

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 715 962**

51 Int. Cl.:

C22C 38/00	(2006.01)	C22C 38/14	(2006.01)
C21D 9/46	(2006.01)	C22C 38/16	(2006.01)
C22C 38/06	(2006.01)	C22C 38/38	(2006.01)
C22C 38/58	(2006.01)		
C23C 2/06	(2006.01)		
C21D 8/02	(2006.01)		
C22C 38/02	(2006.01)		
C22C 38/04	(2006.01)		
C22C 38/08	(2006.01)		
C22C 38/12	(2006.01)		

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **16.11.2010 PCT/JP2010/070346**
- 87 Fecha y número de publicación internacional: **26.05.2011 WO11062151**
- 96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **16.11.2010 E 10831545 (8)**
- 97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **02.01.2019 EP 2503014**

54 Título: **Chapa de acero laminada en caliente de alta resistencia, que presenta una propiedad de decapado con ácido, una capacidad de tratamiento por conversión química, una propiedad de fatiga, una capacidad de rebordeado por estiramiento y una resistencia al deterioro superficial durante el moldeo excelentes, y que tiene una resistencia y una ductilidad isotropas, y método para producir dicha chapa de acero laminada en caliente de alta resistencia**

30 Prioridad:
18.11.2009 JP 2009263268

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
07.06.2019

73 Titular/es:
**NIPPON STEEL CORPORATION (100.0%)
6-1, Marunouchi 2-chome, Chiyoda-ku
Tokyo, JP**

72 Inventor/es:
**TANAHASHI HIROYUKI;
SAITOH SHINYA;
FUKUDA MASASHI;
OKADA HIROYUKI;
HAYASHI KUNIO;
TOMOKIYO TOSHIMASA y
FUJITA NOBUHIRO**

74 Agente/Representante:
ELZABURU, S.L.P

ES 2 715 962 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

5 Chapa de acero laminada en caliente de alta resistencia, que presenta una propiedad de decapado con ácido, una capacidad de tratamiento por conversión química, una propiedad de fatiga, una capacidad de rebordeado por estiramiento y una resistencia al deterioro superficial durante el moldeo excelentes, y que tiene una resistencia y una ductilidad isotropas, y método para producir dicha chapa de acero laminada en caliente de alta resistencia

Campo técnico

La presente invención se refiere a una chapa de acero laminada en caliente de alta resistencia que se usa de manera adecuada para un componente de una máquina de transporte, tal como un automóvil, y tiene particularmente una resistencia a la tracción de 780 MPa o más, y a un método para producir la misma.

10 La presente solicitud reivindica prioridad de la solicitud de patente japonesa n.º 2009-263268, presentada el 18 de noviembre de 2009, cuyo contenido se incorpora en la presente memoria por referencia.

Antecedentes de la técnica

15 Según una demanda reciente de la sociedad, se pide encarecidamente una reducción de masa en las máquinas de transporte, tales como los automóviles. Se usan muchas chapas de acero en las máquinas de transporte, tales como los automóviles, y se procede a un uso de materiales de alta resistencia para las chapas exteriores (carrocería) o los miembros de armazón a fin de cumplir las demandas de reducción de masa. Las chapas de acero laminadas en caliente se usan para los componentes de la parte inferior de la carrocería, tales como los brazos y los discos de rueda. Respecto a estos componentes de la parte inferior de la carrocería, existe una preocupación del efecto en la calidad de rodadura debido a una disminución en la rigidez; y por lo tanto, no se ha investigado de manera efectiva su adelgazamiento a cambio de un alto refuerzo.

20 Sin embargo, ya que ha aumentado más la demanda de la reducción de masa, esta demanda se realiza también, sin excepción, para los componentes de la parte inferior de la carrocería. Por ejemplo, el límite superior de la resistencia a la tracción de la chapa de acero laminada en caliente que se usa en la técnica relacionada es de clase de 590 MPa; sin embargo, se empieza a investigar un uso de chapas de acero de clase de 780 MPa. Bajo esta circunstancia, se requieren una propiedad de fatiga y una resistencia a la corrosión para la chapa de acero, además de una conformabilidad que sea proporcional a la resistencia.

