

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 600 754**

51 Int. Cl.:

C22C 38/00 (2006.01)

C21D 9/46 (2006.01)

C22C 38/58 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **02.02.2009 PCT/JP2009/051725**

87 Fecha y número de publicación internacional: **13.08.2009 WO09099035**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **02.02.2009 E 09708662 (3)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **03.08.2016 EP 2241645**

54 Título: **Material de acero inoxidable de alta resistencia y procedimiento de producción del mismo**

30 Prioridad:

07.02.2008 JP 2008027712

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

10.02.2017

73 Titular/es:

**NISSHIN STEEL CO., LTD. (100.0%)
SHIN KOKUSAI BLDG. 4-1 MARUNOUCHI 3-
CHOME CHIYODA-KU
TOKYO 100-8366, JP**

72 Inventor/es:

**HIRAKAWA, NAOKI;
FUJIMOTO, HIROSHI y
SUZUKI, SATOSHI**

74 Agente/Representante:

CARPINTERO LÓPEZ, Mario

ES 2 600 754 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 inoxidable de alta resistencia y procedimiento de producción del mismo

Campo técnico

5 La presente invención se refiere a un material de acero inoxidable de alta resistencia y a un procedimiento para su producción.

Antecedentes de la invención

10 Los materiales de acero inoxidable que tienen una microestructura metálica compuesta por una doble fase, es decir, una fase de ferrita y una fase de martensita y que por lo tanto tienen una mejor trabajabilidad convencionalmente se han comercializado como materiales de acero inoxidable de alta resistencia. Dichos materiales de acero inoxidable son producidos por tratamiento térmico para obtener una microestructura que tiene una doble fase de ferrita y martensita. Dado que estos materiales de acero inoxidable tienen dos fases, tienen tanto una alta resistencia mecánica derivada de la fase de martensita dura como una buena trabajabilidad derivada de la fase de ferrita blanda. Por lo tanto, es posible producir un material de acero inoxidable que tenga, hasta cierto punto, una trabajabilidad excelente por la formación de una microestructura metálica de doble fase, pero imposible mejorar más la trabajabilidad sin limitación. Por tanto, un acero inoxidable convencional es difícil de utilizar como material de productos que requieran tener una mayor trabajabilidad.

20 Con el fin de proporcionar una lámina de acero inoxidable de alta resistencia con una ductilidad excelente y un buen equilibrio entre resistencia y la ductilidad y, por tanto, adecuada para aplicaciones sometidas a trabajo de flexión, el Documento de patente 1 describe un procedimiento de producción de una lámina de acero inoxidable de alta resistencia que comprende realizar sucesivamente una etapa de calentamiento de una lámina de acero inoxidable a una temperatura en una región de dos fases y a continuación enfriarla a una velocidad de enfriamiento de 5 °C/s o superior, una etapa de laminación en frío de la lámina resultante a una reducción por laminación predeterminada, y una etapa de tratamiento térmico de la lámina a una temperatura predeterminada.

25 Con el fin de mejorar la trabajabilidad, en particular, la trabajabilidad de flexión, el Documento de patente 2 propone un procedimiento de descarburación moderada de la parte superficial de una lámina de acero inoxidable que tiene una microestructura de dos fases. Este procedimiento puede producir una alta trabajabilidad de flexión debido a que se puede formar una fase de ferrita blanda en la parte superficial de la lámina de acero inoxidable y se puede mejorar la ductilidad en la parte superficial.

30 Documento de patente 1: Solicitud de patente japonesa abierta a consulta por el público n.º 2004-323960
Documento de patente 2: Solicitud de patente japonesa abierta a consulta por el público n.º 2001-234290

El documento JP2002-105601 describe un acero inoxidable de doble fase de alta resistencia y su procedimiento de producción.

Descripción de la invención

Problema a resolver por la invención

35 Sin embargo, si en un futuro la demanda de trabajabilidad fuese más rigurosa, los materiales convencionales de acero inoxidable deben mejorarse aún más. Como procedimiento de mejora, se puede considerar un procedimiento de revisión de la composición química de los materiales convencionales de acero inoxidable y la reducción de una parte de una fase de martensita en una microestructura metálica. Este procedimiento mejora la trabajabilidad del material de acero inoxidable, pero reduce la resistencia mecánica (dureza) de todo el material de acero.

40 De acuerdo con el procedimiento descrito en el Documento de patente 2, la descarburación requiere un tratamiento térmico a una temperatura de hasta 1100 a 1200 °C. Además, existe la posibilidad de que la resistencia mecánica de todo el material de acero se deteriore, dependiendo de la proporción de la fase de ferrita blanda.

45 Con lo anterior en mente, se ha realizado la presente invención. Un objeto de la invención es proporcionar un material de acero inoxidable de alta resistencia capaz de presentar una mejor trabajabilidad, en particular, la trabajabilidad de flexión en comparación con los materiales convencionales, al tiempo que suprime el deterioro de la resistencia mecánica.

Medios para resolver el problema

50 Los presentes inventores han procedido a una investigación exhaustiva con el fin de conseguir el objeto descrito anteriormente. Como resultado, se ha descubierto que es eficaz la disminución de la diferencia de dureza entre una fase de ferrita blanda y una fase de martensita dura en comparación con la de los materiales convencionales de acero inoxidable. Cuando se disminuye la diferencia, se puede conseguir el objeto de la presente invención debido a que tras el procesamiento de un material de acero inoxidable se dispersa el esfuerzo y el material de acero resultante puede haber mejorado su ductilidad. Los presentes inventores también han descubierto que un

procedimiento de producción de un material de acero inoxidable que incluye una etapa de realización de un tratamiento de envejecimiento en una etapa predeterminada es eficaz para la obtención de un material de acero inoxidable de ese tipo. Basándose en estos hallazgos, los presentes inventores han completado la presente invención. Los presentes inventores también han descubierto que se consigue la dispersión del esfuerzo tras el procesamiento de un material de acero inoxidable y la mejora de la ductilidad del acero con la disminución de la diferencia de dureza entre las dos fases, lo que aporta un efecto beneficioso adicional para la mejora de la trabajabilidad no solo de flexión, sino también de las propiedades de expansión de los orificios.

Se proporciona un material de acero inoxidable de alta resistencia en un aspecto de la presente invención, de acuerdo con la reivindicación 1.

10 Se proporciona un material de acero inoxidable de alta resistencia según otro aspecto de la presente invención, de acuerdo con la reivindicación 3.

Se proporciona un procedimiento de producción de un material de acero inoxidable de alta resistencia según la presente invención, de acuerdo con la reivindicación 4.

[ELIMINADO]

15 **Efecto de la invención**

La presente invención hace posible proporcionar un material de acero inoxidable de alta resistencia que tiene una menor reducción de la resistencia mecánica y al mismo tiempo, tiene una mejor trabajabilidad, en particular, una mejor trabajabilidad de flexión en comparación con materiales de acero inoxidable convencionales.

Breve descripción de los dibujos

20 [FIG. 1] La fig. 1 es un diagrama gráfico que muestra una curva de esfuerzo nominal-deformación nominal obtenida en un ensayo de tracción de una pieza de ensayo de acero inoxidable.

[FIG. 2] La fig. 2 incluye fotografías que muestran parcialmente el aspecto de piezas de ensayo de acero inoxidable después de la prueba de flexión.

25 [FIG. 3] La fig. 3 es un diagrama gráfico que muestra la relación entre un parámetro de revenido y la dureza de una pieza de ensayo de acero inoxidable.

Mejor modo de realizar la invención

El mejor modo de realizar la presente invención (que en adelante se denomina simplemente "presente realización") se describirá en detalle a continuación haciendo referencia a los dibujos, si fuera necesario.

