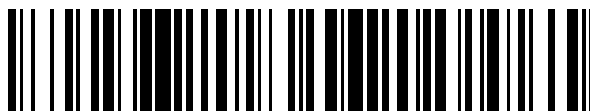


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 666 432**

51 Int. Cl.:

C22C 38/00 (2006.01)

C22C 38/60 (2006.01)

B21B 3/00 (2006.01)

C21D 9/46 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **17.05.2010 PCT/JP2010/058681**

87 Fecha y número de publicación internacional: **25.11.2010 WO10134616**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **17.05.2010 E 10777847 (4)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **21.02.2018 EP 2434029**

54 Título: **Lámina de acero ultradelgada y proceso para su fabricación**

30 Prioridad:

18.05.2009 JP 2009119378

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

04.05.2018

73 Titular/es:

NIPPON STEEL & SUMITOMO METAL CORPORATION (100.0%)

**6-1, Marunouchi 2-chome Chiyoda-ku
Tokyo 100-8071, JP**

72 Inventor/es:

MURAKAMI, HIDEKUNI;

TANAKA, SEIICHI;

TORISU, KEIICHIROH y

JINNO, AKIHIRO

74 Agente/Representante:

ELZABURU, S.L.P

ES 2 666 432 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

Lámina de acero ultradelgada y proceso para su fabricación

5 CAMPO TÉCNICO

La presente invención hace referencia a una lámina de acero muy delgada, normalmente una lámina de acero para recipientes que se usa en latas de alimentos, latas de bebidas, diversos tipos de cajas, y similares, y un método para su fabricación. Específicamente, proporciona una lámina de acero muy delgada que permite una productividad alta en el sector de la fabricación de láminas de acero y es excelente en cuanto a sus propiedades antienviejimiento y su conformabilidad.

10 ANTECEDENTES DE LA TÉCNICA

En una lámina de acero en la que se ha de trabajar, por lo general se debe establecer una maleabilidad y una resistencia con un buen equilibrio y minimizar el envejecimiento con el fin de evitar una deformación por extensión que degrade las propiedades de la superficie del producto después de su formación.

Por otro lado, es preferible permitir la reducción de costos en cuanto al aspecto de la fabricación de láminas de acero y permitir el templado a baja temperatura en cuanto al aspecto de la productividad, pero el material delgado tiende a experimentar una torsión de la lámina de acero, denominada «torsión por calor», en el proceso de templado continuo durante la fabricación de láminas y, para evitar esto, se debe posibilitar el templado a una baja temperatura con una temperatura de recristalización baja. Particularmente en el caso en el que el ancho de la lámina de la bobina pasada es grande, se produce rápidamente una torsión por calor debido a la dificultad del control de la fuerza externa uniforme a través de la totalidad del ancho de la lámina, por lo que, en un material muy delgado, la incapacidad de proporcionar bobinas anchas ha sido un problema constante a pesar de la necesidad de bobinas anchas desde el punto de vista de la mejora de la productividad durante la utilización por parte del usuario de la lámina de acero.

Para mejorar la maleabilidad y suprimir la deformación por extensión, los Documentos de patentes 1 a 6 que se enumerarán más adelante proponen técnicas para el antienviejimiento mediante la disminución del contenido de C y N y la incorporación adicional de Ti, Nb, B y otros elementos que forman carbonitruro. Sin embargo, en el material delgado al cual se hace referencia en la presente invención, su uso está limitado desde el punto de vista de la torsión por calor, dado que estos elementos aumentan en gran medida la temperatura de recristalización de la lámina de acero. Además, con una incorporación pesada, no se puede evitar el impacto del costo de aleación, y los problemas de salud también son una inquietud en materiales relacionados con alimentos.

Además, el Documento de patente 7 describe una lámina de acero para latas con un contenido reducido de C que es excelente en cuanto a sus propiedades de empuñadura y su capacidad de embutición profunda. Además, una lámina en stock para el tratamiento de la superficie y una lámina de acero para la elaboración de latas con un contenido reducido de N y Al se describen en el Documento de patente 8, que apunta a lograr una precipitación fina de TiN y NbC con el fin de prevenir la rugosidad de la superficie, y en el Documento de patente 9, que apunta a disminuir la elución de iones de hierro de la superficie de la lámina de acero. Además, el Documento de patente 10 indica un método de fabricación de una lámina de acero para la elaboración de latas con un contenido reducido de C y N que apunta a disminuir el costo de fabricación.

Sin embargo, los materiales con un contenido reducido de C y N tales como los que se indican en los Documentos de patentes 1 a 10 mencionados anteriormente tienen una resistencia reducida por lo que, en un material delgado que es el objeto de la presente invención, surge la inquietud de garantizar la resistencia del recipiente, y cuando se añade Mn, Si, P u otros elementos de refuerzo para proporcionar resistencia, surgen problemas en cuanto a las propiedades de la superficie con respecto a la capacidad de enchapado, la resistencia a la corrosión y similares. Además, si bien se ha implementado un método de relaminado en frío después del templado como método para el refuerzo sin incorporación de elementos de refuerzo, no se puede evitar un declive acentuado en la maleabilidad.

Además, si bien los procesos de fabricación de recipientes usan con frecuencia soldaduras para formar el recipiente en sí mismo o un mango de este o similares, la resistencia de la soldadura de un material con un bajo contenido de C y N es a menudo insuficiente para el cambio estructural en el proceso de enfriamiento del acero. Además, como método para la fácil medición de la idoneidad/falta de idoneidad de la soldadura en el sitio de soldadura, se realiza una prueba, conocida como la prueba de Hyne, en la cual se tira de la marca de soldadura para desgarrar la soldadura en la zona de la soldadura afectada por el calor y se investiga el estado de la marca de soldadura en ese momento, pero si la marca de soldadura es demasiado blanda en ese momento, la marca de soldadura se rompe e imposibilita la realización normal de las pruebas, lo cual no solo obstaculiza la determinación de las condiciones de soldadura adecuadas sino que también imposibilita la selección de un material con una buena capacidad de soldadura. Además, cuando los contenidos de C y N son bajos, la estructura cristalina en la zona afectada por el calor durante la soldadura se vuelve gruesa y blanda, por lo que la deformación se concentra en la zona afectada por el calor suavizada durante el procesamiento de la soldadura, mediante lo cual se degrada la maleabilidad.

Además, en el transcurso de la fabricación de un acero con poco C y N, se puede producir una carburización y absorción de nitrógeno, en virtud de las condiciones de fabricación, para modificar las propiedades del material en la

bobina o el lote de fabricación. En virtud de la cantidad de Ti, Nb y similares incorporados, la forma y la cantidad de los precipitados varía rápidamente según el historial de temperaturas del proceso de fabricación, y esto también puede provocar propiedades desiguales de los materiales en la bobina.

- 5 En otras palabras, en estas tecnologías convencionales, no se ha obtenido una lámina de acero que sea, en un nivel elevado, satisfactoria en cuanto a propiedades tales como la resistencia y la maleabilidad, las propiedades anti-envejecimiento y la capacidad de enchapado, y en lo que respecta al costo de la aleación y la torsión por calor, además de las propiedades de la zona de soldadura, así como la productividad y el costo de fabricación con atención a la facilidad de manipulación del material durante la soldadura.

10

REFERENCIAS DE LA TÉCNICA PREVIA

Documentos de patentes

- 15 Documento de Patente 1- Patente japonesa n.º 3247139
 Documento de Patente 2- Publicación de patente sin examinar (Kokai) n.º 2007-204800
 Documento de Patente 3- Publicación de patente sin examinar (Kokai) n.º 5-287449
 Documento de Patente 4- Publicación de patente sin examinar (Kokai) n.º 2007-31840
 Documento de Patente 5- Publicación de patente sin examinar (Kokai) n.º 8-199301
 Documento de Patente 6- Publicación de patente sin examinar (Kokai) n.º 8-120402
 20 Documento de Patente 7- Publicación de patente sin examinar (Kokai) n.º 11-315346
 Documento de Patente 8- Publicación de patente sin examinar (Kokai) n.º 10-183240
 Documento de Patente 9- Publicación de patente sin examinar (Kokai) n.º 11-071634
 Documento de Patente 10- Publicación de patente sin examinar (Kokai) n.º 8-041548.

25 COMPENDIO DE LA INVENCION

Problema que resolverá la Invención

La presente invención apunta a la tarea de proporcionar una lámina de acero muy delgada y un método para producirla que, en una lámina de acero delgada con un grosor de 0,4 mm o menos, limita la composición de acero dentro de un intervalo especificado en el cual no surge ningún problema con respecto a la capacidad de enchapado o la higiene de los alimentos, de manera de inhibir la aparición de problemas con respecto a la maleabilidad, el envejecimiento, las propiedades de la zona de soldadura y similares, y mantener baja la temperatura de recristalización y mantener una resistencia a altas temperaturas mejorada para mejorar el desempeño uniforme de la pasada de la bobina de soldadura en un templado continuo, mediante lo cual se permite la fabricación estable.

35

Medios para resolver los problemas

Con el acero con contenido ultrabajo de carbono con incorporación de Ti y Nb que se utiliza convencionalmente como base, la presente invención realiza un desarrollo adicional para lograr la tarea mencionada anteriormente y resolver los problemas que son particularmente una inquietud para la lámina de acero delgada. Específicamente, en el acero con incorporación de Ti y Nb, la presente invención limita el Ti y Nb a intervalos específicos y, mediante el aumento adicional del contenido N y la incorporación de Al en abundancia, precipita carburos y nitruros en condiciones convenientes, mediante lo cual no solo se mejoran las propiedades sino que también se aumenta en gran medida la productividad.

40

45 En concreto, la presente invención presenta los elementos (a) a (c) que se indicarán a continuación.

(a) El contenido de C se disminuye mientras que se establece un contenido de N igual o mayor que el contenido de C al no reducirlo de manera extrema.

50 Se combina N con el Ti, Nb y Al que se indican en (b) y (c) para formar nitruros y producir los efectos de establecer una resistencia a temperaturas normales, establecer una resistencia a altas temperaturas y optimizar la temperatura de recristalización. Además, el N en solución sólida presente durante el laminado en frío aumenta la acumulación de deformación por laminado en frío para promover la recristalización durante el templado. Además, se proporciona maleabilidad y resistencia en la zona de soldadura mediante el control del cambio en la estructura cristalina durante la soldadura de manera de proporcionar una capacidad de endurecimiento adecuada. Además, en la prueba de evaluación de la soldadura (prueba de Hyne), se permite una realización de pruebas normal mediante el aumento de la resistencia de la marca de soldadura para inhibir la rotura en la marca de soldadura.

55 (b) Al menos uno del Ti y Nb se define como un elemento requerido y se incorpora dentro de un intervalo limitado especificado. Estos elementos se forman como nitruros y carburos para establecer una resistencia a temperaturas normales, establecer una resistencia a altas temperaturas, producir un efecto de optimización de la temperatura de recristalización y también mejorar la propiedad de anti-envejecimiento mediante la inhibición del envejecimiento inducido por C soluto y/o N soluto.

60 (c) Se realiza una incorporación pesada de Al. Como resultado de esto y de (a), se forma mucho AlN para establecer una resistencia a temperaturas normales, establecer una resistencia a altas temperaturas, producir un efecto de optimización de la temperatura de recristalización y también mejorar la propiedad de anti-envejecimiento mediante la inhibición del envejecimiento inducido por N soluto.

65

Lo esencial de la presente invención es la sustancia que se indicará a continuación tal como se establecerá en las reivindicaciones.

(1) Una lámina de acero muy delgada caracterizada por contener, en % de masa,

C: de 0,0004 a 0,0108 %,
 N: de 0,0032 a 0,0749 %,
 Si: de 0,0001 a 1,99 %,
 Mn: de 0,006 a 1,99 %,
 S: de 0,0001 a 0,089 %,
 P: de 0,001 a 0,069 %, y
 Al: de 0,070 a 1,99 %;

que contiene además uno o ambos de Ti y Nb a

Ti: de 0,0062 a 0,0804 %, y
 Nb: de 0,0256 a 0,0894 %,

dentro del intervalo de

Ti + Nb: de 0,0101 a 0,1394 %;

que cumple además con las siguientes relaciones: $N - C \geq 0,0020 \%$, $C + N \geq 0,0054 \%$, $Al / N \geq 10$, $(Ti + Nb) / Al \leq 0,8$, $(Ti / 48 + Nb / 93) \times 12 / C \geq 0,5$, y $0,31 \leq (Ti / 48 + Nb / 93) / (C / 12 + N / 14) \leq 2,0$; con un equilibrio de hierro e impurezas inevitables; y con un grosor de 0,4 mm o menos.

(2) Una lámina de acero muy delgada tal como se indica en (1), caracterizada por tener un diámetro de grano promedio de 30 mm o menos.

(3) Una lámina de acero muy delgada tal como se indica en (1) o (2), caracterizada por tener una elongación del límite elástico después del envejecimiento a 210 ° C durante 30 min de 4,0 % o menos.

(4) Una lámina de acero muy delgada tal como se indica en (1) o (2), caracterizada por tener una dureza superficial HR30T de 51 a 71, un límite de fluencia de 200 a 400 MPa, una resistencia a la tracción de 320 a 450 Mpa y una elongación total de 15 a 45 %.

(5) Una lámina de acero muy delgada tal como se indica en (3), caracterizada por tener una dureza superficial HR30T de 51 a 71, un límite de fluencia de 200 a 400 MPa, una resistencia a la tracción de 320 a 450 Mpa y una elongación total de 15 a 45 %.

(6) Un método de fabricación de una lámina de acero muy delgada que se establece en cualquiera de (1) a (5), donde el método de fabricación de una lámina de acero muy delgada está caracterizado por el calentamiento y laminado en caliente de un bloque o bloque fundido con una composición que se indica en (1), y la posterior realización de un laminado en frío con una reducción de frío de 80 a 99 %, y la realización de templeado para lograr una tasa de recristalización del 100 %.

(7) Un método de fabricación de una lámina de acero muy delgada tal como se indica en (6), caracterizado por que el templeado después del laminado en frío se lleva a cabo mediante un templeado continuo y la temperatura de templeado en esta instancia es de 641 a 789 ° C.