25 Respecto a la resistencia a la corrosión entre estas propiedades, se usa una chapa de acero que tiene un grosor de chapa suficiente para asegurar la rigidez en la técnica relacionada. Por lo tanto, incluso cuando el grosor de chapa se reduce debido a la corrosión, el efecto en las propiedades de los componentes es pequeño y la resistencia a la corrosión de la chapa de acero no se ve como un problema. Sin embargo, como se ha descrito anteriormente, ha conducido al adelgazamiento de los componentes, y se ha reducido la tolerancia de la corrosión para permitir la reducción en el grosor de chapa debido a la corrosión. En esta ocasión, la tolerancia de la corrosión es un grosor que se agranda en el diseño considerando la cantidad de reducción de metal debido a la corrosión durante el uso. Además, se considera la simplificación del proceso por conversión química y del revestimiento para reducir los costes de fabricación. Por lo tanto, es necesario prestar más atención a una propiedad o un estado en la superficie de un material de acero, si se compara con la técnica relacionada.

30 Cuando se aplica una chapa de acero laminada en caliente al componente de la parte inferior de la carrocería, la chapa de acero laminada en caliente se transporta después de ser decapada con ácido y revestida con aceite. Después de ello, la chapa de acero laminada en caliente se trata en sus componentes y, entonces, la chapa de acero tratada se somete a un proceso por conversión química y a un proceso de revestimiento en muchos casos. Entre las propiedades de la chapa de acero laminada en caliente que se requieren para estos procesos de tratamiento, particularmente, la capacidad de tratamiento por conversión química es la más afectada por la propiedad y el estado en la superficie de la chapa de acero, y tiene un gran efecto en resistencia a la corrosión.

35 Además, ya que se aplican repetidamente esfuerzos a los miembros de resistencia, tales como los componentes de la parte inferior de la carrocería, se requiere una propiedad de fatiga para la chapa de acero laminada en caliente.

Además, ya que una parte extrema cizallada se trata en muchos casos, se requiere también una capacidad de rebordeado por estiramiento (una conformabilidad de rebordes por estiramiento), es decir, una expansibilidad de agujeros para la chapa de acero laminada en caliente en muchos casos.

40 Además de esto, se considera gradualmente importante la isotropía en las propiedades del material (chapa de acero laminada en caliente) durante el tratamiento. En el caso en que la anisotropía en una conformabilidad por compresión o similar sea pequeña, el grado de libertad para recoger una pieza elemental con vistas a su conformación llega a ser alto; y por lo tanto, puede esperarse una mejora en la tasa de rendimiento.

45 Ya que una parte restante de la chapa de acero, después de que se recoge la pieza elemental para su conformación, se consideran residuos, es necesario asignar la pieza elemental a fin de reducir la generación de residuos tanto como sea posible. Sin embargo, en el caso en que la anisotropía está presente en la conformabilidad

