

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 714 316**

51 Int. Cl.:

<b>C21D 8/04</b>	(2006.01)	<b>C22C 38/16</b>	(2006.01)
<b>B32B 15/01</b>	(2006.01)	<b>C22C 38/22</b>	(2006.01)
<b>C21D 6/00</b>	(2006.01)	<b>C22C 38/24</b>	(2006.01)
<b>C21D 8/02</b>	(2006.01)	<b>C22C 38/26</b>	(2006.01)
<b>C22C 38/02</b>	(2006.01)	<b>C22C 38/28</b>	(2006.01)
<b>C22C 38/04</b>	(2006.01)	<b>C22C 38/38</b>	(2006.01)
<b>C22C 38/06</b>	(2006.01)	<b>C23C 2/02</b>	(2006.01)
<b>C22C 38/08</b>	(2006.01)	<b>C23C 2/06</b>	(2006.01)
<b>C22C 38/12</b>	(2006.01)	<b>C23C 2/28</b>	(2006.01)
<b>C22C 38/14</b>	(2006.01)	<b>C22C 38/00</b>	(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **26.09.2013 PCT/JP2013/076027**
- 87 Fecha y número de publicación internacional: **03.04.2014 WO14050954**
- 96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **26.09.2013 E 13841281 (2)**
- 97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **02.01.2019 EP 2902520**

54 Título: **Chapa de acero laminada en caliente y método para su producción**

30 Prioridad:

**27.09.2012 JP 2012213728**

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

**28.05.2019**

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;  
YOKOI, TATSUO;  
TANAHASHI, HIROYUKI;  
SETO, ATSUSHI y  
ITAMI, ATSUSHI**

74 Agente/Representante:

**ELZABURU, S.L.P**

**ES 2 714 316 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**

Chapa de acero laminada en caliente y método para su producción

**Campo técnico**

5 La presente invención se refiere a una chapa de acero laminada en caliente que tiene una resistencia a la tracción de 720 MPa o más, con unas excelentes resistencia a la corrosión después de un revestimiento por electrodeposición, características de fatiga y capacidad de flexión, y a un método para fabricar la chapa de acero laminada en caliente. La presente invención se refiere, en particular, a una chapa de acero laminada en caliente y a un método para fabricar la chapa de acero laminada en caliente, en la cual se realiza un revestimiento por electrodeposición, siendo la chapa de acero laminada en caliente utilizada favorablemente como material para bastidores, componentes, brazos de suspensión, ruedas y similares de automóviles o camiones, y como material arquitectónico y material de maquinaria industrial.

**Antecedentes de la técnica**

La chapa de acero laminada en caliente se utiliza normalmente para componentes de automóviles o camiones, tales como chasis o ruedas, y se requiere que tenga capacidad de flexión y alta durabilidad a la fatiga.

15 Como un método para aumentar las características de conformabilidad y fatiga de una chapa de acero laminada en caliente, se describen los siguientes métodos. Como se muestra en los documentos de patente 1 a 3, existen métodos para dispersar estructuras que incluyen martensita dura en una estructura metálica que incluye principalmente ferrita blanda, a fin de fabricar el llamado acero de fase dual. En estos métodos se añade un componente de aleación, tal como el Si o el Al, que tiene el efecto de fomentar la formación de ferrita durante el enfriamiento, después de la laminación final, en el procedimiento de laminación en caliente.

20 Sin embargo, en el caso en el que los aceros descritos en los documentos de patente 1 a 3 se fabriquen en una línea de funcionamiento actual, en algunos casos no se obtienen de manera estable unas características favorables de fatiga a la flexión. Asimismo, en cuanto al acero al que se añade Si, desafortunadamente, hay casos en los que no está garantizada la resistencia a la corrosión del revestimiento obtenida después de un revestimiento por electrodeposición (en lo sucesivo, también denominada simplemente como "resistencia a la corrosión del revestimiento" o "resistencia a la corrosión después del revestimiento") y existen casos en los que no se obtienen como se esperaba las características de fatiga a la flexión, debido a que la rugosidad de la superficie de la chapa de acero se vuelve grande.

25 Asimismo, la chapa de acero que se utiliza para chasis o ruedas de automóviles o camiones también requiere que tenga características de fatiga en la zona punzonada. Esto se debe a que la rugosidad de la superficie frontal formada mediante un punzonamiento con cizallas o un punzón, generalmente tiene una rugosidad mayor que la superficie de la chapa de acero, y la superficie frontal punzonada se vuelve la posición donde se generan preferentemente fisuras por fatiga.

30 Como método para resolver los problemas anteriores, por ejemplo, los documentos de patente 4 y 5 describen una chapa de acero laminada en caliente de alta resistencia mecánica en la que se evita el deterioro de la superficie frontal punzonada.

Asimismo, los documentos de patente 6 y 7 describen unas chapas de acero que tienen una alta resistencia a la fatiga por entalladura. La estructura principal en las chapas de acero es de ferrita y bainita.

40 El documento de patente 8 describe un método para disminuir en gran medida la rugosidad de la superficie de rotura punzonada y evitar especialmente la generación de fisuras por fatiga desde la zona punzonada mediante la fabricación de una estructura en la que se dispersan cantidades apropiadas de martensita y austenita retenida, al tiempo que se aumenta la resistencia mecánica utilizando un reforzamiento por precipitación de un carburo de aleación que, como base, utiliza una estructura metálica que incluye ferrita como fase principal.

45 Por otra parte, el documento de patente 9 describe una chapa de acero que tiene un revestimiento de una alta adherencia y características de fatiga al punzonamiento, al tiempo que se aumenta la resistencia mecánica utilizando una estructura de martensita y bainita como estructura metálica, que incluye la fase ferrita como fase principal.

**Documento(s) de la técnica anterior**

[Documento(s) de patente]

[Documento de patente 1] JP H10-280096A

50 [Documento de patente 2] JP 2007-321201A

[Documento de patente 3] JP 2007-9322A

[Documento de patente 4] JP 2005-298924A

[Documento de patente 5] JP 2008-266726A

[Documento de patente 6] JP H05-179346A

[Documento de patente 7] JP 2002-317246A

5 [Documento de patente 8] JP 2010-159672A

[Documento de patente 9] JP 2012-021192A

### **Compendio de la invención**

[Problema(s) a resolver mediante la invención]

10 Sin embargo, en el caso de las chapas de acero descritas en los documentos de patente 4 y 5, la mejora en la rugosidad de la superficie frontal punzonada mediante el uso de estos métodos no es suficiente para mejorar las características de fatiga y, en algunos casos, no se obtiene la resistencia a la corrosión del revestimiento.

Asimismo, en el caso de las chapas de acero descritas en los documentos de patente 6 y 7, en algunos casos, las características de fatiga a la flexión y la resistencia a la corrosión, después del revestimiento, se vuelven inferiores. Además, dado que el límite de elasticidad es alto, la conformabilidad por estiramiento no siempre es suficiente.

15 Por otra parte, en el caso de la chapa de acero descrita en el documento de patente 8, en algunos casos, el límite de las características de fatiga a la flexión en la chapa original y en la zona punzonada es bajo. Asimismo, cuando el revestimiento por electrodeposición se realiza después de un decapado, no siempre se obtiene una resistencia a la corrosión favorable después del revestimiento. Por otra parte, cuando se realiza el plegado o un procedimiento de formación de material compuesto de reducción del área y plegado, en algunos casos se generan roturas y las  
20 características de fatiga de los componentes después de la conformación disminuyen.

Asimismo, el documento de patente 9 presenta problemas por la generación de bandas de cascarilla o roturas y en la fatiga a la flexión del material base, en el caso en el que en la chapa de acero se realice un procedimiento riguroso, tal como una reducción del área, con el fin de mejorar principalmente la adherencia del revestimiento del material de cascarilla negra.

25 A partir de las razones anteriores, para la chapa de acero laminada en caliente de alta resistencia mecánica que tiene una alta conformabilidad se requiere que se desarrolle una técnica para garantizar la resistencia a la corrosión después del revestimiento por electrodeposición y para tener unas excelentes características de fatiga a la flexión del material base y unas excelentes características de fatiga de la zona punzonada. En particular, la chapa decapada se pliega a menudo para ser utilizada, por lo que la capacidad de flexión es importante.

30 La presente invención se ha realizado en vista de los problemas anteriores, y tiene como objetivo proporcionar una chapa de acero laminada en caliente y un método para fabricar la chapa de acero laminada en caliente, pudiendo la chapa de acero laminada en caliente obtener una favorable resistencia a la corrosión, características de fatiga del material base y características de fatiga de la zona punzonada, y que también tiene una capacidad de flexión favorable incluso en el caso en el que el revestimiento por electrodeposición se realice en una chapa de acero laminada en  
35 caliente de alta resistencia mecánica que tiene una resistencia a la tracción máxima de 720 MPa o más.

[Medios para resolver el(los) problema(s)]

Para la presente invención, la atención se centró primeramente en una chapa de acero laminada en caliente que tenía una resistencia a la tracción máxima de 720 MPa o más, según lo cual se puede esperar que se reduzca en gran  
40 medida el peso de los componentes, y se estudió un método para reducir la rugosidad de la superficie frontal punzonada. En consecuencia, para la presente invención se ha descubierto que la rugosidad de la superficie de rotura punzonada se reduce en gran medida y la generación de fisuras por fatiga de la zona punzonada se evita notablemente, mediante la fabricación de una estructura en la que se dispersan cantidades apropiadas de martensita y austenita retenida, al tiempo que se aumenta la resistencia mecánica mediante la utilización de un reforzamiento por precipitación de un carburo de aleación, típicamente TiC y NbC, utilizando como base una estructura metálica que  
45 incluye ferrita como fase principal. Asimismo, para la presente invención se ha confirmado que se puede garantizar la excelente conformabilidad por estiramiento del acero de fase dual, aun cuando se utilice un reforzamiento por precipitación de un carburo de aleación.

Con el fin de obtener la anterior estructura metálica, que incluye ferrita como fase principal, es útil añadir cantidades apropiadas de Si, Al y Mn. Sin embargo, cuando se evaluó la resistencia a la corrosión de la chapa de acero laminada  
50 en caliente después de un revestimiento por electrodeposición, se descubrió que en algunos casos la resistencia a la corrosión se volvió inferior. En consecuencia, para la presente invención se estudió su causa y se descubrió que el óxido en forma de red que contiene uno o más de Si, Al, Mn y Fe, los cuales están presentes en una zona de la capa superficial del material base, influye sobre la resistencia a la corrosión después del revestimiento por electrodeposición.