(8) Un método de fabricación de una lámina de acero muy delgada tal como se indica en (6) o (7), caracterizado por la realización de un relaminado en frío mediante laminado en seco después del templeado, donde su reducción es de 5 % o menos.

EFECTO DE LA INVENCION

Según la presente invención, es posible obtener una lámina de acero que, además de tener una propiedad de envejecimiento inhibida, también tenga un buen equilibrio entre la resistencia y la ductilidad y buenas propiedades relacionadas con la soldadura. Además, dado que la temperatura de recristalización del acero de la invención es menor que la de los aceros convencionales, el templeado a baja temperatura es posible y, además, dado que la resistencia a altas temperaturas es alta, se puede proporcionar una lámina de acero muy delgada y su método de fabricación que permita una fabricación con gran eficiencia que evite que se produzca torsión por calor particularmente en material con un grosor pequeño.

MODOS DE LLEVAR A CABO LA INVENCION

La presente invención se explicará en detalle a continuación. En primer lugar, se proporcionará una explicación con respecto al grosor de la lámina de acero a la cual apunta la presente invención.

La presente invención se limita a una lámina de acero con un grosor de 0,40 mm o menos. Esto se debe a que, a pesar de que se presenta el efecto de la presente invención independientemente del grosor de la lámina, un objetivo principal de la presente invención es mejorar el desempeño de la pasada durante el templeado continuo, pero dado que los problemas de pasada no son frecuentes durante el templeado continuo de material con un grosor de más de 0,40 mm, el problema en sí mismo no existe.

Además, a diferencia de la lámina de acero a la cual apunta la presente invención, un material grueso con un grosor de más de 0,40 mm requiere una elongación incluso mayor y un valor r más alto y, por lo tanto, generalmente se temple a una temperatura alta de, por ejemplo, 800 ° C o más, pero el efecto de la presente invención puede ser reducido. En otras palabras, el efecto de la presente invención no surge de una tecnología para materiales gruesos convencionales y, al mismo tiempo, su aplicación en tecnología de fabricación de materiales gruesos es insignificante. El grosor del material al cual se aplica, por lo tanto, se limita a 0,40 mm o menos. Preferiblemente, es de 0,30 mm o menos, incluso más preferiblemente 0,20 mm o menos, incluso más preferiblemente 0,15 mm o menos, incluso más preferiblemente 0,12 mm o menos e incluso más preferiblemente 0,10 mm o menos.

A continuación, se explicará la composición. Todos los componentes se expresan en % de masa.

El C por lo general es mejor cuando es bajo con respecto al punto de maleabilidad y similares, pero dado que cuanto más alto es mejor cuando el objetivo es disminuir la carga de desgasificación en el proceso de elaboración de acero, el límite superior se define como 0,0108 %. Particularmente en el caso en el que se requiere un envejecimiento mínimo y una buena ductilidad, las propiedades pueden mejorarse de manera acentuada mediante la disminución de C hasta 0,0068 %, preferiblemente 0,0048 % o menos y, en caso de ser 0,0038 % o menos, el problema de envejecimiento puede ser evitable en virtud de la cantidad de Ti y Nb que se incorpore. Incluso más preferiblemente, es de 0,0033 % o menos, incluso más preferiblemente 0,0029 % o menos, incluso más preferiblemente 0,0026 % o menos, incluso más preferiblemente 0,0023 % o menos e incluso más preferiblemente 0,0018 % o menos y, en caso de llevarse a 0,0013 % o menos, el problema de envejecimiento puede evitarse sin depender de las cantidades de Ti y Nb que se incorporen. Por otro lado, sin embargo, la reducción de C en el intervalo de 0,01 % o menos lleva a un aumento del costo de desgasificación y también hace que aumenten las probabilidades de que se produzcan cambios en la calidad del material debido a la fluctuación en el contenido de C provocada por la carburización y similares, por lo que el límite inferior se define en 0,0004 %. Preferiblemente, es de 0,0006 % o más, incluso más preferiblemente 0,0011 % o más e incluso más preferiblemente 0,0016 % o más.

Además de esto, un contenido incluso más alto es beneficioso desde los puntos de vista del logro de una resistencia a altas temperaturas, la disminución de la temperatura de recristalización y la maleabilidad de la soldadura mediante la inhibición del engrosamiento estructural de las zonas afectadas por el calor durante la soldadura.

Preferiblemente, es de 0,0021 % o más, incluso más preferiblemente 0,0026 % o más, incluso más preferiblemente 0,0031 % o más e incluso más preferiblemente 0,0036 % o más. Cuando el contenido de C aumenta, surge la necesidad de aumentar la cantidad de Ti y Nb que se incorpora desde el punto de vista de la propiedad de envejecimiento.

El N es un elemento importante para garantizar la propiedad antienvjecimiento y la resistencia que son efectos fundamentales en la presente invención. El N es un elemento importante para garantizar no solamente la resistencia del producto sino también la resistencia a altas temperaturas en el proceso de templado y, además, para garantizar la maleabilidad de la soldadura mediante la inhibición del engrosamiento estructural de la zona afectada por el calor durante la soldadura.

En la presente invención, a medida que N forma nitruros de algún tipo en muchas partes, el límite superior se define en 0,0749 % dado que, en algunos casos, una inclusión en exceso puede degradar la maleabilidad. Además, si bien el equilibrio con el contenido de un elemento formador de nitruro es un factor, el contenido de N puede, en algunos casos, degradar de manera acentuada la propiedad antienvjecimiento y, por lo tanto, se mantiene preferiblemente en 0,0549 % o menos. Incluso más preferiblemente, es de 0,0299 % o menos, incluso más preferiblemente 0,0199 % o menos, incluso más preferiblemente 0,0149 % o menos, incluso más preferiblemente 0,0129 % o menos, incluso más preferiblemente 0,0109 % o menos, incluso más preferiblemente 0,0099 % o menos, incluso más preferiblemente 0,0089 % o menos, incluso más preferiblemente 0,0079 % o menos, incluso más preferiblemente 0,0069 % o menos, incluso más preferiblemente 0,0059 % o menos, incluso más preferiblemente 0,0049 % e incluso más preferiblemente 0,0039 % o menos. Por otro lado, cuando es demasiado baja, la cantidad de nitruros se vuelve inadecuada, lo cual simplemente aumenta el costo de la desgasificación al vacío sin poder lograr los efectos de la presente invención para alcanzar la resistencia a altas temperaturas, la resistencia del producto y la maleabilidad de la soldadura mediante la inhibición del engrosamiento estructural de las zonas afectadas por el calor durante la soldadura.

Por lo tanto, el límite inferior se define en 0,0032 % o menos. Teniendo en cuenta que la resistencia requerida del producto puede no lograrse y que puede ser difícil garantizar la alta resistencia que es característica de la presente invención, es preferiblemente 0,0042 % o más, incluso más preferiblemente 0,0047 % o más, incluso más preferiblemente 0,0052 % o más, incluso más preferiblemente 0,0057 % o más, incluso más preferiblemente 0,0062 % o más, incluso más preferiblemente 0,0072 % o más, incluso más preferiblemente 0,0082 % o más, incluso más preferiblemente 0,0092 % o más, incluso más preferiblemente 0,0102 % o más, incluso más preferiblemente 0,0122 % o más, incluso más preferiblemente 0,0142 % o más, incluso más preferiblemente 0,0162 % o más, incluso más preferiblemente 0,0182 % o más, incluso más preferiblemente 0,0202 % o más, incluso más preferiblemente 0,0222 % o más, incluso más preferiblemente 0,0242 % o más, incluso más preferiblemente 0,0272 % o más, incluso más preferiblemente 0,0302 % o más, incluso más preferiblemente 0,0352 % o más e incluso más preferiblemente

0,0402 % o más.

El Si se encuentra limitado al intervalo de 0,0001 a 1,99 % con el fin de lograr la propiedad antienviejecimiento mediante el control de la morfología del carburo y nitruro a través del comportamiento de transformación durante el laminado en caliente. A partir de los aspectos de garantizar la capacidad de enchapado y la ductilidad, es preferiblemente 1,49 % o menos, incluso más preferiblemente 0,99 % o menos, incluso más preferiblemente 0,49 % o menos, incluso más preferiblemente 0,29 % o menos, incluso más preferiblemente 0,19 % o menos, incluso más preferiblemente 0,099 % o menos, incluso más preferiblemente 0,049 % o menos, incluso más preferiblemente 0,029 % o menos, incluso más preferiblemente 0,019 % o menos e incluso más preferiblemente 0,014 % o menos.

Por otro lado, la incorporación agresiva para garantizar la resistencia del producto y establecer una resistencia a altas temperaturas en el proceso de templado también es posible, y es preferiblemente de 0,0006 % o más, incluso más preferiblemente 0,0011 % o más, incluso más preferiblemente 0,0016 % o más, incluso más preferiblemente 0,0021 % o más, incluso más preferiblemente 0,0041 % o más, incluso más preferiblemente 0,0061 % o más, incluso más preferiblemente 0,0081 % o más e incluso más preferiblemente 0,011 % o más.

El Mn se encuentra limitado al intervalo de 0,006 a 1,99 % con el fin de lograr la propiedad antienviejecimiento mediante el control de la morfología del carburo, el nitruro y el sulfuro a través del comportamiento de transformación durante el laminado en caliente. A partir de los aspectos de garantizar la capacidad de enchapado y la ductilidad, es preferiblemente 1,49 % o menos, incluso más preferiblemente 1,29 % o menos, incluso más preferiblemente 0,99 % o menos, incluso más preferiblemente 0,79 % o menos, incluso más preferiblemente 0,59 % o menos, incluso más preferiblemente 0,49 % o menos, incluso más preferiblemente 0,39 % o menos, incluso más preferiblemente 0,29 % o menos e incluso más preferiblemente 0,19 % o menos. Por otro lado, la incorporación agresiva para garantizar la resistencia del producto y establecer una resistencia a altas temperaturas en el proceso de templado también es posible, y es preferiblemente de 0,006 % o más, incluso más preferiblemente 0,011 % o más, incluso más preferiblemente 0,016 % o más, incluso más preferiblemente 0,021 % o más, incluso más preferiblemente 0,041 % o más, incluso más preferiblemente 0,061 % o más, incluso más preferiblemente 0,081 % o más e incluso más preferiblemente 0,11 % o más.

El S se encuentra limitado al intervalo de 0,0001 a 0,089 % con el fin de lograr la propiedad antienviejecimiento mediante el control de la morfología del sulfuro a través del comportamiento de transformación durante el laminado en caliente y el control simultáneo del comportamiento de segregación del límite de grano de C y N. Cuando los sulfuros son abundantes, se tienden a producir fracturas con estos como puntos de inicio, por lo que desde el punto de vista de garantizar la ductibilidad, es preferiblemente 0,059 % o menos, incluso más preferiblemente 0,0049 % o menos, incluso más preferiblemente 0,039 % o menos, incluso más preferiblemente 0,029 % o menos, incluso más preferiblemente 0,019 % o menos, incluso más preferiblemente 0,014 % o menos, incluso más preferiblemente 0,011 % o menos, incluso más preferiblemente 0,009 % o menos, incluso más preferiblemente 0,007 % o menos, incluso más preferiblemente 0,005 % o menos e incluso más preferiblemente 0,004 % o menos. Por otro lado, la incorporación agresiva es posible debido al efecto de inhibición del envejecimiento por carbono (envejecimiento provocado por C) mediante la formación de carbosulfuros de Ti, y es preferiblemente de 0,0006 % o más, incluso más preferiblemente 0,0011 % o más, incluso más preferiblemente 0,0021 % o más, incluso más preferiblemente 0,0031 % o más, incluso más preferiblemente 0,0041 % o más, incluso más preferiblemente 0,0051 % o más, incluso más preferiblemente 0,0061 % o más, incluso más preferiblemente 0,0071 % o más, incluso más preferiblemente 0,0081 % o más, incluso más preferiblemente 0,0091 % o más, incluso más preferiblemente 0,0101 % o más, incluso más preferiblemente 0,011 % o más, incluso más preferiblemente 0,012 % o más, incluso más preferiblemente 0,013 % o más, incluso más preferiblemente 0,014 % o más, incluso más preferiblemente 0,016 % o más, incluso más preferiblemente 0,018 % o más, incluso más preferiblemente 0,021 % o más e incluso más preferiblemente 0,026 % o más.

El P se encuentra limitado al intervalo de 0,001 a 0,069 % con el fin de lograr la propiedad antienviejecimiento mediante el control del comportamiento de segregación del límite de grano de C y N. Desde el punto de vista de garantizar la propiedad antienviejecimiento, es preferiblemente o menos, incluso más preferiblemente 0,049 % o menos, incluso más preferiblemente 0,039 % o menos, incluso más preferiblemente 0,029 % o menos, incluso más preferiblemente 0,019 % o menos, incluso más preferiblemente 0,014 % o menos, incluso más preferiblemente 0,011 % o menos, incluso más preferiblemente 0,009 % o menos, incluso más preferiblemente 0,007 % o menos, incluso más preferiblemente 0,005 % o menos e incluso más preferiblemente 0,004 % o menos. Por otro lado, la incorporación agresiva es posible desde el punto de vista de garantizar la resistencia mediante el refinamiento de granos y garantizar la resistencia a altas temperaturas en el proceso de templado, y es preferiblemente de 0,0031 % o más, incluso más preferiblemente 0,0051 % o más, incluso más preferiblemente 0,0071 % o más, incluso más preferiblemente 0,0091 % o más, incluso más preferiblemente 0,011 % o más, incluso más preferiblemente 0,016 % o más, incluso más preferiblemente 0,021 % o más e incluso más preferiblemente 0,026 % o más.