30 En primer lugar, se describe un material de acero inoxidable de alta resistencia (que en adelante se puede denominar "material de acero inoxidable" o simplemente "material de acero"). El material de acero inoxidable de alta resistencia de acuerdo con la presente realización tiene una composición que comprende, como componentes esenciales, C: superior o igual al 0,01 % en masa pero no superior al 0,15 % en masa, Si: superior al 0,0 % en masa pero no superior al 2,0 % en masa, Mn: superior o igual al 0,1 % en masa pero no superior al 4,0 % en masa, P: superior al 0,00 % en masa pero no superior al 0,04 % en masa, S: superior al 0,00 % en masa pero no superior al 0,03 % en masa, Ni: superior o igual al 0,1 % en masa pero no superior al 4,0 % en masa, Cr: del 10,0 al 20,0 % en masa, y N: superior al 0,00 % en masa pero no superior al 0,12 % en masa con el resto de Fe e impurezas inevitables; consiste en una microestructura metálica compuesta por dos fases, es decir, una fase de ferrita y una fase de martensita; y tiene una $\gamma_{m\acute{a}x}$ de 50 a 85, la $\gamma_{m\acute{a}x}$ que está representada por la siguiente ecuación (1).

$$\gamma_{m\acute{a}x} = 420 W_C + 470 W_N + 23 W_{Ni} + 7 W_{Mn} - 11,5 W_{Cr} - 11,5 W_{Si} + 189$$

40 En este caso, en la ecuación (1), W_C , W_N , W_{Ni} , W_{Mn} , W_{Cr} , y W_{Si} representan el contenido (unidad: % en masa) de C, N, Ni, Mn, Cr, y Si con respecto a la masa total del material de acero inoxidable, respectivamente.

45 El material de acero inoxidable de la presente realización contiene del 10,0 al 20,0 % en masa de Cr (cromo) con el fin de mantener la resistencia a la corrosión y la resistencia como acero inoxidable. Contenidos de Cr demasiado bajos hacen que sea difícil formar una película de óxido, lo que resulta en el fracaso para conseguir una excelente resistencia a la corrosión. El contenido de Cr es del 10,0 % en masa o superior desde este punto de vista. Cuando el contenido de Cr es demasiado alto, por el contrario, se requiere una gran cantidad de un elemento de formación de austenita, tal como Ni y Mn con el fin de formar una fase de martensita y de ese modo conseguir una alta resistencia. Al mismo tiempo, un material de acero inoxidable que tenga un contenido de Cr demasiado alto tiene una menor tenacidad. Desde este punto de vista, el contenido de Cr es del 20,0 % en masa o inferior.

50 El material de acero inoxidable de la presente realización contiene C (carbono) en una cantidad superior o igual al 0,01 % en masa pero no superior al 0,15 % en masa. Puesto que el C es un elemento formador de austenita fuerte, se incrementa la proporción de la fase de martensita en la microestructura metálica. Además, el C presenta un efecto sólido de endurecimiento en solución de manera que es eficaz para realzar la resistencia tanto la fase de martensita como de la fase de ferrita. Desde el punto de vista de presentar más eficazmente un efecto de este tipo,

5 el contenido de C es del 0,01 % en masa o superior. Desde el punto de vista de que aumente suficientemente la resistencia a la corrosión del material de acero inoxidable de la presente realización, por otra parte, el contenido de C es del 0,15 % en masa o inferior. En un procedimiento de producción del material de acero inoxidable de la presente realización que se describirá después, cuando una pieza de acero se somete a un tratamiento de formación de dos fases, el carburo de cromo forma una solución sólida por calentamiento. Cuando el contenido de C supera el 0,15 % en masa, sin embargo, es probable que el carburo de cromo vuelva a precipitar en el límite de grano de la fase de ferrita o de la fase de austenita (fase de martensita después del enfriamiento) tras el enfriamiento después del tratamiento de formación de dos fases, que sin embargo depende de la relación de la composición de C a otro elemento tal como Cr, Ni, o Mn. Como resultado, se genera una capa de agotamiento de Cr (se produce sensibilización) en las proximidades del límite de grano, lo que lleva al deterioro de la resistencia a la corrosión.

15 El material de acero inoxidable de la presente realización contiene Si (silicio) en una cantidad inferior o igual al 0,0 % en masa pero no superior al 2,0 % en masa. El Si se añade con el fin de desacidificar. Además, el Si endurece la fase de martensita y, al mismo tiempo, endurece la fase de austenita, formando una solución sólida en la fase de austenita. Además, el Si provoca el envejecimiento por deformación en el momento del tratamiento de envejecimiento y por lo tanto acelera la capacidad de endurecimiento por envejecimiento. Desde el punto de vista de la producción eficaz de estos efectos, el contenido de Si es superior al 0,0 % en masa. Por otro lado, el contenido de Si es no superior al 2,0 % en masa desde el punto de vista de la supresión de grietas a alta temperatura del material de acero inoxidable y, al mismo tiempo, forma una fase de martensita preferible.

20 El material de acero inoxidable de la presente realización contiene Mn (manganeso) en una cantidad superior o igual al 0,1 % en masa pero no superior al 4,0 % en masa. Este material de acero también contiene Ni (níquel) en una cantidad superior o igual al 0,1 % en masa pero no superior al 4,0 % en masa. Este material de acero puede contener, además, Cu (cobre) en una cantidad del 3,0 % en masa o inferior como componente arbitrario. Este Mn, Ni, y Cu funcionan como elementos que forman austenita. El material de acero inoxidable de la presente realización, cuando contiene estos elementos, puede tener una microestructura metálica compuesta por dos fases, es decir, una fase de ferrita y una fase de martensita a altas temperaturas. Con un aumento en el contenido de Mn, Ni, y Cu, la proporción de la fase de martensita aumenta después del enfriamiento de modo que el material de acero que contenga estos elementos en mayores cantidades tiene mayor resistencia. Para asegurar su efecto de manera más efectiva, el contenido de Mn y Ni y Cu son preferentemente una cierta cantidad, o superior, dependiendo del contenido de Cr y C. Más específicamente, el Mn y el Ni y preferentemente el Cu están cada uno en una cantidad del 0,1 % en masa o superior. Cuando la proporción de la fase de martensita en la microestructura metálica llega a ser demasiado grande, es probable que el material de acero resultante tenga una menor ductilidad a pesar de tener una resistencia suficiente. Desde el punto de vista de la supresión de dicha reducción de la ductilidad, el contenido de Mn y Ni son cada uno del 4,0 % en masa o inferior. El contenido de Mn preferentemente es del 2,0 % en masa o inferior y el contenido de Cu, en su caso, preferentemente es del 3,0 % en masa o inferior.

35 En el material de acero inoxidable de la presente realización, el contenido de P (fósforo) está limitado al 0,04 % en masa o inferior y el contenido de S (azufre) está limitado al 0,03 % en masa o inferior. Desde el punto de vista de prevenir la intensificación de la fragilidad del material de acero, el contenido de P es del 0,04 % en masa o inferior y el de S es del 0,03 % en masa o inferior.

40 El material de acero inoxidable de la presente realización contiene N (nitrógeno) en una cantidad inferior o igual al 0,00 % en masa pero no superior al 0,12 % en masa. Puesto que el N es un elemento formador de austenita fuerte, aumenta la proporción de la fase de martensita en la microestructura metálica. Además, el N es eficaz para realzar la resistencia de la fase de martensita, ya que produce un efecto sólido de endurecimiento en solución. Por otro lado, es difícil de incorporar una gran cantidad de N en el material de acero inoxidable de la presente realización debido a la solubilidad del N, e incluso, si se puede incorporar una gran cantidad de N, puede ser una causa del aumento de los defectos en la superficie del material de acero. Desde dichos puntos de vista, el contenido de N es del 0,12 % en masa o inferior.