Además, para la presente invención se ha descubierto las condiciones bajo las que se puede obtener una resistencia a la corrosión favorable mediante la optimización de la relación de la cantidad de Si, Al y Mn, en este caso.

5 Para la presente invención y similares se observó adicionalmente la estructura metálica en detalle, con el fin de descubrir la causa de la degradación de las características de fatiga que, en algunos casos, se puede observar en el acero de fase dual que contiene Si, Al y Mn. En consecuencia, para la presente invención se ha descubierto que, en el caso en el que un óxido 2 en forma de red que contiene uno o más de Si, Al, Mn y Fe, esté presente inmediatamente debajo de la superficie 1a (en la zona de la capa superficial) del material base 1, como se muestra en la FIG. 1, se degradan las características de fatiga por el óxido 2 en forma de red al cual sirve como punto de partida de rotura por fatiga. Téngase en cuenta que la FIG. 1 muestra el estado de una chapa de acero laminada en caliente con cascarilla, en la que hay cascarilla negra (cascarilla) 3 unida a la superficie 1a del material base 1. En la zona de la capa superficial (la región del intervalo predeterminado desde la superficie 1a del material base 1 hacia el interior del material base 1) del material base 1, el óxido 2 en forma de red que contiene uno o más de Si, Al, Mn y Fe precipita a lo largo del contorno de los granos cristalinos del material base 1. En la presente invención, el "óxido en forma de red" se refiere al óxido 2, que contiene uno o más de Si, Al, Mn y Fe, precipitado de esta manera a lo largo del contorno de los granos cristalinos del material base 1 en la zona de la capa superficial del material base 1.

Asimismo, para la presente invención y similares se estudió la causa por la que la capacidad de flexión se degrada al utilizar una chapa de acero laminada en caliente de la que se ha eliminado la cascarilla mediante un decapado. En consecuencia, para la presente invención se ha descubierto que la capacidad de flexión se degrada cuando en la zona de la capa superficial de la chapa de acero permanece una cantidad excesiva de óxidos en forma de red que contienen uno o más de Si, Al, Mn y Fe. Aunque este factor no se ha definido todavía, se considera que esto se debe a que la presencia de óxido en el contorno de los granos disminuye la resistencia mecánica del contorno de los granos, y esa zona sirve como punto de partida de la generación de fisuras en el momento del ensayo de flexión.

Para la presente invención y similares se estudió concienzudamente un método para evitar la formación de este óxido en forma de red que contiene uno o más de Si, Al, Mn y Fe. En consecuencia, para la presente invención se ha descubierto que la formación de este óxido se puede evitar optimizando las cantidades añadidas de Mn, Al, Si, Ti, Nb y similares, y suprimiendo el agua residual sobre la superficie de la chapa de acero (el agua que está presente sobre la superficie de la chapa de acero), las condiciones de la laminación y las condiciones del enfriamiento en el momento de la laminación en caliente.

Los estudios concienzudos realizados para la presente invención se basaron en resultados experimentales. En consecuencia, para la presente invención se ha descubierto que la formación de un óxido que contiene uno o más de Si, Al, Mn y Fe, presente en forma de red en la zona de la capa superficial del material base, se puede evitar añadiendo martensita y austenita retenida a una estructura metálica que incluye principalmente ferrita reforzada por precipitación y optimizando las cantidades añadidas de elementos de aleación. En consecuencia, la presente invención se ha culminado con una chapa de acero laminada en caliente de alta resistencia mecánica que tiene una resistencia a la tracción de 720 MPa o más, con unas excelentes características de fatiga de la zona punzonada, unas características de fatiga a la flexión estables y, asimismo, una excelente resistencia a la corrosión después de un revestimiento por electrodeposición, al tiempo que se garantiza una conformabilidad por plegado favorable, una capacidad de flexión favorable para la reducción del área y una conformabilidad por estiramiento favorable. Esto es, la presente invención se define en las reivindicaciones 1 a 11.

40 [Efecto(s) de la invención]

De acuerdo con la chapa de acero laminada en caliente de la presente invención, mediante la configuración anterior resulta posible obtener unas excelentes conformabilidad por plegado, resistencia a la corrosión del revestimiento, características de fatiga a la flexión del material base y características de fatiga de la zona punzonada. En las chapas de acero convencionales, el espesor de la chapa de los componentes se ha establecido teniendo en cuenta la reducción del espesor por corrosión. Por el contrario, la chapa de acero laminada en caliente de la presente invención tiene una excelente resistencia a la corrosión del revestimiento y, en consecuencia, resulta posible reducir el espesor de la chapa de los componentes a fin de reducir el peso de los automóviles, camiones o similares. Asimismo, aun cuando las chapas de acero convencionales se tratan para tener una alta resistencia mecánica, la resistencia a la fatiga de la zona punzonada no mejora sustancialmente. Por el contrario, la chapa de acero laminada en caliente de la presente invención tiene unas excelentes características de fatiga a la flexión y características de fatiga de la zona punzonada, y en consecuencia, se utiliza adecuadamente para reducir el peso de los componentes.

Por otra parte, de acuerdo con el método de fabricación de la presente invención, se optimizan las cantidades añadidas de los componentes de aleación y se controlan las condiciones en el momento de la laminación en caliente y, en consecuencia, resulta posible fabricar una chapa de acero laminada en caliente que tiene una resistencia a la tracción máxima de 720 MPa, con unas excelentes capacidad de flexión, resistencia a la corrosión después del revestimiento por electrodeposición y durabilidad a la fatiga.

#### Breve descripción de los dibujos

La FIG. 1 es una fotografía microscópica de la periferia de zona de la capa superficial de una chapa de acero de fase

dual que contiene Si, Al y Mn. Téngase en cuenta que la FIG. 1 muestra el estado de una chapa de acero laminada en caliente con cascarilla, en la que hay cascarilla negra (cascarilla) unida a la superficie del material base.

**Modo(s) para llevar a cabo la invención**

5 A continuación, se describe en detalle una realización de una chapa de acero laminada en caliente y un método para fabricar la misma de acuerdo con la presente invención. Se debe observar que la presente realización se describe en detalle a fin de que se pueda entender más claramente la esencia de la chapa de acero laminada en caliente y del método para fabricar la misma de acuerdo con la presente invención. Por lo tanto, la presente realización no debe limitar la presente invención.

[Chapa de acero laminada en caliente]

10 La chapa de acero laminada en caliente de acuerdo con una realización de la presente invención consiste, en % en masa, en

C: 0,05% a 0,15%,

Si: 0% a 0,2%,

Al: 0,5% a 3,0%,

15 Mn: 1,2% a 2,5%,

P: 0,1% o menos,

S: 0,01% o menos,

N: 0,007% o menos,

Ti: 0,03% a 0,10%,

20 Nb: 0,008% a 0,06%,

V: 0% a 0,12%,

uno o más de Cr, Cu, Ni y Mo: 0% a 2,0% en total,

B: 0% a 0,005%,

uno o más de Ca, Mg, La y Ce: 0% a 0,01% en total,

25 cantidad total de Si y Al:  $0,8 \times (Mn-1)\%$  o más,

cantidad total de Ti y Nb: 0,04% a 0,14%, y

el resto: Fe e impurezas,

en la estructura del acero, la relación de área total de la martensita y la austenita retenida es 3% a 20%, la relación de área de la ferrita es 50% a 96% y la relación de área de la perlita es 3% o menos,

30 en una zona de la capa superficial, el espesor es menor que 0,5  $\mu\text{m}$  en la dirección del espesor de la chapa de la región en la que está presente un óxido en forma de red formado en el contorno de los granos cristalinos, la resistencia a la tracción máxima es 720 MPa o más, la chapa de acero laminada en caliente se somete a un decapado, y en donde el límite de elasticidad es 0,82 o menos.

35 A continuación se describen las razones de la limitación de los componentes del material del acero de acuerdo con la presente realización.

<Componentes del acero>

A continuación se describen los componentes del acero de la chapa de acero laminada en caliente de la presente invención. Cabe señalar que la expresión del % con respecto a los componentes del acero indica % en masa, a menos que se especifique lo contrario.

40 "C: carbono" 0,05% a 0,15%

En la presente invención, el C se utiliza para el control de la estructura. Cuando el contenido de C es menor de 0,05%, resulta difícil garantizar una relación de área total de la martensita y la austenita retenida de 3% o más. Asimismo, cuando el contenido de C supera 0,15% aparece una estructura de perlita y las características de fatiga disminuyen en la zona punzonada. En consecuencia, en la presente descripción, el intervalo apropiado de C se limita al intervalo

de 0,05% a 0,15%. Téngase en cuenta que el límite inferior del contenido de C se establece preferiblemente en 0,055%, más preferiblemente 0,06%. Asimismo, el límite superior del contenido de C se establece preferiblemente en 0,14%, más preferiblemente 0,13%.

"Si: silicio" 0% a 0,2%

- 5 En la presente invención, el Si no está necesariamente contenido; sin embargo, si se contiene Si, la fracción de ferrita puede aumentar. No obstante, cuando el contenido de Si supera 0,2%, aumenta el óxido en forma de red en la zona de la capa superficial y, en consecuencia, no se forman cristales densos de fosfato de cinc (la película base del revestimiento por electrodeposición) en el revestimiento por conversión química en la etapa de revestimiento por electrodeposición. En consecuencia, se vuelve escasa la adherencia entre la chapa de acero y el material de revestimiento después del revestimiento por electrodeposición, y resulta difícil garantizar la resistencia a la corrosión después del revestimiento por electrodeposición. Asimismo, durante el procedimiento de laminación en caliente se forma una gran cantidad de óxidos de Si-Mn en la zona de la capa superficial, lo cual degrada las características de fatiga y la capacidad de flexión. Esta es la razón por la cual el intervalo apropiado se establece en 0,2% o menos. El contenido de Si se establece preferiblemente en 0,18% o menos, más preferiblemente 0,15% o menos. El límite inferior del contenido de Si no se limita a un valor particular, pero un contenido menor de 0,001% aumenta el coste de fabricación, de modo que es preferible que sea 0,001% o más.