Si bien por lo general se incorpora Al para la desoxidación, este requiere control en la presente invención también con respecto a las cantidades de otros elementos formadores de nitruro incorporados para controlar la morfología del nitruro tal como se indicará más adelante. Dado que los óxidos en el acero pueden aumentar para disminuir la maleabilidad con un contenido demasiado bajo y la capacidad de enchapado desciende cuando hay un contenido

excesivo, este se define entre 0,070 y 1,99 %. Teniendo en cuenta también el costo de inclusión, es preferiblemente de 1,49 % o menos, incluso más preferiblemente 0,99 % o menos, incluso más preferiblemente 0,69 % o menos, incluso más preferiblemente 0,49 % o menos, incluso más preferiblemente 0,44 % o menos, incluso más preferiblemente 0,39 % o menos, incluso más preferiblemente 0,34 % o menos, incluso más preferiblemente 0,29 % o menos, incluso más preferiblemente 0,24 % o menos, incluso más preferiblemente 0,195 % o menos e incluso más preferiblemente 0,145 % o menos. Por otro lado, la incorporación agresiva es eficaz desde el punto de vista de la inhibición del envejecimiento por nitrógeno (envejecimiento provocado por N) y garantizar la resistencia a altas temperaturas en el proceso de templado, y es preferiblemente de 0,076 % o más, incluso más preferiblemente 0,081 % o más, incluso más preferiblemente 0,086 % o más, incluso más preferiblemente 0,096 % o más, incluso más preferiblemente 0,106 % o más, incluso más preferiblemente 0,116 % o más, incluso más preferiblemente 0,126 % o más, incluso más preferiblemente 0,146 % o más, incluso más preferiblemente 0,166 % o más, incluso más preferiblemente 0,186 % o más, incluso más preferiblemente 0,206 % o más, incluso más preferiblemente 0,256 % o más, incluso más preferiblemente 0,306 % o más, incluso más preferiblemente 0,406 % o más e incluso más preferiblemente 0,506 % o más.

Al menos uno de Ti y Nb es un elemento requerido en la presente invención y debe incluirse intencionalmente. Es posible incluir solo uno de ellos o ambos. A la hora de producir el efecto de la presente invención, se prefiere el Nb antes que el Ti, y en casos en los que la cantidad total es la misma, se incluye preferiblemente más Nb que Ti; hacer que $Ti < Nb$ es beneficioso para lograr el efecto al que se apunta. Por lo tanto, el intervalo de contenido adecuado de los respectivos elementos se define en una región más alta para el Nb que para el Ti. Cabe destacar, con respecto a cualquier incorporación no intencional, que en algunos casos se observa un arrastre inevitable de una materia prima o similar, pero que las cantidades contenidas también presentan el efecto de la presente invención y no se consideran incluibles en el contenido con respecto a la presente invención.

Si bien se incluye Ti como un elemento formador de carburo, nitruro y carbonitruro anticipando la propiedad antienviejimiento, con el fin de controlar la morfología de los carburos, nitruros y carbonitruros, se requiere control teniendo en cuenta el efecto sobre la temperatura de recristalización, la resistencia a altas temperaturas y la maleabilidad de la soldadura mediante la inhibición del engrosamiento estructural de las zonas afectadas por el calor durante la soldadura, con atención también a las cantidades de otros elementos formadores de carburo, nitruro y carbonitruro contenidos. Con un contenido demasiado bajo, no solamente se degrada la propiedad antienviejimiento sino que la resistencia a altas temperaturas también puede ser difícil de lograr, mientras que, en el caso de una incorporación pesada, los costos de aleación aumentan y, si bien también depende del contenido de C, N, Al y Nb, el aumento de la temperatura de recristalización puede volverse considerable debido a la formación de cantidades excesivamente grandes de carburos, nitruros y carbonitruros y/o una fuerte de Ti soluto, por lo que se define entre 0,0062 y 0,0804 %. En el aspecto de la formación de nitruro, dado que se incorpora sobre todo Al en la presente invención, la importancia del Ti disminuye. Teniendo en cuenta también la capacidad de enchapado, es preferiblemente de 0,0694 % o menos, incluso más preferiblemente 0,0594 % o menos, incluso más preferiblemente 0,0494 % o menos, incluso más preferiblemente 0,0394 % o menos, incluso más preferiblemente 0,0344 % o menos, incluso más preferiblemente 0,0294 % o menos, incluso más preferiblemente 0,0244 % o menos, incluso más preferiblemente 0,0194 % o menos, incluso más preferiblemente 0,0174 % o menos, incluso más preferiblemente 0,0154 % o menos e incluso más preferiblemente 0,0134 % o menos. Siempre y cuando se incorpore una cantidad adecuada de Nb con una meta de 0,010 % o más, o se incorpore una cantidad adecuada de Al con una meta de 0,11 % o más, se puede definir incluso más preferiblemente en 0,0114 % o menos, incluso más preferiblemente 0,0094 % o menos, incluso más preferiblemente 0,0074 % o menos. Por otro lado, la incorporación agresiva es eficaz desde el punto de vista de la inhibición del envejecimiento por carbono y el envejecimiento por nitrógeno y garantizar la resistencia a altas temperaturas en el proceso de templado, y es preferiblemente de 0,0062 % o más, incluso más preferiblemente 0,0072 % o más, incluso más preferiblemente 0,0082 % o más, incluso más preferiblemente 0,0092 % o más, incluso más preferiblemente 0,0102 % o más, incluso más preferiblemente 0,0116 % o más, incluso más preferiblemente 0,0136 % o más, incluso más preferiblemente 0,0156 % o más, incluso más preferiblemente 0,0186 % o más, incluso más preferiblemente 0,0206 % o más, incluso más preferiblemente 0,0256 % o más, incluso más preferiblemente 0,0306 % o más e incluso más preferiblemente 0,0406 % o más.

Si bien el Nb, al igual que el Ti, se incluye como un elemento formador de carburo, nitruro y carbonitruro, particularmente como elemento formador de carburo y carbonitruro, anticipando la propiedad antienviejimiento, con el fin de controlar la morfología de los carburos, nitruros y carbonitruros, se requiere control teniendo en cuenta el efecto sobre la temperatura de recristalización, la resistencia a altas temperaturas y la maleabilidad de la soldadura mediante la inhibición del engrosamiento estructural de las zonas afectadas por el calor durante la soldadura, con atención también a las cantidades de otros elementos formadores de carburo, nitruro y carbonitruro contenidos. Con un contenido demasiado bajo, no solamente la formación deficiente de carburos y nitruros degrada de manera acentuada la propiedad antienviejimiento sino que la resistencia a altas temperaturas también puede ser difícil de lograr, mientras que, en el caso de una incorporación pesada, los costos de aleación aumentan y, si bien también depende del contenido de C, N, Al y Ti, el aumento de la temperatura de recristalización puede volverse considerable debido a la formación de cantidades excesivamente grandes de carburos, nitruros y carbonitruros y/o una fuerte persistencia de Nb soluto, por lo que se define entre 0,0256 y 0,0894 %. Teniendo en cuenta también la capacidad de enchapado, es preferiblemente de 0,0694 % o menos, incluso más preferiblemente 0,0594 % o menos, incluso más preferiblemente 0,0494 % o menos, incluso más preferiblemente 0,0394 % o menos, incluso más preferiblemente

0,0344 % o menos, incluso más preferiblemente 0,0294 % o menos. Por otro lado, la incorporación agresiva es eficaz desde el punto de vista de la inhibición del envejecimiento por carbono y el envejecimiento por nitrógeno y garantizar la resistencia a altas temperaturas en el proceso de templado, y es preferiblemente de 0,0256 % o más, incluso más preferiblemente 0,0306 % o más, incluso más preferiblemente 0,0406 % e incluso más preferiblemente 0,0506 % o más.

Se debe establecer [Ti + Nb], tal como se indicó anteriormente con respecto a Ti y Nb, en la cantidad requerida para la formación de carburo, nitruro y carbonitruro y además para lograr la resistencia a altas temperaturas, y debe ser de 0,0101 % o más. Preferiblemente es de 0,0121 % o más, incluso más preferiblemente 0,0141 % o más, incluso más preferiblemente 0,0161 % o más, incluso más preferiblemente 0,0181 % o más, incluso más preferiblemente 0,0211 % o más, incluso más preferiblemente 0,0241 % o más, incluso más preferiblemente 0,0271 % o más, incluso más preferiblemente 0,0301 % o más, incluso más preferiblemente 0,0331 % o más, incluso más preferiblemente 0,0361 % o más, incluso más preferiblemente 0,0391 % o más, incluso más preferiblemente 0,0421 % o más, incluso más preferiblemente 0,0461 % o más, incluso más preferiblemente 0,0501 % o más e incluso más preferiblemente 0,0561 % o más. Por otro lado, si bien los contenidos de C, N y Al también son un factor, la incorporación excesiva provoca que permanezcan grandes cantidades de Ti soluto y Nb soluto, lo cual pone en riesgo elementos beneficiosos de la presente invención. Por lo tanto, el límite superior se fija en 0,1394 %. preferiblemente es de 0,1194 % o menos, incluso más preferiblemente 0,0994 % o menos, incluso más preferiblemente 0,0794 % o menos, incluso más preferiblemente 0,0594 % o menos, incluso más preferiblemente 0,0494 % o menos, incluso más preferiblemente 0,0444 % o menos, incluso más preferiblemente 0,0394 % o menos, incluso más preferiblemente 0,0344 % o menos, incluso más preferiblemente 0,0294 % o menos, incluso más preferiblemente 0,0244 % o menos e incluso más preferiblemente 0,0194 % o menos.

Con respecto a los intervalos de los componentes anteriores, no son condiciones particularmente especificadas con respecto a los componentes individuales. Un elemento caracterizador de la presente invención es que estos intervalos de componentes se limitan a intervalos que cumplen con relaciones especiales tal como se indicará más adelante, mediante lo cual se presentan efectos altamente beneficiosos característicos de la presente invención. El control de C, N, Al, Ti y Nb es particularmente un elemento de la presente invención.

El C y el N, presentes en una solución sólida, mejoran el efecto de acumulación de deformación en el proceso de laminado en frío, mediante lo cual se aumenta la fuerza de accionamiento para la recristalización, junto con un refinamiento de grano complementario, lo cual deriva en una disminución de la temperatura de recristalización para permitir el descenso de la temperatura de templado a nivel industrial. Además, el C soluto y el N soluto, así como el refinamiento de grano atribuible a estos, contribuyen también de manera eficaz a lograr una resistencia a altas temperaturas. Son eficaces en los aspectos de conservación de energía e inversión en equipos y también contribuyen al desempeño de la pasada. Al mismo tiempo, son elementos beneficiosos para proporcionar una capacidad de endurecimiento adecuada durante la soldadura, inhibir el engrosamiento de las estructuras cristalinas y lograr una maleabilidad y resistencia a la soldadura y, por medio del endurecimiento de la soldadura, mejorar la resistencia a fracturas de la soldadura para permitir la realización de pruebas de Hyne.

En la presente invención, sin embargo, las dirección del control de C y N difieren de manera significativa en los siguientes puntos. Dado que el C es relativamente fácil de reducir en un proceso de desgasificación industrial, se pone el foco en esta reducción.

Por otro lado, el N se encuentra presente de manera abundante en el aire e ingresa en el acero fundido desde la atmósfera, y dado que es, por lo tanto, un elemento que no se puede reducir mediante un proceso de desgasificación industrial, se incluye y utiliza de manera positiva en el acero.

Además, desde el punto de vista de la propiedad antienviejimiento, existe la cuestión de tener que depender de elementos especiales como el Ti y el Nb, particularmente el Nb, para fijar C soluto en el acero como precipitados, por lo que los efectos adversos también son considerables en cuanto a, entre otras cosas, el costo de inclusión, la formación de precipitados finos y el aumento de la temperatura de recristalización debido a la persistencia inevitable de Ti soluto y Nb soluto. Por otro lado, se puede utilizar Al para fijar el N en el acero, lo cual no solamente es beneficioso en cuanto al costo de inclusión, sino que también posibilita la minimización de efectos adversos desde el punto de vista industrial dado que el AlN puede experimentar engrosamiento de manera relativamente fácil en un proceso industrial y, además, el aumento en la temperatura de recristalización mediante el Al soluto es pequeño. Los diversos precipitados formados de esta manera también contribuyen a un control favorable de la temperatura de recristalización y la resistencia a altas temperaturas a través de la acumulación de deformación en el proceso de trabajo en frío, el control del diámetro de grano y similares. Desde estas perspectivas, en la presente invención es necesario controlar el C, N, Al, Ti y Nb dentro de intervalos específicos.

[N - C] debe llevarse a 0,0020 % o más como condición fundamental de la presente invención. En el acero de la presente invención, que tiene precipitados de Ti, Nb y Al controlados de manera precisa, es posible mejorar de manera acentuada la resistencia a altas temperaturas, un problema particular en un material delgado, si se lleva este valor a 0,0020 % o más. Además, tal como se indicará posteriormente, la utilización de N en lugar de C es beneficiosa y presenta resultados favorables en aspectos que también incluyen la formación de precipitados. Preferiblemente es de

0,0023 % o más, incluso más preferiblemente 0,0027 % o más, incluso más preferiblemente 0,0030 % o más, incluso más preferiblemente 0,0038 % o más, incluso más preferiblemente 0,0043 % o más, incluso más preferiblemente 0,0048 % o más, incluso más preferiblemente 0,0053 % o más, incluso más preferiblemente 0,0058 % o más, incluso más preferiblemente 0,0063 % o más, incluso más preferiblemente 0,0068 % o más, incluso más preferiblemente 0,0075 % o más, incluso más preferiblemente 0,0082 % o más e incluso más preferiblemente 0,0089 % o más. Si bien el límite superior es de 0,0745 % debido a los límites superiores de C y N mencionados anteriormente, preferiblemente dicho límite se define en 0,0590 % o menos dado que la eficiencia de la fabricación desciende debido a la naturaleza especial de un método de fabricación que adopta muy poco C y mucho N. Además, cuando el N es abundante, si bien el contenido de Al también es un factor, se forma un AlN grueso, que cuando se encuentra expuesto en la superficie de la lámina de acero degrada las propiedades de la superficie, mientras que aquel que se forma dentro de la lámina de acero puede volverse un punto de inicio de grietas durante el trabajo. Por lo tanto, más preferiblemente es de 0,0490 % o menos, incluso más preferiblemente 0,0390 % o menos e incluso más preferiblemente 0,0290 % o menos.