- de la chapa de acero, cuando una dirección (por ejemplo, una dirección (alargada) estirada en mayor medida) de un componente, en la que es estricta una condición de conformación, se asigna a una dirección en la que la conformabilidad (por ejemplo, propiedad de estiramiento (propiedad de alargamiento)) es inferior, llega a ser alta la tasa de aparición de defectos durante la conformación. Por lo tanto, se restringe la dirección de asignación de la pieza elemental. Como consecuencia, se deteriora la tasa de rendimiento (pequeña en una cantidad de residuos generados), si se compara con un caso en que no está presente la restricción. Esta situación se refleja en la razón por la que se prefiere la chapa de acero que tiene propiedades isotropas.
- La supresión de que aparezca el deterioro superficial durante la conformación es una de las propiedades que se requieren, y se exige también una contramedida a la misma.
- El deterioro superficial es uno de los defectos que se observan en una parte del componente después de ser moldeado por compresión, y es bien conocido que se debe a una mínima falta de uniformidad. Como uno de los métodos bien conocidos para suprimir el deterioro superficial, es eficaz realizar longitudes de los granos cristalinos del material en una capa superficial que no sean excesivamente grandes en una dirección de laminación.
- También se considera gradualmente importante una propiedad de decapado con ácido de la chapa de acero laminada en caliente. En una superficie decapada con ácido (propiedad y estado de una superficie después del decapado con ácido) de la chapa de acero laminada en caliente, no se ha requerido en la técnica relacionada la misma uniformidad que una chapa de acero laminada en frío. Sin embargo, varían las necesidades, y similares, del consumidor, y aparece una tendencia a preferir claramente que se realice la superficie tan uniforme como sea posible.
- La uniformidad de la superficie decapada con ácido se mejora bajando la concentración de ácido clorhídrico, en una solución acuosa de ácido clorhídrico que se usa en el decapado con ácido, y la temperatura de la misma. Sin embargo, la productividad disminuye bajo una condición de este tipo; y por lo tanto, es deseable una chapa de acero laminada en caliente que tiene una propiedad de decapado con ácido superior a una chapa de acero que se haya obtenido hasta ahora.
- Se han propuesto muchas tecnologías que mejoran una propiedad de fatiga y una capacidad de rebordeado por estiramiento de la chapa de acero, y los presentes inventores han promovido también una investigación para optimizar los componentes químicos y la microestructura de la chapa de acero.
- Por otro lado, la capacidad de tratamiento por conversión química de la chapa de acero depende del contenido de Si de dicha chapa de acero, y es bien conocido que cuanto mayor es el contenido de Si, menor llega a ser la capacidad de tratamiento por conversión química.
- Sin embargo, en el caso en que la chapa de acero se refuerza considerablemente haciendo que el Si se solubilice sólido en las fases de ferrita, la magnitud de deterioro de la ductilidad no es notablemente grande. Por lo tanto, el Si es un elemento que se prefiere usar tanto como sea posible en la fabricación de la chapa de acero de alta resistencia. Además, particularmente, en el caso en que una chapa de acero que tiene alta ductilidad y alta resistencia se fabrica combinando las fases de ferrita y fases duras, tales como las fases de martensita, el Si es un elemento eficaz para asegurar una relación de fracciones predeterminada de las fases de ferrita.
- Como un método para responder a estas demandas contradictorias, se propone (por ejemplo, en el Documento de patente 1) una tecnología en la que una parte de Si se sustituye por Al.
- El Documento de patente 1 describe una chapa de acero laminada en caliente que tiene una alta resistencia a la tracción que contiene menos del 1% de Si y del 0,005 al 1,0% de Al, y un método para producir la misma. Sin embargo, el método de producción descrito en el Documento de patente 1 incluye un proceso para calentar una barra en bruto (un material laminado en bruto). El método de producción que tiene como premisa el calentamiento del material laminado en bruto es especial. Como consecuencia, existe el problema de que solamente un número limitado de empresarios del sector puede ejecutar el método de producción.
- En general, las instalaciones utilizadas en el proceso para producir la chapa de acero laminada en caliente incluyen un horno de calentamiento, un laminador de desbaste, un dispositivo de descascarillado, un laminador de acabado, un dispositivo de enfriamiento y una bobinadora. Cada una de las instalaciones respectivas está dispuesta en una posición óptima. Por lo tanto, incluso cuando se quiere obtener la ventaja de calentar el material laminado en bruto, no hay espacio para disponer una nueva instalación, o es necesario modificar mucho las instalaciones. Como consecuencia, no se ha generalizado todavía el calentamiento del material laminado en bruto. Además, no hay ninguna descripción con respecto a las propiedades por conversión química de la chapa de acero que se obtiene por la tecnología descrita en el Documento de patente 1.
- Por otro lado, el Documento de patente 2 describe una chapa de acero laminada en caliente que contiene Si y Al, y es superior en la capacidad de tratamiento por conversión química, y un método para producir la misma.
- Sin embargo, en el Documento de patente 2, el límite superior del contenido de Al está especificado en el 0,1% y se describe que, en el caso en que el contenido de Al excede este límite superior, se deteriora la resistencia a la

corrosión, aunque la razón no está clara.

El documento JP2007327098 A describe una chapa de acero laminada en caliente con una resistencia a la tracción uniforme de 480 MPa.

- 5 Como se ha descrito anteriormente, no se ha encontrado una chapa de acero laminada en caliente que contiene al menos el 0,3% o más de Al, junto con Si, y que es superior en la capacidad de tratamiento por conversión química, y un método para producir la misma.

Documento de la técnica anterior

Documento de patente

Documento de patente 1: Solicitud de patente sin examinar japonesa, primera publicación n.º 2006-316301

- 10 Documento de patente 2: Solicitud de patente sin examinar japonesa, primera publicación n.º 2005-139486

Documento de literatura no patente

Documento de literatura no patente 1: M. Nomura, I. Hashimoto, M. Kamura, S. Kozuma, Y. Omiya: Research and Development, Kobe Steel Engineering Reports, vol. 57, n.º 2 (2007), 74 a 77

Descripción de la invención

- 15 Problemas a resolver por la invención

La presente invención se ha realizado considerando estas circunstancias, y la invención tiene por objetivo proporcionar una chapa de acero laminada en caliente de alta resistencia, que es superior en una propiedad de decapado con ácido, una capacidad de tratamiento por conversión química, una propiedad de fatiga, una expansibilidad de agujeros y una resistencia al deterioro superficial durante la conformación, y que tiene una resistencia isótropa y una ductilidad isótropa, y un método para producir la chapa de acero laminada en caliente.