"Al: aluminio" 0,5% a 3,0%

- 20 El Al es un elemento que, como el Si, aumenta la fracción de ferrita. Cuando el contenido de Al es menor que 0,5% no se puede garantizar la fracción de ferrita, y en consecuencia, no se puede garantizar la resistencia mecánica, la conformabilidad y las características de fatiga de la superficie frontal punzonada. Por otra parte, cuando el contenido de Al supera 3,0%, se forma una gran cantidad de óxidos que contienen Al y Mn en la zona de la capa superficial y, en consecuencia, se degradan las características de fatiga y la capacidad de flexión. Esta es la razón por la cual el intervalo apropiado se establece en 0,5% a 3,0%. Téngase en cuenta que el límite inferior del contenido de Al se establece preferiblemente en 0,6%. Asimismo, el límite superior del contenido de Al se establece preferiblemente en 2,0%, más preferiblemente 1,5%.

"Mn: manganeso" 1,2% a 2,5%

- 30 El Mn se utiliza para controlar la estructura y ajustar la resistencia mecánica. Cuando el contenido de Mn es menor que 1,2%, resulta difícil garantizar una relación de área total de la martensita y la austenita retenida de 3% o más, y las características de fatiga de la zona punzonada disminuyen. Por otra parte, cuando el contenido de Mn supera 2,5%, resulta difícil garantizar una relación de área de la ferrita de 50% o más, y las características de fatiga de la zona punzonada disminuyen. Asimismo, el espesor del óxido en forma de red aumenta, de modo que las características de fatiga a la flexión disminuyen. Esta es la razón por la cual el intervalo apropiado se establece en 1,2% a 2,5%. Téngase en cuenta que el límite inferior del contenido de Mn se establece preferiblemente en 1,3%, más preferiblemente 1,5%. Asimismo, el límite superior del contenido de Mn se establece preferiblemente en 2,4%, más preferiblemente 2,3%.

- 35 "P: fósforo" 0,1% o menos

- 40 El P se puede utilizar para garantizar la resistencia mecánica del acero. Sin embargo, cuando el contenido de P supera 0,1%, la rugosidad de la superficie frontal punzonada aumenta y las características de fatiga de la zona punzonada se degradan, de modo que el intervalo apropiado de P se establece en 0,1% o menos. El límite inferior del contenido de P no se limita a un valor particular y puede ser 0%, pero un contenido menor que 0,001% aumenta el coste de fabricación; en consecuencia, el límite inferior real es 0,001%. Téngase en cuenta que el contenido de P se establece preferiblemente en 0,05% o menos, más preferiblemente 0,03% o menos.

"S: azufre" 0,01% o menos

- 45 El S es un elemento que influye en las características de fatiga del material base. Sin embargo, cuando el contenido de S supera 0,01%, la rugosidad de la superficie de rotura punzonada aumenta y en la zona punzonada no se obtienen unas características de fatiga favorables, de modo que el intervalo apropiado se establece en 0,01% o menos. Asimismo, el límite inferior del contenido de S no se limita a un valor particular, y puede ser 0%, pero un contenido menor que 0,0002% aumenta el coste de fabricación; en consecuencia, el límite inferior real es 0,0002%. Téngase en cuenta que el contenido de S se establece preferiblemente en 0,006% o menos, más preferiblemente 0,003% o menos.

"N: nitrógeno" 0,007% o menos

- 50 Cuando el contenido de N supera 0,007%, se forma un nitruro grueso a base de Ti-Nb y se evita la formación de carburos de aleación de Ti y Nb, de modo que no se puede obtener la resistencia a la tracción máxima de 720 MPa. En consecuencia, el límite superior se establece en 0,007%. Asimismo, el límite inferior del contenido de N no se limita a un valor particular, y puede ser 0%, pero un contenido menor que 0,0003% aumenta el coste de fabricación; en consecuencia, el límite inferior real es 0,0003%. Téngase en cuenta que el contenido de N se establece preferiblemente en 0,006% o menos, más preferiblemente 0,005% o menos.

"Ti: titanio" 0,03% a 0,10%

5 El Ti se utiliza para realizar el reforzamiento por precipitación del acero. Asimismo, el Ti es eficaz para evitar la formación del óxido en forma de red formado en la zona de la capa superficial durante la etapa de laminación en caliente. Sin embargo, cuando el contenido de Ti es menor que 0,03%, no existe el efecto de evitar la formación del óxido en forma de red y, asimismo, resulta difícil garantizar la resistencia a la tracción de 720 MPa o más. Asimismo, cuando el contenido de Ti supera 0,10%, el efecto se satura, la rugosidad de la zona punzonada aumenta, las características de fatiga de la zona punzonada disminuyen, el límite de elasticidad YR (siglas del inglés "yield ratio") aumenta y la conformabilidad disminuye. En consecuencia, el intervalo apropiado se limita en 0,03% a 0,10%. Téngase en cuenta que el límite inferior del contenido de Ti se establece preferiblemente en 0,04%, más preferiblemente 0,05%.

10 Asimismo, el límite superior del contenido de Ti se establece preferiblemente en 0,09%, más preferiblemente 0,08%.

"Nb: niobio" 0,008% a 0,06%

15 El Nb se utiliza para controlar la estructura y realizar el reforzamiento por precipitación del acero. Asimismo, el Nb es eficaz para evitar la formación del óxido en forma de red formado en la zona de la capa superficial durante la etapa de laminación en caliente. Sin embargo, cuando el contenido de Nb es menor que 0,008%, no existe tal efecto; cuando el contenido de Nb supera 0,06%, la rugosidad de la zona punzonada aumenta y las características de fatiga de la zona punzonada se degradan. En consecuencia, el intervalo apropiado se limita en 0,008% a 0,6%. Téngase en cuenta que el límite inferior del contenido de Nb se establece preferiblemente en 0,009%, más preferiblemente 0,10%. Asimismo, el límite superior del contenido de Nb se establece preferiblemente en 0,055%, más preferiblemente 0,05%.

"Cantidad total de Si y Al"

20 El Si y el Al son elementos que aumentan la fracción de ferrita. Cuando se establece la cantidad total de Si y Al en  $0,8 \times (\text{Mn}-1)\%$  o más, en masa, resulta posible garantizar una relación de área de la ferrita de 50% o más, y obtener unas características de fatiga a la flexión favorables en la zona punzonada. Asimismo, cuando la cantidad total de Si y Al se establece en un valor apropiado, resulta posible optimizar la profundidad en la dirección del espesor de la chapa en la que está presente el óxido en forma de red formado en la zona de la capa superficial y mejorar las características de fatiga a la flexión de la chapa de acero. El límite superior de la cantidad total de Si y Al no se limita a un valor particular, pero una cantidad total de Si y Al que supere 3,0% disminuye la tenacidad; en consecuencia, la cantidad total de Si y Al se establece preferiblemente en 3,0% o menos.

25

"Cantidad total de Ti y Nb"

30 El Ti y el Nb se utilizan para fabricar acero de alta resistencia mecánica mediante la formación de un carburo de aleación de un tamaño apropiado. Sin embargo, cuando la cantidad total de Ti y Nb es menor que 0,04%, resulta difícil garantizar la resistencia a la tracción máxima de 720 MPa o más. Por otra parte, cuando la cantidad total de Ti y Nb supera 0,14%, la rugosidad de la zona punzonada aumenta y las características de fatiga de la zona punzonada se degradan. En consecuencia, el intervalo apropiado de la cantidad total de Ti y Nb se limita en 0,04% a 0,14%.

35 En la presente realización, como componentes del acero además de los elementos anteriores pueden estar contenidos selectivamente los siguientes elementos.

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

40 En la presente invención, el V no está necesariamente contenido pero se puede utilizar para ajustar la resistencia mecánica del acero. Cuando el contenido de V es menor que 0,01%, no existe tal efecto. En consecuencia, en el caso de que se contenga V, el contenido de V se establece deseablemente en 0,01% o más. Por otra parte, cuando el contenido de V supera 0,12%, la rugosidad de la superficie frontal punzonada puede aumentar y las características de fatiga de la zona punzonada se pueden degradar. En consecuencia, el contenido de V se establece en 0,12% o menos.

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

45 En la presente invención, el Cr, el Cu, el Ni y el Mo no están necesariamente contenidos pero se pueden utilizar para controlar la estructura del acero. Cuando el contenido total de uno o más de estos elementos es menor que 0,02%, no existe el efecto que acompaña a su adición; en consecuencia, en el caso de que se contenga uno o más de estos elementos, el contenido total se establece deseablemente en 0,02% o más. Por otra parte, cuando el contenido total de estos elementos supera 2,0%, disminuye la resistencia a la corrosión del revestimiento. En consecuencia, el intervalo apropiado del contenido total de estos elementos se establece en 2,0% o menos.

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

50 En la presente invención, el B no está necesariamente contenido pero se puede utilizar para controlar la estructura de la chapa de acero. Cuando el contenido de B es menor que 0,0003%, no existe tal efecto; en consecuencia, en el caso de que se contenga B, el contenido de B se establece deseablemente en 0,0003% o más. Por otra parte, cuando el contenido de B supera 0,005%, puede ser difícil garantizar un 50% o más de ferrita y se pueden degradar las características de fatiga a la flexión. En consecuencia, el contenido de B se establece en 0,005% o menos.

"Uno o más de Ca, Mg, La y Ce: 0% a 0,01% en total"

5 En la presente invención, el Ca, el Mg, el La y el Ce no están necesariamente contenidos pero se pueden utilizar para la desoxidación del acero. Cuando la cantidad total de uno o más de estos elementos es menor que 0,0003%, no existe tal efecto; en consecuencia, en el caso de que se contenga uno o más de estos elementos, el contenido total de los mismos se establece deseablemente en 0,0003% o más. Por otra parte, cuando el contenido total de los mismos supera 0,01%, se degradan las características de fatiga. En consecuencia, el intervalo apropiado del contenido total de uno o más de estos elementos se establece en 0,01% o menos.

10 En los componentes del acero de la chapa de acero laminada en caliente de acuerdo con la presente invención, el resto distinto de los elementos anteriores es Fe e impurezas. Las impurezas se incluyen, por ejemplo, en las materias primas, tales como los minerales y los residuos, o se incluyen en el procedimiento de fabricación; sin embargo, no hay ninguna limitación particular. Cualquier elemento puede estar contenido, según sea apropiado, si no daña el efecto de la función de la presente invención.

<Estructura del acero>

"Relación de área total de la martensita y la austenita retenida"

15 La martensita y la austenita retenida fomentan la rotura dúctil en la región localmente deformada de la zona punzonada, y en consecuencia son eficaces para suavizar la rugosidad de la superficie frontal punzonada en el acero reforzado por precipitación. Es decir, en la presente invención, que tiene como objetivo aumentar las características de fatiga de la zona punzonada, la martensita y la austenita retenida son parámetros significativos. Asimismo, la martensita y la austenita retenida también son eficaces para aumentar la conformabilidad por estiramiento y la ductilidad.