Cuando se requiere estrictamente que se gestione la eficiencia de fabricación, se lleva preferiblemente a 0,0240 % o menos, incluso más preferiblemente 0,0190 % o menos, incluso más preferiblemente 0,0140 % o menos, incluso más preferiblemente 0,0120 % o menos, incluso más preferiblemente 0,0100 % e incluso más preferiblemente 0,0090 % o menos.

[C + N] debe llevarse a 0,0054 % o más como otra condición fundamental de la presente invención. En la presente invención, el C y el N cumplen una función importante a la hora de lograr la resistencia del producto y la resistencia a altas temperaturas, además de la promoción de la recristalización durante el templado a través de la acumulación de tensión por laminado en frío (reducción de la temperatura de recristalización) y a la hora de lograr la resistencia de la soldadura. Cuando este valor es bajo, surgen problemas porque la resistencia es deficiente en el producto, el desempeño de la pasada se degrada en templado, la resistencia de la soldadura es inadecuada y la realización de pruebas de Hyne es imposible.

Además, cuando este valor es bajo, la acumulación disminuida de tensión por laminado en frío, el diámetro de grano grueso antes del laminado en frío, el aumento dependiente del contenido de Ti y Nb en Ti soluto y Nb soluto y similares funcionan como causas que aumentan la temperatura de recristalización después del laminado en frío, lo cual vuelve necesario el templado a altas temperaturas, mediante lo cual se degrada el desempeño de la pasada en el templado. Si bien por lo general la resistencia del producto se mejora por medio del aumento del contenido de Si, Mn, P y similares, la resistencia a altas temperaturas alcanzada mediante este método no es adecuada y la temperatura de recristalización no desciende, por lo que se pierden elementos convenientes de la presente invención.

Por lo tanto, el control de [C + N] es importante para lograr los elementos convenientes de la presente invención. Preferiblemente es de 0,0061 % o más, incluso más preferiblemente 0,0068 % o más, incluso más preferiblemente 0,0075 % o más, incluso más preferiblemente 0,0082 % o más, incluso más preferiblemente 0,0092 % o más, incluso más preferiblemente 0,0112 % o más, incluso más preferiblemente 0,0122 % o más, incluso más preferiblemente 0,0132 % o más e incluso más preferiblemente 0,0152 % o más. Por otro lado, cuando es excesivo, la maleabilidad y la propiedad antienviejamiento experimentan un deterioro. El límite superior es de 0,0857 % debido a los límites superiores de C y N mencionados anteriormente. Preferiblemente es de 0,0800 % o menos, incluso más preferiblemente 0,0600 % o menos, incluso más preferiblemente 0,0400 % o menos, incluso más preferiblemente 0,0300 % o menos, incluso más preferiblemente 0,0250 % o menos, incluso más preferiblemente 0,0200 % o menos, incluso más preferiblemente 0,0150 % o menos, incluso más preferiblemente 0,0120 % o menos, incluso más preferiblemente 0,0100 % o menos, incluso más preferiblemente 0,0090 % o menos, incluso más preferiblemente 0,0080 % o menos, incluso más preferiblemente 0,0070 % o menos e incluso más preferiblemente 0,0060 % o menos.

Además, se suscita el efecto de la presente invención mediante la inclusión de mucho Al con respecto a N. [Al / N] debe ser un valor mayor que 10. Preferiblemente es de más de 11,1, incluso más preferiblemente más de 12,1, incluso más preferiblemente más de 13,1, incluso más preferiblemente más de 14,1, incluso más preferiblemente más de 15,1, incluso más preferiblemente más de 16,1, incluso más preferiblemente más de 17,1, incluso más preferiblemente más de 18,1, incluso más preferiblemente más de 19,1, incluso más preferiblemente más de 21,1, incluso más preferiblemente más de 23,1, incluso más preferiblemente más de 25,1, incluso más preferiblemente más de 30,1, incluso más preferiblemente más de 35,1, incluso más preferiblemente más de 40,1, incluso más preferiblemente más de 45,1 e incluso más preferiblemente más de 55,1.

Si bien el límite superior es de 781 debido a los límites de Al y N mencionados anteriormente, cuando el contenido de Al es excesivamente grande, el costo de inclusión aumenta y, además, tal como se indicó anteriormente, se forma AlN grueso en virtud del contenido de N y también se convierte en una causa de degradación de la propiedad de la maleabilidad y la superficie de la lámina de acero. Además, con N bajo y solamente Al excesivo, si permanece mucho Al soluto, se produce rápidamente una absorción de nitrógeno en el proceso de fabricación y el N que ingresa en el acero forma AlN fino, mediante lo cual se amplifica la variación de las propiedades de materiales en la bobina. Además, dado que la fusión de AlN se vuelve difícil durante la soldadura y la capacidad de endurecimiento del material disminuye, la soldadura se ablanda y obstaculiza la realización normal de pruebas de Hyne. Si bien no se pueden realizar afirmaciones en términos absolutos debido a la dependencia también con respecto al contenido de N, el límite superior de [Al / N] debe controlarse con atención a estos puntos. Preferiblemente, es de 70,0 o menos, incluso más

preferiblemente 60,0 o menos, incluso más preferiblemente 50,0 o menos, incluso más preferiblemente 40,0 o menos e incluso más preferiblemente 30,0 o menos.

5 A $[(Ti + Nb) / Al]$ se le asigna un límite superior que se define como 0,8 o menos en consonancia con el lineamiento básico de la presente invención, que consiste en incluir una cantidad relativamente grande de Al para fijar el N y limitar el Ti y el Nb al mínimo requerido para fijar el N y C y lograr además una resistencia a altas temperaturas mediante la elaboración de soluciones sólidas. Con el fin de alcanzar por completo el efecto de la presente invención, es importante aumentar el Al, para que sea preferiblemente de 0,6 o menos, incluso más preferiblemente 0,5 o menos, incluso más preferiblemente 0,44 o menos e incluso más preferiblemente 0,39 o menos. Con un contenido bajo de Al y alto de Ti y Nb, si bien también depende del contenido de N, la temperatura de recristalización puede aumentar inadvertidamente debido a la precipitación profusa de N como cinco nitruros de Ti y Nb y un aumento de Ti soluto y Nb soluto. Además, si los carburos y nitruros de Ti y Nb se estabilizan en exceso, no se funden con el calor de la soldadura, lo cual puede llevar a niveles bajos del C soluto y el N soluto responsables de establecer la capacidad de endurecimiento y dan origen a problemas en la realización de pruebas de Hyne debido a la fractura de la soldadura. Cabe destacar que, dado que el Ti y Nb son elementos requeridos, el valor de $[(Ti + Nb) / Al]$ no se convierte en cero y el valor del límite inferior es de 0,005 debido a la limitación mencionada anteriormente de los respectivos elementos, preferiblemente se lleva a 0,04 o más con el fin de inhibir el efecto de exceso de Al sin lograr el efecto de Ti y Nb, incluso más preferiblemente 0,06 o más, incluso más preferiblemente 0,08 o más, incluso más preferiblemente 0,10 o más, incluso más preferiblemente 0,12 o más, incluso más preferiblemente 0,14 o más, incluso más preferiblemente 0,16 o más, incluso más preferiblemente 0,18 o más, incluso más preferiblemente 0,20 o más, incluso más preferiblemente 0,22 o más, incluso más preferiblemente 0,26 o más, incluso más preferiblemente 0,31 o más e incluso más preferiblemente 0,36 o más. Cuando, además de que el Al es bajo, el Ti y Nb también son insuficientes, el valor fijado para C y N se vuelve inadecuado para degradar la propiedad antienviejimiento y disminuir el efecto de la inhibición del engrosamiento del grano, debido a lo cual puede ser que no se logre el desempeño deseado de la pasada en el templeado y la maleabilidad de la soldadura puede deteriorarse.

30 $[(Ti / 48 + Nb / 93) \times 12 / C]$ se define en 0,5 o más con el fin de disminuir C soluto y mejorar la propiedad antienviejimiento. Preferiblemente, es de 0,7 o más, incluso más preferiblemente 0,9 o más, incluso más preferiblemente 1,1 o más, incluso más preferiblemente 1,4 o más, incluso más preferiblemente 1,7 o más e incluso más preferiblemente 2,0 o más. Cuando este valor es demasiado alto, no solo aumenta el Ti soluto y el Nb soluto para provocar un aumento inadvertido en la temperatura de recristalización, sino que también está la cuestión de que los carburos y nitruros se estabilizan para disminuir la capacidad de endurecimiento durante la soldadura y de otro modo provoca la pérdida de elementos convenientes del acero de la presente invención, por lo que preferiblemente es de 15,0 o menos. Incluso más preferiblemente 10,0 o menos, incluso más preferiblemente 8,0 o menos, incluso más preferiblemente 7,0 o menos, incluso más preferiblemente 6,0 o menos, incluso más preferiblemente 5,0 o menos, incluso más preferiblemente 4,0 o menos e incluso más preferiblemente 3,0 o menos.

40 $[(Ti / 48 + Nb / 93) / (C / 12 + N / 14)]$ se define en 2,0 o menos con el fin de evitar un aumento excesivo de la temperatura de recristalización debido al Ti soluto y Nb soluto, y una deficiencia de la resistencia de la soldadura provocada por la estabilización excesiva de carburos y nitruros. Preferiblemente es de 1,8 o menos, incluso más preferiblemente 1,7 o menos, incluso más preferiblemente 1,6 o menos, incluso más preferiblemente 1,5 o menos, incluso más preferiblemente 1,4 o menos, incluso más preferiblemente 1,3 o menos, incluso más preferiblemente 1,2 o menos, incluso más preferiblemente 1,1 o menos, incluso más preferiblemente 1,0 o menos, incluso más preferiblemente 0,9 o menos e incluso más preferiblemente 0,8 o menos. Cuando este valor es demasiado bajo, el C soluto y N soluto aumentan para disminuir las propiedades convenientes del acero de la presente invención, por lo que se lleva a más de 0,31. Preferiblemente es de más de 0,36, incluso más preferiblemente más de 0,41, incluso más preferiblemente más de 0,46, incluso más preferiblemente más de 0,51 e incluso más preferiblemente más de 0,61.

50 Los efectos del C, N, Al, Ti y Nb en la presente invención varían de manera compleja según, entre otros, las cantidades y tipos de aquellos que se encuentran en solución sólida y aquellos que forman precipitados, y también las condiciones en las que se evalúan sus diversas propiedades, y esta complejidad puede volverse extrema debido a una interacción mutua, por lo que difícilmente pueda decirse que el mecanismo se haya dilucidado por completo. No obstante, los efectos convenientes de la presente invención pueden lograrse sin una falla en la lámina de acero con control dentro de los intervalos de la presente invención.

55 Por lo general, se incorporan diversos elementos en un producto industrial ya sea debido inevitablemente a las materias primas o con algún fin. Estos pueden controlarse e incorporarse según el fin y la aplicación prevista, sin pérdida completa alguna de los efectos de la presente invención. Los intervalos de inclusión que se anticipan en la lámina de acero muy delgada para recipientes que es el objeto principal de la presente invención se indicarán a continuación como un lineamiento prima facie:

60 Cr: 0,49 % o menos, V: 0,049 % o menos, Mo: 0,049 % o menos, Co: 0,049 % o menos, W: 0,049 % o menos, Zr: 0,049 % o menos, Ta: 0,049 % o menos, B: 0,0079 % o menos, Ni: 0,29 % o menos, Cu: 0,069 % o menos, Sn: 0,069 % o menos, O: o menos, REM: 0,019 % o menos y Ca: 0,049 % o menos; preferiblemente Cr: 0,29 % o menos, V: 0,009 % o menos, Mo: 0,009 % o menos, Co: 0,009 % o menos, W: 0,009 % o menos, Zr: 0,009 % o menos, Ta: 0,009 % o menos, B: 0,0029 % o menos, Ni: 0,19 % o menos, Cu: 0,029 % o menos, Sn: 0,019 %

o menos, O: 0,009 % o menos, REM: 0,009 % o menos y Ca: 0,009 % o menos; incluso más preferiblemente Cr: 0,06 % o menos, V: 0,003 % o menos, Mo: 0,004 % o menos, Co: 0,003 % o menos, W: 0,003 % o menos, Zr: 0,003 % o menos, Ta: 0,003 % o menos, B: 0,0009 % o menos, Ni: 0,04 % o menos, Cu: 0,019 % o menos, Sn: 0,009 % o menos, O: 0,004 % o menos, REM: 0,003 % o menos y Ca: 0,003 % o menos; y el equilibrio del hierro e impurezas inevitables.

Sin embargo, los efectos e intervalos de la presente invención no se limitan a estos y, está de más decir que, según el fin y la aplicación prevista, es posible, dentro de los intervalos generalmente conocidos, realizar incorporaciones mayores que las mencionadas anteriormente. Sin embargo, se deben tomar precauciones con respecto al hecho de que el impacto del debilitamiento de los efectos de la presente invención es particularmente grande cuando, en aplicación a la presente invención, se incorporan elementos formadores de carburo y/o elementos formadores de nitruro en grandes cantidades.

A continuación, se describirán requisitos convenientes además de aquellos de la composición.

En la presente invención, tal como se indicó anteriormente, el refinamiento de granos contribuye de manera conveniente, entre otras cosas, con el desempeño de la pasada en el templado durante la fabricación de láminas de acero y la maleabilidad de la soldadura durante el uso de láminas de acero, por lo que el refinamiento del diámetro de los granos en la lámina del producto es un modo preferido, caracterizado por un diámetro de grano promedio de 30 mm o menos. Incluso más preferiblemente es de 24 mm o menos, incluso más preferiblemente 19 mm o menos, incluso más preferiblemente 14 mm o menos, incluso más preferiblemente 9 mm o menos e incluso más preferiblemente 7 mm o menos. Esto se debe al hecho de que es más beneficioso utilizar el efecto de refinamiento del diámetro de granos cuando se toma en cuenta el equilibrio entre la resistencia y la ductilidad y además del hecho de que la apariencia de la superficie, p. ej., rugosidad de la superficie, mejora. Sin embargo, dado que la textura se endurece y la maleabilidad desciende sin mucho refinamiento, el intervalo preferible se define en 1 mm o más, incluso 2 mm o más o incluso 4 mm o más.