[ELIMINADO]

50 El material de acero inoxidable de la presente realización tiene una $\gamma_{m\acute{a}x}$, que está representada por la ecuación (1), de 50 a 85 desde el punto de vista de asegurar una alta resistencia y una buena trabajabilidad. La $\gamma_{m\acute{a}x}$ es de 50 o superior con el fin de obtener un material de acero que tenga una alta resistencia. La $\gamma_{m\acute{a}x}$ es, por otra parte, de 85 o inferior con el fin de prevenir el empeoramiento de la trabajabilidad que de otro modo se producirá debido a un aumento excesivo de la proporción de la fase de martensita en la microestructura metálica. Esta $\gamma_{m\acute{a}x}$ es uno de los factores que influyen en las proporciones de la fase de ferrita y la fase de martensita.

55 El material de acero inoxidable de la presente realización tiene una microestructura metálica compuesta por dos fases, es decir, una fase de ferrita y una fase de martensita. Este material de acero tiene una buena trabajabilidad derivada de la fase de ferrita blanda, al tiempo que tiene una alta resistencia derivada de la fase de martensita dura. Dicha microestructura metálica está disponible mediante un tratamiento de formación de dos fases que se describirá más adelante.

ES 2 600 754 T3

En el material de acero inoxidable de la presente realización, la diferencia de dureza entre la fase de ferrita y la fase de martensita es de 300 HV o inferior. El término "dureza" de cada fase como se usa en la presente memoria significa la dureza determinada mediante la confirmación de la posición de cada fase en la superficie del material de acero inoxidable usando un microscopio electrónico de barrido (SEM) y midiendo la dureza de cada fase usando el procedimiento de medición de la dureza por nanoindentación. Las condiciones de medida del procedimiento de medición de la dureza por nanoindentación como sigue:

Punta: XP

Modo de medición: CSM (medición continua de la rigidez)

Frecuencia de oscilación excitada: 45 Hz

Amplitud de oscilación excitada: 2 nm

Velocidad de deformación: 0,05/s

Profundidad de penetración: 200 nm

Número de muestras: 10

Distancia entre los puntos de medición: 10 μ m

Entorno de medición: temperatura ambiente de 23 °C (aire acondicionado)

Muestra patrón: sílice fundida

Mediante el ajuste de la diferencia de dureza entre dos fases a 300 HV o inferior, el material de acero inoxidable de la presente realización se vuelve superior en cuanto a la trabajabilidad de flexión y las propiedades de expansión del orificio con respecto a los materiales convencionales. Desde el punto de vista de la mejora de la trabajabilidad de flexión y de las propiedades de expansión del orificio adicionales, la diferencia de dureza entre dos fases es más preferentemente de 280 HV o inferior, aún más preferentemente de 270 HV o inferior. Huelga decir que la dureza de la fase de martensita se hace mayor que la de la fase de ferrita. Aunque no se impone limitación particular en cuanto al límite inferior de la diferencia de dureza entre las dos fases, puede ser de 250 HV desde el punto de vista de la facilidad de producción.

En el material de acero inoxidable de la presente realización, la dureza de la fase de ferrita no está particularmente limitada. Sin embargo, preferentemente es de 330 a 370 HV, más preferentemente de 350 a 370 HV desde el punto de vista de mejorar el equilibrio entre la resistencia mecánica (dureza) y la trabajabilidad. La dureza de la fase de martensita tampoco está particularmente limitada. Desde el punto de vista de mejorar el equilibrio entre la resistencia mecánica (dureza) y la trabajabilidad, sin embargo, la dureza preferentemente es de 580 a 620 HV, más preferentemente de 580 a 600 HV.

Para el ajuste de la dureza de cada una de la fase de ferrita y de la fase de martensita, solo es necesario cambiar la relación de composición de los elementos. Como alternativa, la dureza se puede ajustar mediante la realización de un tratamiento de envejecimiento mientras se modifica su estado (temperatura máxima, tiempo de reposo, parámetro de revenido, o similares), que se describirá más adelante.

El material de acero inoxidable de la presente realización puede tener elongación de fluencia en lugar de o además de la diferencia de dureza entre dos fases. Al tener expansión de fluencia, el material de acero inoxidable de la presente realización puede tener trabajabilidad de flexión y propiedades de expansión del orificio superiores a las de los materiales convencionales y tiene una menor reducción de la resistencia mecánica (dureza). El término "tiene (o que tiene) elongación de fluencia" como se usa en el presente documento significa que cuando una pieza de ensayo de una lámina de acero inoxidable se somete a un ensayo de tracción, presenta un punto de fluencia superior y también elongación de fluencia (banda Lueders). La pieza de ensayo es una pieza de ensayo JIS13B especificado en la norma JIS Z-2201 y recogida de una lámina de acero inoxidable en su dirección T. El ensayo de tracción se realiza a una velocidad de tracción de 1 mm/min usando un medidor de tracción de 50 kN. La elongación de fluencia preferentemente es del 1 % o superior desde el punto de vista de la obtención de un material de acero que tiene una mejor trabajabilidad de flexión y propiedades de expansión del orificio.

El material de acero inoxidable que tiene la composición anterior solo necesita un tratamiento de envejecimiento a una temperatura predeterminada o inferior, preferentemente inferior a 600 °C a fin de alcanzar una elongación de fluencia.

El material de acero inoxidable de la presente realización puede ser una lámina de acero inoxidable. La lámina de acero inoxidable puede conformarse en formas de varias partes mediante moldeo por prensado o perforación.

Se pueden obtener varios miembros a partir del material de acero inoxidable de la presente realización. Ejemplos de dichos miembros incluyen un muelle plano, un muelle perforado, y una cubierta mecánica. Estos miembros se producen de una manera similar al procedimiento convencional excepto por el uso del material de acero inoxidable de la presente realización. Estos miembros pueden estar compuestos cada uno únicamente del material de acero inoxidable de la presente realización o compuestos en parte por el material de acero inoxidable de la presente realización.

El material de acero inoxidable de la presente realización descrito anteriormente tiene una microestructura metálica compuesta por dos fases, es decir, una fase de ferrita y una fase de martensita para que tenga una alta resistencia y

presente una excelente trabajabilidad. Además, el material de acero inoxidable de alta resistencia de la presente realización es excelente en cuanto a su trabajabilidad, en particular la trabajabilidad de flexión y las propiedades de expansión del orificio. La trabajabilidad de flexión y las propiedades de expansión del orificio se vuelven excelentes por una reducción de la diferencia en la resistencia entre estas dos fases y la mejora en la ductilidad. Se considera que cuando la diferencia de la resistencia entre dos fases pasa a ser de 300 HV o inferior en términos de diferencia de dureza, que es menor que la de los materiales de acero convencionales, no se puede concentrar fácilmente un esfuerzo de deformación sobre la fase de ferrita blanda durante el procesamiento, tal como la flexión. Como resultado, se presume que se produce dispersión del esfuerzo en todo el acero inoxidable y la trabajabilidad de flexión y las propiedades de expansión del orificio se vuelven superiores a las del acero inoxidable convencional. En el material de acero que tiene elongación de fluencia se produce la fijación de dislocaciones en la fase de ferrita debido al C o N que ha formado una solución sólida. Esto conduce a la aparición de un límite de fluencia y una elongación de fluencia (banda Lueders) superiores y, como resultado, el material de acero inoxidable resultante se presume que tiene una mejor ductilidad y tiene una trabajabilidad de flexión superior a la del material de acero convencional. Además, cuando el material de acero inoxidable tiene elongación de fluencia, se suprime adicionalmente la reducción de la resistencia mecánica (dureza) y al mismo tiempo, se puede evitar el deterioro en la resistencia a la corrosión, en comparación con un material de acero inoxidable que tiene una composición similar y con el mismo nivel de ductilidad.