20

Medios para resolver los problemas

Los presentes inventores seleccionaron una chapa de acero DP en la que las fases de ferrita y las fases de martensita estaban combinadas como una chapa de acero superior en una propiedad de fatiga, y cambiaron ampliamente los componentes químicos y las condiciones de producción, y se evaluaron entonces las propiedades mecánicas y una capacidad de tratamiento por conversión química. Como consecuencia, encontraron que, en el caso en que se controlaban y se combinaban en intervalos apropiados el contenido de Si y el contenido de Al, se obtenía una chapa de acero que era superior no solamente en las propiedades mecánicas sino también en la propiedad de decapado con ácido, la capacidad de tratamiento por conversión química y la resistencia al deterioro superficial, y realizaron la invención.

25

Se proporciona una chapa de acero laminada en caliente de alta resistencia, según un aspecto de la invención, que es superior en una propiedad de decapado con ácido, una capacidad de tratamiento por conversión química, una propiedad de fatiga, una expansibilidad de agujeros y una resistencia al deterioro superficial durante la conformación, y que tiene una resistencia isótropa y una ductilidad isótropa, y la chapa de acero consiste en: desde el punto de vista del porcentaje en masa, C: del 0,05 al 0,12%; Si: del 0,8 al 1,2%; Mn: del 1,6 al 2,2%; Al: del 0,30 al 0,6%; P: el 0,05% o menos; S: el 0,005% o menos; N: el 0,01 % o menos, y opcionalmente uno o más seleccionados a partir de un grupo que consiste en Cu: del 0,002 al 2,0%, Ni: del 0,002 al 1,0%, Ti: del 0,001 al 0,5%, Nb: del 0,001 al 0,5%, Mo: del 0,002 al 1,0%, V: del 0,002 al 0,2%, Cr: del 0,002 al 1,0%, Zr: del 0,002 al 0,2%, Ca: del 0,0005 al 0,0050%, REM: del 0,0005 al 0,0200%, y B: del 0,0002 al 0,0030%, siendo el resto impurezas inevitables y Fe, en la que la microestructura incluye: el 60% en área o más de fases de ferrita; más del 10% en área de fases de martensita; de 0 a menos del 5% en área de fases de bainita; y de 0 a menos del 1% de fases de austenita residual, la concentración máxima de Al detectada por un análisis espectroscópico de emisión de descarga luminiscente está comprendida en un intervalo del 0,75% en masa o menos en una zona desde una superficie de la chapa de acero hasta un grosor de 500 nm después de ser decapada con ácido, en la que una longitud media de los granos cristalinos de ferrita en una dirección de laminación está comprendida en un intervalo de 20 µm o menos en una zona desde la superficie de la chapa de acero hasta un grosor de 20 µm, y en la que una relación del límite de fatiga es 0,45 o más.

30

35

40

45

En la chapa de acero laminada en caliente de alta resistencia, según un aspecto de la invención, que es superior en una propiedad de decapado con ácido, una capacidad de tratamiento por conversión química, una propiedad de fatiga, una expansibilidad de agujeros y una resistencia al deterioro superficial durante la conformación, y que tiene una resistencia isótropa y una ductilidad isótropa, comprendiendo la chapa de acero, desde el punto de vista del porcentaje en masa, uno o más seleccionados a partir de un grupo que consiste en Cu: del 0,002 al 2,0%, Ni: del 0,002 al 1,0%, Ti: del 0,001 al 0,5%, Nb: del 0,001 al 0,5%, Mo: del 0,002 al 1,0%, V: del 0,002 al 0,2%, Cr: del 0,002 al 1,0%, Zr: del 0,002 al 0,2%, Ca: del 0,0005 al 0,0050%, REM: del 0,0005 al 0,0200%, y B: del 0,0002 al 0,0030%.