También es conveniente en la presente invención ajustar las propiedades de los materiales dentro de los intervalos preferidos. Esto se debe a que, en ausencia de la propiedad de envejecimiento, el desempeño de la pasada en el proceso de templado y otras limitaciones de la productividad atribuibles a C, N y similares, sería posible diseñar composiciones y lograr sus respectivas propiedades según se desee sin depender de la presente invención. En otras palabras, la importancia industrial sustancial tiene que ver en la aplicación de la presente invención con los intervalos en los que la fabricación ha sido hasta ahora particularmente difícil sin las limitaciones en el desempeño de la pasada en el proceso de templado, lo cual incluye el envejecimiento, el grosor de las láminas y similares.

La propiedad de envejecimiento se caracteriza por que la elongación del límite elástico en las pruebas de tensión realizadas después del envejecimiento a 210 ° C durante 30 min es de 4,0 % o menos. Incluso más preferiblemente, es de 2,9 % o menos, incluso más preferiblemente 1,4 % o menos, incluso más preferiblemente 0,9 % o menos, incluso más preferiblemente 0,4 % o menos y, está de más decir, lo más preferible es la ausencia de elongación del límite elástico.

Si este valor es de 4,0 % o menos, se puede decir que la lámina de acero ha experimentado algún tipo de control de la propiedad de envejecimiento, y si es de 2,9 % o menos, no surge ningún problema en el uso doméstico regular. Además, si es de 1,4 % o menos, no surge ningún problema en el uso, siempre y cuando sea regular, por parte de usuarios extranjeros, cuando haya cruzado el ecuador dentro de una embarcación de transporte fuera del país. A 0,4 % o menos, si bien se observa un fenómeno de elasticidad en la tabla de la prueba de tensión, este es de un nivel en el cual una muestra de tensión real no experimenta una banda de Luders u otro problema de ese tipo con un cambio acentuado de la propiedad de la superficie.

Con respecto a la dureza de la superficie, la aplicación es de manera conveniente a uno de 51 o más tal como se expresa en la escala de dureza superficial de Rockwell HR30T usada regularmente para la lámina de acero para recipientes. Esto se debe a que, para materiales suaves con un valor menor, la fabricación se ha establecido a nivel industrial para aceros con contenido ultrabajo de carbono regulares y aceros de BAF, incluso sin aplicar la presente invención. Incluso más preferiblemente es de 53 o más, incluso más preferiblemente 55 o más e incluso más preferiblemente 57 o más. Por otro lado, con respecto al límite superior de la dureza, la aplicación es de manera conveniente a uno de 71 o menos. Esto se debe a que, para materiales duros con un valor mayor, la fabricación se ha establecido a nivel industrial para aceros con contenido bajo de carbono y aceros regulares y aceros relaminados en frío, incluso sin aplicar la presente invención. Incluso más preferiblemente es de 69 o menos, incluso más preferiblemente 67 o menos e incluso más preferiblemente 65 o menos.

La lámina de acero muy delgada de la presente invención puede producirse mediante el método regular de calentamiento y laminado en frío del bloque o bloque fundido producido mediante el control de la composición mencionada anteriormente, el posterior piquelado, laminado en frío y templado de la lámina de acero laminada en caliente y la posterior realización de un nuevo laminado en frío (relaminado en frío), pero el objetivo de la presente invención consiste en producir de manera eficiente un material delgado, por lo que las condiciones de fabricación se fijan para intervalos de la relación de reducción de frío, la temperatura de templado y la relación de reducción del

laminado en frío cuya aplicación sea preferible.

Una relación de reducción de laminado en frío de 80 % o más es conveniente. Esto se debe a que los materiales producidos en una relación de reducción de laminado en frío menor que esta habitualmente son gruesos, y tienden a no experimentar los problemas en el desempeño de la pasada durante el templado y similares que la presente invención apunta a resolver. Incluso más preferiblemente, es de 85 % o más, incluso más preferiblemente 88 % o más, incluso más preferiblemente 90 % o más e incluso más preferiblemente 92 % o más. Si bien en la actualidad están surgiendo materiales cada vez más delgados y la tendencia es hacia relaciones de reducción del laminado en frío más altas, el límite superior se define en 99 % en vista de la viabilidad industrial.

Básicamente, el templado se realiza mediante templado continuo. Si bien las características de la invención de la temperatura de templado relativamente baja, el envejecimiento inhibido y el buen equilibrio entre resistencia y ductilidad pueden lograrse de manera natural incluso mediante un templado en lotes, el mérito industrial es bajo en el templado en lote, en el cual no surge ningún problema de desempeño de la pasada y el envejecimiento se inhibe de manera adecuada dado que la velocidad de enfriamiento de la lámina de acero que se templea es lo suficientemente baja. Con respecto a la temperatura de templado durante el templado continuo, un objeto de la presente invención consiste en permitir que se reduzca la temperatura de templado después del laminado en frío y, dado que la capacidad de reducirla es un elemento de la presente invención, llevar la temperatura de templado después del laminado en frío a 789 ° C o menos es un modo preferido de la presente invención. Incluso más preferiblemente es de 769 ° C o menos, incluso más preferiblemente 759 ° C o menos, incluso más preferiblemente 739 ° C o menos, incluso más preferiblemente 719 ° C o menos e incluso más preferiblemente 669 ° C o menos. Mejorar la maleabilidad mediante el aumento de la temperatura de templado, desde luego, no disminuye los efectos de la presente invención. Sin embargo, cuando el templado se realiza a una temperatura demasiado alta, se requiere precaución con respecto al hecho de que los carbonitruros característicos de la presente invención se fundan, de forma tal que el envejecimiento pueda aumentar en gran medida según la velocidad de enfriamiento subsiguiente. El límite de temperatura inferior se define en 641 ° C. Teniendo en cuenta que, con el acero con bajo contenido de carbono producido en una reducción de frío de alrededor de 90 %, la temperatura de recristalización es de hasta un mínimo de alrededor de 600 ° C y que el templado se lleva a cabo por lo general a entre alrededor de 600 y 680 ° C, esta temperatura representa una configuración lateral alta, pero, si bien también depende de la composición y las condiciones del laminado en caliente (temperatura de calentamiento de los bloques, temperatura de embobinado y similares), es difícil lograr un buen equilibrio entre resistencia y ductilidad a una temperatura más baja. Incluso más preferiblemente es de 661 ° C o más, incluso más preferiblemente 681 ° C o más, incluso más preferiblemente 701 ° C o más, incluso más preferiblemente 721 ° C o más e incluso más preferiblemente 741 ° C o más.

Al igual que un material delgado regular, la lámina de acero de la presente invención puede someterse a un relaminado en frío posterior al templado para el control de la lisura y/o la mejora de las propiedades del material. El relaminado en frío tal como se nombra en la presente incluye regularmente lo que se denomina «laminación sometida a ajuste». La relación de reducción en esta instancia se lleva preferiblemente a 5 % o menos.

Esto se debe a que, si bien el acero se endurece en el laminado húmedo porque el laminado por encima de 5 % es inevitable debido a la dificultad general del control de la reducción hasta un nivel bajo, un material duro de ese tipo puede producirse incluso mediante tecnología convencional sin depender de la presente invención. La relación de reducción es incluso más preferiblemente de 3 % o menos, incluso más preferiblemente 2,5 % o menos, incluso más preferiblemente 1,9 % o menos e incluso más preferiblemente 1,4 % o menos. Está demás decir que la propiedad anti-envejecimiento mejora a medida que la dureza aumenta con una relación de reducción en aumento.

La lámina de acero de la presente invención también puede usarse como una lámina base para una lámina de acero tratada en la superficie, y los efectos de la presente invención no se ven obstaculizados de manera alguna por el tratamiento de la superficie. Como un tratamiento de la superficie para aplicaciones automotrices, de materiales de construcción, de maquinaria eléctrica, de equipos eléctricos y de recipientes, es posible aplicar (independientemente de si es mediante la galvanoplastia o la galvanización por inmersión en caliente realizadas comúnmente) estaño, cromo, níquel (sin estaño), cinc, aluminio, hierro, aleaciones de estos, y similares. Además, los efectos de la invención no disminuyen incluso si se utilizan como una lámina base para una lámina de acero laminado unida a una película orgánica del tipo que ha entrado en uso recientemente.

En el caso del uso en recipientes, es posible la utilización en diversos tipos de recipientes formados, por ejemplo, mediante extracción, planchado, elongación y soldadura. En el proceso de fabricación de recipientes, se mejora la maleabilidad para, entre otras cosas, el rebordeado, el estrangulamiento, la incorporación de protuberancias en las latas, el sellado y la costura, así como para el marcado y la extensión que requiere el material de la lata.

REALIZACIONES

Se produjeron láminas de acero a partir de bloques con un grosor de 250 mm fundidos de manera continua mediante laminado en caliente, piquelado, laminado en frío y templado, seguidos por relaminado en frío y luego se sometieron a evaluaciones. Las composiciones y condiciones de fabricación, así como las características y los resultados de las evaluaciones de las láminas de acero obtenidas se muestran en las Tablas 1 a 4.

ES 2 666 432 T3

Las características mecánicas se midieron mediante la realización de pruebas de tensión con piezas de prueba de tensión JIS n.º 5.

5 La dureza, que es un valor importante en el grado de calidad del material de una lámina de acero para recipientes, se midió mediante la escala de dureza superficial de Rockwell HR30T.

Para el diámetro de grano, el valor promedio se calculó mediante la observación y medición de la estructura pulida y grabada de un corte transversal de la lámina de acero con un microscopio óptico.

10 Se evaluó la propiedad de envejecimiento mediante la realización de pruebas de tensión en una lámina de acero envejecida a 210 ° C x 30 min con una pieza de prueba de tensión JIS n.º 5. Las calificaciones se expresaron como O: elongación del límite elástico = 0 %, * : 0 % < elongación del límite elástico ≤ 0,4 %, Δ: 0,4 % < elongación del límite elástico ≤ 1,4 %, y x: elongación del límite elástico > 1,4 %.

15 La prueba de Hyne mediante un método llevado a cabo de manera general se realizó 10 veces en estructuras de latas de tres piezas fabricadas mediante soldadura y la capacidad de realización de pruebas de Hyne se calificó según la cantidad de veces que no se pudieron evaluar debido a fracturas en la marca de soldadura. Las calificaciones se expresaron como O: ausencia de incapacidad de evaluación, Δ: no se puede evaluar una o dos veces y X: no evaluable tres o más veces.

20 El rebordeado con matriz se realizó mediante un método llevado a cabo de manera general en estructuras de latas de tres piezas fabricadas mediante soldadura y se calificó la maleabilidad de la soldadura según el límite de la longitud de proyección del reborde. Las calificaciones se expresaron como O: 6 mm o más (excelente), Δ: de 3 mm hasta menos de 6 mm (viable), y x: menos de 3 mm (inviabile).

25 Las propiedades de la superficie se evaluaron visualmente en una línea que pasa por cintas tal como se hace en la fabricación regular de láminas de acero. Las calificaciones se expresaron como O: excelente (muy buena apariencia); Δ: buena (en el nivel general de un producto aceptable para su envío / falta de uniformidad tolerable de la superficie observada a nivel local pero sin regiones de remoción presentes; regiones de la superficie defectuosas que requieren remoción en un 3 % o menos del total de la bobina) y X: mala (a nivel que no se puede enviar dado que las regiones de remoción a causa de defectos representan más de un 3 % de la superficie total de la bobina).

35 El desempeño de la pasada en el proceso de templado se juzgó según la capacidad de control de la tensión para impedir la torsión durante la pasada de línea de templado continuo que se realiza en un sitio de fabricación regular de láminas de acero. Si bien el valor absoluto del control de la tensión desde luego varía según el equipo de línea, y también en un grado no pequeño según el tipo de acero, la velocidad de pasada, el tamaño de la lámina y similares, en estas realizaciones 0,3 kgf/mm² se adoptó como una referencia para una tensión mínima (límite inferior de control de tensión) para evitar una desviación de la lámina (corrimiento) durante la pasada de la lámina, y la evaluación fue según la distancia con respecto al umbral de fuerza de tensión de la torsión por calor (límite superior del control de tensión).

40 Las calificaciones se expresaron como O: excelente (gran tolerancia de control / intervalo de control: 1,4 kgf/mm² o más), Δ: buena (nivel de fabricación adecuado de las propiedades de la lámina) / intervalo de control: 0,2 kgf/mm² o de más a menos que 1,4 kgf/mm²) y X: mala (dificultad para control perfecto en la longitud total; se puede producir una ligera torsión por calor a nivel local / intervalo de control: menos de 0,2 kgf/mm²).

45 Para la uniformidad de la calidad del material en el interior de la bobina, se usaron piezas de prueba de tensión JIS n.º 5 para medir un 0,2 % de tensión de prueba en un total de nueve puntos de una bobina producida, a saber, en la región de lado de trabajo de 100 mm a lo ancho, la región central y la región de 100 mm de lado de accionamiento en la región de 20 m superior longitudinal y se usó (diferencia entre valor máximo y valor mínimo) / (valor promedio) para la evaluación. Las calificaciones se expresaron como O: 0,10 o menos, Δ: de más de 0,10 a 0,20 o menos, y X: más de 0,20.

50 Tal como queda claro a partir de los resultados, los ejemplos de la invención producidos dentro del intervalo de la presente invención presentaron buenas características, mientras que los ejemplos comparativos producidos fuera del intervalo de la presente invención tuvieron algunos resultados de evaluación X, lo cual demuestra el efecto de la presente invención.

