

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 589 640**

51 Int. Cl.:

C22C 38/00	(2006.01)
B21B 3/00	(2006.01)
C21D 9/46	(2006.01)
C22C 38/14	(2006.01)
C22C 38/58	(2006.01)
C23C 2/02	(2006.01)
C23C 2/28	(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **08.08.2012 PCT/JP2012/070259**
- 87 Fecha y número de publicación internacional: **14.02.2013 WO13022043**
- 96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **08.08.2012 E 12822363 (3)**
- 97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **27.07.2016 EP 2743364**

54 Título: **Lámina de acero laminada en caliente con alto límite de elasticidad y excelente absorción de energía del impacto a baja temperatura y resistencia al ablandamiento de la ZAC y método para producir la misma**

30 Prioridad:

09.08.2011 JP 2011173760

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
15.11.2016

73 Titular/es:

NIPPON STEEL & SUMITOMO METAL CORPORATION (100.0%)
6-1, Marunouchi 2-chome, Chiyoda-ku
Tokyo 100-8071, JP

72 Inventor/es:

MARUYAMA, NAOKI;
YOSHINAGA, NAOKI;
AZUMA, MASAFUMI;
SAKUMA, YASUHARU y
ITAMI, ATSUSHI

74 Agente/Representante:

DE ELZABURU MÁRQUEZ, Alberto

ES 2 589 640 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 laminada en caliente con alto límite de elasticidad y excelente absorción de energía del impacto a baja temperatura y resistencia al ablandamiento de la ZAC y método para producir la misma

Campo técnico

- 5 La presente invención se refiere a lámina de acero laminada en caliente de máxima resistencia a la tracción 600 MPa o índice de elasticidad más alto que presenta una excelente absorción de energía del impacto a baja temperatura y resistencia al ablandamiento de la ZAC (zona afectada por el calor) y un método para producir la misma. La lámina de acero es adecuada como material de base para barras distribuidoras y armazones de maquinaria de construcción y como un material de base para armazones, piezas, etc., de camiones y coches que se conforman principalmente por flexión y, además, como material de base para tubo de línea.

Antecedentes

- 15 Los armazones de maquinaria de construcción y camiones se ensamblan conformando lámina de acero laminada en caliente principalmente por flexión y soldadura por arco de las partes conformadas. Por lo tanto, se requiere que el material de base que se use para estas partes presente excelentes plegabilidad y soldabilidad por arco. Además, la maquinaria de construcción y los camiones se usan a veces en entornos de baja temperatura, así en particular con armazones para camiones etc., se buscan las propiedades de que sean resistentes a la rotura por fragilidad y que sean capaces de absorber suficientemente energía del impacto cuando tiene lugar impacto, incluso a una temperatura baja.

- 20 Como lámina de acero que presenta una excelente absorción de energía del impacto, hay la técnica descrita en NPLT 1 y PLT 1 a 2. Sin embargo, estas láminas de acero contienen estructuras que incluyen austenita retenida o martensita y optimizan además las estructuras de metal de las láminas de acero para conseguir excelentes propiedades de impacto. Sin embargo, dichas estructuras de lámina de acero presentaron los problemas de presentar baja tensión de fluencia y presentar problemas de plegabilidad.

- 25 Además, PLT 3 describe un método para producir lámina de acero de calibre fino que presenta una alta capacidad de absorción de energía del impacto con un alto rendimiento de una manera estable por laminación en frío. Sin embargo, este método adolecía de gran ablandamiento de la zona afectada por el calor (ZAC) de la zona soldada por arco y la incapacidad para obtener una suficiente resistencia de la unión de soldadura y, además, era desventajosa en términos de costes de producción.

- 30 Se ha descrito como un método para obtener lámina de acero laminada en caliente que presente excelente plegabilidad y un alto límite de elasticidad, por ejemplo, el método para dispersar Ti, Nb y otros carburos de aleación en el acero tal como se muestra en PLT 4 a 6. Sin embargo, la lámina de acero que utiliza dicho endurecimiento por precipitación a veces adolece de un gran ablandamiento de la zona afectada por el calor soldada por arco y una disminución en la resistencia de la unión. Además, había los problemas de que a veces tenía lugar fractura por fragilidad a una baja temperatura y a veces la cantidad de absorción de energía del impacto llegaba a ser pequeña.

- 35 Por otra parte, como técnica para suprimir el ablandamiento de la zona afectada por calor de soldadura, PLT 7 describe el método para añadir conjuntamente Mo y Nb o Ti, mientras que PLT 8 describe el método para optimizar los ingredientes de manera que se elimine el ablandamiento de la ZAC incluso en acero endurecido por precipitación que contiene Ti. Sin embargo, con estos métodos, había los problemas de que a veces tenía lugar fractura por fragilidad a una temperatura baja y a veces la cantidad de absorción de energía del impacto llegaba a ser pequeña.

- 40 PLT 9 describe el método para establecer condiciones de laminación adecuadas del laminado en bruto a laminado acabado de la plancha de acero y un tratamiento de enfriamiento posterior adecuado de manera que se produzca lámina de acero laminada en caliente para uso de tubería de acero soldada por resistencia eléctrica de alta resistencia que presenta una excelente tenacidad a baja temperatura y soldabilidad. Este método controla la recristalización en el laminado en bruto y el laminado acabado de la plancha de acero para obtener una estructura de metal de grano fino y obtener lámina de acero que presente excelente tenacidad a baja temperatura, pero no está destinado a controlar el tamaño o la distribución de carbonitruros de aleación. Como resultado, no se optimizan, así
- 45 hubo el problema de un descenso de la absorción de energía del impacto.

- 50 PLT 10 describe un método para establecer una tasa de reducción de laminación adecuada y un tiempo de retención en el procedimiento de laminado en bruto de una plancha de acero y condiciones de laminado acabado adecuadas para que se produzca lámina de acero de alta resistencia laminada en caliente que presente excelente tenacidad y resistencia al agrietamiento por hidrógeno. El objeto de la optimización del procedimiento de laminado en bruto en este método es la promoción de la recristalización del acero, pero no se destina a controlar el tamaño o la distribución de precipitados de aleación. Como resultado, no se optimizan, así hubo el problema de un descenso en la absorción de energía del impacto. Teniendo en cuenta las condiciones de laminado acabado también, con el
- 55 método descrito en PLT 10, hubo el problema de que no es posible controlar el tamaño o la distribución de los precipitados de aleación y no se puede obtener una excelente energía de absorción del impacto.

5 PLT 11 describe la técnica de dispersar convenientemente las partículas precipitadas en la zona afectada por calor soldada a fin de obtener lámina de acero laminada en caliente de alta resistencia que presente una excelente resistencia al ablandamiento de la ZAC. Sin embargo, esta técnica dispersa los precipitados finos en la ZAC de la lámina de acero durante la soldadura por arco, pero el tamaño de las partículas precipitadas en el acero no está optimizado, así como resultado hubo el problema de que la lámina de acero no era excelente en absorción de energía del impacto. La patente europea EP 2130 938 describe un acero bainítico-ferrítico de tamaño de grano pequeño que presenta carbonitruros dispersados muy pequeños.

Lista de citaciones

Bibliografía de patentes

- 10 PLT 1: Publicación de Patente Japonesa N° 2007-284776A
PLT 2: Publicación de Patente Japonesa N° 2005-290396A
PLT 3: Publicación de Patente Japonesa N° 10-58004A
PLT 4: Publicación de Patente Japonesa N° 2009-185361A
PLT 5: Publicación de Patente Japonesa N° 2007-9322A
15 PLT 6: Publicación de Patente Japonesa N° 2005-264239A
PLT 7: Publicación de Patente Japonesa N° 2003-231941A
PLT 8: Publicación de Patente Japonesa N° 2001-89816A
PLT 9: Publicación de Patente Japonesa N° 2001-207220A
PLT 10: Publicación de Patente Japonesa N° 10-298645A
20 PLT 11: Publicación de Patente Japonesa N° 2008-280552A

Bibliografía no de patentes

NPLT 1: Nippon Steel Technical Reports, vol. 378 (2.003), pág. 2

Sumario de la invención

Problema técnico

25 La presente invención se realizó teniendo en cuenta los problemas anteriores y tiene como objeto proporcionar lámina de acero laminada en caliente de máxima resistencia a la tracción 600 MPa o límite de elasticidad más alto que presente tanto una excelente absorción de energía del impacto a baja temperatura como resistencia al ablandamiento de la ZAC y un método para producción de la misma.

Solución al problema

30 Los autores etc. investigaron con detalle los factores que influyen en el ablandamiento de la ZAC y absorción de energía del impacto a baja temperatura de lámina de acero que contiene Ti y otros carbonitruros de aleaciones por los cuales se puede obtener de manera estable un límite de elasticidad alto. Como resultado, descubrieron que la cantidad de ablandamiento de la ZAC se puede suprimir estableciendo cantidades adecuadas de Ti, Nb y Mn.

35 Además, los autores etc. estudiaron profundamente a continuación el método para mejorar la absorción de energía del impacto a baja temperatura y descubrieron por primera vez que reduciendo el porcentaje del área de perlita en la estructura de metal de la lámina de acero y eliminando más bien tanto como era posible la austenita y martensita retenidas, que en el pasado había sido considerado ventajoso para mejorar la capacidad de absorción de energía del impacto y además optimizando la red que correspondía con el Fe de la matriz y el tamaño de los carbonitruros de aleaciones que contienen Ti y Nb que se dispersan en el acero, en particular controlando el tamaño de partícula de los carbonitruros de aleaciones con interfases incoherentes, se mejora la absorción de energía del impacto a baja temperatura, que fue un problema en acero endurecido por precipitación.