A continuación se describirá el procedimiento de producción de un material de acero inoxidable de alta resistencia de acuerdo con la presente realización. El procedimiento de producción de un material de acero inoxidable de alta resistencia de acuerdo con la presente realización proporciona una etapa de someter a un tratamiento de formación de dos fases (etapa que en adelante se denominará "etapa de tratamiento de formación de dos fases"), una pieza de acero que tiene una composición que comprende, como componentes esenciales, C: superior o igual al 0,01 % en masa pero no superior al 0,15 % en masa, Si: superior al 0,0 % en masa pero no superior al 2,0 % en masa, Mn: superior o igual al 0,1 % en masa pero no superior al 4,0 % en masa, P: superior al 0,00 % en masa pero no superior al 0,04 % en masa, S: superior al 0,00 % en masa pero no superior al 0,03 % en masa, Ni: superior o igual al 0,1 % en masa pero no superior al 4,0 % en masa, Cr: del 10,0 al 20,0 % en masa, y N: superior al 0,00 % en masa pero no superior al 0,12 % en masa con el resto de Fe e impurezas inevitables; y que tiene una $\gamma_{\text{máx}}$ de 50 a 85, la $\gamma_{\text{máx}}$ que está representada por la ecuación anterior (1) (pieza de acero que de aquí en adelante se denominará "primera pieza de acero"); y una etapa de someter la pieza de acero obtenida por el tratamiento de formación de dos fases anterior (pieza de acero que en adelante se denominará "segunda pieza de acero") a un tratamiento de envejecimiento (etapa que en lo sucesivo se denominará "etapa de tratamiento de envejecimiento").

En primer lugar, se prepara la primera pieza de acero que se usará para la etapa de tratamiento de formación de dos fases. No se impone limitación particular en cuanto a la primera pieza de acero en la medida en que tenga la composición específica descrita anteriormente y tenga una $\gamma_{\text{máx}}$, que está representada por la ecuación anterior (1), de 50 a 85. Por ejemplo, la primera pieza de acero puede ser una hoja de laminado en frío (que tiene, por ejemplo, un espesor de 0,3 a 2 mm) disponible por laminación en frío predeterminado. El procedimiento de producción de un material de acero inoxidable de acuerdo con la presente realización no tiene una etapa de laminación en frío entre la etapa de tratamiento de formación de dos fases y la etapa de tratamiento de envejecimiento de forma que la primera pieza de acero preferentemente es aquella que ya está sometida a laminación en frío. No hay limitación particular impuesta sobre la forma de la primera pieza de acero y puede ser, por ejemplo, en forma de lámina.

La primera pieza de acero puede contener el elemento descrito anteriormente, es decir, Cu como componente arbitrario. El contenido de Cu en la primera pieza de acero y la $\gamma_{\text{máx}}$ de la primera pieza de acero resultante pueden ser similares a los del material de acero inoxidable anterior.

A continuación, en la etapa de tratamiento de formación de dos fases, la primera pieza de acero se somete a un tratamiento de formación de dos fases para generar una microestructura metálica que tiene dos fases, es decir, una fase de austenita, que se transforma en una fase de martensita por enfriamiento a realizar posteriormente y una fase de ferrita. Las condiciones (temperatura, tiempo) del tratamiento de formación de dos fases no están limitadas en particular en la medida en que puedan generar una microestructura metálica que tenga tanto la fase de austenita como la fase de ferrita. Se pueden modificar, en función de la relación de la composición de los elementos. En consecuencia, la primera pieza de acero se puede someter al tratamiento de formación de dos fases, por ejemplo, a una temperatura de 800-1200 °C durante un tiempo de reposo de 1 a 10 minutos.

A continuación, en la etapa de tratamiento de envejecimiento, la segunda pieza de acero obtenida por el tratamiento de formación de dos fases se somete a un tratamiento de envejecimiento predeterminado. Se presume que con este tratamiento, la dureza aumenta en la fase de ferrita, porque el C y el N, que han formado una solución sólida en la segunda pieza de acero, fijan las dislocaciones, mientras que en la fase de martensita, la dureza disminuye debido al revenido. Como resultado, la diferencia de dureza entre estas dos fases pasa a ser de 300 HV o inferior. El material de acero inoxidable disponible como producto final tiene elongación de fluencia debido a la fijación de dislocaciones provocadas por el tratamiento de envejecimiento. Además, como el segundo material de acero no se somete a trabajo en frío entre la etapa de tratamiento de formación de dos fases y la etapa de tratamiento de envejecimiento, el acero inoxidable resultante tiene, además, una mejor trabajabilidad en comparación con materiales de acero sometidos a trabajo en frío tales como laminación en frío después del tratamiento de formación de dos fases. Cuando la segunda pieza de acero obtenida por el tratamiento de formación de dos fases se enfría

para proporcionarla a la etapa de tratamiento de envejecimiento, la velocidad de enfriamiento preferentemente es de 5 a 1000 °C/s a fin de transformar la fase de austenita en la fase de martensita.

Desde el punto de vista de suprimir la reducción en la resistencia mecánica (dureza) del material de acero inoxidable, la temperatura máxima en la etapa de tratamiento de envejecimiento preferentemente es inferior a 600 °C. Desde el punto de vista de la consecución sin fallo del objeto de la presente invención, la temperatura máxima es más preferentemente de 300 °C o superior, pero inferior a 600 °C, aún más preferentemente de 300 a 500 °C. El ajuste de la temperatura máxima por debajo de 600 °C permite evitar el deterioro de la resistencia a la corrosión y la resistencia mecánica (dureza) que de otro modo se producirá debido a la precipitación del C, que ha formado una solución sólida, como el carburo de cromo.

Cuando el tiempo de reposo en el tratamiento de envejecimiento se hace más largo que un tiempo predeterminado, la trabajabilidad de flexión tiende a mostrar una mejora adicional, pero suele producirse un marcado deterioro de la resistencia o la resistencia a la corrosión debido a la precipitación de un carburo. Por lo tanto, se prefiere ajustar el tiempo de reposo, a la temperatura máxima, a 0 segundos debido a que se puede mejorar la trabajabilidad de flexión, mientras se suprime la precipitación de un carburo y se mantiene la resistencia mecánica o resistencia a la corrosión a un nivel alto.

El tratamiento de envejecimiento se realiza preferentemente a la temperatura máxima que cae dentro de un intervalo de 300 °C o superior, pero inferior a 600 °C bajo condiciones que permitan que el parámetro de revenido (parámetro de Larson-Miller) P_{LM} representado por la siguiente ecuación (4) caiga dentro de un intervalo de 12.000 a 15.000. Este parámetro de revenido se explica en Heat treatment, 42(3), 163.

[Ecuación 1]

$$P_{LM} = T_n (\log t_n + 20) \quad (4)$$

En la que:

[Ecuación 2]

$$T_n = T_{n-1} + \alpha \Delta T$$

$$t_n = 10^{((T_{n-1} / T_n) \cdot (\log t_{n-1} + 20) - 20)} + \Delta t$$

$$t_1 = \Delta t$$

la unidad de la temperatura T_n , T_{n-1} , o ΔT está en K, la unidad del tiempo t_n , t_{n-1} , o t_1 está en horas, y α representa un aumento o una disminución de la temperatura (unidad: K/hora) a una temperatura T_{n-1} . Cuando el parámetro de revenido es superior a 15.000, se supone que se produce una marcada reducción de la resistencia mecánica (dureza) del material de acero debido a la precipitación de carburo de cromo y tiende a producirse la descomposición de la martensita. Cuando el parámetro de revenido es inferior a 12.000, por otro lado, el aumento en la dureza de la fase de ferrita debido a la formación de una atmósfera de Cottrell y la reducción en la dureza de la fase de martensita debido al revenido se vuelven muy pequeñas, por lo que es difícil disminuir la diferencia de dureza entre dos fases. Como resultado, tiende a haber menos efecto sobre la mejora de la trabajabilidad de flexión y las propiedades de expansión del orificio.