60

Tabla 1

| Acero | Composición (% de masa) | | | | | | | | | | | Factores de control | | | | | |
|-------|-------------------------|--------|------|-------|--------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|---------------------|--------|---------------------|---------------------------------|--|--|
| | C | Si | Mn | P | S | Al | N | Ti | No | N-C | C+N | Al/N | Ti+No | (Ti+No)/Al X12/C | (Ti48+Nb/ 93)/(C/ 2+N/14) | | |
| 1 | 0,0017 | 0,008 | 0,23 | 0,009 | 0,0065 | 0,095 | 0,0072 | 0,0132 | 0,0153 | 0,0055 | 0,0089 | 13,2 | 0,0285 | 3,061 | 0,667 | | |
| 2 | 0,0017 | 0,008 | 0,23 | 0,009 | 0,0065 | 0,095 | 0,0072 | 0,0132 | 0,0153 | 0,0055 | 0,0089 | 13,2 | 0,0285 | 3,061 | 0,667 | | |
| 3 | 0,0022 | 0,006 | 0,45 | 0,010 | 0,0073 | 0,095 | 0,0064 | 0,0167 | 0,0147 | 0,0042 | 0,0086 | 14,8 | 0,0313 | 2,783 | 0,790 | | |
| 4 | 0,0028 | 0,008 | 0,51 | 0,004 | 0,0026 | 0,102 | 0,0049 | 0,0169 | 0,0191 | 0,0021 | 0,0077 | 20,8 | 0,0360 | 2,389 | 0,956 | | |
| 5 | 0,0020 | 0,008 | 0,27 | 0,012 | 0,0005 | 0,123 | 0,0108 | 0,0145 | 0,0158 | 0,0088 | 0,0128 | 11,4 | 0,0303 | 2,796 | 0,500 | | |
| 6 | 0,0018 | 0,008 | 0,44 | 0,011 | 0,0069 | 0,163 | 0,0076 | 0,0129 | 0,0147 | 0,0058 | 0,0094 | 21,3 | 0,0277 | 2,840 | 0,615 | | |
| 7 | 0,0016 | 0,008 | 0,35 | 0,014 | 0,0061 | 0,135 | 0,0051 | 0,0260 | 0,0185 | 0,0035 | 0,0067 | 26,5 | 0,0445 | 5,556 | 1,489 | | |
| 8 | 0,0016 | 0,006 | 0,35 | 0,014 | 0,0061 | 0,135 | 0,0051 | 0,0260 | 0,0185 | 0,0035 | 0,0067 | 26,5 | 0,0445 | 5,556 | 1,489 | | |
| 9 | 0,0016> | 0,008 | 0,35 | 0,014 | 0,0061 | 0,135 | 0,0051 | 0,0260 | 0,0185 | 0,0035 | 0,0067 | 26,5 | 0,0445 | 5,556 | 1,489 | | |
| 10 | 0,0016 | 0,008 | 0,35 | 0,014 | 0,0061 | 0,135 | 0,0051 | 0,0260 | 0,0185 | 0,0035 | 0,0067 | 26,5 | 0,0445 | 5,556 | 1,489 | | |
| 11 | 0,0016 | 0,008 | 0,35 | 0,014 | 0,0061 | 0,135 | 0,0051 | 0,0260 | 0,0185 | 0,0035 | 0,0067 | 26,5 | 0,0445 | 5,556 | 1,489 | | |
| 12 | 0,0016 | 0,008 | 0,35 | 0,014 | 0,0061 | 0,135 | 0,0051 | 0,0260 | 0,0185 | 0,0035 | 0,0067 | 26,5 | 0,0445 | 5,556 | 1,489 | | |
| 13 | 0,0017 | 0,010 | 0,28 | 0,008 | 0,0085 | 0,078 | 0,0056 | 0,0070 | 0,0160 | 0,0039 | 0,0073 | 13,9 | 0,0230 | 2,221 | 0,585 | | |
| 14 | 0,0017 | 0,010 | 0,28 | 0,008 | 0,0085 | 0,078 | 0,0056 | 0,0070 | 0,0160 | 0,0039 | 0,0073 | 13,9 | 0,0230 | 2,221 | 0,585 | | |
| 15 | 0,0014 | 0,007 | 0,32 | 0,001 | 0,0053 | 0,082 | 0,0070 | 0,0250 | 0,0260 | 0,0055 | 0,0084 | 11,8 | 0,0510 | 6,674 | 1,298 | | |
| 16 | 0,0041 | 0,008 | 0,26 | 0,008 | 0,0008 | 0,150 | 0,0101 | 0,0470 | 0,0157 | 0,0060 | 0,0142 | 14,8 | 0,0627 | 3,361 | 1,080 | | |
| 17 | 0,0041 | 0,008 | 0,26 | 0,008 | 0,0008 | 0,150 | 0,0101 | 0,0470 | 0,0157 | 0,0060 | 0,0142 | 14,8 | 0,0627 | 3,361 | 1,080 | | |
| 18 | 0,0041 | 0,0008 | 0,26 | 0,008 | 0,0008 | 0,150 | 0,0101 | 0,0470 | 0,0157 | 0,0060 | 0,0142 | 14,8 | 0,0627 | 3,361 | 1,080 | | |
| 19 | 0,0041 | 0,008 | 0,26 | 0,008 | 0,0008 | 0,150 | 0,0101 | 0,0470 | 0,0157 | 0,0060 | 0,0142 | 14,8 | 0,0627 | 3,361 | 1,080 | | |
| 20 | 0,0041 | 0,008 | 0,26 | 0,008 | 0,0008 | 0,150 | 0,0101 | 0,0470 | 0,0157 | 0,0060 | 0,0142 | 14,8 | 0,0627 | 3,361 | 1,080 | | |
| 21 | 0,0022 | 0,008 | 0,38 | 0,010 | 0,0080 | 0,143 | 0,0048 | 0,0340 | 0,0080 | 0,0026 | 0,0071 | 29,6 | 0,0420 | 4,266 | 1,494 | | |
| 22 | 0,0022 | 0,008 | 0,38 | 0,010 | 0,0080 | 0,143 | 0,0048 | 0,0340 | 0,0080 | 0,0026 | 0,0071 | 29,6 | 0,0420 | 4,266 | 1,494 | | |
| 23 | 0,0022 | 0,008 | 0,38 | 0,010 | 0,0080 | 0,143 | 0,0048 | 0,0340 | 0,0080 | 0,0026 | 0,0071 | 29,6 | 0,0420 | 4,266 | 1,494 | | |

| | (Continuación) | | | | | | | | | | | | | | |
|-------|-------------------------|-------|------|-------|--------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|------|--------|------------|--------------------------|
| | Factores de control | | | | | | | | | | | | | | |
| Acero | Composición (% de masa) | | | | | | | | | | | | | | |
| | C | Si | Mn | P | S | Al | N | Ti | No | N-C | C+N | Al/N | Ti+No | (Ti+No)/Al | (Ti/48+Nb/93)/(C/2+N/14) |
| 24 | 0,0022 | 0,008 | 0,38 | 0,010 | 0,0080 | 0,143 | 0,0048 | 0,0340 | 0,0080 | 0,0026 | 0,0071 | 29,6 | 0,0420 | 0,2934 | 4,266 |
| 25 | 0,0022 | 0,008 | 0,38 | 0,010 | 0,0080 | 0,143 | 0,0048 | 0,0340 | 0,0080 | 0,0026 | 0,0071 | 29,6 | 0,0420 | 0,2934 | 4,266 |
| 26 | 0,0007 | 0,009 | 0,07 | 0,008 | 0,0074 | 0,176 | 0,0055 | 0,0020 | 0,0280 | 0,0048 | 0,0062 | 31,9 | 0,0300 | 0,1708 | 5,876 |
| 27 | 0,0013 | 0,007 | 0,48 | 0,010 | 0,0048 | 0,085 | 0,0043 | 0,0260 | 0,0183 | 0,0030 | 0,0056 | 19,8 | 0,0443 | 0,5214 | 6,818 |
| 28 | 0,0018 | 0,009 | 0,46 | 0,014 | 0,0066 | 0,161 | 0,0090 | 0,0160 | 0,0330 | 0,0072 | 0,0109 | 17,8 | 0,0490 | 0,3047 | 4,489 |
| 29 | 0,0018 | 0,009 | 0,46 | 0,014 | 0,0066 | 0,161 | 0,0090 | 0,0160 | 0,0330 | 0,0072 | 0,0109 | 17,8 | 0,0490 | 0,3047 | 4,489 |
| 30 | 0,0024 | 0,015 | 0,76 | 0,015 | 0,0118 | 0,197 | 0,0127 | 0,0213 | 0,0134 | 0,0103 | 0,0151 | 15,5 | 0,0347 | 0,1756 | 2,931 |
| 31 | 0,0055 | 0,008 | 0,62 | 0,012 | 0,0223 | 0,147 | 0,0077 | 0,0090 | 0,0220 | 0,0022 | 0,0132 | 19,0 | 0,0310 | 0,2116 | 0,925 |
| 32 | 0,0037 | 0,013 | 0,61 | 0,012 | 0,0090 | 0,099 | 0,0061 | 0,0020 | 0,0292 | 0,0024 | 0,0098 | 16,3 | 0,0312 | 0,3145 | 1,143 |
| 33 | 0,0088 | 0,434 | 0,65 | 0,013 | 0,0335 | 0,620 | 0,0111 | 0,0247 | 0,0164 | 0,0023 | 0,0199 | 55,9 | 0,0411 | 0,0664 | 0,943 |
| 34 | 0,0018 | 0,554 | 0,13 | 0,017 | 0,0056 | 1,197 | 0,0135 | 0,0233 | 0,0568 | 0,0118 | 0,0153 | 88,4 | 0,0801 | 0,0669 | 7,403 |
| 35 | 0,0027 | 1,420 | 0,85 | 0,010 | 0,0176 | 0,357 | 0,0092 | 0,0369 | 0,0133 | 0,0065 | 0,0119 | 38,8 | 0,0502 | 0,1404 | 4,051 |
| 36 | 0,0030 | 0,300 | 1,55 | 0,018 | 0,0166 | 0,431 | 0,0231 | 0,0389 | 0,0346 | 0,0200 | 0,0261 | 18,7 | 0,0734 | 0,1703 | 4,689 |
| 37 | 0,0015 | 0,448 | 0,41 | 0,034 | 0,0177 | 0,486 | 0,0165 | 0,0582 | 0,0260 | 0,0150 | 0,0180 | 29,5 | 0,0842 | 0,1731 | 12,062 |
| 38 | 0,0061 | 0,749 | 1,29 | 0,010 | 0,0292 | 0,831 | 0,0138 | 0,0010 | 0,0544 | 0,0078 | 0,0199 | 60,1 | 0,0554 | 0,0667 | 1,199 |
| 39 | 0,0023 | 0,009 | 0,23 | 0,011 | 0,0065 | 0,106 | 0,0057 | 0,0040 | 0,0070 | 0,0034 | 0,0079 | 18,8 | 0,0110 | 0,1036 | 0,840 |
| 40 | 0,0031 | 0,007 | 0,41 | 0,013 | 0,0093 | 0,090 | 0,0092 | 0,0070 | 0,0167 | 0,0061 | 0,0123 | 9,8 | 0,0237 | 0,2638 | 1,257 |
| 41 | 0,0021 | 0,008 | 0,38 | 0,009 | 0,0091 | 0,068 | 0,0121 | 0,0191 | 0,0186 | 0,0100 | 0,0142 | 7,3 | 0,0377 | 0,4289 | 3,421 |
| 42 | 0,0021 | 0,008 | 0,38 | 0,009 | 0,0091 | 0,088 | 0,0121 | 0,0191 | 0,0186 | 0,0100 | 0,0142 | 7,3 | 0,0377 | 0,4289 | 3,421 |
| 43 | 0,0023 | 0,009 | 0,04 | 0,012 | 0,0067 | 0,124 | 0,0085 | 0,0050 | 0,0090 | 0,0063 | 0,0108 | 14,5 | 0,0140 | 0,1132 | 1,068 |
| 44 | 0,0025 | 0,009 | 0,29 | 0,002 | 0,0069 | 0,075 | 0,0076 | 0,0145 | 0,0380 | 0,0051 | 0,0101 | 9,9 | 0,0525 | 0,6996 | 3,389 |
| 45 | 0,0025 | 0,009 | 0,29 | 0,002 | 0,0069 | 0,075 | 0,0076 | 0,0145 | 0,0380 | 0,0051 | 0,0101 | 9,9 | 0,0525 | 0,6996 | 3,389 |
| 46 | 0,0048 | 0,009 | 0,39 | 0,013 | 0,0075 | 0,082 | 0,0115 | 0,0010 | 0,0190 | 0,0067 | 0,0163 | 7,1 | 0,0200 | 0,2439 | 0,563 |

(Continuación)

| | Composición (% de masa) | | | | | | | | | | | Factores de control | | | | | |
|-------|-------------------------|-------|------|-------|--------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|---------------------|--------|------------|--------------------------|---------------------|--|
| | C | Si | Mn | P | S | Al | N | Ti | No | N-C | C+N | Al/N | Ti+No | (Ti+No)/Al | (Ti/48+Nb/93)/(C/2+N/14) | (Ti/48+Nb/93)/X12/C | |
| Acero | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 47 | 0,0031 | 0,007 | 0,49 | 0,015 | 0,0015 | 0,171 | 0,0077 | 0,0020 | 0,0190 | 0,0046 | 0,0108 | 22,2 | 0,0210 | 0,1229 | 0,955 | 0,306 | |
| 48 | 0,0025 | 0,015 | 0,73 | 0,020 | 0,0073 | 0,104 | 0,0114 | 0,0284 | 0,0312 | 0,0089 | 0,0139 | 9,1 | 0,0597 | 0,5756 | 4,421 | 0,908 | |
| 49 | 0,0051 | 0,016 | 0,46 | 0,011 | 0,0094 | 0,105 | 0,0144 | 0,0200 | 0,0285 | 0,0093 | 0,0195 | 7,3 | 0,0485 | 0,4621 | 1,719 | 0,499 | |
| 50 | 0,0068 | 0,018 | 0,43 | 0,012 | 0,0088 | 0,128 | 0,0160 | 0,0185 | 0,0168 | 0,0092 | 0,0228 | 8,0 | 0,0353 | 0,2744 | 0,998 | 0,331 | |
| 51 | 0,0032 | 0,015 | 0,14 | 0,020 | 0,0066 | 0,146 | 0,0188 | 0,0070 | 0,0110 | 0,0157 | 0,0220 | 7,8 | 0,0180 | 0,1230 | 0,998 | 0,164 | |
| 52 | 0,0014 | 0,018 | 0,56 | 0,006 | 0,0135 | 0,075 | 0,0098 | 0,0136 | 0,0140 | 0,0084 | 0,0112 | 7,6 | 0,0276 | 0,3692 | 3,721 | 0,532 | |
| 53 | 0,0072 | 0,008 | 0,46 | 0,012 | 0,0096 | 0,263 | 0,0217 | 0,0160 | 0,0059 | 0,0144 | 0,0289 | 12,1 | 0,0219 | 0,0833 | 0,658 | 0,184 | |
| 54 | 0,0027 | 0,008 | 0,66 | 0,011 | 0,0072 | 0,171 | 0,0175 | 0,0040 | 0,0254 | 0,0147 | 0,0202 | 9,8 | 0,0294 | 0,1721 | 1,567 | 0,241 | |
| 55 | 0,0007 | 0,439 | 0,63 | 0,019 | 0,0077 | 0,320 | 0,0312 | 0,0202 | 0,0100 | 0,0305 | 0,0318 | 10,3 | 0,0302 | 0,0944 | 9,430 | 0,232 | |

El subrayado indica cierto grado de desviación.