40 En general, en el acero endurecido por precipitación que contiene Nb y Ti, los precipitados se controlan de manera que estén presentes en un estado de buena correspondencia de red con una orientación del cristal específica en relación con el Fe de la matriz, pero esta vez los autores etc. investigaron la relación con la absorción de energía del impacto a baja temperatura y como resultado descubrieron que los carbonitruros de aleaciones en el estado precipitado con buena correspondencia de red con el Fe de la matriz tendían a no convertirse en obstáculos para el comienzo y la propagación de grietas, mientras que los carbonitruros de aleaciones en un estado incoherente con el Fe de la matriz reducen la cantidad de absorción de energía del impacto a baja temperatura incluso si son

- relativamente pequeños de tamaño. El mecanismo por el cual la correspondencia de la red de los carbonitruros de aleaciones con la matriz afecta a la cantidad de absorción de energía del impacto a baja temperatura no está determinado, pero puede ser que si la correspondencia de la red de carbonitruros de aleaciones y el Fe de la matriz es deficiente, esto llega a ser un punto de partida para el despegue interfacial o la formación de huecos y fomenta tanto la fractura dúctil como la fractura por fragilidad.
- Los autores etc. comprometidos en extensos estudios sobre el procedimiento de producción y los intervalos de los ingredientes para realizar el tipo anterior de estructura y como resultado lámina de acero laminada en caliente de resistencia a la tracción máxima completada 600 MPa o más y lámina de acero recubierta que consigue tanto una resistencia al ablandamiento de la ZAC como absorción de energía a baja temperatura y además presentan alto límite de elasticidad y excelente plegabilidad. Esto es, la síntesis de la presente invención es como sigue:
- (1) Lámina de acero laminada en caliente de alto límite de elasticidad que presenta una excelente absorción de energía del impacto a baja temperatura y resistencia al ablandamiento de la ZAC caracterizada por que comprende, % en masa,
- C: 0,04 a 0,09%,
- Si: 0,4% o menos,
- Mn: 1,2 a 2,0%,
- P: 0,1% o menos,
- S: 0,02% o menos,
- Al: 1,0% o menos,
- Nb: 0,02 a 0,09%,
- Ti: 0,02 a 0,07% y
- N: 0,005% o menos,
- un equilibrio de Fe e impurezas inevitables,
- donde $2,0 \leq \text{Mn} + 8[\% \text{Ti}] + 12[\% \text{Nb}] \leq 2,6$ y
- con una estructura de metal que comprende un porcentaje del área de perlita de 5% o menos, un porcentaje de área total de martensita y austenita retenida de 0,5% o menos y un equilibrio de una o ambas de ferrita y bainita,
- con un tamaño de grano promedio de ferrita y bainita de 10 μm o menor,
- con un tamaño de grano promedio de carbonitruros de aleaciones con interfases incoherentes que contienen Ti y Nb de 20 nm o menor,
- con un límite de elasticidad de 0,85 o más y con una máxima resistencia a la tracción de 600 MPa o más.
- (2) La lámina de acero laminada en caliente de alto límite de elasticidad que presenta una excelente absorción de energía del impacto a baja temperatura y resistencia al ablandamiento de la ZAC según (1), caracterizada por que comprende además, % en masa, V: 0,01 a 0,12%.
- (3) La lámina de acero laminada en caliente de alto límite de elasticidad que presenta una excelente absorción de energía del impacto a baja temperatura y resistencia al ablandamiento de la ZAC según la reivindicación 1 ó 2, caracterizada por que comprende además, % en masa, uno o más de Cr, Cu, Ni y Mo en un total de 0,02 a 2,0%.
- (4) La lámina de acero laminada en caliente de alto límite de elasticidad que presenta una excelente absorción de energía del impacto a baja temperatura y resistencia al ablandamiento de la ZAC según una cualquiera de (1) a (3), caracterizada por que comprende además, % en masa, B: 0,0003 a 0,005%.
- (5) La lámina de acero laminada en caliente de alto límite de elasticidad que presenta una excelente absorción de energía del impacto a baja temperatura y resistencia al ablandamiento de la ZAC según una cualquiera de (1) a (4), caracterizada por que comprende además, % en masa, uno o más de Ca, Mg, La y Ce en un total de 0,0003 a 0,01%.
- (6) Lámina de acero laminada en caliente de alto límite de elasticidad que presenta una excelente absorción de energía del impacto a baja temperatura y resistencia al ablandamiento de la ZAC caracterizada por que la lámina de acero laminada en caliente de alto límite de elasticidad según una cualquiera de (1) a (5) está chapada o chapada con aleación en una superficie.

5 (7) Un método de producción de lámina de acero laminada en caliente de alto límite de elasticidad que presenta una excelente absorción de energía del impacto a baja temperatura y resistencia al ablandamiento de la ZAC caracterizada por que comprende, calentar una plancha de acero con una composición según una cualquiera de (1) a (5) a 1.150°C o más, laminar en bruto la plancha de acero calentada, acabar el laminado en bruto a una temperatura entre 1.000°C y 1.080°C, en la que un intervalo de laminado máximo en el laminado en bruto que se realiza a 1.150°C o menor es 45 s o menor, después de laminar en bruto, mantener la plancha de acero durante un tiempo t1 (s) de retención que satisface la siguiente fórmula (1), después empezar el laminado acabado, realizando laminado acabado con una temperatura Tf de laminado final que satisface la siguiente fórmula (2) de manera que se obtiene como lámina de acero,

10 empezar el enfriamiento con agua de la lámina de acero en 3 segundos después del laminado acabado, después enfriar la lámina de acero a una temperatura de 700°C o menor a una velocidad de enfriamiento más baja de 8°C/s o más y enrollar la lámina de acero a una temperatura entre 530°C y 650°C.

$$1.000x([\%Ti] + [\%Nb]) > t1 \dots \text{fórmula (1)}$$

$$Tf > 830 + 400([\%Ti] + [\%Nb]) \dots \text{fórmula (2)}$$

15 (8) El método de producción de lámina de acero laminada en caliente de alto límite de elasticidad según (7) caracterizada por que una temperatura Tf de laminado final satisface la siguiente fórmula (3).

$$Tf > 830 + 800([\%Ti] + [\%Nb]) \dots \text{fórmula (3)}$$

20 (9) Un método de producción de lámina de acero chapada laminada en caliente de alto límite de elasticidad que presenta una excelente absorción de energía del impacto a baja temperatura y resistencia al ablandamiento de la ZAC caracterizada por que comprende, decapar la lámina de acero laminada en caliente que se obtuvo por el método de producción según (7) u (8), calentar la lámina de acero a la temperatura Ac3 o menor, sumergir después la lámina de acero en un baño de recubrimiento para chapar la superficie de la lámina de acero.

25 (10) El método de producción de lámina de acero chapada laminada en caliente de alto límite de elasticidad que presenta una excelente absorción de energía del impacto a baja temperatura y resistencia al ablandamiento de la ZAC según (9) caracterizada por que comprende además alear la lámina de acero chapada después del recubrimiento.

Efectos ventajosos de la invención

30 Según la lámina de acero laminada en caliente de la presente invención, debido a la configuración anterior, es posible obtener lámina de acero laminada en caliente de alto límite de elasticidad que presente una resistencia a la tracción máxima de 600 MPa o más y presente excelente resistencia al ablandamiento de la ZAC y absorción de energía a baja temperatura y además plegabilidad. Con lámina de acero convencional, había los problemas de que había restricciones en el uso y la operación a una temperatura baja y no se podía obtener suficiente resistencia de unión, pero según la lámina de acero laminada en caliente de la presente invención, llega a ser posible el uso en regiones frías, la resistencia mejorada permite que los productos se reduzcan en espesor y se puede esperar el efecto de reducción de peso de maquinaria de construcción, automóviles y camiones.

35 Además, según el método de producción de lámina de acero laminada en caliente que presenta una excelente absorción de energía del impacto a baja temperatura y una resistencia al ablandamiento de la ZAC de la presente invención, llega a ser posible producir lámina de acero laminada en caliente de alto límite de elasticidad que presenta una resistencia máxima a la tracción de 600 MPa o más y presenta excelente resistencia al ablandamiento de la ZAC y absorción de energía a baja temperatura y además plegabilidad.

40 Obsérvese que, en la presente invención, excelente absorción de energía del impacto a baja temperatura significa que la absorción de energía del impacto en un ensayo de impacto Charpy a -40°C es 70 J/cm² o más. Además, excelente resistencia al ablandamiento de la ZAC significa una diferencia ΔHV (=HV_{BM}-HV_{ZAC}) de 40 o menor entre la dureza Vicker (HV_{ZAC}) de la parte más blanda de la zona afectada por calor (ZAC) soldada y la dureza Vicker (HV_{BM}) del material de base en el momento de soldadura por arco por una corriente de soldadura, voltaje y velocidad de soldadura seleccionadas para proporcionar buena conformación de cordón y por una entrada de calor de soldadura de 10.000 J/cm o menor. Además, "excelente plegabilidad" significa un r_{lim}/t de 1,0 o menor cuando el espesor de la pieza de ensayo en un ensayo de flexión de 90°V es "t" y el radio límite de curvatura donde no tienen lugar grietas es r_{lim}.

50 Breve descripción de los dibujos

[FIG. 1] Un gráfico que expresa la relación entre Mn+8Ti+12Nb y vE₋₄₀ e ΔHV.

[FIG. 2] Un gráfico que expresa el efecto de la cantidad de Ti+Nb sobre la relación entre el tiempo t1 de retención y vE₋₄₀ del laminado en bruto final al comienzo de la laminación de acabado.

[FIG. 3] Un gráfico que expresa la relación de la masa de Ti+Nb y Tf (°C) de los ejemplos de la invención y dos tipos de ejemplos comparativos (A-7 y B-6) entre los tipos de acero que se presentan en la Tabla 2.

Descripción de las realizaciones

5 A continuación, se explicará con detalle la presente invención. Primero, se explicarán las razones para limitar los ingredientes del acero de la lámina de acero laminada en caliente de alto límite de elasticidad que presenta una excelente absorción de energía del impacto a baja temperatura y resistencia al ablandamiento de la ZAC de la presente invención. Aquí, el "%" para los ingredientes significa % en masa.

"C: 0,04 a 0,09%"

10 Si la cantidad de C es menor que 0,04%, es difícil asegurar una resistencia a la tracción máxima de 600 MPa o más. Por otra parte, si es más de 0,09%, lo grueso y los carbonitruros de aleaciones con interfases incoherentes que contienen Ti y Nb aumentan y disminuye la absorción de energía del impacto a baja temperatura, así se limitó el contenido a 0,04% a 0,09% en el intervalo.

"Si: 0,4% o menor"

15 Si la cantidad de Si excede de 0,4%, a veces queda martensita o austenita retenida en la estructura de la lámina de acero y disminuyen la tenacidad a baja temperatura y la absorción de energía del impacto. Por esta razón, el intervalo adecuado se hizo 0,4% o menor. Desde el punto de vista de asegurar la plegabilidad, es más preferible 0,2% o menor. El límite inferior de la cantidad de Si no se establece particularmente, pero es menor que 0,001%, el coste de producción aumenta, así 0,001% es el límite inferior sustantivo.