20 Cuando la relación de área total de la martensita y la austenita retenida es menor que 3%, no existe tal efecto. Por otra parte, cuando la relación de área total de la martensita y la austenita retenida supera 20%, la rugosidad de la superficie frontal punzonada tiende a aumentar de nuevo. En consecuencia, el intervalo apropiado de la relación de área total de la martensita y la austenita retenida se limita en 3% a 20%. La relación de área total de la martensita y la austenita retenida se establece preferiblemente en 5% o más, más preferiblemente 7% o más. Asimismo, la relación de área total de la martensita y la austenita retenida se establece preferiblemente en 18% o menos, más preferiblemente 15% o menos.

En cuanto a la martensita, la martensita revenida también es eficaz para suavizar la superficie frontal punzonada. La martensita incluye la llamada martensita fresca y la martensita revenida.

30 En esta memoria, en el caso en el que la martensita se compare con la austenita retenida, la austenita retenida tiene un efecto un poco mayor sobre la reducción de la rugosidad de la superficie frontal punzonada y, en consecuencia, está contenida preferiblemente una cierta cantidad de austenita retenida. Cuando la relación de área de la austenita retenida es menor que 1%, no se presenta explícitamente el efecto anterior; por otra parte, cuando la relación de área de la austenita retenida supera 6%, las características de fatiga del material base disminuyen. En consecuencia, la relación de área de la austenita retenida se establece preferiblemente en 1% a 6%.

35 "Relación de área de la ferrita"

40 Con el fin de garantizar la martensita o la austenita retenida, las cuales contribuyen a la mejora de las características de fatiga del material base y a la mejora de la rugosidad de la superficie frontal punzonada, la ferrita necesita estar contenida en una relación de área apropiada. Cuando la relación de área de la ferrita es menor que 50%, resulta difícil establecer la cantidad apropiada anterior de martensita o austenita retenida, y las características de fatiga de la zona punzonada se degradan. Por otra parte, también en el caso en el que la relación de área de la ferrita supere 96%, la rugosidad de la superficie frontal punzonada aumenta y las características de fatiga a la flexión de la zona punzonada se degradan. En consecuencia, el intervalo apropiado de la relación de área de la ferrita se limita en 50% a 96%. El límite inferior de la fracción de ferrita se establece preferiblemente en 70% o más, más preferiblemente 75% o más. Asimismo, la relación de área de la ferrita se establece preferiblemente en 93% o menos, más preferiblemente 90% o menos.

Téngase en cuenta que la ferrita aquí mencionada puede ser cualquiera de ferrita poligonal ( $\alpha_p$ ), ferrita pseudo poligonal ( $\alpha_q$ ) y ferrita bainítica granular ( $\alpha_B$ ) descritas en el "Steel Bainite Photobook - 1", El Instituto del Hierro y el Acero de Japón (1992), pág. 4.

"Relación de área de la perlita"

50 La perlita aumenta la rugosidad de la zona punzonada. Cuando la relación de área supera 3%, las características de fatiga a la flexión de la zona punzonada tienden a degradarse y la resistencia a la tracción tiende a disminuir. En consecuencia, el intervalo apropiado se limita a 3% o menos. Es más preferible una cantidad pequeña de perlita, y su límite inferior es 0%.

En la presente invención, la perlita incluye la perlita y la pseudo perlita.

Téngase en cuenta que, en la chapa de acero laminada en caliente de la presente invención, el resto de la estructura metálica puede ser bainita. En esta memoria, se clasifica como bainita la ferrita bainítica ( $\alpha^{\circ}B$ ) descrita en el anterior "Steel Bainite Photobook - 1", El Instituto del Hierro y el Acero de Japón (1992), pág. 4.

5 Las relaciones de área de la ferrita, la bainita, la perlita y la martensita se pueden medir mediante el método de conteo de puntos o análisis de imagen, utilizando las fotografías de la estructura que se obtienen al fotografiar con un microscopio óptico o un microscopio electrónico de barrido (SEM). La ferrita bainítica granular ( $\alpha^{\circ}B$ ) y la ferrita bainítica ( $\alpha^{\circ}B$ ) se determinan mediante la observación de la estructura con un SEM y un microscopio electrónico de transmisión (TEM), en base al documento de referencia 1. La fracción de austenita retenida se mide mediante el método de difracción de rayos X.

10 <Óxido en forma de red en la zona de la capa superficial>

El óxido en forma de red, que contiene uno o más de Si, Al, Mn y Fe, formado durante la etapa de laminación en caliente en la zona de la capa superficial de la chapa de acero, degrada las características de fatiga a la flexión y la resistencia a la corrosión después del revestimiento. Cuando el espesor (profundidad) en la dirección del espesor de la chapa de la región donde está presente este óxido en forma de red es 0,5  $\mu\text{m}$  o más, las características de capacidad de flexión, la fatiga a la flexión y la resistencia a la corrosión después del revestimiento se degradan. En consecuencia, el intervalo apropiado se limita a 0,5  $\mu\text{m}$  o menos. Téngase en cuenta que el óxido que influye en las características de capacidad de flexión y fatiga a la flexión es el óxido en forma de red que se forma en el contorno de los granos cristalinos en la proximidad de la superficie del material base durante la etapa de laminación en caliente, y no incluye los óxidos que se forman durante la etapa de pudelado y moldeo y que se dispersan uniformemente en el acero. Asimismo, en cuanto a los óxidos internos (óxidos precipitados dentro del grano cristalino), también están presentes los granulados en la zona de la capa superficial pero se considera que tienen una influencia más pequeña sobre la capacidad de flexión y las características de fatiga a la flexión que los precipitados en forma de red en el contorno de los granos cristalinos del material base. En consecuencia, en la presente invención, no existe limitación particular en los óxidos internos granulados, pero existe limitación en el óxido en forma de red formado en el contorno de los granos cristalinos en la zona de la capa superficial.

<Diámetro medio del grano del carburo de aleación que contiene Ti y del carburo de aleación que contiene Nb>

El carburo de aleación que contiene Ti y el carburo de aleación que contiene Nb son precipitados que contribuyen al reforzamiento por precipitación. Sin embargo, cuando el diámetro medio del grano supera 10 nm, resulta difícil garantizar la resistencia a la tracción máxima de 720 MPa o más y, en consecuencia, el intervalo apropiado se limita deseablemente a 10 nm o menos. Téngase en cuenta que aun cuando los carburos de aleación contengan una cantidad mínima de N, V y Mo, el efecto del reforzamiento por precipitación no cambia. El carburo de aleación que contiene Ti puede contener N, V y Mo, además de Ti y C. Del mismo modo, el carburo de aleación que contiene Nb puede contener N, V y Mo, además de Nb y C. Asimismo, el N, el V y el Mo pueden estar contenidos además del Ti y del Nb y el C.

35 Téngase en cuenta que el diámetro del grano del carburo de aleación que contiene Ti y el carburo de aleación que contiene Nb se obtiene mediante la observación con TEM del precipitado en una muestra de acero que se hace más delgada mediante electropulido o pulido iónico, o mediante la observación con TEM del residuo obtenido por electroextracción, y el cálculo como diámetro del grano circular equivalente de 100 o más carburos de aleación.

<Resistencia a la tracción máxima de la chapa de acero>

40 En la presente invención, cuando la resistencia a la tracción máxima de la chapa de acero es menor que 720 MPa, el efecto de reducción del peso de los componentes se vuelve pequeño. En consecuencia, el intervalo se establece en 720 MPa o más.

<Límite de elasticidad: 0,82 o menos>

45 Para la aplicación en componentes de automóviles o camiones, los cuales necesitan características de fatiga, se requiere una excelentes conformabilidad por estiramiento y capacidad de flexión. Cuando el límite de elasticidad YR, definido mediante YP/TS (YP: tensión de fluencia, TS: resistencia a la tracción) supera 0,82, durante la conformación en algunos casos se generan fisuras o roturas y la conformación de componentes se vuelve insatisfactoria. En consecuencia, el límite de elasticidad es 0,82 o menos.

[Método para fabricar la chapa de acero laminada en caliente de alta resistencia mecánica]

50 A continuación se describe un método para fabricar la chapa de acero laminada en caliente de la presente invención. El método de fabricación de la presente invención es un método que incluye: calentar un planchón que consiste en la composición de componentes anterior y realizar, sucesivamente, una laminación grosera y una laminación final; mantener durante tres segundos o más, desde que se realiza el descascarillado antes de la laminación final hasta que termina la laminación final, un estado en el que no haya agua presente (agua sobre la chapa) sobre la superficie de la chapa de acero, y establecer que la temperatura de terminación de la laminación final sea 850°C o más; realizar un enfriamiento en el que la velocidad media de enfriamiento entre la temperatura de terminación de la laminación final y

la temperatura  $Ar_3$  sea  $25^\circ\text{C/s}$  o más, la velocidad media de enfriamiento entre la temperatura  $Ar_3$  y  $730^\circ\text{C}$  sea  $30^\circ\text{C/s}$  o más, la velocidad media de enfriamiento entre  $730^\circ\text{C}$  y  $670^\circ\text{C}$  sea  $12^\circ\text{C/s}$  o menos, y la velocidad media de enfriamiento entre  $670^\circ\text{C}$  y  $550^\circ\text{C}$  sea  $20^\circ\text{C/s}$  o más; y bobinar la chapa de acero laminada en caliente a  $530^\circ\text{C}$  o menos.

- 5 Primeramente, se calienta el planchón que consiste en la composición de componentes anterior, y luego se realiza sucesivamente una laminación grosera y una laminación final. En este momento, las condiciones para el calentamiento del planchón y las condiciones para la laminación grosera no se limitan a unas condiciones particulares, y se puede emplear cualquiera de las condiciones que se han utilizado convencionalmente.