Tabla 3

| | Condiciones de fabricación | | | | | | | | | | | Propiedades del material | | | | | | |
|-------|----------------------------|-------|------|-------|--------|-------|--------|--------|--------|----------|--------|--------------------------|--------|------------|---------------------------|---------------------------|--|--|
| | C | Si | Mn | P | S | Al | N | Ti | Nb | N-C | C+N | A/N | Ti+Nb | (Ti+Nb)/Al | (Ti/48+Nb/93)/(C/12+N/14) | (Ti/48+Nb/93)/(C/12+N/14) | | |
| Acero | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 56 | 0,0019 | 1,203 | 0,45 | 0,007 | 0,0198 | 0,330 | 0,0368 | 0,0639 | 0,0067 | 0,0350 | 0,0387 | 8,9 | 0,0706 | 0,2141 | 8,964 | 0,503 | | |
| 57 | 0,0042 | 0,706 | 0,67 | 0,022 | 0,0298 | 0,669 | 0,0391 | 0,0030 | 0,0453 | 0,0349 | 0,0433 | 17,1 | 0,0483 | 0,0721 | 1,568 | 0,175 | | |
| 58 | 0,0027 | 1,345 | 1,32 | 0,028 | 0,0203 | 1,066 | 0,0426 | 0,0098 | 0,0225 | 0,0399 | 0,0454 | 25,0 | 0,0323 | 0,0303 | 1,956 | 0,136 | | |
| 59 | 0,0017 | 0,008 | 0,23 | 0,009 | 0,0065 | 0,095 | 0,0022 | 0,0132 | 0,0153 | 0,0005 | 0,0039 | 43,3 | 0,0285 | 0,2987 | 3,061 | 1,460 | | |
| 60 | 0,0022 | 0,008 | 0,45 | 0,010 | 0,0073 | 0,095 | 0,0018 | 0,0167 | 0,0147 | -0,0004 | 0,0040 | 52,6 | 0,0313 | 0,3306 | 2,783 | 1,628 | | |
| 61 | 0,0028 | 0,008 | 0,51 | 0,004 | 0,0026 | 0,102 | 0,0014 | 0,0169 | 0,0191 | -0,0014 | 0,0042 | 72,9 | 0,0360 | 0,3529 | 2,389 | 1,672 | | |
| 62 | 0,0023 | 0,009 | 0,23 | 0,011 | 0,0065 | 0,032 | 0,0057 | 0,0040 | 0,0070 | 0,0034 | 0,0079 | 5,7 | 0,0110 | 0,3438 | 0,840 | 0,268 | | |
| 63 | 0,0031 | 0,007 | 0,41 | 0,013 | 0,0093 | 0,061 | 0,0092 | 0,0070 | 0,0167 | 0,0061 | 0,0123 | 6,6 | 0,0237 | 0,3884 | 1,257 | 0,355 | | |
| 64 | 0,0023 | 0,008 | 0,38 | 0,009 | 0,0091 | 0,088 | 0,0121 | 0,0020 | 0,0020 | 0,0100 | 0,0142 | 7,3 | 0,0040 | 0,0455 | 0,361 | 0,061 | | |
| 65 | 0,0205 | 0,008 | 0,27 | 0,012 | 0,0005 | 0,123 | 0,0108 | 0,0145 | 0,0158 | -0,0097 | 0,0313 | 11,4 | 0,0303 | 0,2458 | 0,276 | 0,190 | | |
| 66 | 0,0018 | 0,008 | 0,44 | 0,011 | 0,0069 | 0,062 | 0,0076 | 0,0129 | 0,0147 | 0,0058 | 0,0094 | 8,1 | 0,0277 | 0,4463 | 2,840 | 0,615 | | |
| 67 | 0,0023 | 0,009 | 0,04 | 0,012 | 0,0087 | 0,124 | 0,0085 | 0,0040 | 0,0040 | 0,0063 | 0,0108 | 14,5 | 0,0080 | 0,0647 | 0,672 | 0,159 | | |
| 68 | 0,0102 | 0,008 | 0,35 | 0,014 | 0,0061 | 0,135 | 0,0051 | 0,0950 | 0,0185 | -0,00051 | 0,0153 | 26,5 | 0,1135 | 0,8388 | 2,563 | 1,794 | | |
| 69 | 0,0017 | 0,010 | 0,28 | 0,008 | 0,0085 | 0,078 | 0,0032 | 0,0430 | 0,0160 | 0,0015 | 0,0049 | 24,4 | 0,0590 | 0,7564 | 1,463 | 2,873 | | |
| 70 | 0,0014 | 0,007 | 0,32 | 0,001 | 0,0053 | 0,082 | 0,0070 | 0,0410 | 0,0460 | 0,0055 | 0,0084 | 11,8 | 0,0870 | 1,0610 | 11,247 | 2,188 | | |
| 71 | 0,0025 | 0,009 | 0,29 | 0,002 | 0,0069 | 0,011 | 0,0076 | 0,0145 | 0,0380 | 0,0051 | 0,0101 | 1,5 | 0,0525 | 4,7701 | 3,389 | 0,946 | | |
| 72 | 0,0021 | 0,008 | 0,26 | 0,008 | 0,0008 | 0,150 | 0,0040 | 0,0470 | 0,0157 | 0,0019 | 0,0061 | 37,4 | 0,0627 | 0,4191 | 6,528 | 2,488 | | |
| 73 | 0,0022 | 0,008 | 0,38 | 0,010 | 0,0080 | 0,143 | 0,0048 | 0,0005 | 0,0080 | 0,0026 | 0,0071 | 29,6 | 0,0085 | 0,0594 | 0,518 | 0,181 | | |
| 74 | 0,0007 | 0,009 | 0,07 | 0,008 | 0,0074 | 0,176 | 0,0044 | 0,0020 | 0,0280 | 0,0037 | 0,0051 | 39,9 | 0,0300 | 0,1708 | 5,876 | 0,920 | | |
| 75 | 0,0005 | 0,007 | 0,48 | 0,010 | 0,0048 | 0,085 | 0,0043 | 0,0260 | 0,0183 | 0,0038 | 0,0048 | 19,8 | 0,0443 | 0,5214 | 17,727 | 2,118 | | |
| 76 | 0,0018 | 0,009 | 0,46 | 0,014 | 0,0066 | 0,161 | 0,0060 | 0,0160 | 0,0850 | 0,0042 | 0,0078 | 26,8 | 0,1010 | 0,6282 | 8,136 | 2,144 | | |
| 77 | 0,0020 | 0,009 | 0,39 | 0,013 | 0,0075 | 0,074 | 0,0174 | 0,0010 | 0,0160 | 0,0154 | 0,0194 | 4,3 | 0,0170 | 0,2297 | 1,155 | 0,137 | | |
| 78 | 0,0420 | 0,007 | 0,49 | 0,015 | 0,0015 | 0,171 | 0,0077 | 0,0020 | 0,0390 | -0,0343 | 0,0497 | 22,2 | 0,0410 | 0,2399 | 0,132 | 0,114 | | |

(Continuación)

| | Condiciones de fabricación | | | | | | | | | | | Propiedades del material | | | | | |
|-------|----------------------------|-------|------|-------|--------|-------|--------|--------|--------|---------|--------|--------------------------|--------|------------|---------------------------|--|--|
| | C | Si | Mn | P | S | Al | N | Ti | Nb | N-C | C+N | Al/N | Ti+Nb | (Ti+Nb)/Al | (Ti/48+Nb/93)/(C/12+N/14) | | |
| Acero | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 79 | 0,0025 | 0,015 | 0,73 | 0,020 | 0,0073 | 0,104 | 0,0042 | 0,0284 | 0,0312 | 0,0017 | 0,0067 | 24,7 | 0,0597 | 0,5756 | 4,421 | | |
| 80 | 0,0051 | 0,016 | 0,46 | 0,011 | 0,0094 | 0,093 | 0,0144 | 0,0200 | 0,0285 | 0,0093 | 0,0195 | 6,5 | 0,0485 | 0,5217 | 1,719 | | |
| 81 | 0,0029 | 0,018 | 0,43 | 0,012 | 0,0088 | 0,128 | 0,0160 | 0,0185 | 0,0020 | 0,0131 | 0,0189 | 8,0 | 0,0205 | 0,1595 | 1,683 | | |
| 82 | 0,0032 | 0,015 | 0,14 | 0,020 | 0,0066 | 0,146 | 0,0188 | 0,0850 | 0,0110 | 0,0157 | 0,0220 | 7,8 | 0,0960 | 0,6558 | 7,142 | | |
| 83 | 0,0120 | 0,015 | 0,76 | 0,015 | 0,0118 | 0,197 | 0,0147 | 0,0213 | 0,0134 | 0,0027 | 0,0267 | 13,4 | 0,0347 | 0,1756 | 0,587 | | |
| 84 | 0,0032 | 0,008 | 0,62 | 0,012 | 0,0223 | 0,066 | 0,0077 | 0,0090 | 0,0220 | 0,0045 | 0,0109 | 8,6 | 0,0310 | 0,4697 | 1,590 | | |
| 85 | 0,0010 | 0,018 | 0,56 | 0,006 | 0,0135 | 0,075 | 0,0039 | 0,0136 | 0,0140 | 0,0029 | 0,0049 | 19,2 | 0,0276 | 0,3692 | 5,209 | | |
| 86 | 0,0052 | 0,008 | 0,46 | 0,012 | 0,0096 | 0,263 | 0,0217 | 0,0160 | 0,0035 | 0,0164 | 0,0269 | 12,1 | 0,0195 | 0,0742 | 0,850 | | |
| 87 | 0,0037 | 0,013 | 0,61 | 0,012 | 0,0090 | 0,099 | 0,0020 | 0,0020 | 0,0292 | -0,0017 | 0,0057 | 49,6 | 0,0312 | 0,3145 | 1,143 | | |
| 88 | 0,0027 | 0,008 | 0,66 | 0,011 | 0,0072 | 0,034 | 0,0030 | 0,0040 | 0,0254 | 0,0003 | 0,0057 | 11,3 | 0,0294 | 0,8644 | 1,567 | | |
| 89 | 0,0058 | 0,434 | 0,65 | 0,013 | 0,0335 | 0,620 | 0,0111 | 0,0760 | 0,0620 | 0,0053 | 0,0169 | 55,9 | 0,1580 | 0,2550 | 5,097 | | |
| 90 | 0,0018 | 0,554 | 0,13 | 0,017 | 0,0056 | 0,115 | 0,0104 | 0,0703 | 0,0568 | 0,0066 | 0,0122 | 11,1 | 0,1271 | 1,1049 | 14,019 | | |
| 91 | 0,0255 | 1,420 | 0,85 | 0,010 | 0,0176 | 0,357 | 0,0092 | 0,0369 | 0,0133 | -0,0163 | 0,0347 | 38,8 | 0,0502 | 0,1404 | 0,429 | | |
| 92 | 0,0007 | 0,439 | 0,63 | 0,019 | 0,0077 | 0,320 | 0,0022 | 0,0150 | 0,0030 | 0,0015 | 0,0029 | 145,5 | 0,0180 | 0,0563 | 6,153 | | |
| 93 | 0,0030 | 0,300 | 1,55 | 0,018 | 0,0166 | 0,229 | 0,0366 | 0,0389 | 0,0346 | 0,0336 | 0,0396 | 6,3 | 0,0734 | 0,3207 | 4,689 | | |
| 94 | 0,0015 | 0,448 | 0,41 | 0,034 | 0,0177 | 0,089 | 0,0165 | 0,0582 | 0,0260 | 0,0150 | 0,0180 | 5,4 | 0,0842 | 0,9459 | 12,062 | | |
| 95 | 0,0061 | 0,749 | 1,29 | 0,010 | 0,0292 | 0,831 | 0,0041 | 0,0010 | 0,0544 | -0,0020 | 0,0102 | 202,7 | 0,0554 | 0,0667 | 1,199 | | |
| 96 | 0,0019 | 1,203 | 0,45 | 0,007 | 0,0198 | 0,330 | 0,0368 | 0,0639 | 0,0010 | 0,0350 | 0,0387 | 8,9 | 0,0649 | 0,1968 | 8,572 | | |
| 97 | 0,0042 | 0,706 | 0,67 | 0,022 | 0,0298 | 0,669 | 0,0391 | 0,0921 | 0,0453 | 0,0349 | 0,0433 | 17,1 | 0,1374 | 0,2054 | 6,869 | | |
| 98 | 0,0660 | 1,345 | 1,32 | 0,028 | 0,0203 | 1,066 | 0,0426 | 0,0770 | 0,0810 | -0,0234 | 0,1086 | 25,0 | 0,1580 | 0,1482 | 0,450 | | |

El subrayado indica cierto grado de desviación.