50

Se proporciona un método para producir una chapa de acero laminada en caliente de alta resistencia, según un aspecto de la invención, que es superior en una propiedad de decapado con ácido, una capacidad de tratamiento por conversión química, una propiedad de fatiga, una expansibilidad de agujeros y una resistencia al deterioro superficial durante la conformación, y que tiene una resistencia isotrópica y una ductilidad isotrópica, y el método incluye: un proceso para calentar un desbaste a una temperatura de calentamiento en un intervalo de T1 o menos y someter el desbaste a laminación en bruto bajo condiciones en las que una velocidad de reducción de la laminación está comprendida en un intervalo del 80% o más y una temperatura final está comprendida en un intervalo de T2 o menos para producir un material laminado en bruto; un proceso para someter el material laminado en bruto a descascarillado y laminado posterior de acabado bajo una condición en la que una temperatura de acabado se fija para que esté en un intervalo de 700 a 950°C a fin de producir una chapa laminada; un proceso para enfriar la chapa laminada hasta una temperatura en un intervalo de 550 a 700°C a una velocidad de enfriamiento media de 5 a 90°C/s, enfriar más la chapa laminada hasta una temperatura en un intervalo de 450 a 700°C a una velocidad de enfriamiento media de 15°C/s o menos, y enfriar más la chapa laminada hasta una temperatura en un intervalo de 250°C o menos a una velocidad de enfriamiento media de 30°C/s o más, hasta 100°C/s, para producir una chapa de acero laminada en caliente; y un proceso para bobinar la chapa de acero laminada en caliente, en el que $T1 = 1.215 + 35x[Si] - 70x[Al]$, $T2 = 1.070 + 35x[Si] - 70x[Al]$, y [Si] y [Al] representan el contenido de Si (% en masa) en el desbaste y el contenido de Al (% en masa) en el desbaste, respectivamente.

En el método para producir una chapa de acero laminada en caliente de alta resistencia, según un aspecto de la invención, que es superior en una propiedad de decapado con ácido, una capacidad de tratamiento por conversión química, una propiedad de fatiga, una expansibilidad de agujeros y una resistencia al deterioro superficial durante la conformación, y que tiene una resistencia isotrópica y una ductilidad isotrópica, en el proceso de someter el desbaste a la laminación en bruto, la temperatura de calentamiento del desbaste se puede fijar para que esté en un intervalo menor que 1.200°C, y la temperatura final de la laminación en bruto se puede fijar para que esté en un intervalo de 960°C o menos, y en el proceso de someter el material laminado en bruto a la laminación de acabado, la temperatura de acabado se puede fijar para que esté en un intervalo de 700 a 900°C.

Efectos de la invención

En la chapa de acero laminada en caliente, según un aspecto de la presente invención, están contenidos Si y Al en una cantidad adecuada, y la chapa de acero laminada en caliente se produce bajo las condiciones anteriormente mencionadas; y por ello, se pueden obtener características superiores en propiedades mecánicas y capacidad de tratamiento por conversión química. En particular, ya que la concentración máxima de Al está comprendida en un intervalo del 0,75% en masa o menos en una zona desde una superficie de la chapa de acero hasta un grosor de 500 nm después de ser decapada con ácido, la tasa de óxidos que contienen Al en la superficie es baja. Como consecuencia, la superficie de la chapa de acero es superior en una humectabilidad de líquido de tratamiento por conversión química; y por lo tanto, se puede obtener una capacidad de tratamiento superior por conversión química. Además, ya que una propiedad de descascarillado y una propiedad de decapado con ácido son también superiores, se puede obtener una capacidad más excelente de tratamiento por conversión química. Por lo tanto, puede formarse una capa de chapado o una película de revestimiento, que es superior en una propiedad de adherencia, sobre la superficie de la chapa de acero; y por ello, se puede conseguir una resistencia superior a la corrosión. Como consecuencia, en el caso en que la chapa de acero laminada en caliente está chapada o revestida y, entonces, la chapa de acero laminada en caliente se aplica a un componente de una máquina de transporte, se puede reducir la tolerancia de la corrosión. Ya que se puede disminuir el grosor de la chapa de acero, dicha chapa de acero puede contribuir a una reducción de masa de la máquina de transporte.

Ya que contiene la cantidad apropiada de Si, se puede obtener una capacidad superior de expansión de agujeros. Por lo tanto, la restricción en un proceso de tratamiento es pequeña y el intervalo aplicable de la chapa de acero laminada en caliente es amplio.