10 En la presente invención, el agua (agua sobre la chapa) que está presente sobre la superficie de la chapa de acero, desde que se realiza el descascarillado antes de la laminación final hasta que termina la laminación final, es un factor significativo que influye sobre la formación del óxido en forma de red en la zona de la capa superficial de la chapa de acero. En la etapa de laminación final, sobre la superficie de la chapa de acero normalmente está presente el agua a alta presión utilizada en el descascarillado, el agua utilizada para los laminadores en frío y el agua para enfriar la chapa de acero entre los laminadores. Cuando el estado en el que no hay agua presente sobre la superficie de la chapa de acero durante no más de tres segundos, desde que termina el descascarillado hasta que acaba la laminación final, en la zona de la capa superficial queda una cantidad excesiva de óxidos en forma de red y las características de fatiga a la flexión se degradan. En consecuencia, el intervalo apropiado del tiempo de mantenimiento del estado en el que no hay agua presente sobre la superficie de la chapa de acero se establece en tres segundos o más, preferiblemente cuatro segundos o más.

20 Téngase en cuenta que no existe una limitación particular sobre el método para conseguir el estado en el que no haya agua presente sobre la superficie de la chapa de acero y mantener este estado. Por ejemplo, existe un método para eliminar la humedad sobre la superficie de la chapa de acero inyectando un gas, tal como el aire, en la dirección del desplazamiento de la chapa de acero desde la dirección de intersección (dirección en el lado de la superficie lateral).

25 La temperatura de terminación FT de la laminación final es un parámetro de fabricación significativo para controlar el comportamiento ante la oxidación en la zona de la capa superficial y la estructura metálica de la chapa de acero. Cuando la temperatura de terminación de la laminación final es menor que  $850^\circ\text{C}$ , resulta más difícil optimizar la estructura metálica descrita anteriormente a medida que aumenta el espesor del óxido en forma de red en la zona de la capa superficial. En consecuencia, en la presente invención, el intervalo apropiado de la temperatura de terminación de la laminación final se limita a  $850^\circ\text{C}$  o más, preferiblemente  $870^\circ\text{C}$  o más.

30 La velocidad de enfriamiento entre la temperatura de terminación FT de la laminación final y la temperatura  $Ar_3$  es un parámetro de fabricación significativo que influye sobre la microestructura y la resistencia mecánica del acero. Cuando la temperatura media de enfriamiento entre estas temperaturas es menor que  $25^\circ\text{C/s}$ , no se puede optimizar la relación de área de la ferrita. En consecuencia, el intervalo apropiado de la velocidad media de enfriamiento entre FT y la temperatura  $Ar_3$  se establece en  $25^\circ\text{C/s}$  o más, preferiblemente  $45^\circ\text{C/s}$  o más.

35 De acuerdo con la invención, la temperatura  $Ar_3$  se calcula a partir de la siguiente expresión (1).

$$Ar_3 (^\circ\text{C}) = 910 - 310 \times C + 33(\text{Si} + \text{Al}) - 80 \times \text{Mn} - 20 \times \text{Cu} - 15 \times \text{Cr} - 55 \times \text{Ni} - 80 \times \text{Mo} \quad (1)$$

En la anterior expresión (1), cada símbolo atómico indica el contenido de cada elemento (% en masa).

40 La velocidad de enfriamiento entre la temperatura  $Ar_3$  y  $730^\circ\text{C}$  es un parámetro de fabricación significativo que influye sobre la formación del óxido en forma de red en la zona de la capa superficial. Cuando la velocidad media de enfriamiento entre estas temperaturas es menor que  $30^\circ\text{C/s}$ , aumenta la profundidad a la que se forma el óxido en forma de red desde la superficie. En consecuencia, en la presente invención, el intervalo apropiado de la velocidad media de enfriamiento entre la temperatura  $Ar_3$  y  $730^\circ\text{C}$  se establece en  $30^\circ\text{C/s}$  o más, preferiblemente  $35^\circ\text{C/s}$  o más.

45 La velocidad de enfriamiento entre  $730^\circ\text{C}$  y  $670^\circ\text{C}$  es un parámetro de fabricación significativo para garantizar la relación de área de la ferrita en el acero. Cuando la velocidad media de enfriamiento entre estas temperaturas supera  $12^\circ\text{C/s}$ , resulta difícil garantizar 50% o más de ferrita. En consecuencia, el intervalo apropiado se establece en  $12^\circ\text{C/s}$  o menos, preferiblemente  $10^\circ\text{C/s}$  o menos.

50 La velocidad de enfriamiento entre  $670^\circ\text{C}$  y  $550^\circ\text{C}$  es un parámetro de fabricación significativo para optimizar la relación de área de la martensita y la austenita retenida. Cuando la velocidad media de enfriamiento entre estas temperaturas es menor que  $20^\circ\text{C/s}$ , se forma perlita y aumenta la rugosidad de la superficie de rotura punzonada, dando lugar a la degradación de las características de fatiga de la zona punzonada. En consecuencia, en la presente invención, el intervalo apropiado se establece en  $20^\circ\text{C/s}$  o más, preferiblemente  $25^\circ\text{C/s}$  o más.

55 Seguidamente, en el método de fabricación de la presente invención, la temperatura en el momento del bobinado de la chapa de acero es un parámetro de fabricación significativo para obtener cantidades apropiadas de martensita y austenita retenida. Cuando la temperatura de bobinado supera  $530^\circ\text{C}$ , no se obtienen las cantidades adecuadas de martensita y austenita retenida, y es probable que se forme perlita. Por consiguiente, la rugosidad de la superficie de rotura punzonada aumenta y las características de fatiga de la zona punzonada se degradan. En consecuencia, en la

presente invención, el intervalo apropiado de la temperatura de bobinado de la chapa de acero se limita a 530°C o menos, preferiblemente 510°C o menos.

5 La laminación de endurecimiento o laminación de nivelación no es necesaria, pero es eficaz para mejorar el enderezamiento de la forma, el carácter del envejecimiento y las características de fatiga, y se puede realizar después o antes del decapado, el cual se describe más adelante. En el caso de realizar una laminación de endurecimiento, el límite superior de reducción de la laminación se establece deseablemente en 3%. Esto se debe a que la conformabilidad de la chapa de acero se daña cuando el límite superior supera 3%.

10 Después de que se termina la laminación en caliente, se realiza un decapado y se elimina la cascarilla negra (cascarilla) adherida a la superficie del material base. El decapado después del acabado de la laminación en caliente es eficaz para eliminar una cierta cantidad de óxidos en forma de red en el contorno de los granos. Sin embargo, a no ser que se realice el método de fabricación anterior, solo mediante la etapa de decapado después de la terminación de la laminación en caliente es difícil reducir hasta el valor deseado el espesor de la capa de óxido en forma de red en el contorno de los granos.

15 A continuación, la chapa de acero laminada en caliente anterior se puede someter adicionalmente a un tratamiento de revestimiento metálico o a un tratamiento de revestimiento metálico seguido por la formación de aleación de la capa revestida con metal.

20 Primeramente, después de que la chapa de acero laminada en caliente se decapa, la chapa de acero se calienta utilizando, por ejemplo, un equipo de galvanización continua o un equipo de galvanización y recocido continuos. A continuación, la chapa de acero se sumerge en un baño de revestimiento metálico para ser sometida a una inmersión en caliente, de modo que se forme una capa revestida con metal sobre la superficie de la chapa de acero laminada en caliente.

25 En este caso, cuando la temperatura de calentamiento de la chapa de acero supera 800°C, la estructura metálica de la chapa de acero cambia y, asimismo, aumenta el espesor en la dirección del espesor de la chapa de la región que contiene el óxido en forma de red en la zona de la capa superficial, de modo que no se garantizan las características de fatiga. En consecuencia, el intervalo apropiado de la temperatura de calentamiento se limita a 800°C o menos.

Asimismo, después de realizar la inmersión en caliente, se puede realizar un tratamiento de revestimiento metálico seguido por la formación de aleación de la capa revestida con metal, de modo que se pueda formar una capa aleada galvanizada por inmersión en caliente.

30 Téngase en cuenta que no hay una limitación particular en el tipo de revestimiento metálico. Se puede realizar cualquier tipo de revestimiento metálico siempre que el límite superior de la temperatura de calentamiento sea 800°C o menos.

A continuación, se describen unos métodos para evaluar las características de la chapa de acero laminada en caliente de la presente invención.

35 Las características de fatiga a la flexión de la chapa de acero laminada en caliente de la presente invención se evaluaron mediante el límite de fatiga en dos millones de veces (valor límite del esfuerzo para el que no se produce rotura por fatiga después de unos esfuerzos repetidos dos millones de veces) obtenido mediante unos ensayos de fatiga a la flexión plana bajo la condición de una relación de esfuerzo = -1, de acuerdo con el método descrito en la norma JIS Z2275, y se calculó la relación del límite de fatiga a partir de {límite de fatiga/TS (resistencia a la tracción)}. En la chapa de acero laminada en caliente de la presente invención, se puede garantizar una relación del límite de fatiga de 0,45 o más.

Asimismo, las características de fatiga de la zona punzonada se pueden evaluar brevemente mediante el método siguiente.

45 A saber, se fabrica una probeta de ensayo de flexión que tiene un orificio perforado en la zona central, y se realizan unos ensayos de fatiga a la flexión de la chapa para evaluar el límite de fatiga en dos millones de veces o la relación del límite de fatiga (= límite de fatiga/TS). En esta memoria, en el caso en el que los ensayos de fatiga a la flexión se realicen utilizando una probeta de ensayo que tiene 30 mm de ancho, que se obtiene al punzonar un orificio perforado bajo la condición de un 10% de espacio libre, utilizando un punzón completamente nuevo de  $\phi$  10 mm, en la chapa de acero de la presente invención se puede garantizar una relación del límite de fatiga de 0,36 o más. Asimismo, en la presente invención es más preferible una relación del límite de fatiga de 0,39 o más.

50 Asimismo, en cuanto a la capacidad de flexión de la chapa de acero, se realizaron unos ensayos mediante el método de plegado por presión de acuerdo con el método descrito en la norma JIS Z2248, con un ángulo de plegado de 180° y un radio interior de 1,5t (t es el espesor de la chapa del acero). En la chapa de acero laminada en caliente de la presente invención es posible garantizar una capacidad de flexión favorable sin que se observen fisuras o roturas en la zona frontal del plegado.