"Mn: 1,2 a 2,0%"

20 Se usa Mn para asegurar la resistencia de la matriz por control de la estructura de metal del acero. Además, este es un elemento que contribuye a la supresión de ablandamiento ZAC de la zona de soldadura. Si es menor que 1,2%, el porcentaje de área de la perlita aumenta, disminuye la absorción de energía del impacto a baja temperatura y además aumenta la cantidad de ablandamiento ZAC, así la resistencia de la unión de soldadura disminuye notablemente comparado con la resistencia de la matriz. Si está contenido más de 2,0%, a veces se forma martensita dura y disminuye la absorción de energía del impacto a baja temperatura, así el intervalo adecuado se hace 2,0% o menor. Desde el punto de vista de asegurar la plegabilidad, el contenido es más preferiblemente 1,8% o menor.

"P: 0,1% o menor"

30 Se usa P para asegurar la resistencia del acero. Sin embargo, si se incluye más de 0,1%, la tenacidad a baja temperatura disminuye y, además, no se puede obtener la absorción de energía del impacto a baja temperatura, así el intervalo adecuado se hace 0,1% o menor. El límite inferior no está fijado en particular, pero si es menor que 0,001%, el coste de producción aumenta, así 0,001% es el límite inferior sustantivo.

"S: 0,02% o menor"

35 S es un elemento que afecta a la absorción de energía del impacto. Si se incluye más de 0,02%, incluso si se controla el porcentaje de área de la estructura de metal y el tamaño de partícula promedio de los carbonitruros de aleaciones, no se puede obtener una absorción de energía del impacto a baja temperatura, así el intervalo adecuado se hace 0,02% o menor. El límite inferior no está fijado en particular, pero si es menor que 0,0003%, el coste de producción aumenta, así 0,0003% es el límite inferior sustantivo.

"Al: 1,0% o menor"

40 Se usa Al para desoxidación y control de la estructura de metal de la lámina de acero. Si es más del 1,0%, la zona afectada por el calor en soldadura por arco se ablanda y no se puede obtener suficiente resistencia de la unión de soldadura, así el intervalo adecuado se hace 1,0% o menor. El límite inferior no está fijado en particular, pero si es menor que 0,001%, el coste de producción aumenta, así 0,001% es el límite inferior sustantivo.

"Nb: 0,02 a 0,09%"

45 Se usa Nb como un elemento de endurecimiento por precipitación para ajustar la resistencia del acero y se usa para suprimir el ablandamiento de la ZAC soldada. Si es menor que 0,02%, no se observa efecto de supresión de ablandamiento de la ZAC soldada, mientras que si es más de 0,09%, los carbonitruros de aleaciones gruesos que contienen Ti y Nb precipitados incoherentes aumentan y llega a ser menor la absorción de energía del impacto a baja temperatura, así se limitó el contenido a 0,02% a 0,09% en el intervalo.

50 "Ti: 0,02 a 0,07%"

Se usa Ti como un elemento de endurecimiento por precipitación para ajustar la resistencia del acero y se usa para

suprimir el ablandamiento de la ZAC soldada. Si es menor que 0,02%, es más difícil obtener la máxima resistencia a la tracción de 600 MPa o más. Además, si es más de 0,07%, los carbonitruros de aleaciones gruesos precipitados incoherentes que contienen Ti y Nb aumentan y llega a ser menor la absorción de energía del impacto a baja temperatura, así se limita el contenido a 0,02% a 0,07% en el intervalo. Para obtener de manera estable un límite de elasticidad de 0,85 o más, se hace preferiblemente 0,03% el límite inferior.

"N: 0,005% o menor"

El N contribuye al tamaño de grano de la estructura de metal de la lámina de acero por formación de nitruros. Sin embargo, si es más del 0,005%, el grueso y los carbonitruros de aleaciones con interfases incoherentes que contienen Ti y Nb aumentan y llega a ser menor la absorción de energía del impacto a baja temperatura, así se limitó el contenido a 0,005% o menor en el intervalo. El límite inferior no está fijado en particular, pero si es menor que 0,0003%, el coste de producción aumenta, así 0,0003% es el límite inferior sustantivo.

" $2,0 \leq \text{Mn} + 8[\% \text{Ti}] + 12[\% \text{Nb}] \leq 2,6$ "

" $\text{Mn} + 8[\% \text{Ti}] + 12[\% \text{Nb}]$ " es el total de las razones de contribución de los diferentes elementos relativo a la absorción de energía del impacto a baja temperatura y el ablandamiento ZC debido a soldadura. Como se muestra en la FIG. 1, si se representa gráficamente la relación del indicador de la absorción de energía del impacto de v_{E-40} y el indicador de ablandamiento ZAC de ΔHV para 11 tipos de acero que difieren en Ti y Nb, si el valor de este parámetro es menor que 2,0, no se puede obtener una suficiente resistencia al ablandamiento de la ZAC (esto es, $\Delta \text{HV} > 40$) y llega a ser difícil obtener una máxima resistencia a la tracción de 600 MPa o más, mientras que si es más de 2,6, el grueso y los carbonitruros de aleaciones con interfases incoherentes que contienen Ti y Nb aumentan y llega a ser menor la absorción de energía del impacto a baja temperatura (esto es, $v_{E-40} < 70 \text{ J/cm}^2$). Por esta razón, el intervalo adecuado se limitó a 2,0 a 2,6 en el intervalo.

En la presente invención, como ingredientes del acero, además de los elementos esenciales anteriores, también es posible incluir de manera selectiva los siguientes de tales elementos.

"V: 0,01 a 0,12%"

Se puede usar V para ajustar la resistencia del acero. Sin embargo, si el contenido de V es menor que 0,01%, no hay tal efecto. Además, si es más de 0,12%, tiene lugar fragilización y desciende la absorción de energía del impacto a baja temperatura. Por esta razón, el intervalo adecuado se limitó a 0,01 a 0,12%.

"Uno o más de Cr, Cu, Ni y Mo en Total de 0,02 a 2,0%"

Se puede usar Cr, Cu, Ni y Mo para controlar la estructura del acero. Sin embargo, si el contenido total de uno o más de estos elementos es menor que 0,02%, no hay efecto anterior que acompañe a la adición. Además, si es más de 2,0%, se retiene austenita y desciende la absorción de energía del impacto a baja temperatura. Por esta razón, el intervalo adecuado del total de estos elementos se limitó a 0,02 a 2,0%.

"B: 0,0003 a 0,005%"

Se puede usar B para controlar la estructura de la lámina de acero. Sin embargo, si la cantidad de B es menor que 0,0003%, no se presenta ese efecto. Además, si es más de 0,005%, se forma a veces martensita y disminuye la absorción de energía del impacto a baja temperatura. Por esta razón, el intervalo adecuado se limitó a 0,0003 a 0,005%.

"Uno o más de Ca, Mg, La y Ce en un Total de 0,0003 a 0,01 %"

Se puede usar Ca, Mg, La y Ce para desoxidación del acero. Sin embargo, si la cantidad total de uno o más de estos elementos es menor que 0,0003%, no hay dicho efecto, mientras que si es más del 0,01%, tiene lugar fractura por fragilidad a una temperatura baja y disminuye la absorción de energía del impacto. Por esta razón, el intervalo adecuado se limitó a 0,0003 a 0,01%.

Obsérvese que el equilibrio de los ingredientes es Fe e impurezas inevitables, pero los ingredientes del acero en la presente realización no están limitados en particular respecto a otros elementos. Pueden estar incluidos de manera adecuada varios elementos para ajustar la resistencia.

Después, se explicará la estructura de metal de la lámina de acero laminada en caliente de la presente invención.

La lámina de acero laminada en caliente de la presente invención puede contener ferrita y bainita como fases principales y un equilibrio de una o más de perlita, martensita y austenita retenida.

"Porcentaje de área de perlita"

En acero endurecido por precipitación que contiene Nb y Ti, si el porcentaje de área de perlita excede de 5%, tiene lugar fácilmente fractura por fragilidad a una temperatura baja y, además, disminuye la absorción de energía del

impacto, así se hizo el límite superior 5%. Desde el punto de vista de asegurar la plegabilidad, 3% o menor es el intervalo preferible. Obsérvese que, el límite inferior no está fijado en particular, pero es más preferible tener un porcentaje de área de perlita próximo a cero con respecto a la absorción de energía del impacto.

"Porcentaje de área total de martensita y austenita retenida"

5 En acero endurecido por precipitación que contiene Nb y Ti, si el porcentaje de área total de martensita y austenita retenida excede de 0,5%, tiene lugar fácilmente rotura por fragilidad a una temperatura baja y, además, disminuye la absorción de energía del impacto. Por esta razón, el límite superior del porcentaje de área total se hizo 0,5%. Obsérvese que, el límite inferior no está fijado en particular, pero es más preferible que presente un porcentaje de área total de martensita y austenita retenida próximo a cero con respecto a la absorción de energía del impacto.

10 "Estructura de metal que presenta equilibrio de una o ambas de ferrita y bainita"

Los porcentajes de área de éstas no están limitados en particular, pero desde el punto de vista de asegurar la plegabilidad, el porcentaje de área de bainita se hace preferiblemente 10% o más.

"Tamaño de grano promedio de ferrita y bainita"

15 El tamaño de grano promedio de ferrita y bainita es un factor correlativo. Si el tamaño de partícula promedio es más de 10 μm , incluso si se controla el tamaño de partícula promedio de los carbonitruros de aleaciones que contienen Nb y Ti, a veces no se puede asegurar la absorción de energía del impacto a baja temperatura, así se hizo el límite superior 10 μm . 8 μm o menor es una condición preferible que permite que la absorción de energía del impacto se asegure de manera más estable. El límite inferior no está fijado en particular, pero si el tamaño es menor que 2 μm , el coste de producción aumenta notablemente, así 2 μm es el límite inferior sustantivo.

20 En la presente invención, la estructura de metal de la lámina de acero se puede observar basándose en JIS G 0551 por un microscopio óptico. La superficie observada se obtiene puliendo la lámina de acero, atacándola después mediante una disolución corrosiva de Nital.

25 Los porcentajes de área de ferrita, bainita, perlita y martensita se pueden medir por el método de recuento de puntos o análisis de la imagen usando fotografías estructurales obtenidas mediante un microscopio óptico o microscopio electrónico de tipo barrido (SEM, por sus siglas en inglés). El porcentaje de área de austenita retenida se mide mediante difracción de rayos X.

En la presente invención, "bainita" incluye bainita superior, bainita inferior y bainita granular. Además, "perlita" incluye perlita y pseudo perlita.

30 El tamaño de grano se puede medir por observación mediante un microscopio óptico o por análisis de orientación del cristal por el método EBSD. Aquí, "el tamaño de grano" es el tamaño de grano promedio "d" que se describe en JIS G 0551.