La microestructura incluye fases de ferrita y fases de martensita, y las relaciones de área de las fases respectivas se ajustan a los valores apropiados anteriormente descritos; y por ello, se pueden obtener una resistencia a la tracción de 780 MPa o más, un alargamiento del 23% o más y una relación del límite de fatiga de 0,45 o más. Como se ha descrito anteriormente, ya que las propiedades mecánicas y la propiedad de fatiga son superiores, la chapa de acero laminada en caliente se puede aplicar a un miembro, tal como un componente de la parte inferior de la carrocería, al que se aplican repetidamente esfuerzos.

Además, la anisotropía de las propiedades mecánicas (resistencia y alargamiento) de la chapa de acero laminada en caliente es pequeña, y dichas propiedades mecánicas son isotrópicas; y por lo tanto, la recogida de una pieza elemental durante el tratamiento se puede realizar con una buena tasa de rendimiento.

Como se ha descrito anteriormente, la conformabilidad es superior; y por lo tanto, la chapa de acero se puede tratar en componentes que tienen diversas formas, incluso cuando dicha chapa de acero tiene una alta resistencia.

Ya que se puede obtener la propiedad superior de decapado con ácido, se puede conseguir la propiedad y el estado de uniformidad de la superficie que corresponde a las necesidades del consumidor. Además, ya que la propiedad y el estado de la superficie son superiores, es posible simplificar el proceso por conversión química y el revestimiento.

Como consecuencia, se pueden reducir los costes de fabricación en el momento de tratar la chapa de acero laminada en caliente en su componente.

5 Además, la longitud media de los granos cristalinos de ferrita en la capa superficial en la dirección de laminación está comprendida en un intervalo de 20 μm o menos; y por lo tanto, se impide que los granos cristalinos en la capa superficial sean demasiado largos en la dirección de laminación. Como consecuencia, se puede suprimir que aparezca el deterioro superficial durante la conformación.

10 De acuerdo con el método para producir la chapa de acero laminada en caliente, según un aspecto de la presente invención, se puede producir la chapa de acero laminada en caliente que tiene las propiedades superiores anteriormente descritas. En particular, una temperatura de calentamiento de un desbaste, una temperatura final de una laminación en bruto y una velocidad de reducción de la laminación se ajustan apropiadamente a los valores anteriormente descritos. Por ello, la cascarilla se puede eliminar eficiente y suficientemente en el proceso de descascarillado después de la laminación en bruto. Como consecuencia, se puede producir una chapa de acero laminada en caliente que tiene una propiedad superior de decapado con ácido.

15 Además, en el caso en que la temperatura de calentamiento del desbaste se fija para que esté en un intervalo menor que 1.200°C y la temperatura final de la laminación en bruto se fija para que esté en un intervalo de 960°C o menos, se refina el tamaño de grano de austenita antes de la laminación de acabado; y como consecuencia, se puede producir una chapa de acero laminada en caliente, que es superior en resistencia al deterioro superficial durante la conformación.

20 En el caso en que la temperatura final de la laminación de acabado se fija para que esté en un intervalo de 900°C o menos, se puede producir una chapa de acero laminada en caliente que tiene una resistencia isotrópica y una ductilidad isotrópica.

Breve descripción de los dibujos

La figura 1 es un diagrama esquemático que ilustra una distribución de óxidos en una superficie de una chapa de acero después de ser laminada en caliente y decapada con ácido.

25 Mejor modo para llevar a cabo la invención

Al finalizar la presente invención, los presentes inventores seleccionaron una chapa de acero DP como una chapa de acero básica, y la chapa de acero DP es superior en una propiedad de fatiga. Realizaron experimentos en los que se cambiaron ampliamente los componentes químicos y las condiciones de producción, y evaluaron las propiedades mecánicas y la capacidad de tratamiento por conversión química.

30 Como consecuencia de ello, encontraron que, en el caso en que el contenido de Si y el contenido de Al estaban controlados en los intervalos apropiados y las condiciones de producción estaban ajustadas apropiadamente, se obtenía una chapa de acero, que es superior no solamente en las propiedades mecánicas sino también en la capacidad de tratamiento por conversión química.

35 En primer lugar, se describirán específicamente los descubrimientos obtenidos a través de tal investigación. En esta ocasión, en la siguiente descripción, la unidad en el contenido y la concentración de un elemento componente es el % en masa, y cuando no se describe particularmente, la unidad se expresa solamente por el %.