55 Como se describió anteriormente, de acuerdo con la chapa de acero laminada en caliente de acuerdo con la presente

invención, mediante la configuración anterior se pueden obtener unas excelentes capacidad de flexión, resistencia a la corrosión del revestimiento y durabilidad a la fatiga. En las chapas de acero convencionales, el espesor de la chapa de los componentes se ha establecido teniendo en cuenta la reducción del espesor por corrosión. Por el contrario, la chapa de acero laminada en caliente de la presente invención permite la reducción del espesor de la chapa de los componentes debido a que se puede obtener una excelente resistencia a la corrosión del revestimiento, lo que permite la reducción del peso de los automóviles, camiones y similares. Asimismo, en las chapas de acero convencionales, aun cuando se realice un alto reforzamiento, la resistencia a la fatiga de la zona punzonada no ha mejorado sustancialmente. Por el contrario, la chapa de acero laminada en caliente de la presente invención tiene unas excelentes características de fatiga a la flexión del material base y unas excelentes características de fatiga de la zona punzonada, y también tiene una excelente capacidad de flexión y, en consecuencia, es sumamente adecuada para la reducción del peso de los componentes.

Asimismo, de acuerdo con el método para fabricar la chapa de acero laminada en caliente de la presente invención, mediante el empleo del procedimiento y las condiciones anteriores resulta posible fabricar una chapa de acero laminada en caliente que tiene una resistencia a la tracción máxima de 720 MPa o más, con unas excelentes capacidad de flexión, resistencia a la corrosión después del revestimiento por electrodeposición y durabilidad a la fatiga.

### Ejemplos

A continuación, se describen unos ejemplos de la chapa de acero laminada en caliente de acuerdo con la presente invención, y se describe más específicamente la presente invención. Téngase en cuenta que la presente invención no se limita a los ejemplos siguientes, y se puede poner en práctica aplicando de manera adecuada cualquier modificación sin apartarse del alcance anterior o posterior. Tal puesta en práctica también se incluye en el alcance técnico de la presente invención.

Primeramente, se colaron unos planchones que tenían los componentes del acero A a X que se muestran en la Tabla 1, y luego estos planchones se calentaron nuevamente en el intervalo de 1.050°C a 1.300°C, y se realizó una laminación grosera. A continuación, se realizó una laminación final, un enfriamiento y un bobinado bajo las condiciones mostradas en la Tabla 2, de modo que se fabricaron unas chapas de acero laminadas en caliente. Se variaron los periodos de tiempo del estado en el que el agua no estaba presente sobre la superficie de la chapa de acero desde el descascarillado antes de la laminación final hasta la terminación de la laminación final, la temperatura de terminación de la laminación final, las condiciones de enfriamiento y las temperaturas de bobinado. A continuación, se realizó un tratamiento de decapado, y las chapas de acero de cuya superficie se retiró la cascarilla se sometieron a unos ensayos de evaluación.

Asimismo, en cuanto al ensayo número A-12, la chapa de acero laminada en caliente obtenida como en el ensayo número A-1 se sometió a un decapado, y luego se realizó un tratamiento de recocido a 650°C, y posteriormente se realizó un tratamiento de galvanización. En cuanto al ensayo número A-13, la chapa de acero laminada en caliente obtenida como en el ensayo número A-1 se sometió a un decapado, y luego se realizó un tratamiento de recocido a 600°C, y posteriormente se realizó un tratamiento de galvanización y un tratamiento de formación de aleación y galvanización.

Las chapas de acero laminadas en caliente de los presentes ejemplos y las chapas de acero laminadas en caliente de los ejemplos comparativos, las cuales se obtuvieron por medio del procedimiento anterior, se sometieron a los ensayos de evaluación descritos a continuación. Téngase en cuenta que los caracteres alfabéticos añadidos delante del "número de ensayo" que se muestra en la Tabla 2 corresponden a los símbolos de los aceros que se muestran en la Tabla 1.

Luego, las chapas de acero laminadas en caliente de los presentes ejemplos y las chapas de acero laminadas en caliente de los ejemplos comparativos, las cuales se obtuvieron por medio del procedimiento anterior, se sometieron a los ensayos de evaluación descritos a continuación.

Las características de fatiga de las chapas de acero se evaluaron mediante el límite de fatiga en dos millones de veces obtenido mediante unos ensayos de fatiga a la flexión plana bajo la condición de una relación de esfuerzo = -1, de acuerdo con el método descrito en la norma JIS Z2275, y se calcularon las relaciones del límite de fatiga a partir de {límite de fatiga/TS (resistencia a la tracción)}. Téngase en cuenta que se evaluaron como favorables las relaciones del límite de fatiga de 0,45 o más.

Las características de fatiga de las zonas punzonadas se evaluaron mediante el límite de fatiga en dos millones de veces obtenido mediante unos ensayos de fatiga a la flexión plana, utilizando unas probetas de ensayo de flexión que tenían un orificio perforado en la zona central, bajo la condición de una relación de esfuerzo = -1, de acuerdo con el método descrito en la norma JIS Z2275, y se calcularon los límites de fatiga a partir de {límite de fatiga/TS (resistencia a la tracción)}. En esta memoria, el procedimiento de punzonamiento para proporcionar los orificios perforados se realizó con la condición de un 10% de espacio libre, utilizando un punzón completamente nuevo de  $\phi$  10 mm. Téngase en cuenta que se evaluaron como características de fatiga favorables de las zonas punzonadas las relaciones del límite de fatiga de 0,39 o más.

La capacidad de flexión de las chapas de acero se evaluó mediante unos ensayos realizados con un método de

## ES 2 714 316 T3

- 5 plegado por presión de acuerdo con el método descrito en la norma JIS Z2248, con un ángulo de plegado de 180° y un radio interior de 1,5t (t es el espesor de la chapa de acero), extrayendo unas probetas de ensayo de manera que la dirección longitudinal de la probeta de ensayo se vuelva perpendicular a la dirección de laminación. Se evaluaron como A (favorables) las probetas de ensayo en las que no se observaron fisuras o roturas en la zona frontal del plegado.
- Las características de tracción de las chapas de acero se evaluaron mediante unos ensayos de esfuerzo extrayendo de cada una de las chapas de acero una probeta de ensayo, según la norma JIS N° 5, bajo la condición de que la dirección del esfuerzo sea perpendicular (dirección C) a la dirección de laminación.
- 10 Las estructuras metálicas a lo largo de las secciones transversales de las chapas de acero se observaron con un SEM, y los valores promedio en tres o más de las regiones observadas se establecieron como el espesor de la región donde el óxido en forma de red está presente en la zona de la capa superficial de la chapa de acero.
- 15 En cuanto a la resistencia a la corrosión del revestimiento, primeramente se desengrasaron las chapas de acero laminadas en caliente decapadas y luego se sometieron a un tratamiento con fosfato de cinc (revestimiento de conversión química) como tratamiento previo, y se realizó un revestimiento por electrodeposición catiónica de 25 µm de espesor, y finalmente se realizó un tratamiento de cocción a 170°C durante veinte minutos. Luego, después de que a la superficie del revestimiento por electrodeposición se añadieran unas hendiduras lineales, se realizaron unos ensayos de niebla salina (ensayos SST) durante 200 horas de acuerdo con el método descrito en la norma JIS Z2371. Después de los ensayos, se midieron los anchos de las porciones desprendidas de las películas de revestimiento cuando se realizaron los ensayos de desprendimiento de cinta adhesiva. Los anchos de las porciones desprendidas de las películas de revestimiento de 2 mm o menos se evaluaron como "A (resistencia a la corrosión favorable)", y los anchos de las porciones desprendidas de las películas de revestimiento de más de 2 mm se evaluaron como "B (resistencia a la corrosión escasa)".
- 20
- 25 La Tabla 1 muestra la lista de componentes del acero, y la Tabla 2 muestra la lista de los resultados de la evaluación del espesor del óxido en forma de red desde la superficie, las características de fatiga a la flexión, las características de fatiga de las zonas punzonadas, la resistencia a la tracción (TS), el límite de elasticidad, y la capacidad de flexión de las chapas de acero laminadas en caliente fabricadas. Téngase en cuenta que los índices de la Tabla 2 indican los siguientes conceptos.
- t: período de tiempo durante el cual el agua no está presente sobre la chapa de acero desde el descascarillado hasta el acabado de la laminación final (segundos)
- 30 FT: temperatura de terminación de la laminación final (°C)
- CR1: velocidad media de enfriamiento entre FT y la temperatura Ar<sub>3</sub> (°C/s)
- CR2: velocidad media de enfriamiento entre la temperatura Ar<sub>3</sub> y 730°C (°C/s)
- CR3: velocidad media de enfriamiento entre 730°C y 670°C (°C/s)
- CR4: velocidad media de enfriamiento entre 670°C y 550°C (°C/s)
- 35 CT: temperatura de bobinado (°C)
- d<sub>MC</sub>: diámetro medio del grano del carburo de aleación que contiene Ti y el carburo de aleación que contiene Nb (nm)
- f<sub>F</sub>: relación de área de la ferrita (%)
- f<sub>M</sub>: relación de área de la martensita (%)
- 40 f<sub>γ</sub>: fracción de volumen de la austenita retenida (%)
- f<sub>P</sub>: relación de área de la perlita (%)
- hox: espesor en la dirección del espesor de la chapa de la región donde el óxido en forma de red está presente en la zona de la capa superficial (µm)
- EL: alargamiento total de la chapa de acero (%)
- 45 σ<sub>w</sub>/TS: relación del límite de fatiga
- σ<sub>wp</sub>/TS: relación del límite de fatiga de la probeta de ensayo con un orificio perforado.