"Tamaño de partícula promedio de carbonitruros de aleaciones con interfases incoherentes que contienen Ti y Nb"

35 El tamaño de partícula de los carbonitruros de aleaciones que contienen Ti y Nb y la red correspondiente con la estructura de la matriz ferrita o bainita son factores importantes relativos a la absorción de energía del impacto a baja temperatura. En general, en el acero endurecido por precipitación, es conocido que causan la precipitación de carbonitruros de aleaciones finos con buena correspondencia de red con la estructura de la matriz como partículas finas, pero para mejora de la tenacidad a baja temperatura y mejora de la absorción de energía del impacto, es importante controlar las partículas de carbonitruros de aleaciones con deficiente correspondencia de red con la estructura de la matriz. Si el tamaño de partícula promedio de los carbonitruros de aleaciones con interfases incoherentes que degradan la correspondencia de red es más de 20 nm, la absorción de energía del impacto a baja temperatura disminuye, así el intervalo adecuado se limitó a 20 nm o menor. Desde el punto de vista de obtener una absorción de energía del impacto mejor, 10 nm o menor es el intervalo más preferible. El límite inferior no está fijado en particular, pero como un tamaño que permite el análisis de la orientación del cristal del precipitado, 2 nm es el límite inferior sustantivo.

45 Aquí, "carbonitruros de aleaciones con interfases incoherentes" significa el estado no coherente precipitado en la estructura de la matriz de ferrita o bainita y uniendo ferrita y bainita no teniendo las siguientes relaciones de orientación del cristal (relaciones de orientación Baker-Nutting):

(100)MX//(100)Fe

(010)MX//(011)Fe

50 (001)MX//(0-11)Fe (Nota: -1 es notación alternativa para 1 con barra encima).

Aquí, M indica Ti y Nb. Los porcentajes ocupados por Ti y Nb no son un problema. Además, X indica C y N. Los porcentajes ocupados por C y N no son un problema. Cuando se añade V o Mo, a veces M contiene V o Mo.

Obsérvese que, se analizó la orientación del cristal de los carbonitruros de aleaciones con interfases incoherentes y se midió el tamaño de partícula promedio usando un microscopio electrónico de tipo transmisión (TEM, por sus siglas en inglés). Primero, se preparó una muestra de plancha de acero en una película delgada de una extensión por la cual se hicieron pasar haces de electrones, se usó TEM para analizar la orientación del cristal entre el precipitado y el Fe de la fase de la matriz circundante, después se midió el tamaño de partícula promedio de 20 precipitados en orden desde los precipitados de diámetro mayor en los precipitados que se juzgaron que eran precipitados incoherentes. Aquí, el "tamaño de partícula de un precipitado" se mide como el diámetro del círculo equivalente cuando se asume un círculo equivalente al área transversal de una partícula.

"Límite de elasticidad de 0,85 o más"

Si el límite de elasticidad es menor que 0,85, a veces la absorción de energía del impacto a baja temperatura disminuye y la plegabilidad disminuye. Por esta razón, el límite inferior del límite de elasticidad se hizo 0,85.

Obsérvese que, en la presente invención, se usó r_{lim}/t como el criterio para evaluación de la plegabilidad. Aquí, "t" es el espesor de la pieza de ensayo y r_{lim} es el radio límite de curvatura al que no tienen lugar grietas en un ensayo de flexión de 90° V. Un r_{lim}/t de 1,0 o menor se consideró buena plegabilidad. 0,5 o menor es el intervalo más preferible. El límite superior no está fijado en particular, pero si el valor está por encima de 1,1, la plegabilidad puede disminuir, así 1,1 o menor es el intervalo más preferible.

"Máxima resistencia a la tracción de 600 MPa o más"

Si la máxima resistencia a la tracción es menor que 600 MPa, la lámina de acero no contribuye a una reducción del peso de las piezas de coches, camiones, maquinaria de construcción, etc., así en la presente invención, se asume lámina de acero de una máxima resistencia a la tracción de 600 MPa o más.

A continuación, se explicará con detalle el método de producción.

Antes de la laminación en caliente, es necesario calentar la plancha de acero de los ingredientes que se prescriben en la presente invención a 1.150°C o más para hacer los carbonitruros de aleaciones que están presentes en la plancha de acero un estado de disolución sólido. Si la temperatura de calentamiento es menor que 1.150°C, llega a ser difícil obtener una concentración de una resistencia a la tracción máxima 600 MPa o más. Además, los carbonitruros de aleaciones gruesos no se disuelven lo suficiente y como resultado quedan carbonitruros de aleaciones gruesos, así que disminuye la absorción de energía del impacto a baja temperatura. Por esta razón, la temperatura de calentamiento de la plancha de acero se limitó a 1.150°C o más. El límite superior no está fijado en particular, pero si está por encima de 1.300°C, el efecto llega a estar saturado, así este es el límite superior sustantivo.

La plancha de acero calentada anterior se lamina en bruto a una barra en bruto. Esta laminación en bruto se tiene que completar entre 1.000°C y 1.080°C. Si la temperatura de acabado es menor que 1.000°C, los carbonitruros de aleaciones brutos precipitan en la austenita y disminuye la absorción de energía del impacto a baja temperatura, mientras que si es 1.080°C o más, los granos de austenita llegan a ser más gruesos, no es posible obtener un tamaño de grano promedio de ferrita y bainita de 10 μm o menor en la estructura transformada después de laminado acabado, enfriamiento y enrollado, la tenacidad a baja temperatura empeora y disminuye la absorción de energía del impacto. Además, en laminado en bruto realizado a 1.150°C o menor, el tiempo de retención entre pases de reducción de laminación es un parámetro importante que afecta al tamaño promedio de partícula de los carbonitruros de aleaciones incoherentes. En el método de la presente invención, la laminación en bruto se realiza normalmente por laminación 3 a 10 veces o así, más preferiblemente laminación 5 a 10 veces, pero si el tiempo t_0 de retención máximo entre pases de laminación realizados a 1.150°C o menor es 45 s o más, los carbonitruros de aleaciones llegan a ser más gruesos en una extensión que afecta a la absorción de energía del impacto. Por esta razón, el tiempo de retención entre los pases de reducción de laminación se limitó a 45 segundos. En 30 segundos es más preferible.

A continuación, la barra en bruto se enrolla para acabado para obtener un material enrollado.

El tiempo (t_1) después de laminado en bruto acaba al comienzo del laminado de acabado es un parámetro importante que afecta al tamaño de partícula promedio de los carbonitruros de aleaciones y el tamaño de grano de la ferrita y bainita después de la transformación. Como se muestra en la FIG. 2, cuanto mayor la cantidad total de Ti y Nb, mayor el tiempo t_1 de retención (marca de flecha en la figura) donde la absorción de energía al impacto (vE_{-40}) se desplaza de buena (OK) a no buena (NB). El tiempo t_1 (s) de retención donde la absorción se desplaza de buena (OK) a no buena (NB) se corresponde sustancialmente con $1.000x([\%Ti]+[\%Nb])$. De esta manera, si el tiempo t_1 (s) de retención desde después de que acaba el laminado en bruto a cuando empieza el laminado acabado es $1.000x([\%Ti]+[\%Nb])$ s o más, los carbonitruros de aleaciones gruesos precipitan en la austenita, los granos de cristal de austenita llegan a ser más gruesos, no es posible obtener un tamaño de grano promedio de ferrita y bainita de 10 μm o menor en la estructura transformada después de laminado acabado, enfriamiento y enrollado, la tenacidad a baja temperatura empeora y disminuye la absorción de energía del impacto. $700x([\%Ti]+[\%Nb])>t_1$ s es el intervalo más preferible. De acuerdo con esto, el tiempo t_1 (s) de retención se definió por la siguiente fórmula (1):

1.000x([%Ti]+[%Nb])>t1.....fórmula (1)

Además, en el laminado acabado en caliente, la temperatura Tf de laminado final tiene un efecto sobre el tamaño de partícula promedio de los carbonitruros de aleaciones y el tamaño de grano de ferrita y bainita después de la transformación, así es una condición importante en la presente invención y cambia dependiendo de los contenidos de Ti y Nb.

Se conoció que si la temperatura de acabado final Tf es $830+400x$ ([%Ti]+[%Nb]) o menor, los carbonitruros de aleaciones gruesos sin correspondencia de red con la matriz precipitan y disminuye la absorción de energía del impacto a baja temperatura. Por lo tanto, la temperatura de laminado final Tf se fija para satisfacer la siguiente fórmula (2).

$Tf > 830 + 400([\%Ti] + [\%Nb])$ fórmula (2)

Esta relación (2) se encuentra de la relación del tipo de acero de la Tabla 2 explicada más adelante y la temperatura de laminación final Tf. La FIG. 3 muestra la relación entre el % en masa de Ti+Nb y Tf (°C) de un ejemplo de la invención y el ejemplo comparativo (A-7 y B-6) en los tipos de acero que se muestran en la Tabla 2. Aquí, se sabe que el caso donde el coeficiente "a" de la parte "a([%Ti]+[%Nb])" se hace 400, esto es, fórmula (2), es el límite al cual la energía de absorción del impacto a -40°C vE-40 llega a ser 70 J/cm² o más.

Cuando el coeficiente "a" es 800, esto es, cuando

$Tf > 830 + 800([\%Ti] + [\%Nb])$ fórmula (3),

comparado con cuando el coeficiente "a" es 400, la energía de absorción del impacto a -40°C vE-40 se desplaza algo del límite de 70 J/cm² o más. Sin embargo, en la región donde el coeficiente "a" es 400 a 800, el tiempo de espera hasta el comienzo de la laminación de acabado llega a ser más prolongado y la posibilidad de que los carbonitruros de aleaciones empiecen a precipitar se hace mayor, así la Tf se controla preferiblemente basándose en la fórmula (3) donde el coeficiente "a" es 800.

El límite superior de la temperatura Tf de laminación final no está fijado en particular, pero el tamaño de grano de la ferrita y bainita tiende a hacerse más grueso, así 970°C o menor es más preferible.

Justo después de la laminación final, se enfría en agua el material laminado. El tiempo desde cuando acaba la laminación final al comienzo del enfriamiento por aire tiene un efecto sobre la tenacidad del material de base a baja temperatura y la absorción de energía del impacto por el tamaño de partícula γ y el tamaño de partícula promedio de los carbonitruros de aleaciones. Si el tiempo de enfriamiento al aire justo después de la laminación final excede de 3 s, la absorción de energía del impacto tiende a disminuir, así el enfriamiento con agua empieza en 3 segundos. El límite inferior no está fijado en particular, pero en instalaciones generales es sustancialmente 0,2 s o más.

Después del enfriamiento por aire justo después de la laminación final, el material laminado se enfría para obtener la lámina de acero laminada en caliente. Este enfriamiento es un procedimiento importante para controlar la estructura del metal. El enfriamiento se realiza por debajo de 700°C o menor por la velocidad de enfriamiento más baja de 8°C/s o más.