Se fundieron, para producir desbastes, aceros que contenían sustancialmente el 0,09% de C, del 0,85 al 1,15% de Si, sustancialmente el 2% de Mn, del 0,25 al 0,46% de Al, sustancialmente el 0,02% de P, sustancialmente el 0,002% de S, sustancialmente el 0,002% de N y un resto de impurezas inevitables y Fe.

40 Los desbastes obtenidos se calentaron de 1.130 a 1.250°C, se realizó la laminación en bruto y se realizó el descascarillado. Posteriormente, se realizó la laminación de acabado bajo una condición en la que la temperatura de acabado se fijó en 860°C. Posteriormente, se realizó el enfriamiento principal hasta 630°C a una velocidad de enfriamiento media de 72°C/s, se realizó el enfriamiento secundario hasta 593°C a una velocidad de enfriamiento media de 8°C/s, se realizó el tercer enfriamiento hasta 65°C a una velocidad de enfriamiento media de 71°C/s y se realizó el bobinado para producir una chapa de acero laminada en caliente.

45 La chapa de acero obtenida como se ha descrito anteriormente se decapó con ácido, y se examinaron entonces sus propiedades mecánicas. Como consecuencia, se obtuvieron propiedades superiores en las que la resistencia era 780 MPa o más, el alargamiento era el 23% o más y la relación del límite de fatiga era 0,45 o más sustancialmente en todas las chapas de acero.

50 Por otro lado, respecto a una magnitud del revestimiento de fosfato, que es un índice de la capacidad de tratamiento por conversión química, estaban presentes chapas de acero cuyas magnitudes del revestimiento de fosfato eran 1,5 g/m^2 o más y que presentaban una capacidad de tratamiento superior por conversión química, y estaban presentes también chapas de acero cuyas magnitudes del revestimiento de fosfato eran menores que 1,5 g/m^2 . Los contenidos de Al de las chapas de acero que presentaban la capacidad de tratamiento superior por conversión química estaban

en un intervalo del 0,3% o más.

En el Documento de literatura no patente 1, se describe una chapa de acero laminada en frío de alta resistencia, que es superior en una capacidad de tratamiento por conversión química, y se describen los intervalos del contenido de Si y el contenido de Mn en los que se puede obtener una capacidad de tratamiento superior por conversión química, y se intenta una explicación de su mecanismo.

Cuando los contenidos de Si y los contenidos de Mn de las chapas de acero anteriormente descritas, obtenidas por los presentes inventores, se aplicaron al Documento de literatura no patente 1, los presentes inventores encontraron que los contenidos de Si y los contenidos de Mn de todas las chapas de acero estaban dentro de los intervalos en los que se evaluó como inferior la capacidad de tratamiento por conversión química. Se supuso que una diferencia entre la descripción del Documento de literatura no patente 1 y el resultado de las investigaciones obtenido por los presentes inventores estaba causada por una diferencia en la concentración de Al entre los mismos.

En estas circunstancias, se efectuó un análisis cuantitativo con EPMA bajo una condición en la que un voltaje de aceleración se fijó en 15 kV para medir las concentraciones de Si, Mn y Al en las superficies de las chapas de acero obtenidas. Como consecuencia de ello, las concentraciones de Si y Mn fueron el 3,5% o menos; sin embargo, las concentraciones de Al coincidían con los contenidos de Al en las chapas de acero. Por lo tanto, fue difícil encontrar alguna relación entre la concentración de Al en la superficie y la superioridad o la inferioridad de la capacidad de tratamiento por conversión química.

Este resultado está causado por el hecho de que en el análisis con EPMA, se detectó una concentración media en la totalidad de una zona desde la superficie más exterior de una chapa de acero hasta una profundidad sustancialmente de 3 μm . Sin embargo, respecto a la concentración de Al, los presentes inventores supusieron que no existe ninguna diferencia en una zona de poca profundidad desde la superficie hasta una profundidad de 3 μm o menos, y esta diferencia tiene un efecto en la capacidad de tratamiento por conversión química.

Se consideró que el uso de un método de análisis espectroscópico de emisión de descarga luminiscente (GDS) es óptimo como método que es capaz de medir variaciones de concentración de una pluralidad de elementos en una dirección en profundidad en un tiempo relativamente corto con una alta fiabilidad. Por lo tanto, se efectuó un análisis con el GDS.