Tabla 1

Símbolos del acero	Componentes del acero (% en masa)													Rec. (°C)	Categoría
	C	Si	Al	Mn	P	S	N	Ti	Nb	Si+Al	Ti+Nb	Otros			
A	0,08	0,1	1,5	2,0	0,010	0,003	0,003	0,08	0,01	1,6	0,09		778		
B	0,13	0,1	2,0	2,4	0,010	0,001	0,003	0,04	0,06	2,1	0,1	V: 0,06	747		
C	0,10	0,1	1,0	2,0	0,010	0,002	0,003	0,05	0,03	1,1	0,08	Mo: 0,2	739		
D	0,06	0,1	0,8	1,3	0,010	0,002	0,003	0,07	0,01	0,9	0,08	Mg: 0,003	817		
E	0,05	0,1	0,6	1,2	0,010	0,002	0,003	0,04	0,05	0,7	0,09	La: 0,0004, Ce: 0,0015	822		
F	0,13	0,1	1,2	1,8	0,010	0,002	0,003	0,03	0,06	1,3	0,09	V: 0,1, Mo: 0,25, Cr: 0,3	769		
G	0,06	0,2	0,8	1,3	0,010	0,003	0,003	0,09	0,01	1,0	0,1	B: 0,001, Ca: 0,0015	820		
H	0,10	0,1	0,7	1,9	0,010	0,003	0,003	0,09	0,03	0,8	0,12	Cu: 0,1, Ni: 0,3	734		
I	0,04	0,1	1,0	2,0	0,010	0,002	0,003	0,05	0,03	1,1	0,08		774		
J	0,18	0,1	1,0	2,0	0,010	0,002	0,003	0,05	0,03	1,1	0,08		731		
K	0,10	0,3	1,0	2,0	0,010	0,002	0,003	0,05	0,03	1,3	0,08		762		
L	0,10	0,1	0,6	2,0	0,010	0,002	0,003	0,05	0,03	0,7	0,08		742		
M	0,10	0,1	3,2	2,0	0,010	0,002	0,003	0,05	0,03	3,3	0,08		828		
N	0,10	0,1	1,2	2,6	0,010	0,002	0,003	0,05	0,03	1,3	0,08		714		
O	0,10	0,1	1,0	2,0	0,12	0,002	0,003	0,05	0,03	1,1	0,08		755		
P	0,10	0,1	1,0	2,0	0,010	0,02	0,003	0,05	0,03	1,1	0,08		755		
Q	0,10	0,1	1,0	2,0	0,010	0,002	0,008	0,05	0,03	1,1	0,08		755		
R	0,10	0,1	1,0	2,0	0,010	0,002	0,003	0,12	0,03	1,1	0,15		755		
S	0,10	0,1	1,0	2,0	0,010	0,002	0,003	0,01	0,03	1,1	0,04		755		
T	0,10	0,1	1,0	2,0	0,010	0,002	0,003	0,05	0,07	1,1	0,12		755		
U	0,10	0,1	0,4	1,2	0,010	0,002	0,003	0,05	0,03	0,5	0,08		800		
V	0,10	0,1	1,0	1,1	0,010	0,002	0,003	0,05	0,03	1,1	0,08		827		
W	0,10	0,1	1,0	2,0	0,010	0,002	0,003	0,05	0,002	1,1	0,05		755		
X	0,10	0,1	1,0	2,0	0,010	0,002	0,003	0,03	0,008	1,1	0,038		755		

Tabla 2

Números de los ensayos	t (s)	FT (°C)	CR1 (°C/s)	CR2 (°C/s)	CR3 (°C/s)	CR4 (°C/s)	CT (°C)	Nota	d <sub>inc</sub> (nm)	f <sub>F</sub> (%)	f <sub>T</sub> (%)	f <sub>m</sub> +f <sub>y</sub> (%)	f <sub>p</sub> (%)	Nota (estructura)	hox (µm)	YP (MPa)	TS (MPa)	YR	EL (%)	c <sub>w</sub> /TS	c <sub>w</sub> p /TS	Resistencia a la corrosión después del revestimiento	Plegabilidad	Categoría
A-1	5	900	50	50	8	30	450		5	80	4	8	0		0,4	620	800	0,78	22	0,51	0,42	A	A	Ej. presente
A-2	10	900	50	50	8	30	450		5	80	4	8	0		0,0	620	800	0,78	22	0,52	0,42	A	A	Ej. presente
A-3	1	900	50	50	8	30	450		5	80	4	8	0		3,0	620	800	0,78	22	0,42	0,33	B	B	Ej. compar.
A-4	5	850	50	50	8	30	450		5	85	4	9	0		2,2	600	780	0,77	22	0,44	0,35	B	B	Ej. compar.
A-5	5	900	20	50	20	30	450		5	45	2	4	0		0,4	710	845	0,84	19	0,49	0,35	A	A	Ej. compar.
A-6	5	900	50	50	8	4	450		5	80	1	2	4		0,4	655	740	0,89	25	0,49	0,35	A	A	Ej. compar.
A-7	5	900	50	50	8	30	580		12	92	0	0	0		0,4	745	825	0,90	20	0,47	0,34	A	A	Ej. compar.
A-8	5	900	50	50	8	40	300		5	80	3	10	0		0,4	640	825	0,78	21	0,49	0,40	A	A	Ej. presente
A-9	5	900	50	50	8	60	20		5	80	2	15	0		0,4	655	870	0,75	18	0,49	0,40	A	A	Ej. presente
A-10	5	900	50	25	8	30	450		7	85	2	5	0		0,6	630	775	0,81	22	0,44	0,35	B	B	Ej. compar.
A-11	5	900	50	8	8	30	450		10	90	2	2	2		0,9	595	720	0,83	23	0,44	0,31	B	B	Ej. compar.
A-12	5	900	50	35	8	30	450	Recocido a 650°C y luego galvanizado	8	80	2	7	0	La martensita es martensita revenida	0,4	605	790	0,77	21	0,48	0,41	A	A	Ej. presente
A-13	5	900	50	35	8	30	450	Recocido a 600°C y luego aleado-galvanizado	8	80	2	7	0	La martensita es martensita revenida	0,4	630	805	0,78	18	0,48	0,41	A	A	Ej. presente
B-1	5	930	45	35	8	30	450		6	75	3	15	0		0,3	650	840	0,77	19	0,49	0,40	A	A	Ej. presente
B-2	5	930	45	35	8	60	20		6	75	2	18	0		0,3	740	915	0,81	15	0,50	0,42	A	A	Ej. presente
C-1	5	880	55	35	8	30	500		5	80	3	9	0		0,3	620	780	0,79	22	0,48	0,41	A	A	Ej. presente
C-2	5	880	55	35	8	60	20		5	80	2	15	0		0,3	660	850	0,78	17	0,51	0,44	A	A	Ej. presente
D-1	5	880	55	35	8	60	20		4	90	0	8	0		2,5	630	785	0,80	23	0,42	0,36	B	B	Ej. compar.
D-2	5	880	55	35	8	60	20		4	90	0	8	0		0,3	625	780	0,80	23	0,46	0,40	A	A	Ej. presente
D-3	5	880	55	25	8	60	20		4	92	0	5	1		0,6	605	760	0,80	24	0,44	0,35	B	B	Ej. compar.
D-4	5	880	55	8	8	60	20		4	93	0	3	2		0,9	570	715	0,80	27	0,43	0,33	B	B	Ej. compar.
E-1	5	900	50	50	8	60	20		5	90	0	7	0		0,0	605	760	0,80	19	0,47	0,39	A	A	Ej. presente
F-1	5	900	50	50	8	30	450		5	75	4	12	0		0,3	650	825	0,79	21	0,50	0,40	A	A	Ej. presente
G-1	5	900	50	40	8	30	20		5	90	1	8	0		0,0	660	860	0,77	17	0,47	0,41	A	A	Ej. presente
H-1	5	900	50	40	8	30	450		5	80	1	6	0		0,3	630	795	0,79	21	0,48	0,40	A	A	Ej. presente
I-1	5	900	50	40	8	30	450		5	80	0	2	0		0,3	580	700	0,83	26	0,50	0,35	A	A	Ej. compar.
J-1	5	900	50	40	8	30	450		5	80	6	14	5		0,3	795	900	0,88	15	0,47	0,33	A	A	Ej. compar.
K-1	5	900	50	40	8	30	450		5	85	4	11	0		2,5	635	805	0,79	23	0,42	0,33	B	B	Ej. compar.

# ES 2 714 316 T3

L-1	5	900	50	40	8	30	450		5	45	2	17	0		0,0	690	830	0,83	20	0,46	<u>0,35</u>	A	A	Ej. compar.
M-1	5	900	50	40	8	30	450		5	70	3	8	0		<u>2,8</u>	620	790	0,78	20	<u>0,42</u>	<u>0,35</u>	B	B	Ej. compar.
N-1	5	900	50	40	8	30	450		5	<u>30</u>	1	15	0		<u>2,1</u>	610	885	0,69	14	<u>0,43</u>	<u>0,35</u>	B	B	Ej. compar.
O-1	5	900	50	40	8	30	450		5	80	3	9	0		0,3	705	840	0,84	17	0,50	<u>0,33</u>	A	A	Ej. compar.
P-1	5	900	50	40	8	30	450		5	75	1	8	0		0,3	620	780	0,79	21	0,50	<u>0,32</u>	A	A	Ej. compar.
Q-1	5	900	50	40	8	30	450		5	80	3	10	0		0,3	580	<u>715</u>	0,81	25	0,51	0,38	A	A	Ej. compar.
R-1	5	900	50	40	8	30	450		5	80	2	8	0		0,0	745	875	0,85	18	0,50	<u>0,33</u>	A	A	Ej. compar.
S-1	5	900	50	40	8	30	450		5	85	3	10	4		<u>2,1</u>	555	<u>715</u>	0,78	20	<u>0,44</u>	0,42	B	B	Ej. compar.
T-1	5	900	50	40	8	30	450		5	80	3	10	0		0,0	630	795	0,79	22	0,49	<u>0,35</u>	A	A	Ej. compar.
U-1	5	900	50	40	8	30	450		5	<u>40</u>	0	<u>21</u>	0		0,0	650	810	0,80	21	0,48	<u>0,33</u>	A	A	Ej. compar.
V-1	5	900	50	40	8	30	450		5	80	0	2	6		0,3	580	720	0,81	24	0,46	<u>0,33</u>	B	B	Ej. compar.
W-1	5	900	50	40	8	30	450		5	80	3	9	0		<u>2,1</u>	600	780	0,77	22	<u>0,42</u>	<u>0,33</u>	B	B	Ej. compar.
X-1	5	900	50	40	8	30	450		5	80	3	5	0		0,6	565	735	0,77	25	0,50	0,39	A	A	Ej. compar.