Si la temperatura de detención del enfriamiento excede de 700°C, carbonitruros de aleaciones precipitan fácilmente de manera gruesa en los límites de grano, se forma fácilmente perlita, el tamaño de grano de la ferrita llega a ser más grande y disminuye la absorción de energía del impacto a baja temperatura. Por otra parte, cuando la velocidad de enfriamiento más baja por debajo de 700°C es menor que 8°C/s, los carbonitruros de aleaciones precipitan fácilmente de manera gruesa en los límites del grano, se forma fácilmente perlita, el tamaño de grano de la ferrita llega a ser más grande y disminuye la absorción de energía del impacto a baja temperatura.

Aquí, una velocidad de enfriamiento más baja 8°C/s o más significa que la velocidad de enfriamiento entre las temperaturas de la temperatura de acabado del enfriamiento por aire a 700°C nunca llega a ser menor que 8°C/s. Por esta razón, por ejemplo, esto significa que no se realiza enfriamiento por aire en este intervalo de temperatura. De esta manera, en la presente invención, no se realiza enfriamiento por aire en el medio del procedimiento de enfriamiento usando enfriamiento con agua a diferencia de en el pasado.

La temperatura de detención del enfriamiento es más preferiblemente 680°C o menor, mientras que la velocidad de enfriamiento más baja es más preferiblemente 15°C/s o más. El límite superior de la velocidad de enfriamiento más baja no está fijado en particular, pero si la velocidad está por encima de 80°C/s, llega a ser difícil un enfriamiento uniforme en el serpentín laminado en caliente y las fluctuaciones en resistencia en el serpentín llegan a ser mayores. Por esta razón, es preferible 80°C/s o menor.

A continuación, se enrolla la lámina de acero laminada en caliente en caliente en caliente. La temperatura de enrollamiento se hace 530 a 650°C. Si la temperatura de enrollamiento es menor que 530°C, a veces se forma martensita o austenita retenida y la disminución en tenacidad a baja temperatura y disminución de absorción de energía del impacto llegan a ser notables. Además, si es por encima de 650°C, el porcentaje de área de la perlita llega a ser mayor y la

disminución en la tenacidad a baja temperatura y la disminución de absorción de energía del impacto llegan a ser notables.

5 La lámina de acero laminada en caliente así obtenida puede volver a calentarse también (recocida). En este caso, si la temperatura del recalentamiento excede de la temperatura Ac3, los carbonitruros de aleaciones gruesos precipitan y disminuye la absorción de energía del impacto a baja temperatura. Por esta razón, el intervalo adecuado de la temperatura de recalentamiento se limita a la temperatura Ac3 o menor. El método de calentamiento no está diseñado en particular y puede ser un método que use un calentador de horno, calentamiento por inducción, calentamiento óhmico, calentamiento de alta frecuencia, etc.

10 El tiempo de calentamiento no está determinado en particular, pero si el tiempo de calentamiento y de retención a 550°C o más excede de 30 minutos, para obtener una resistencia a la tracción de 590 MPa o más, la temperatura de calentamiento más alta se hace preferiblemente 700°C o menor.

Obsérvese que, el recalentamiento (recocido) se puede realizar después de enrollar la lámina de acero laminada en caliente y antes de que disminuya la temperatura a temperatura ambiente.

15 La laminación con caja de laminación o laminación niveladora es eficaz para corregir la forma, envejecimiento y mejorar las características de fatiga, así se puede realizar después de decapado o antes de decapado. Si se realiza laminación con caja de laminación, el límite superior de la velocidad de laminación se hace preferiblemente 3%. Esto es debido a que si es por encima de 3%, la aptitud para ser conformada la lámina de acero se altera. Además, se puede realizar decapado de acuerdo con el objetivo.

20 A continuación, se explicará la lámina de acero galvanizada sumergida en caliente y el método para producir la misma de la presente invención.

La lámina de acero galvanizada sumergida en caliente de la presente invención es la lámina de acero laminada en caliente mencionada anteriormente de la presente invención en la superficie de la cual se proporciona una capa de chapado o capa de chapado de aleación.

25 La lámina de acero laminada en caliente que se obtuvo por el método ya mencionado se decapó, después se usó una instalación de galvanización continua o instalación de recocido y galvanización continuos para calentar la lámina de acero y recubrirla sumergida en caliente para formar una capa de chapado sobre la superficie de la lámina de acero laminada en caliente.

30 Si la temperatura de calentamiento de la lámina de acero excede de la temperatura Ac3, tiene lugar una disminución en la resistencia a la tracción de la lámina de acero y tiene lugar una disminución en la absorción de energía del impacto a baja temperatura, así el intervalo adecuado de la temperatura de calentamiento se limita a la temperatura Ac3 o menor. Cuanto más próxima la temperatura de calentamiento a Ac3, más rápidamente disminuye la resistencia a la tracción. Los materiales de base fluctúan enormemente en grado, así Ac3-30°C o menor es el intervalo más preferible de temperatura de calentamiento.

35 Además, después de recubrimiento por inmersión en caliente, se puede realizar galvanizado recocido para obtener una capa galvanizada recocida por inmersión en caliente.

Obsérvese que, el tipo de chapado no se limita a galvanización. Puede ser también el otro recubrimiento siempre que el límite superior de la temperatura de calentamiento sea la temperatura Ac3b.

40 Además, en la presente invención, el método de producción que precede a la laminación en caliente no está limitado en particular. Esto es, se puede usar un alto horno, convertidor, horno eléctrico, etc. para fusión, después se pueden usar varios tipos de refinado secundario para ajustar los ingredientes para proporcionar los contenidos fijados como objetivo de ingredientes. A continuación, se puede fundir el acero por cualquier método tal como fundición normal continua, fundición por el método de lingotes, o también fundición de plancha delgada etc. Para el material de alimentación, se pueden usar también residuos de fabricación. En la fundición de una plancha que se obtiene por fundición continua, la plancha fundida a alta temperatura se puede enviar directamente como es al molino de laminación en caliente o se puede enfriar a temperatura ambiente, después volver a calentarla en un horno de calentamiento y después laminarse en caliente.

Ejemplos

A continuación, se usarán ejemplos para explicar más la presente invención.

50 Los aceros A a AC que presentan los ingredientes químicos que se muestran en la Tabla 1 fueron producidos por el siguiente método. Primero, los aceros se fundieron para preparar planchas de acero, después se volvieron a calentar las planchas de acero y se laminaron en bruto a barras en bruto en las condiciones de laminación en caliente y condiciones de recocido y recubrimiento que se muestran en la Tabla 2-1 y la Tabla 2-2. Después, las barras en bruto se laminaron acabadas para obtener materiales laminados de 4 mm de espesor, después éstos fueron enfriados y absorbidos como lámina de acero laminada en caliente.

Tabla 1

Acero N°	C	Si	Mn	P	S	Al	Ti	Nb	N	Mn+8Ti+12Nb	Ac3	Otros	Observaciones
A	0,04	0,3	1,7	0,01	0,001	0,05	0,03	0,05	0,002	2,5	853		Acero Inv..
B	0,05	0,3	1,5	0,01	0,001	0,8	0,07	0,04	0,003	2,5	900		Acero Inv.
C	0,08	0,03	1,2	0,02	0,002	0,03	0,06	0,04	0,003	2,2	857		Acero Inv.
D	0,06	0,03	1,4	0,01	0,003	0,03	0,05	0,04	0,002	2,3	848	Ca: 0,0015	Acero Inv.
E	0,04	0,3	1,8	0,01	0,003	0,03	0,06	0,05	0,003	2,9	861		Acero Comp.
F	0,09	0,03	1,3	0,01	0,005	0,03	0,03	0,02	0,002	1,8	832		Acero Comp.
G	0,02	0,03	1,5	0,01	0,003	0,04	0,05	0,03	0,002	2,3	866		Acero Comp.
H	0,10	0,03	1,3	0,01	0,003	0,04	0,03	0,04	0,002	2,0	829		Acero Comp.
I	0,05	0,5	1,3	0,01	0,003	0,04	0,03	0,04	0,002	2,0	869		Acero Comp.
J	0,05	0,03	1,0	0,01	0,003	0,04	0,03	0,07	0,003	2,1	857		Acero Comp.
K	0,05	0,03	2,1	0,01	0,003	0,04	0,04	0,04	0,003	2,9	828		Acero Comp.
L	0,05	0,03	1,3	0,08	0,003	0,04	0,04	0,04	0,003	2,1	901		Acero Inv.
M	0,05	0,03	1,3	0,12	0,003	0,04	0,04	0,04	0,003	21	929		Acero Comp.
N	0,05	0,03	1,3	0,01	0,015	0,04	0,04	0,04	0,003	2,1	852		Acero Inv.
O	0,05	0,03	1,3	0,01	0,022	0,04	0,04	0,04	0,003	2,1	852		Acero Comp.
P	0,05	0,03	1,3	0,01	0,003	1,3	0,04	0,04	0,003	2,1	902		Acero Comp.
Q	0,05	0,03	1,3	0,01	0,003	0,04	0,005	0,05	0,003	1,9	838		Acero Comp.
R	0,05	0,03	1,3	0,01	0,003	0,04	0,09	0,06	0,003	2,7	872		Acero Comp.
S	0,05	0,03	1,3	0,01	0,003	0,04	0,04	0,003	0,003	1,7	852		Acero Comp.
T	0,05	0,03	1,3	0,01	0,003	0,04	0,04	0,10	0,003	2,8	852		Acero Comp.
U	0,05	0,03	1,3	0,01	0,003	0,04	0,04	0,04	0,006	2,1	852		Acero Comp.
V	0,05	0,03	1,3	0,01	0,003	0,04	0,04	0,04	0,003	2,1	858	V: 0,06	Acero Inv.
W	0,05	0,03	1,3	0,01	0,003	0,04	0,04	0,04	0,003	2,1	848	Cr: 0,3, Cu: 0,05, Ni: 0,05	Acero Inv.
X	0,05	0,03	1,3	0,01	0,003	0,04	0,04	0,04	0,003	2,1	851	Mo: 0,3, B: 0,002	Acero Inv.
Y	0,05	0,03	1,3	0,01	0,003	0,04	0,04	0,04	0,003	2,1	852	Ce: 0,002, La: 0,001	Acero Inv.
Z	0,05	0,03	1,3	0,01	0,003	0,04	0,04	0,04	0,003	2,1	842	Mg: 0,002, Cu: 0,5	Acero Inv.
AA	0,04	0,3	1,9	0,01	0,001	0,05	0,02	0,02	0,002	2,3	842		Acero Inv.
AB	0,04	0,3	2,1	0,01	0,001	0,05	0,02	0,02	0,002	2,5	836		Acero Comp.
AC	0,04	0,3	1,8	0,01	0,001	0,05	0,01	0,003	0,002	1,9	841		Acero Comp.

