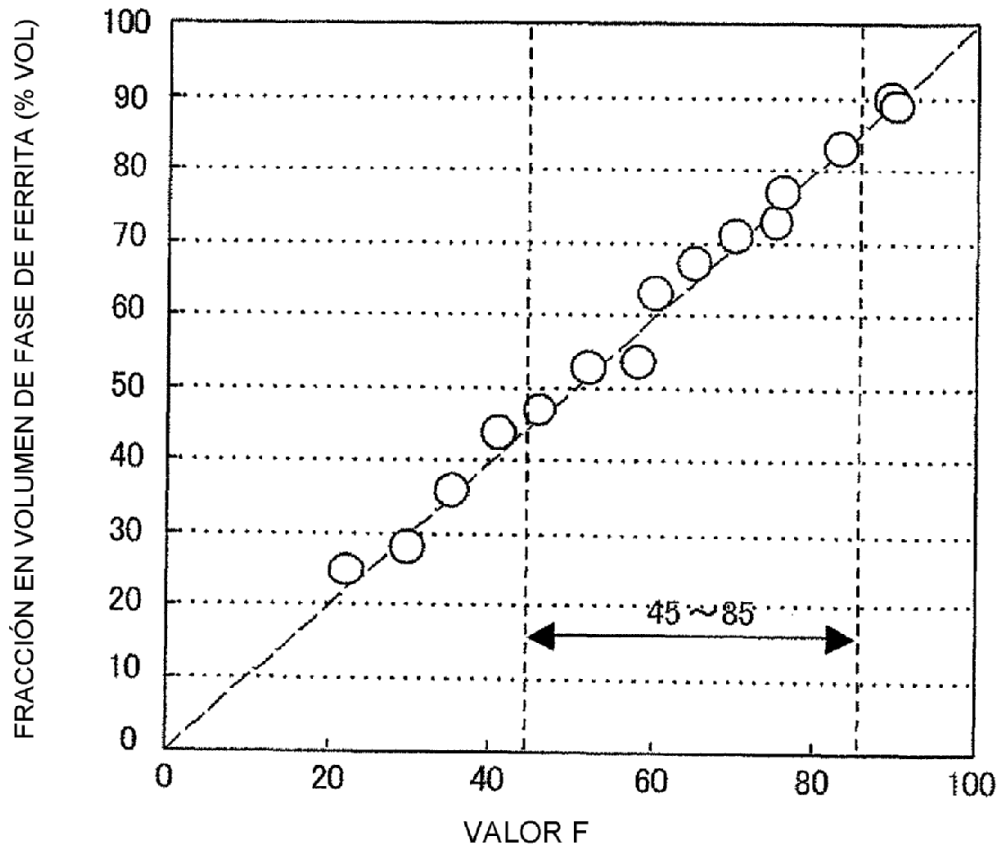


FIG. 2