ES 2 666 432 T3

Se proporcionan los aceros n.º 56 - 98 como referencia

Tabla 4

| Acero | Condiciones de fabricación | | | | | | | Propiedades del material | | | | | | | Clasificación | | | | | | |
|-------|-----------------------------------|--------------------------|--|-----------------------|----------------------|-------------------------------------|------------------------------|-----------------------------|--------------------------|---------------------------------|-------------------------|----------------------|--------------|-----------------------------------|-------------------------|-------------------------------|---------------------------|----------------------------|------------------------------|---------------------------------------|-------------|
| | Temp. de bloqueo en caliente (°C) | Temp. de embobinado (°C) | Grosor de lámina con laminado en caliente (mm) | Reducción de frío (%) | Temp. de temple (°C) | Reducción de relaminado en frío (%) | Método de relaminado en frío | Grosor de lámina final (mm) | Límite de fluencia (MPa) | Resistencia a la tracción (MPa) | Elongación uniforme (%) | Elongación total (%) | Dureza HR30T | Diámetro de grano de cristal (µm) | Prop. de envejecimiento | Capacidad para prueba de Hyne | Maleabilidad de soldadura | Condición de la superficie | Prop. de pasada de templeado | Uniformidad del interior de la bobina | Evaluación |
| 56 | 1100 | 660 | 1,8 | 87 | 741 | 1,3 | Seco | 0,23 | 373 | 523 | 15 | 17 | 81 | 28 | O | X | O | X | O | O | Comparativa |
| 57 | 1050 | 660 | 1,5 | 91 | 702 | 1,0 | Seco | 0,14 | 385 | 529 | 15 | 16 | 87 | 4 | Δ | O | O | X | Δ | O | Comparativa |
| 58 | 1100 | 700 | 1,5 | 93 | 749 | 1,0 | Seco | 0,10 | 503 | 661 | 8 | 10 | >90 | 23 | Δ | O | O | X | X | O | Comparativa |
| 59 | 1100 | 650 | 2,0 | 94 | 731 | 2,0 | Seco | 0,12 | 174 | 305 | 27 | 47 | 50 | 28 | O | X | X | O | X | Δ | Comparativa |
| 60 | 1100 | 690 | 3,0 | 94 | 746 | 2,5 | Seco | 0,17 | 181 | 312 | 29 | 44 | 55 | 44 | O | X | X | X | X | Δ | Comparativa |
| 61 | 1200 | 570 | 2,4 | 91 | 737 | 3,0 | Seco | 0,21 | 209 | 339 | 27 | 42 | 62 | 33 | O | X | X | X | X | Δ | Comparativa |
| 62 | 1200 | 600 | 2,3 | 95 | 708 | 1,3 | Seco | 0,12 | 206 | 336 | 26 | 45 | 52 | 18 | X | Δ | X | O | O | O | Comparativa |
| 63 | 1200 | 600 | 3,3 | 88 | 718 | 1,0 | Seco | 0,39 | 228 | 357 | 25 | 41 | 61 | 16 | X | O | Δ | O | O | O | Comparativa |
| 64 | 1100 | 600 | 1,8 | 92 | 682 | 0,8 | Seco | 0,14 | 197 | 327 | 26 | 43 | 57 | 19 | X | O | Δ | O | Δ | X | Comparativa |
| 65 | 1150 | 600 | 1,9 | 85 | 719 | 1,3 | Seco | 0,28 | 244 | 369 | 25 | 37 | 61 | 13 | X | Δ | Δ | O | O | O | Comparativa |
| 66 | 1080 | 690 | 3,5 | 93 | 718 | 1,3 | Seco | 0,25 | 201 | 331 | 26 | 13 | 53 | 16 | X | O | O | O | X | X | Comparativa |
| 67 | 1180 | 600 | 2,2 | 92 | 577 | 1,0 | Seco | 0,18 | 212 | 342 | 28 | 43 | 59 | 13 | X | O | Δ | O | Δ | X | Comparativa |
| 68 | 1150 | 630 | 2,0 | 94 | 741 | 1,0 | Seco | 0,11 | 225 | 353 | 25 | 40 | 58 | 20,2 | O | X | X | X | X | Δ | Comparativa |
| 69 | 1150 | 610 | 2,1 | 92 | 740 | 2,2 | Seco | 0,17 | 185 | 316 | 27 | 47 | 52 | 25 | O | X | X | O | X | O | Comparativa |
| 70 | 1100 | 600 | 2,1 | 91 | 748 | 1,3 | Seco | 0,19 | 194 | 324 | 26 | 46 | 54 | 29 | O | X | Δ | O | X | O | Comparativa |
| 71 | 1100 | 690 | 3,5 | 94 | 745 | 1,3 | Seco | 0,21 | 186 | 316 | 29 | 47 | 52 | 24 | O | X | Δ | O | Δ | X | Comparativa |
| 72 | 1230 | 600 | 2,5 | 95 | 748 | 1,3 | Seco | 0,13 | 201 | 332 | 28 | 45 | 57 | 30 | O | X | X | O | X | Δ | Comparativa |
| 73 | 1090 | 730 | 3,5 | 93 | 690 | 2,0 | Seco | 0,25 | 192 | 323 | 30 | 43 | 60 | 17 | X | X | X | O | Δ | Δ | Comparativa |
| 74 | 1200 | 630 | 1,9 | 90 | 738 | 1,3 | Seco | 0,18 | 185 | 316 | 30 | 45 | 55 | 26 | O | X | Δ | O | Δ | Δ | Comparativa |
| 75 | 1200 | 770 | 1,6 | 92 | 711 | 1,3 | Seco | 0,13 | 191 | 322 | 28 | 43 | 53 | 22 | O | X | Δ | O | X | O | Comparativa |
| 76 | 1100 | 750 | 2,6 | 94 | 706 | 2,0 | Seco | 0,14 | 216 | 346 | 28 | 40 | 64 | 14 | O | Δ | O | O | Δ | X | Comparativa |
| 77 | 1150 | 670 | 2,2 | 85 | 745 | 1,3 | Seco | 0,33 | 218 | 348 | 25 | 41 | 60 | 27 | X | O | Δ | O | O | O | Comparativa |
| 78 | 1140 | 670 | 1,8 | 92 | 722 | 1,3 | Seco | 0,13 | 304 | 423 | 21 | 26 | 69 | 17 | X | Δ | Δ | O | X | X | Comparativa |
| 79 | 1250 | 600 | 2,3 | 93 | 715 | 1,4 | Seco | 0,17 | 267 | 395 | 26 | 33 | 61 | 8 | O | X | X | O | Δ | O | Comparativa |
| 80 | 1250 | 600 | 2,3 | 94 | 735 | 1,4 | Seco | 0,13 | 238 | 366 | 25 | 38 | 65 | 17 | O | O | Δ | O | X | O | Comparativa |
| 81 | 1050 | 690 | 1,7 | 85 | 726 | 1,4 | Seco | 0,25 | 216 | 346 | 25 | 39 | 56 | 53 | X | O | O | X | O | O | Comparativa |
| 82 | 1200 | 700 | 2,0 | 92 | 741 | 2,5 | Seco | 0,16 | 233 | 364 | 26 | 42 | 55 | 24 | O | X | O | Δ | X | O | Comparativa |
| 83 | 1150 | 600 | 3,5 | 95 | 742 | 1,4 | Seco | 0,18 | 260 | 388 | 25 | 29 | 64 | 17 | Δ | X | X | O | O | O | Comparativa |
| 84 | 1050 | 720 | 1,5 | 92 | 709 | 1,3 | Seco | 0,12 | 212 | 342 | 27 | 39 | 63 | 13 | O | X | O | O | X | O | Comparativa |
| 85 | 1200 | 610 | 2,2 | 93 | 746 | 1,3 | Seco | 0,15 | 201 | 331 | 26 | 42 | 52 | 33 | O | X | X | O | Δ | O | Comparativa |
| 86 | 1100 | 700 | 3,5 | 95 | 735 | 2,2 | Seco | 0,18 | 230 | 360 | 27 | 35 | 66 | 29 | X | O | O | Δ | Δ | X | Comparativa |
| 87 | 1100 | 600 | 1,9 | 88 | 703 | 1,3 | Seco | 0,23 | 219 | 348 | 28 | 39 | 61 | 17 | O | X | X | O | O | X | Comparativa |
| 88 | 1100 | 650 | 1,7 | 92 | 749 | 1,3 | Seco | 0,14 | 199 | 328 | 29 | 41 | 56 | 31 | O | X | X | O | X | O | Comparativa |
| 89 | 1150 | 600 | 2,7 | 93 | 705 | 0,8 | Seco | 0,19 | 314 | 454 | 22 | 24 | 77 | 3 | O | X | Δ | O | O | X | Comparativa |
| 90 | 1150 | 600 | 2,0 | 93 | 715 | 0,8 | Seco | 0,13 | 277 | 417 | 24 | 36 | 62 | 10 | O | X | O | O | A | O | Comparativa |
| 91 | 1200 | 600 | 2,3 | 94 | 729 | 0,8 | Seco | 0,14 | 454 | 601 | 13 | 14 | >90 | 14 | X | Δ | Δ | O | O | X | Comparativa |
| 92 | 1220 | 580 | 2,4 | 91 | 714 | 1,0 | Seco | 0,21 | 292 | 431 | 21 | 27 | 66 | 48 | Δ | Δ | X | Δ | X | X | Comparativa |
| 93 | 1200 | 630 | 2,2 | 92 | 731 | 1,0 | Seco | 0,18 | 376 | 508 | 16 | 17 | 86 | 15 | O | Δ | Δ | Δ | O | X | Comparativa |
| 94 | 1100 | 660 | 1,8 | 94 | 723 | 1,0 | Seco | 0,11 | 318 | 455 | 21 | 29 | 68 | 15 | O | X | Δ | O | A | O | Comparativa |
| 95 | 1150 | 610 | 2,0 | 92 | 700 | 3,0 | Seco | 0,16 | 363 | 509 | 18 | 22 | 83 | 7 | O | X | X | O | X | X | Comparativa |
| 96 | 1190 | 610 | 2,3 | 88 | 710 | 2,2 | Seco | 0,27 | 395 | 545 | 16 | 17 | 89 | 40 | O | O | O | X | O | O | Comparativa |
| 97 | 1140 | 670 | 2,5 | 90 | 734 | 1,0 | Seco | 0,24 | 391 | 535 | 15 | 18 | 89 | 15 | O | Δ | O | X | O | O | Comparativa |
| 98 | 1100 | 610 | 2,1 | 91 | 724 | 1,8 | Seco | 0,18 | 672 | 810 | 5 | 7 | >90 | 7 | X | X | Δ | X | O | X | Comparativa |

El subrayado indica cierto grado de desviación.

APLICABILIDAD INDUSTRIAL

- 5 Según la presente invención, es posible obtener una lámina de acero que, además de tener una propiedad de envejecimiento inhibida, también tiene un buen equilibrio entre la resistencia y la ductilidad y buenas propiedades relacionadas con la soldadura. Además, dado que la temperatura de recristalización del acero de la invención es menor que la de los aceros convencionales, el templeado a baja temperatura es posible y, además, dado que la

resistencia a altas temperaturas es alta, se permite una fabricación con gran eficiencia que evite que se produzca torsión por calor particularmente en un material con un grosor pequeño.

REIVINDICACIONES

1. Una lámina de acero muy delgada caracterizada por contener, en % de masa,
- 5 C: de 0,0004 a 0,0108 %,
N: de 0,0032 a 0,0749 %,
Si: de 0,0001 a 1,99 %,
Mn: de 0,006 a 1,99 %,

10 S: de 0,0001 a 0,089 %,

P: de 0,001 a 0,069 %, y

Al: de 0,070 a 1,99 %;
- que contiene además uno o ambos de Ti y Nb a
- 15 Ti: de 0,0062 a 0,0804 %, y

Nb: de 0,0256 a 0,0894 %,

dentro del intervalo de
- 20 Ti + Nb: de 0,0101 a 0,1394 %;
- que cumple además con las relaciones de
- 25 $N - C > 0,0020 \%$,

 $C + N > 0,0054 \%$,

 $Al / N > 10$,

 $(Ti + Nb) / Al < 0,8$,

 $(Ti / 48 + Nb / 93) \times 12 / C > 0,5$, y

30 $0,31 < (Ti / 48 + Nb / 93) / (C / 12 + N / 14) < 2,0$;
- con un equilibrio de hierro e impurezas inevitables; y
con un grosor de 0,4 mm o menos.
- 35 2. Una lámina de acero muy delgada tal como se indica en la reivindicación 1, **caracterizada por** tener un diámetro de grano promedio de 30 mm o menos.
3. Una lámina de acero muy delgada tal como se indica en la reivindicación 1 ó 2, **caracterizada por** tener una elongación del límite elástico después del envejecimiento a 210 ° C durante 30 min de 4,0 % o menos.
- 40 4. Una lámina de acero muy delgada tal como se indica en la reivindicación 1 ó 2, **caracterizada por** tener una dureza superficial HR30T de 51 a 71, un límite de fluencia de 200 a 400 MPa, una resistencia a la tracción de 320 a 450 Mpa y una elongación total de 15 a 45 %.
- 45 5. Una lámina de acero muy delgada tal como se indica en la reivindicación 3, **caracterizada por** tener una dureza superficial HR30T de 51 a 71, un límite de fluencia de 200 a 400 MPa, una resistencia a la tracción de 320 a 450 Mpa y una elongación total de 15 a 45 %.
- 50 6. Un método de fabricación de una lámina de acero muy delgada que se establece en cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, donde el método de fabricación de una lámina de acero muy delgada está **caracterizado por** el calentamiento y laminado en caliente de un bloque o bloque fundido con una composición que se indica en la reivindicación 1, y la posterior realización de un laminado en frío con una reducción de frío de 80 a 99 %, y la realización de templado para lograr una tasa de recristalización del 100 %.
- 55 7. Un método de fabricación de una lámina de acero muy delgada tal como se indica en la reivindicación 6, **caracterizado por que** el templado después del laminado en frío se lleva a cabo mediante un templado continuo y la temperatura de templado en esta instancia es de 641 a 789 ° C.
- 60 8. Un método de fabricación de una lámina de acero muy delgada tal como se indica en la reivindicación 6 o 7, **caracterizado por** la realización de un relaminado en frío mediante laminado en seco después del templado, donde su reducción es de 5 % o menos.