Tabla 2

Tabla 2-1

	TRP (°C)	TAB (°C)	t0 (s)	t1 (s)	Tf (°C)	t2 (s)	VEmín (°C/s)	TDE (°C)	TE (°C)	Temp. recocido máx. (°C)	Tipo chapado	Observ.
A-1	1230	1020	25	50	900	2	25	680	600			Ej. Inv.
A-2	1130	1000	25	50	900	2	25	680	600			
A-3	1230	960	25	50	900	2	25	680	600			
A-4	1230	1100	25	50	900	2	25	680	600			
A-5	1230	1020	25	20	900	2	25	680	600			Ej. Inv.
A-6	1230	1020	25	120	900	2	25	680	600			
A-7	1230	1020	25	50	860	2	25	680	600			
A-8	1230	1020	25	50	900	6	12	680	600			
A-9	1230	1020	25	50	900	2	15	700	640			Ej. Inv.
A-10	1230	1020	25	50	900	2	5	680	600			
A-11	1230	1020	25	50	900	2	20	720	680			
A-12	1230	1020	25	50	900	2	25	560	520			
A-13	1230	1020	25	50	900	2	25	610	550	680	Galvanización	Ej. Inv.
A-14	1230	1020	25	50	900	2	30	580	530	680	Galvanización recocido	Ej. Inv.
A-15	1230	1020	25	50	900	2	25	680	600	880	Galvanización	
A-16	1230	1020	50	50	900	2	25	680	600			
A-17	1230	1020	70	50	900	2	25	680	600			
A-18	1230	1020	120	50	900	2	25	680	600			
B-1	1250	1040	25	60	880	2	50	650	570			Ej. Inv.
B-2	1250	1000	25	60	880	2	50	650	570			Ej. Inv.
B-3	1250	970	25	120	880	2	50	650	570			
B-4	1250	1100	25	60	880	2	50	650	570			
B-5	1250	1040	25	60	880	2	50	650	570			Ej. Inv.
B-6	1250	1040	25	60	850	2	50	650	570			
B-7	1250	1040	25	60	880	6	10	650	570			
B-8	1250	1040	25	60	880	2	5	650	570			
B-9	1250	1040	25	60	880	2	50	680	620			Ej. Inv.
B-10	1250	1040	25	60	880	2	50	710	660			
B-11	1250	1040	25	60	880	2	50	510	480			
B-12	1250	1040	50	60	880	2	50	650	570			
B-13	1250	1040	120	60	880	2	50	650	570			
C-1	1250	1040	25	45	880	2	50	570	600	730	Galvanización	Ej. Inv.
C-2	1250	1040	25	45	880	2	50	670	600			Ej. Inv.

Tabla 2-2

D-1	1259	1040	25	45	889	2	50	670	600	Ej. Inv.
E-1	1250	1040	25	60	880	2	50	670	600	
F-1	1250	1040	25	60	880	2	50	670	600	
G-1	1250	1040	25	60	880	2	50	670	600	
H-1	1250	1040	25	60	880	2	50	679	600	
I-1	1250	1040	25	60	880	2	50	670	600	
J-1	1250	1040	25	60	880	2	50	670	600	
K-1	1250	1040	25	60	880	2	50	670	600	
L-1	1250	1040	25	45	880	2	50	670	600	Ej. Inv.
M-1	1250	1040	25	45	880	2	50	670	600	
N-1	1250	1040	25	45	880	2	50	670	600	Ej. Inv.
O-1	1250	1040	25	60	880	2	50	670	600	
P-1	1250	1040	25	60	880	2	50	670	600	
Q-1	1250	1040	25	60	880	2	50	670	600	
R-1	1250	1040	25	60	889	2	50	670	600	
S-1	1250	1040	25	60	880	2	50	670	600	
T-1	1250	1040	25	60	880	2	50	670	600	
U-1	1250	1040	25	60	880	2	50	670	600	
V-1	1250	1040	25	50	880	2	50	670	600	Ej. Inv.
W-1	1250	1040	25	50	880	2	50	670	600	Ej. Inv.
X-1	1250	1040	25	50	880	2	50	670	600	Ej. Inv.
Y-1	1250	1040	25	50	880	2	50	670	600	Ej. Inv.
Z-1	1250	1040	25	50	880	2	50	670	600	Ej. Inv.
AA-1	1250	1040	25	50	860	2	50	670	600	Ej. Inv.
AB-1	1250	1040	25	50	889	2	50	670	600	
AC-1	1250	1040	25	50	880	2	50	670	600	

TRP : Temperatura Calentamiento Plancha

TAB : Temperatura Acabado Laminación en Bruto

t0 : Tiempo laminación en laminación en bruto realizada a 1.150°C o menos

t1 : Tiempo desde final de laminación en bruto a comienzo de laminado acabado

Tf : Temperatura laminación acabado final

t2 : Tiempo enfriamiento en aire después de laminación acabado final

VEmin: Velocidad enfriamiento mínima durante CFT desde después de enfriamiento en aire

TDE: Temperatura detención enfriamiento en agua

TE: Temperatura enfriamiento

En la Tabla 1, se proporcionan las composiciones químicas, % en masa. Además, en la Tabla 1, Ac3 (°C) es el valor que se calcula por la siguiente fórmula:

$$Ac3=910-210\sqrt{[\%C]+45[\%Si]-}$$

$$30[\%Mn]+700[\%P]+40[\%Al]+400[\%Ti]+32[\%Mo]-11[\%Cr]-20[\%Cu]-15[\%Ni]$$

- 5 en la que, %C, %Si, %Mn, %P, %Al, %Ti, %Mo, %Cr, %Cu y %Ni indican respectivamente los contenidos en el acero de C, Si, Mn, P, Al, Ti, Mo, Cr, Cu y Ni.

En la Tabla 1, las composiciones químicas de los aceros corresponden a las composiciones químicas de los aceros de los números del acero en la Tabla 2 con las mismas letras del alfabeto que los números del acero.

- 10 En la Tabla 2, "TRP" indica la temperatura de recalentamiento de la plancha (°C). "TAB" indica la temperatura de acabado de laminado en bruto (°C). "t0" indica el tiempo de retención máximo (s) entre las operaciones de laminado en bruto realizadas a 1.150°C o menor. "t1" indica el tiempo (s) desde el final del laminado en bruto al comienzo del laminado acabado. "Tf" indica la temperatura de laminado acabado final (°C). "t2" muestra el tiempo de enfriamiento al aire justo después del laminado acabado último (s). "VEmín" indica la velocidad de enfriamiento mínima en TDE después de enfriamiento por aire (°C/s). "TDE" indica la temperatura de detención del enfriamiento con agua (°C).
15 "TE" indica la temperatura de enrollado (°C).

Los aceros A-12 a A-14 y C-2 son láminas de acero galvanizadas sumergidas en caliente que se produjeron por decapado de las láminas de acero laminadas en caliente, recociéndolas después en una línea de recocido y galvanización continua a las temperaturas de recocido que se muestran en la Tabla 2, galvanizándolas después.

- 20 Obsérvese que, la temperatura de inmersión de galvanización se hizo 450°C mientras, para tratamiento de galvanizado recocido, la temperatura de aleación se hizo 500°C.

Primero, se examinaron las estructuras de metal y los carbonitruros de aleaciones de la lámina de acero preparada.

- 25 La estructura de metal de la lámina de acero, como se explicó anteriormente, se observó basándose en JIS G 0551 para la sección transversal L por un microscopio óptico. Además, los porcentajes del área de las diferentes estructuras se midieron por el método de recuento de puntos o análisis de la imagen usando fotografías estructurales en regiones de 1/4t de espesor en la sección transversal L (posición de 1/4t de la superficie de la lámina de acero cuando el espesor de la lámina es "t"). Se midieron los tamaños de grano de la ferrita y bainita calculando el tamaño de partícula nominal basándose en JIS G 0552.

- 30 Se analizó en los carbonitruros de aleaciones con interfases incoherentes que contenían Ti y Nb la orientación del cristal y se midió el tamaño de partícula promedio para dejar la muestra de plancha de acero en una película delgada de una extensión por la que pasen haces electrónicos y usando un microscopio electrónico de tipo transmisión (TEM). Se examinaron 20 o más partículas de carbonitruros de aleación.

- 35 A continuación, para medir la cantidad de ablandamiento de la zona afectada por calor soldada (ZAC), se usó soldadura por arco para preparar una junta. La soldadura se realizó en una atmósfera de CO₂: 100% con una entrada de calor de aproximadamente 5.000 a 8.000 J/cm en el intervalo. Después de la soldadura, se pulió la sección transversal y se ensayaron en el material de base y la zona afectada por calor soldada (ZAC) la dureza Vicker teniendo por objetivo ablandamiento 0 o menor. Los resultados de medición anteriores se muestran en la Tabla 3. Obsérvese que, en la Tabla 3, "F" indica ferrita, "B" indica bainita, "A" indica austenita retenida, "M" indica martensita y "P" indica perlita, "d_(F, B)" indica el tamaño de grano promedio (µm) de ferrita y bainita, "d_{MGN}" indica el tamaño de partícula promedio (nm) de carbonitruros de aleaciones con interfases incoherentes e "ΔHV" indica la diferencia entre HV_{BM} y HV_{ZAC} cuando la dureza Vicker de la parte más blanda de la zona afectada por calor de soldadura es HV_{ZAC} y la dureza Vicker del material de base es HV_{BM}.
40