La pieza de acero obtenida para la etapa de tratamiento de envejecimiento se puede usar como material de acero inoxidable de la presente realización como está o después de un tratamiento conocido, tal como un procedimiento de nivelación o de decapado, si fuera necesario, con el fin de corregir su forma.

Cuando se emplea el procedimiento de producción descrito anteriormente de un material de acero inoxidable de alta resistencia de acuerdo con la presente realización, se puede obtener un material de acero inoxidable de alta resistencia que tiene una alta resistencia y, al mismo tiempo, que tiene una trabajabilidad excelente debido a que se forma una microestructura metálica compuesta de dos fases, es decir, una fase de ferrita y una fase de martensita, con el tratamiento específico de formación de dos fases de la primera pieza de acero que tiene la composición descrita anteriormente. Además, el material de acero inoxidable de alta resistencia así obtenido es excelente en cuanto a trabajabilidad, en particular la trabajabilidad de flexión y las propiedades de expansión del orificio. La excelente trabajabilidad de flexión y las propiedades de expansión del orificio se pueden conseguir mediante una reducción de la diferencia en la resistencia entre las dos fases y la mejora en la ductilidad. Al someter el segundo

material de acero al tratamiento de envejecimiento, el C que ha formado una solución sólida fija la dislocación en la fase de ferrita, aumentando la resistencia de la fase de ferrita, mientras se produce el revenido en la fase de martensita, causando una reducción en la resistencia. Por lo tanto, la diferencia de dureza entre las dos fases se puede reducir a 300 HV o inferior, más pequeña que en el material convencional, de modo que no se concentre fácilmente un esfuerzo de deformación en la fase de ferrita blanda durante el procesamiento, tal como la flexión. Como resultado, se produce la dispersión del esfuerzo en todo el material de acero inoxidable resultante y se presume que el material de acero resultante es superior en cuanto a la trabajabilidad de flexión y las propiedades de expansión del orificio a los materiales convencionales. Este tratamiento de envejecimiento se administra a la segunda pieza de acero obtenida realizando el tratamiento de formación de dos fases, pero realizando posteriormente el tratamiento de trabajo en frío de manera que el material de acero inoxidable finalmente disponible tiene la misma composición que la segunda pieza de acero, y es superior en cuanto a la trabajabilidad de flexión y las propiedades de expansión del orificio de los materiales de acero sometidos a un tratamiento de trabajo en frío como el laminado en frío después del tratamiento de formación de dos fases. Se considera que la fijación de las dislocaciones se produce en la fase de ferrita debido al C o N que ha formado una solución sólida por el tratamiento de envejecimiento y el material de acero inoxidable, por tanto, tiene elongación de fluencia. Como resultado, se presume que el acero inoxidable tiene una mejor ductilidad y llega a ser superior en cuanto a la trabajabilidad de flexión y las propiedades de expansión del orificio a los materiales de acero inoxidable convencionales.

Anteriormente se han descrito las presentes realizaciones, pero la presente invención no está limitada a o por ellas. Se pueden efectuar diversos cambios o modificaciones en la misma sin apartarse del alcance de la invención.

Ejemplos

La presente invención se describirá a continuación más específicamente por medio de ejemplos, pero la presente invención no está limitada a o por estos ejemplos.

<Preparación de una lámina de acero inoxidable>

En un horno de fusión de vacío, se fundieron 30 kg de 12 tipos de aceros (aceros n.º 1 a 12) que tienen las composiciones que se muestran en la Tabla 1 y se moldearon en lingotes, respectivamente. Los lingotes obtenidos de este modo se cortaron en placas. Las placas se calentaron a 1200 °C, seguido de extracción. La laminación en caliente se efectúa a una temperatura de acabado de 920 °C para obtener bandas de acero laminadas en caliente que tienen un espesor de lámina de 4,5 mm. A continuación, las bandas de acero laminadas en caliente se sometieron a un tratamiento de revenido de la hoja de laminado en caliente por enfriamiento en el horno a 800 °C durante un tiempo de reposo de 6 horas. Después del decapado, se realizó el laminado en frío para obtener las primeras hojas de laminado en frío que tienen un espesor de lámina de 1,8 mm. Las primeras hojas de laminado en frío así obtenidas se sometieron a un tratamiento de revenido a 770 °C durante un tiempo de reposo de un minuto. Después del decapado, se realizó el laminado en frío para obtener las segundas hojas de laminado en frío cada una con un espesor de lámina de 0,8 mm.

[Tabla 1]

Acero n.º	Composición (% en masa)										Y _{máx}
	C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	N	Cu	Fe	
1	0,059	0,53	0,29	0,031	0,001	2,01	16,3	0,009	---	Resto	72
2	0,031	0,55	0,31	0,021	0,003	1,55	16,2	0,011	---	Resto	52
3	0,055	0,042	0,28	0,022	0,005	1,09	16,3	0,009	---	Resto	55
4	0,058	0,44	0,23	0,021	0,003	0,12	13,1	0,012	---	Resto	68
5	0,042	0,051	0,31	0,022	0,002	0,21	12,1	0,008	---	Resto	78
6	0,052	0,55	0,28	0,032	0,003	1,71	14,5	0,009	---	Resto	83
7	0,071	0,51	0,26	0,031	0,003	2,31	18,1	0,012	---	Resto	65
8	0,029	0,48	0,31	0,029	0,001	2,41	16,5	0,027	0,5	Resto	81
9	0,057	0,56	0,30	0,031	0,002	2,02	16,3	0,011	1,1	Resto	83
10	0,048	0,48	0,27	0,032	0,004	1,34	15,3	0,0012	1,7	Resto	76
11	0,062	1,6	0,29	0,031	0,001	2,01	16,3	0,011	---	Resto	62

(continuación)

Acero n.º	Composición (% en masa)										Y _{máx}
	C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	N	Cu	Fe	
12	0,059	1,1	0,31	0,033	0,003	1,98	15,8	0,011	0,2	Resto	74

- 5 A continuación, las segundas hojas de laminado en frío se sometieron a un tratamiento de formación de dos fases (etapa de tratamiento de formación de dos fases) a unas condiciones de 1050 °C y con un tiempo de reposo de un minuto. Después del tratamiento de formación de dos fases, las piezas de acero resultantes se sometieron a un tratamiento de envejecimiento (etapa de tratamiento de envejecimiento) a la atmósfera en las condiciones siguientes: temperatura máxima de 480 °C, tiempo de reposo de 0 segundos, y un parámetro de revenido de 13.500 para obtener láminas de acero inoxidable de alta resistencia. Las láminas de acero después de terminar el tratamiento de envejecimiento se designaron como aceros de la invención. Además, las piezas de acero, que se habían obtenido sometiendo el acero n.º 1 a un tratamiento de formación de dos fases similar al empleado anteriormente, se sometieron a un tratamiento de envejecimiento a la atmósfera en las condiciones siguientes: temperatura máxima de 600 °C, 625 °C, y 650 °C, tiempo de reposo de 0 segundos, y un parámetro de revenido de 15.710, 16.300, y 16.900, respectivamente, para obtener los aceros de la invención (aceros n.º 13, 14, y 15), respectivamente.
- 10
- 15 Por otro lado, se obtuvieron láminas de acero inoxidable respectivamente usando 12 tipos de aceros que tienen las composiciones que se muestran en la Tabla 1 y sometiéndolos a un tratamiento de formación de dos fases similar al descrito anteriormente. Las láminas de acero resultantes no sometidas al tratamiento de envejecimiento se designaron como aceros comparativos.