- 5 Como se muestra en la Tabla 2, cada una de las chapas de acero laminadas en caliente de los presentes ejemplos, que están dentro del alcance de la presente invención, tiene una relación del límite de fatiga a la flexión de 0,45 o más, una relación del límite de fatiga a la flexión con un orificio perforado de 0,39 o más, una evaluación "A" de la resistencia a la corrosión después del revestimiento, una evaluación "A" de la capacidad de flexión y una resistencia a la tracción TS de la chapa de acero de 720 MPa o más. Por lo tanto, se pone de manifiesto que la chapa de acero laminada en caliente de la presente invención tiene unas excelentes capacidad de flexión, resistencia a la corrosión del revestimiento y características de fatiga a la flexión de la chapa de acero y la zona punzonada.
- 10 Por el contrario, en cada una de las chapas de acero laminadas en caliente de los ejemplos comparativos, al menos uno de los límites anteriores en la presente invención está fuera del intervalo apropiado. Por lo tanto, al menos una de la capacidad de flexión, la resistencia a la corrosión del revestimiento y las características fatiga de la zona punzonada es inferior.
- 15 En cuanto a los ensayos número A-3 y D-1, dado que el período t durante el cual el agua no está presente sobre la chapa de acero era corto, la región donde está presente el óxido en forma de red en la zona de la capa superficial es gruesa, las características de fatiga a la flexión de la chapa de acero y la zona punzonada se degradan y la resistencia a la corrosión después del revestimiento es deficiente.
- 20 En cuanto al ensayo número A-4, la temperatura de terminación FT de la laminación final era menor o igual que el intervalo apropiado, la región donde el óxido en forma de red está presente en la zona de la capa superficial es gruesa, las características de fatiga a la flexión del acero la chapa y la zona punzonada se degradan y la resistencia a la corrosión después del revestimiento es deficiente.
- 25 En cuanto a los ensayos número K-1, M-1, N-1, S-1 y W-1, dado que los componentes del acero no eran apropiados, la capa de óxido dentro de la capa superficial del hierro base es gruesa, las características de fatiga a la flexión de la plancha original y la zona punzonada se degradan y la resistencia a la corrosión después del revestimiento es deficiente.
- En cuanto a los ensayos número A-10, A-11, D-3 y D-4, dado que la velocidad de enfriamiento entre Ar<sub>3</sub> y 730°C era lenta y el óxido en forma de red presente en la zona de la capa superficial era espeso, la capacidad de flexión y las características de fatiga se degradan.
- 30 En cuanto al ensayo número A-5, dado que la velocidad de enfriamiento entre FT y Ar<sub>3</sub> era lenta y la velocidad de enfriamiento entre 730°C y 670°C era rápida, la fracción de ferrita es baja y las características de fatiga a la flexión de la zona punzonada se degradan.
- 35 En cuanto a los ensayos número A-6, A-7, I-1 y V-1, dado que la relación de área de la martensita y la austenita retenida era baja, la rugosidad de la superficie de rotura punzonada aumenta y las características de fatiga a la flexión de la zona punzonada se degradan.
- En cuanto a los ensayos número J-1, L-1 y U-1, dado que los componentes del acero no eran apropiados, se cumple cualquiera de los siguientes requisitos: la fracción de ferrita es baja, la relación de área de la martensita y la austenita retenida está fuera del intervalo apropiado, y la relación de área de la perlita es alta. En consecuencia, la rugosidad de la superficie de rotura punzonada aumenta y las características de fatiga a la flexión de la zona punzonada se degradan.
- 40 En cuanto a los ensayos número I-1, Q-1 y S-1, dado que los componentes del acero no eran apropiados, la resistencia a la tracción máxima (TS) está fuera del intervalo apropiado.
- En cuanto a los ensayos número O-1 y P-1, dado que el contenido de P o S era excesivo, la rugosidad de la superficie de rotura punzonada aumenta y las características de fatiga a la flexión de la zona punzonada se degradan.
- 45 En cuanto a los ensayos número R-1 y T-1, dado que el contenido de Ti o Nb, o la cantidad total de Ti y Nb eran excesivos, la rugosidad de la superficie de rotura punzonada aumenta y las características de fatiga a la flexión de la zona punzonada se degradan.
- 50 En cuanto al ensayo número X-1, aunque las características de fatiga eran favorables, dado que la cantidad total de Ti y Nb era demasiado pequeña, la resistencia a la tracción máxima (TS) está fuera del intervalo apropiado.
- A partir de los resultados de los ejemplos descritos anteriormente, de acuerdo con la chapa de acero laminada en caliente y el método para fabricar la chapa de acero laminada en caliente de la presente invención, se pone de manifiesto que, aun cuando se realice un revestimiento por electrodeposición en una chapa de acero laminada en caliente de alta resistencia mecánica que tiene una resistencia a la tracción máxima de 720 MPa o más, se obtiene una capacidad de flexión favorable, una resistencia a la corrosión favorable y características de fatiga a la flexión del material base y la zona punzonada.

#### **Aplicabilidad industrial**

De acuerdo con la presente invención, por ejemplo, resulta posible proporcionar una chapa de acero laminada en

5 caliente de alta resistencia mecánica con unas excelentes capacidad de flexión, resistencia a la corrosión del revestimiento y características de fatiga del material base y la zona punzonada, la cual se pueda utilizar adecuadamente como material para bastidores, componentes, chasis y similares de automóviles o camiones. De esta manera, mediante la aplicación de la presente invención en componentes tales como bastidores, componentes, chasis y similares de automóviles o camiones, la resistencia a la corrosión después del revestimiento y la resistencia a la fatiga del componente punzonado aumentan. Asimismo, la ventaja de la reducción del peso se puede obtener suficientemente, de modo que las consecuencias industriales son sumadamente elevadas.

**Lista de signos de referencia**

- 1 material base
- 10 1a superficie
- 2 óxido en forma de red
- 3 cascarilla

**REIVINDICACIONES**

- 1.- Una chapa de acero laminada en caliente, que consiste, en % en masa, en
- C: 0,05% a 0,15%,
- Si: 0% a 0,2%,
- 5 Al: 0,5% a 3,0%,
- Mn: 1,2% a 2,5%,
- P: 0,1% o menos,
- S: 0,01% o menos,
- N: 0,007% o menos,
- 10 Ti: 0,03% a 0,10%,
- Nb: 0,008% a 0,06%,
- V: 0% a 0,12%,
- uno o más de Cr, Cu, Ni y Mo: 0% a 2,0% en total,
- B: 0% a 0,005%,
- 15 uno o más de Ca, Mg, La y Ce: 0% a 0,01% en total,
- cantidad total de Si y Al:  $0,8 \times (Mn-1)\%$  o más,
- cantidad total de Ti y Nb: 0,04% a 0,14%, y
- el resto: Fe e impurezas.
- 20 en donde, en la estructura del acero, la relación de área total de la martensita y la austenita retenida es 3% a 20%, la relación de área de la ferrita es 50% a 96% y la relación de área de la perlita es 3% o menos,
- en donde, en una zona de la capa superficial, el espesor es menor que 0,5  $\mu\text{m}$  en la dirección del espesor de la chapa de la región en la que está presente un óxido en forma de red formado en el contorno de los granos cristalinos, la resistencia a la tracción máxima es 720 MPa o más y la chapa de acero laminada en caliente se somete a un decapado, y
- 25 en donde el límite de elasticidad es 0,82 o menos.
- 2.- La chapa de acero laminada en caliente de acuerdo con la reivindicación 1, que comprende un carburo de aleación que contiene Ti y un carburo de aleación que contiene Nb,
- en donde el diámetro medio del grano del carburo de aleación que contiene Ti y del carburo de aleación que contiene Nb es 10 nm o menos.
- 30 3.- La chapa de acero laminada en caliente de acuerdo con la reivindicación 1 ó 2, que comprende, en % en masa, Si: 0,001% a 0,2%.
- 4.- La chapa de acero laminada en caliente de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, que comprende, en % en masa, V: 0,01% a 0,12%.
- 5.- La chapa de acero laminada en caliente de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, que comprende, en % en masa, uno o más de Cr, Cu, Ni y Mo: 0,02% a 2,0% en total.
- 35 6.- La chapa de acero laminada en caliente de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, que comprende, en % en masa, B: 0,0003% a 0,005%.
- 7.- La chapa de acero laminada en caliente de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6, que comprende, en % en masa, uno o más de Ca, Mg, La y Ce: 0,0003% a 0,01% en total.
- 40 8.- La chapa de acero laminada en caliente de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7, en donde la superficie se reviste con metal o se somete a un tratamiento de revestimiento metálico seguido por la formación de aleación de la capa revestida con metal.

9.- Un método para fabricar una chapa de acero laminada en caliente, comprendiendo el método:

calentar un planchón que consiste, en % en masa, en

C: 0,05% a 0,15%,

Si: 0% a 0,2%,

5 Al: 0,5% a 3,0%,

Mn: 1,2% a 2,5%,

P: 0,1% o menos,

S: 0,01% o menos,

N: 0,007% o menos,

10 Ti: 0,03% a 0,10%,

Nb: 0,008% a 0,06%,

V: 0% a 0,12%,

uno o más de Cr, Cu, Ni y Mo: 0% a 2,0% en total,

B: 0% a 0,005%,

15 uno o más de Ca, Mg, La y Ce: 0% a 0,01% en total,

cantidad total de Si y Al:  $0,8 \times (\text{Mn}-1)\%$  o más,

cantidad total de Ti y Nb: 0,04% a 0,14%, y

el resto: Fe e impurezas, y realizar sucesivamente una laminación grosera y una laminación final;

20 mantener durante tres segundos o más, desde que se realiza el descascarillado antes de la laminación final hasta que termina la laminación final, un estado en el que el agua no esté presente sobre la superficie de la chapa de acero, y establecer que la temperatura de terminación de la laminación final sea 850°C o más;

25 realizar un enfriamiento en el que la velocidad media de enfriamiento entre la temperatura de terminación de la laminación final y la temperatura  $A_{r3}$  sea 25°C/s o más, la velocidad media de enfriamiento entre la temperatura  $A_{r3}$  y 730°C sea 30°C/s o más, la velocidad media de enfriamiento entre 730°C y 670°C sea 12°C/s o menos, y la velocidad media de enfriamiento entre 670°C y 550°C sea 20°C/s o más;

bobinar la chapa de acero laminada en caliente a 530°C o menos; y

decapar la chapa de acero laminada en caliente después del bobinado, en donde la temperatura  $A_{r3}$  se calcula a partir de la siguiente expresión (1) (cada símbolo atómico indica % en masa)

$$A_{r3} (^{\circ}\text{C}) = 910 - 310 \times \text{C} + 33(\text{Si} + \text{Al}) - 80 \times \text{Mn} - 20 \times \text{Cu} - 15 \times \text{Cr} - 55 \times \text{Ni} - 80 \times \text{Mo} \quad (1)$$

30 10.- Un método para fabricar una chapa de acero laminada en caliente de acuerdo con la reivindicación 9, comprendiendo el método:

después del decapado, calentar la chapa de acero laminada en caliente a 800°C o menos y sumergir la chapa de acero laminada en caliente en un baño de revestimiento metálico.

35 11.- El método para fabricar una chapa de acero laminada en caliente de acuerdo con la reivindicación 10, comprendiendo el método además: realizar un tratamiento de formación de aleación sobre la capa revestida con metal.

Figura 1