Tabla 3

Tabla 3-1

Acero N°	PE (MPa)	RT (MPa)	E.L (%)	LE	Porcentaje estructura metal (%)			d _{HCV}	ΔHV	VE-40	Plegabilidad	Observ.
					F+B	M	A					
A-1	600	640	25	0.94	98			8	12	20	MB	Ej. Inv.
A-2	550	590	27	0.93	98			9	25	18	MB	
A-3	590	530	25	0.94	98			8	22	20	MB	
A-4	600	645	25	0.93	98			14	14	18	MB	
A-5	600	640	25	0.94	98			7	13	19	MB	Ej. Inv.
A-6	600	640	25	0.94	100			12	18	20	MB	
A-7	590	630	25	0.94	94			8	21	22	MB	
A-8	595	635	25	0.94	98			10	21	20	MB	
A-9	580	620	26	D.94	97			9	15	18	MB	Ej. Inv.
A-10	570	610	27	0.93	94			11	15	18	MB	
A-11	555	600	27	0.93	93			13	12	17	MB	
A-12	490	575	29	0.85	99	1		7	12	17	MB	
A-13	640	650	24	0.98	98			8	13	24	MB	Ej. Inv.
A-14	600	610	25	0.98	100			7	13	20	MB	Ej. Inv.
A-15	500	550	26	0.91	100			8	20	16	MB	
A-16	600	635	25	0.94	98			8	13	20	MB	
A-17	590	630	25	0.94	98			8	21	18	MB	
A-18	590	625	25	0.94	98			8	27	18	MB	
B-1	630	630	24	0.93	99			8	14	21	MB	Ej. Inv.
B-2	630	630	24	0.93	99			8	15	22	MB	Ej. Inv.
B-3	610	665	25	0.92	99			8	22	21	MB	
B-4	625	675	24	0.93	100			12	13	21	MB	
B-5	630	680	24	0.93	100			8	15	25	MB	Ej. Inv.
B-6	620	670	24	0.93	100			8	21	24	MB	
B-7	620	670	24	0.93	100			10	23	26	MB	
B-8	515	665	24	0.92	100			10	21	26	MB	
B-9	650	680	24	0.96	97			3	14	22	MB	Ej. Inv.
B-10	600	640	25	0.94	94			9	14	22	MB	
B-11	480	580	27	0.83	98	2		12	23	35	MB	
B-12	625	675	24	0.93	99			8	12		B	
B-13	620	670	24	0.93	99			9	14	22	MB	
C-1	560	620	27	0.90	98			9	12	36	MB	Ej. Inv.
C-2	585	600	25	0.98	98			9	14	33	MB	Ej. Inv.

Tabla 3-2

D-1	605	695	25	0.87	98				2	8	15	30	85	MB	Ej. Inv.
E-1	620	685	24	0.91	98				2	7	14	8	65	MB	
F-1	570	595	23	0.96	98				2	8	15	52	65	MB	
Q-1	545	580	28	0.94	100					10	13	44	75	MB	
H-1	590	720	24	0.82	97	3				10	15	41	65	D	
I-1	595	715	24	0.83	97	2	1			8	15	42	60	D	
J-1	615	690	24	0.89	96				6	8	22	33	55	MB	
K-1	605	720	24	0.84	98	2				7	21	6	60	D	
L-1	625	680	26	0.92	98				2	9	14	38	80	MB	Ej. Inv.
M-1	665	700	24	0.95	98				2	8	14	37	40	B	
N-1	595	640	25	0.93	98				2	9	12	33	75	B	Ej. Inv.
O-1	600	640	25	0.94	98				2	8	13	34	45	D	
P-1	570	620	27	0.96	98				2	10	13	48	95	MB	
Q-1	540	595	28	0.91	98				2	8	12	43	110	MB	
R-1	720	780	21	0.92	98				2	9	21	37	45	MB	
S-1	615	640	26	0.96	98				2	8	13	56	90	MB	
T-1	680	720	23	0.94	97				2	8	22	22	65	MB	
U-1	655	700	24	0.94	98				2	8	21	34	60	MB	
V-1	665	700	24	0.95	98				2	8	15	36	80	MB	Ej. Inv.
W-1	625	675	24	0.93	98				2	7	14	34	90	MB	Ej. Inv.
X-1	620	670	24	0.93	100					8	15	34	100	MB	Ej. Inv.
Y-1	630	680	24	0.93	100					7	15	35	90	MB	Ej. Inv.
Z-1	650	700	24	0.93	100					8	15	36	100	MB	Ej. Inv.
AA-1	555	635	26	0.87	100					8	13	24	100	B	Ej. Inv.
AB-1	525	630	25	0.83	98	2				8	11	42	65	B	
AC-1	555	580	28	0.96	100					7	11	41	120	MB	

d_(F, B) : Tamaño de grano promedio de ferrita y bainita (µm)

d_{MGN} : Diámetro de partícula promedio de carbonitruros de aleaciones incoherentes

ΔHV : Ablandamiento de la ZAC de zona soldada por arco (HV)

vE-40 : Absorción de energía del impacto Charpy a -40°C (J/cm²)

ES 2 589 640 T3

Después, se evaluaron en la lámina de acero las propiedades de resistencia, la absorción de energía del impacto a baja temperatura y la plegabilidad.

5 Se evaluó en las láminas de acero las propiedades de resistencia por el siguiente método. Primero, se trabajó el material de ensayo en una pieza de ensayo N° 5 descrita en JIS Z 2201. Además, esta pieza de ensayo N° 5 fue sometida a un ensayo de tracción de acuerdo con el método descrito en JIS Z 2241 y se encontró la máxima resistencia a la tracción (RT), límite elástico (LE) y elongación (EI).

10 Se evaluó la absorción de energía del impacto a baja temperatura por un ensayo de impacto Charpy. Basándose en JIS Z 2202, se preparó una pieza de ensayo de entalla en V de 2 mm de 3 mm de espesor. Se enfrió la pieza de ensayo a -40°C , después se realizó un ensayo de impacto Charpy y se midió la absorción de energía del impacto (J/cm^2).

Se realizó el ensayo de flexión por el método de bloque en V de JIS Z 224 (ángulo de flexión: 90°). El espesor de la pieza de ensayo fue "t". Se midió radio de flexión límite r_{lim} sin grietas.

15 Los resultados de medición anteriores se presentan en la Tabla 3. Obsérvese que, como se explicó anteriormente, en la Tabla 3, " vE_{-40} " es el valor de absorción del impacto Charpy (J/cm^2), mientras que " r_{lim}/t " es el valor del radio de flexión límite r_{lim} dividido por el espesor de la lámina. Se clasifica un r_{lim}/t de 0,5 o menor como "MB" (muy bueno), se clasifica más de 0,5 a 1,0 o menor en el intervalo como "B" (bueno) y se clasifica más de 1,0 como "D" (deficiente).

El acero A-2 presentó una temperatura de calentamiento de la plancha fuera del intervalo adecuado, así es un ejemplo comparativo donde entonces la resistencia a la tracción fue menor que 600 MPa y la absorción de energía del impacto a baja temperatura fue baja.

20 Los aceros A-3 a A-4 y los aceros B-3 a B-4 presentaron temperaturas de acabado de laminado en bruto fuera del intervalo adecuado, así son ejemplos comparativos donde las absorciones de energía del impacto a baja temperatura fueron bajas.

25 El acero A-6 y el acero B-3 presentaron tiempos desde el final del laminado en bruto al comienzo del laminado acabado fuera del intervalo adecuado, así son ejemplos comparativos donde las absorciones de energía del impacto a baja temperatura fueron bajas.

Los aceros A-7 a A-8, el acero A-10 y los aceros B-6 a B-8 presentaron condiciones de laminado acabado y condiciones de enfriamiento después de laminado acabado fuera del intervalo adecuado, así son ejemplos comparativos donde las absorciones de energía del impacto a baja temperatura fueron bajas.

30 El acero A-11 y el acero B-10 presentaron temperaturas de acabado de enfriamiento en agua después de laminado acabado y temperaturas de enrollamiento de las láminas de acero laminadas en caliente fuera del intervalo adecuado, así son ejemplos comparativos donde las absorciones de energía del impacto a baja temperatura fueron bajas.

35 El acero A-12 y el acero B-11 presentaron temperaturas de enrollamiento de las láminas de acero laminadas en caliente fuera del intervalo adecuado, así son ejemplos comparativos donde las resistencias a la tracción fueron menores que 600 MPa y las absorciones de energía del impacto a baja temperatura fueron bajas.

El acero A-15 presentó una temperatura de recocido de la temperatura Ac_3 o más, así es un ejemplo comparativo donde la absorción de energía del impacto a baja temperatura fue baja.

40 Los aceros F-1, Q-1, S-1, AB-1 y AC-1 presentaron valores de cantidades de Mn, cantidades de Ti y cantidades de Nb fuera del intervalo adecuado, así son ejemplos comparativos donde las cantidades de ablandamiento de la ZAC fueron grandes. Entre estos, los aceros F-1, Q-1 y AC-1 presentaron resistencias a la tracción menores que 600 MPa.

El acero G-1 presentó una cantidad de C fuera del intervalo adecuado, así es un ejemplo comparativo donde la resistencia fue menor que 600 MPa y la cantidad de ablandamiento de la ZAC fue grande.

45 Los aceros H-1, I-1, K-1 y AB-1 presentaron cantidades de C, cantidades de Si y cantidades de Mn fuera de los intervalos adecuados, así son ejemplos comparativos donde estaba presente martensita o austenita retenida, la absorción de energía del impacto a baja temperatura fue baja y además la plegabilidad fue deficiente. El acero J-1 presentó una cantidad de Mn fuera del intervalo adecuado, así es un ejemplo comparativo donde estaba presente perlita y la absorción de energía del impacto a baja temperatura fue baja.

50 Los aceros M-1 y O-1 presentaron cantidades de S y cantidades de P que fueron excesivas, así son ejemplos comparativos donde las absorciones de energía del impacto a baja temperatura fueron bajas.

Los aceros E-1, R-1, T-1 y U-1 presentaron cantidades de Ti, cantidades de Nb y cantidades de N fuera de los intervalos adecuados, así son ejemplos comparativos donde estaban presentes carbonitruros de aleaciones gruesos y las absorciones de energía del impacto a baja temperatura fueron bajas.

ES 2 589 640 T3

El acero P-1 presentó una cantidad excesiva de A1, así es un ejemplo comparativo con ablandamiento de la ZAC.

Por el contrario a esto, los ejemplos de la invención presentaron todos límites de elasticidad de 0,85 o más, máximas resistencias a la tracción de 600 MPa o más y excelente absorción de energía del impacto a baja temperatura y resistencia al ablandamiento de la ZAC.