<Medición de la dureza>

- 20 Las posiciones de la fase de ferrita y la fase de martensita en la superficie de cada una de las láminas de acero así obtenidas se confirmaron usando SEM. Entonces, se midió la dureza de cada fase según el procedimiento de medición de la dureza por nanoindentación descrito anteriormente. Además, se midió la dureza Vickers de la totalidad de la lámina de acero de acuerdo con la norma JIS Z-2240 a una carga de ensayo de 30 kg. Los resultados se muestran en las Tablas 2 y 3.

25 <Ensayo de tracción>

- Se recogió una pieza de ensayo JIS13B como se especifica en la norma JIS Z-2201 de cada una de las láminas de acero resultantes en su dirección T y se realizó un ensayo de tracción sobre la misma a una velocidad de tracción de 1 mm/min usando un medidor de tracción de 50 kN. La FIG. 1 muestra una curva de esfuerzo nominal-deformación nominal dibujada en base a los resultados del ensayo de tracción sobre el acero de la invención n.º 1 y el acero comparativo n.º 1. Los resultados de la elongación total y los resultados de evaluación de la elongación de fluencia se muestran en las Tablas 2 y 3. Más específicamente, la lámina de acero que presenta elongación de fluencia se evaluó como "A" y la que no presenta elongación de fluencia se evaluó como "B". De estos resultados se ha comprendido que el acero de la invención que tiene una diferencia de 300 HV o inferior en la dureza entre la fase de ferrita y la fase de martensita presenta elongación de fluencia y, como resultado, la elongación total es de varias unidades de % mayor que la del acero comparativo.
- 30
- 35

[Tabla 2]

Acero n.º	Acero de la invención							
	Dureza (HV)				Elongación total (%)	Elongación de fluencia	Resultado de la prueba de flexión	Relación máxima de expansión del orificio (%)
	Lámina de acero entera	Fase de martensita	Fase de ferrita	Diferencia				
1	376	610	350	260	10,5	A	A	60
2	287	572	325	247	14,7	A	A	99
3	295	596	340	256	14,1	A	A	93
4	311	598	345	253	13,8	A	A	68
5	320	583	318	265	13,4	A	A	48

ES 2 600 754 T3

(continuación)

Acero n.º	Acero de la invención							
	Dureza (HV)				Elongación total (%)	Elongación de fluencia	Resultado de la prueba de flexión	Relación máxima de expansión del orificio (%)
	Lámina de acero entera	Fase de martensita	Fase de ferrita	Diferencia				
6	397	592	334	258	9,8	A	A	39
7	386	597	372	225	10,2	A	A	74
8	383	592	337	255	9,7	A	A	44
9	386	597	330	267	10,3	A	A	41
10	323	575	321	254	12,6	A	A	52
11	368	610	342	268	10,9	A	A	80
12	386	573	327	246	10,9	A	A	56
13	340	550	285	265	12,0	B	A	66
14	300	524	286	238	12,1	B	A	72
15	290	513	277	236	12,5	B	A	80

[Tabla 3]

Acero n.º	Acero de la invención							
	Dureza (HV)				Elongación total (%)	Elongación de fluencia	Resultado de la prueba de flexión	Relación máxima de expansión del orificio (%)
	Lámina de acero entera	Fase de martensita	Fase de ferrita	Diferencia				
1	362	680	280	400	7,5	B	B	48
2	279	615	280	335	13,4	B	B	92
3	290	662	272	390	12,5	B	B	85
4	295	670	270	400	12,3	B	B	57
5	309	634	265	369	11,6	B	B	35
6	389	655	275	380	7,5	B	B	24
7	376	682	286	396	8,2	B	B	63
8	376	631	281	350	6,8	B	B	30
9	377	668	281	387	7,2	B	B	26
10	311	638	278	360	11,4	B	B	39
11	360	678	282	396	8,7	B	B	70
12	379	626	279	347	7,8	B	B	44

5 <Prueba de flexión>

Cada una de las láminas de acero obtenidas de este modo se cortó en una forma rectangular de 30 mm de ancho

(dirección de laminación) x 60 mm de largo (dirección de la anchura de la lámina) para obtener una pieza de ensayo de acero inoxidable. Se realizó un ensayo de flexión presionando la pieza de ensayo de acero inoxidable contra una porción de la punta de 0,2R y 90° de una plantilla de bloque en V para doblar la pieza en 90°. El ensayo de flexión se realizó de manera que la línea de flexión quedase paralela a la dirección de laminación. La FIG. 2 incluye imágenes de la apariencia de la pieza de ensayo del acero de la invención n.º 1 y la pieza de ensayo del acero comparativo n.º 1 después del ensayo de flexión. Se observó la generación de grietas en el acero comparativo, mientras que no se observó la generación de grietas en el acero de la invención. Los resultados del ensayo de flexión se muestran en las Tablas 2 y 3. La pieza de ensayo en la que no se observa la generación de grietas se evalúa como "A", mientras que aquella en la que se observa la generación de grietas se evalúa como "B".

10 <Ensayo de expansión del orificio>

Cada una de las láminas de acero se cortó en una forma rectangular de 90 mm de ancho y 90 mm de largo para obtener una pieza de ensayo de acero inoxidable. Después de perforar un orificio que tiene un diámetro de 10 mm en la pieza de ensayo, se introduce un punzón cónico con una parte de punta que tiene un ángulo de 90° y un diámetro de 40 mm en el orificio perforado de la pieza de ensayo a una velocidad uniforme. Durante la introducción, se observó cuidadosamente el estado de expansión del orificio perforado y tan pronto como aparecieron grietas en el borde de los orificios, se terminó la operación de introducción. El diámetro de los orificios perforados en el punto de tiempo en el que aparecieron las grietas en el borde de los orificios perforados de la pieza de ensayo se designó como diámetro máximo del orificio expandido y se determinó la relación máxima de expansión del orificio de acuerdo con la siguiente ecuación:

20
$$\text{Relación máxima de expansión del orificio (\%)} = ((D-D_0)/D) \times 100$$

en la que, D_0 representa el diámetro (mm) de un orificio perforado antes de empujar y D representa el diámetro máximo expandido del orificio (mm). Los resultados de la relación máxima de expansión del orificio se muestran en las Tablas 2 y 3. La relación máxima de expansión del orificio de los aceros de la invención suele ser aproximadamente de un 5 a un 15 % mayor que la de los aceros comparativos.

25 Los resultados descritos anteriormente han revelado que cuando la diferencia de dureza entre la fase de ferrita y la fase de martensita es de 300 HV o inferior, la lámina de acero inoxidable muestra una buena trabajabilidad de flexión y propiedades de expansión del orificio. En base a los resultados del ensayo de expansión del orificio, junto con los resultados del ensayo de tracción, los aceros de la invención son superiores en cuanto a su ductilidad a los aceros comparativos, lo que sugiere que los aceros de la invención tienen una excelente trabajabilidad de flexión y propiedades de expansión del orificio.

30 <Análisis del parámetro de revenido>

Una pieza de acero, que se había obtenido sometiendo el acero n.º 1 a un tratamiento de formación de dos fases similar al empleado anteriormente, se sometió a un tratamiento de envejecimiento a la atmósfera bajo nueve condiciones diferentes para dar diversos parámetros de revenido, con lo que se obtuvieron las respectivas láminas de acero inoxidable. Los parámetros de revenido son de nueve tipos, es decir, 13.000, 14.240, 14.440, 14.830, 15.060, 15.420, 15.580, 16.040, y 16.170. Se midió la dureza Vickers de la lámina de acero entera de la forma descrita anteriormente. En la FIG. 3 se muestra una gráfica obtenida representando gráficamente la relación entre el parámetro de revenido y la dureza. De los resultados se ha descubierto que se produce una marcada reducción en la dureza cuando el parámetro de revenido es superior a 15.000.

40 La presente solicitud se basa en la solicitud de patente japonesa (Solicitud de Patente Japonesa n.º 2008-27712) presentada el 7 de febrero de 2008.

Aplicabilidad industrial

La presente invención puede proporcionar un material de acero inoxidable de alta resistencia que tiene un menor deterioro de la resistencia mecánica y, al mismo tiempo, tiene una mejor trabajabilidad, particularmente la trabajabilidad de flexión.

45

REIVINDICACIONES

1. Un material de acero inoxidable de alta resistencia que tiene una composición que comprende: superior o igual al 0,01 % en masa pero no superior al 0,15 % en masa de C, superior al 0,0 % en masa pero no superior al 2,0 % en masa de Si, superior o igual al 0,1 % en masa pero no superior al 4,0 % en masa de Mn, superior al 0,00 % en masa pero no superior al 0,04 % en masa de P, superior al 0,00 % en masa pero no superior al 0,03 % en masa de S, superior o igual al 0,1 % en masa pero no superior al 4,0 % en masa de Ni, del 10,0 al 20,0 % en masa de Cr, y superior al 0,00 % en masa pero no superior al 0,12 % en masa de N con el resto de Fe e impurezas inevitables; que consiste en una microestructura metálica compuesta por dos fases, una de las fases que es una fase de ferrita y la otra de las fases que es una fase de martensita;
- 5 que tiene una $\gamma_{\text{máx}}$ de 50 a 85, la $\gamma_{\text{máx}}$ que está representada por la siguiente ecuación (1):

$$\gamma_{\text{máx}} = 420 W_C + 470 W_N + 23 W_{\text{Ni}} + 7 W_{\text{Mn}} - 11,5 W_{\text{Cr}} - 11,5 W_{\text{Si}} + 189 \quad (1)$$

- (en la ecuación (1), W_C , W_N , W_{Ni} , W_{Mn} , W_{Cr} y W_{Si} representan el contenido (unidad: % en masa) de C, N, Ni, Mn, Cr, y Si en relación con la masa total del material de acero inoxidable, respectivamente; y que tiene una diferencia de 300 HV o inferior en la dureza entre la fase de ferrita y la fase de martensita,
- 15 y, opcionalmente, que comprende además superior al 0,0 % en masa pero no superior al 3,0 % de Cu y que tiene una $\gamma_{\text{máx}}$ de 50 a 85, la $\gamma_{\text{máx}}$ que está representada por la siguiente ecuación (2):

$$\gamma_{\text{máx}} = 420 W_C + 470 W_N + 23 W_{\text{Ni}} + 9 W_{\text{Cu}} + 7 W_{\text{Mn}} - 11,5 W_{\text{Cr}} - 11,5 W_{\text{Si}} + 189 \quad (2)$$

- (en la ecuación (2), W_C , W_N , W_{Ni} , W_{Cu} , W_{Mn} , W_{Cr} , y W_{Si} representan el contenido (unidad: % en masa) de C, N, Ni, Cu, Mn, Cr, y Si con relación a la masa total del material de acero inoxidable, respectivamente.

2. El material de acero inoxidable de alta resistencia de acuerdo con la reivindicación 1, que tiene elongación de fluencia, lo que significa que cuando una pieza de ensayo de una lámina de acero inoxidable del acero inoxidable de alta resistencia de acuerdo con la reivindicación 1 se somete a un ensayo de tracción, muestra un punto de fluencia superior y también una elongación de fluencia superior (banda Lueders), la pieza de ensayo que es una pieza de ensayo JIS13B especificada en la norma JIS Z-2201 y recogida de la lámina de acero inoxidable en su dirección T, el ensayo de tracción que se realiza a una velocidad de tracción de 1 mm/min usando un medidor de tracción de 50 kN.

3. Un material de acero inoxidable de alta resistencia que tiene una composición que comprende: superior o igual al 0,01 % en masa pero no superior al 0,15 % en masa de C, superior al 0,0 % en masa pero no superior al 2,0 % en masa de Si, superior o igual al 0,1 % en masa pero no superior al 4,0 % en masa de Mn, superior al 0,00 % en masa pero no superior al 0,04 % en masa de P, superior al 0,00 % en masa pero no superior al 0,03 % en masa de S, superior o igual al 0,1 % en masa pero no superior al 4,0 % en masa de Ni, del 10,0 al 20,0 % en masa de Cr, y superior al 0,00 % en masa pero no superior al 0,12 % en masa de N con el resto de Fe e impurezas inevitables; que consiste en una microestructura metálica compuesta por dos fases, una de las fases que es una fase de ferrita y la otra de las fases que es una fase de martensita;
- 30 que tiene una $\gamma_{\text{máx}}$ de 50 a 85, la $\gamma_{\text{máx}}$ que está representada por la siguiente ecuación (1):

$$\gamma_{\text{máx}} = 420 W_C + 470 W_N + 23 W_{\text{Ni}} + 7 W_{\text{Mn}} - 11,5 W_{\text{Cr}} - 11,5 W_{\text{Si}} + 189 \quad (1)$$

- (en la ecuación (1), W_C , W_N , W_{Ni} , W_{Mn} , W_{Cr} y W_{Si} representan el contenido (unidad: % en masa) de C, N, Ni, Mn, Cr, y Si en relación con la masa total del material de acero inoxidable, respectivamente; y que tiene elongación de fluencia, lo que significa que cuando una pieza de ensayo de una lámina de acero inoxidable del acero inoxidable de alta resistencia se somete a un ensayo de tracción, muestra un punto de fluencia superior y también una elongación de fluencia superior (banda Lueders), la pieza de ensayo que es una pieza de ensayo JIS13B especificada en la norma JIS Z-2201 y recogida de la lámina de acero inoxidable en su dirección T, el ensayo de tracción que se realiza a una velocidad de tracción de 1 mm/min usando un medidor de tracción de 50 kN,
- 40 y, opcionalmente, que comprende además superior al 0,0 % en masa pero no superior al 3,0 % de Cu y que tiene una $\gamma_{\text{máx}}$ de 50 a 85, la $\gamma_{\text{máx}}$ que está representada por la siguiente ecuación (2):

$$\gamma_{\text{máx}} = 420 W_C + 470 W_N + 23 W_{\text{Ni}} + 9 W_{\text{Cu}} + 7 W_{\text{Mn}} - 11,5 W_{\text{Cr}} - 11,5 W_{\text{Si}} + 189 \quad (2)$$

- (en la ecuación (2), W_C , W_N , W_{Ni} , W_{Cu} , W_{Mn} , W_{Cr} , y W_{Si} representan el contenido (unidad: % en masa) de C, N, Ni, Cu, Mn, Cr, y Si con relación a la masa total del material de acero inoxidable, respectivamente.