5

REIVINDICACIONES

1. Lámina de acero laminada en caliente de alto límite de elasticidad que presenta una excelente absorción de energía del impacto a baja temperatura y resistencia al ablandamiento de la ZAC **caracterizada por** que comprende, % en masa,
- 5 C: 0,04 a 0,09%,
Si: 0,4% o menor,
Mn: 1,2 a 2,0%,
P: 0,1% o menor,
S: 0,02% o menor,
- 10 Al: 1,0% o menor,
Nb: 0,02 a 0,09%,
Ti: 0,02 a 0,07%,
N: 0,005% o menor y
que comprende opcionalmente además
- 15 V: 0,01 a 0,12%,
uno o más de Cr, Cu, Ni y Mo en un total de 0,02 a 2,0%,
B: 0,0003 a 0,005% y
uno o más de Ca, Mg, La y Ce en un total de 0,0003 a 0,01% y
un equilibrio de Fe e impurezas inevitables,
- 20 donde $2,0 \leq [\%Mn] + 8[\%Ti] + 12[\%Nb] \leq 2,6$ y
con una estructura de metal que comprende un porcentaje del área de perlita de 5% o menor, un porcentaje de área total de martensita y austenita retenida de 0,5% o menor y un equilibrio de una o ambas de ferrita y bainita,
con un tamaño de grano promedio de ferrita y bainita de 10 μm o menor,
con un tamaño de grano promedio de carbonitruros de aleaciones con interfases incoherentes que contienen Ti y Nb
- 25 de 20 nm o menor,
con un límite de elasticidad de 0,85 o más y
con una máxima resistencia a la tracción de 600 MPa o más.
2. La lámina de acero laminada en caliente de alto límite de elasticidad que presenta una excelente absorción de energía del impacto a baja temperatura y resistencia al ablandamiento de la ZAC según la reivindicación 1, **caracterizada por** que comprende además, % en masa, V: 0,01 a 0,12%.
3. La lámina de acero laminada en caliente de alto límite de elasticidad que presenta una excelente absorción de energía del impacto a baja temperatura y resistencia al ablandamiento de la ZAC según la reivindicación 1 ó 2, **caracterizada por** que comprende además, % en masa, uno o más de Cr, Cu, Ni y Mo en un total de 0,02 a 2,0%.
- 35 4. La lámina de acero laminada en caliente de alto límite de elasticidad que presenta una excelente absorción de energía del impacto a baja temperatura y resistencia al ablandamiento de la ZAC según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, **caracterizada por** que comprende además, % en masa, B: 0,0003 a 0,005%.
- 40 5. La lámina de acero laminada en caliente de alto límite de elasticidad que presenta una excelente absorción de energía del impacto a baja temperatura y resistencia al ablandamiento de la ZAC según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, **caracterizada por** que comprende además, % en masa, uno o más de Ca, Mg, La y Ce en un total de 0,0003 a 0,01%.
6. Lámina de acero laminada en caliente de alto límite de elasticidad que presenta una excelente absorción de energía del impacto a baja temperatura y resistencia al ablandamiento de la ZAC caracterizada por que la lámina de acero laminada en caliente de alto límite de elasticidad según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5 está chapada o recubierta de aleaciones en una superficie.

7. Un método de producción de lámina de acero laminada en caliente de alto límite de elasticidad que presenta una excelente absorción de energía del impacto a baja temperatura y resistencia al ablandamiento de la ZAC **caracterizado por** que comprende:

5 calentar una plancha de acero con una composición según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5 a 1.150°C o más,

laminar en bruto la plancha de acero calentada, acabar el laminado en bruto a una temperatura entre 1.000°C y 1.080°C, en la que un intervalo de laminado máximo en el laminado en bruto que se realiza a 1.150°C o menor es 45 s o menor,

10 después de laminar en bruto, mantener la plancha de acero durante un tiempo t1 (s) de retención que satisfaga la siguiente fórmula (1), después empezar el laminado acabado,

realizar laminado acabado con una temperatura Tf de laminado final que satisfaga la siguiente fórmula (2) de manera que se obtenga una lámina de acero,

15 empezar el enfriamiento con agua de la lámina de acero en 3 segundos después del laminado acabado, después enfriar la lámina de acero a una temperatura de 700°C o menor a una velocidad de enfriamiento más baja de 8°C/s o más y

enrollar la lámina de acero a una temperatura entre 530°C y 650°C.

$$1.000x([\%Ti] + [\%Nb]) > t1 \dots \text{fórmula (1)}$$

$$Tf > 830 + 400([\%Ti] + [\%Nb]) \dots \text{fórmula (2)}$$

20 8. El método de producción de lámina de acero laminada en caliente de alto límite de elasticidad según la reivindicación 7, **caracterizado por que** una temperatura Tf de laminado final satisface la siguiente fórmula (3).

$$Tf > 830 + 800([\%Ti] + [\%Nb]) \dots \text{fórmula (3)}$$

9. Un método de producción de lámina de acero chapada laminada en caliente de alto límite de elasticidad que presenta una excelente absorción de energía del impacto a baja temperatura y resistencia al ablandamiento de la ZAC **caracterizado por** que comprende:

25 decapar la lámina de acero laminada en caliente que se obtuvo por el método de producción según la reivindicación 7 u 8,

calentar la lámina de acero a una temperatura Ac3 o menor, sumergir después la lámina de acero en un baño de recubrimiento para recubrir la superficie de la lámina de acero.

30 10. El método de producción de lámina de acero chapada laminada en caliente de alto límite de elasticidad que presenta una excelente absorción de energía del impacto a baja temperatura y resistencia al ablandamiento de la ZAC según la reivindicación 9, **caracterizado por** que comprende además alear la lámina de acero chapada después de dicho recubrimiento.

Fig.1

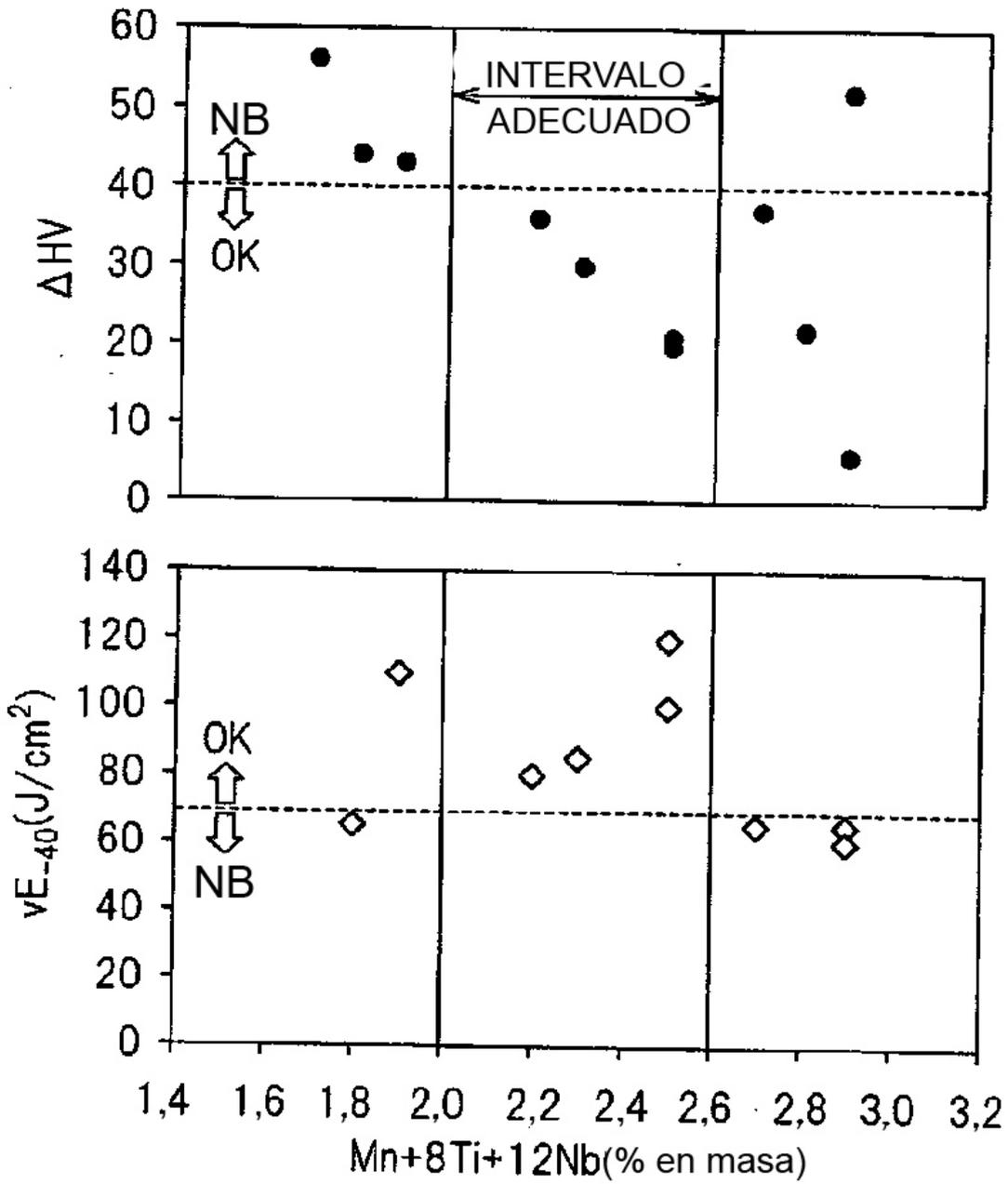


Fig.2

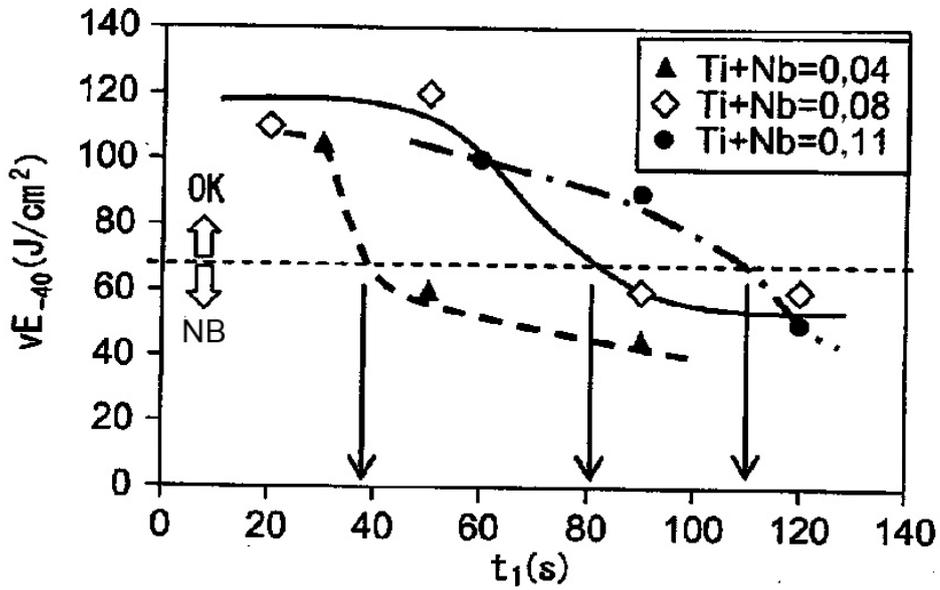


Fig.3