4. Un procedimiento de producción de un material de acero inoxidable de alta resistencia que comprende una etapa de someter a un tratamiento de formación de dos fases una pieza de acero que tiene una composición que comprende: superior o igual al 0,01 % en masa pero no superior al 0,15 % en masa de C, superior al 0,0 % en masa pero no superior al 2,0 % en masa de Si, superior o igual al 0,1 % en masa pero no superior al 4,0 % en masa de Mn, superior al 0,00 % en masa pero no superior al 0,04 % en masa de P, superior al 0,00 % en masa pero no superior al 0,03 % en masa de S, superior o igual al 0,1 % en masa pero no superior al 4,0 % en masa de Ni, del 10,0 al 20,0 % en masa de Cr, y superior al 0,00 % en masa pero no superior al 0,12 % en masa de N con el resto

de Fe e impurezas inevitables; y que tiene una $\gamma_{\text{máx}}$ de 50 a 85, la $\gamma_{\text{máx}}$ representada por la siguiente ecuación (1):

$$\gamma_{\text{máx}} = 420 W_{\text{C}} + 470 W_{\text{N}} + 23 W_{\text{Ni}} + 7 W_{\text{Mn}} - 11,5 W_{\text{Cr}} - 11,5 W_{\text{Si}} + 189 \quad (1)$$

(en la ecuación (1), W_{C} , W_{N} , W_{Ni} , W_{Mn} , W_{Cr} , y W_{Si} representan el contenido (unidad: % en masa) de C, N, Ni, Mn, Cr, y Si con relación a la masa total de la pieza de acero, respectivamente); y

- 5 someter la pieza de acero obtenida por el tratamiento de formación de dos fases a un tratamiento de envejecimiento, y en el que la pieza de acero opcionalmente además contiene superior al 0,0 % en masa pero no superior al 3,0 % en masa de Cu y tiene una $\gamma_{\text{máx}}$ de 50 a 85, la $\gamma_{\text{máx}}$ que está representada por la siguiente ecuación (2):

$$\gamma_{\text{máx}} = 420 W_{\text{C}} + 470 W_{\text{N}} + 23 W_{\text{Ni}} + 9 W_{\text{Cu}} + 7 W_{\text{Mn}} - 11,5 W_{\text{Cr}} - 11,5 W_{\text{Si}} + 189 \quad (2)$$

- 10 (en la ecuación (2), W_{C} , W_{N} , W_{Ni} , W_{Mn} , W_{Cr} , y W_{Si} representan el contenido (unidad: % en masa) de C, N, Ni, Cu, Mn, Cr, y Si con relación a la masa total de la pieza de acero, respectivamente).

5. El procedimiento de producción de la producción de un material de acero inoxidable de alta resistencia de acuerdo con la reivindicación 4, en el que la temperatura máxima en la etapa de tratamiento de envejecimiento es inferior a 600 °C.

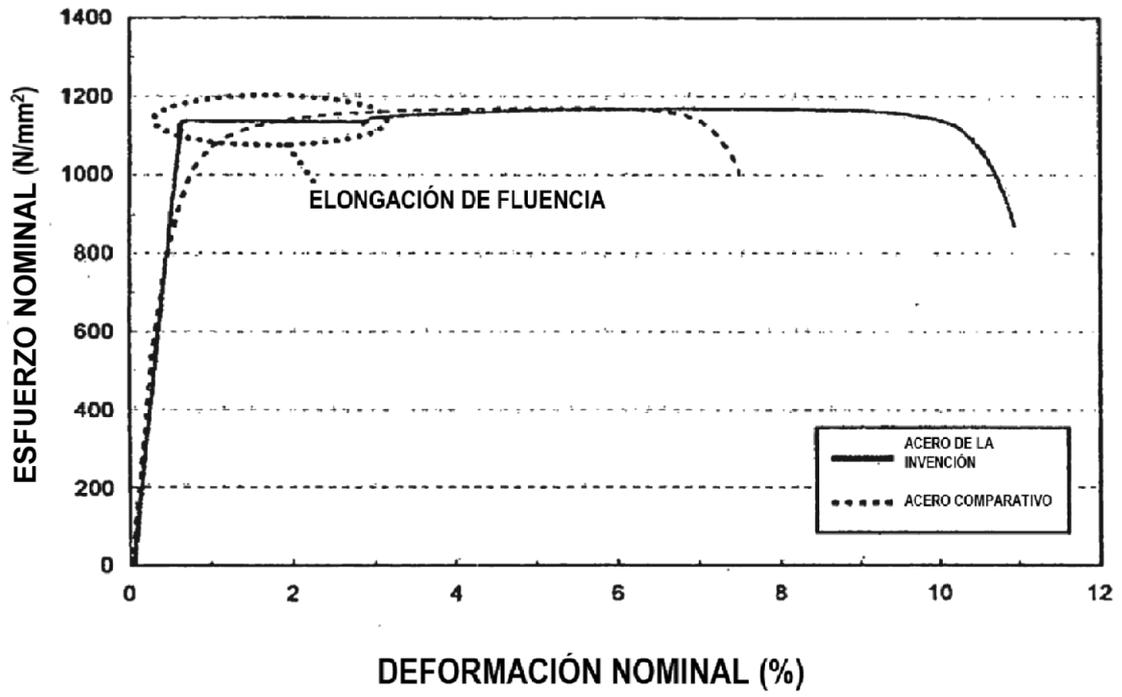
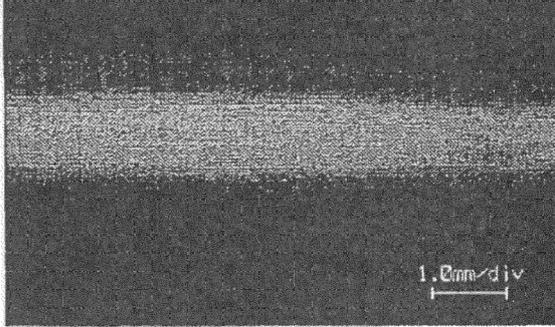


FIG. 1

ACERO DE LA INVENCION n.º 1



ACERO COMPARATIVO

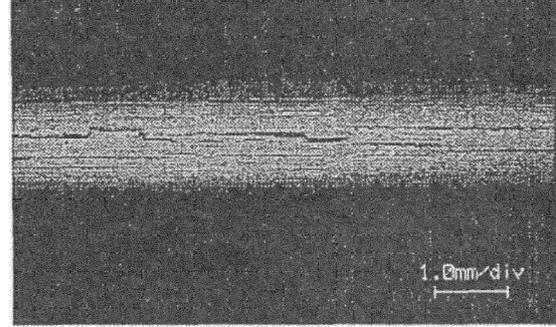


FIG. 2

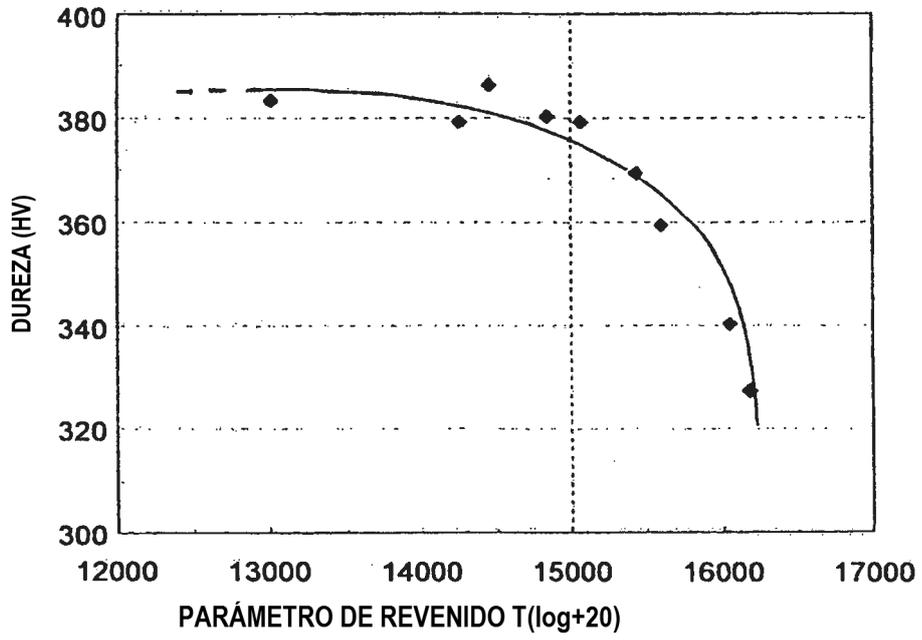


FIG. 3