Como consecuencia de ello, aunque se describirá con detalle en los Ejemplos, los presentes inventores encontraron que existe una relación evidente entre la superioridad o la inferioridad de la capacidad de tratamiento por conversión química (una magnitud del revestimiento de fosfato) y la concentración máxima de Al inmediatamente por debajo de la superficie que se obtiene con un GDS.

En el caso en que el contenido de Al era el 0,3% o más, se obtuvo la capacidad de tratamiento superior por conversión química, incluso en las concentraciones de Si y Mn en las que dicha capacidad de tratamiento por conversión química se evaluó como inferior en el Documento de literatura no patente 1, y los presentes inventores consideraron que esta razón se debía a las condiciones de producción. En estas circunstancias, los desbastes anteriormente descritos se calentaron a diversas temperaturas y, entonces, se realizó la laminación en bruto con varias tasas de laminación. A continuación, se realizó el descascarillado y, entonces, se realizó la laminación de acabado para producir chapas de acero laminadas en caliente. Las condiciones de la laminación de acabado fueron las mismas que las descritas anteriormente.

Se observaron las superficies de las chapas de acero después de la laminación de acabado. Además, las chapas de acero laminadas en caliente producidas se sometieron a decapado con ácido y, entonces, las superficies de las chapas de acero después del decapado con ácido se observaron para confirmar si estaba presente o no una parte de difícil decapado con ácido (es decir, una parte en la que la cascarilla permanece sobre la superficie de la chapa de acero).

El decapado con ácido se realizó sumergiendo la chapa de acero en una solución acuosa de HCl al 3% durante 60 segundos, que se mantuvo a 80°C. Después del decapado con ácido, la chapa de acero se lavó suficientemente con agua y, entonces, fue secada rápidamente.

Se recogieron muestras de ensayo tanto de chapas de acero en las que se observaron partes de difícil decapado con ácido (denominadas chapas de acero de difícil decapado con ácido) como de chapas de acero en las que no se observaron partes de difícil decapado con ácido (denominadas chapas de acero normales), y se evaluó la capacidad de tratamiento por conversión química. Además, respecto a la chapa de acero de difícil decapado con ácido, se usó una parte en la que no permanecía la cascarilla. Como consecuencia, se comprobó que la capacidad de tratamiento por conversión química de la chapa de acero de difícil decapado con ácido es inferior a la capacidad de tratamiento por conversión química de la chapa de acero normal que tiene la misma composición.

A continuación, con respecto a ambas (es decir, ambas chapas de acero normales después del decapado con ácido, y las partes de las chapas de acero de difícil decapado con ácido después del decapado con ácido, en las que no permanecía la cascarilla), se analizaron los elementos superficiales usando un GDS; y por ello, se efectuó un análisis en una zona desde la superficie hasta una profundidad de 500 nm.

Como consecuencia, se encontró que la capacidad de tratamiento superior por conversión química se obtenía en el caso en que el valor máximo de la concentración de Al que estaba concentrada en una capa superficial era el 0,75% o menos. Además, a partir de un resultado de un análisis usando un AES, se confirmó que el Al concentrado en la capa superficial estaba presente como Al_2O_3 .

5 Además, la aparición de la parte de difícil decapado con ácido se verificó a la luz de la temperatura de calentamiento del desbaste y una temperatura al final de la laminación en bruto (es decir, una temperatura al comienzo del descascarillado) que se midió con antelación; y por ello, se examinó una correlación entre si aparecía o no la parte de difícil decapado con ácido y las condiciones de producción.

10 Como consecuencia de ello, se encontró que existe una relación entre la aparición de la parte de difícil decapado con ácido, y una combinación de la temperatura de calentamiento del desbaste y la temperatura final de la laminación en bruto. Además, se encontró también que existe una cierta relación entre una condición de temperaturas por la que no aparecía la parte de difícil decapado con ácido y los componentes químicos del desbaste.

15 En el caso en que la temperatura de calentamiento del desbaste se fija para que esté en un intervalo de T1 o menos descrito en lo que sigue y la temperatura final de la laminación en bruto se fija para que esté en un intervalo de T2 o menos descrito en lo que sigue, es posible obtener una chapa de acero en la que no aparecen partes de difícil decapado con ácido y que es superior en la capacidad de tratamiento por conversión química. Al contrario, es evidente que, en el caso en que está fuera de las condiciones de temperatura anteriormente descritas, la capacidad de tratamiento por conversión química es inferior. Además, es evidente también que, en el caso en que los
20 componentes químicos están fuera del intervalo de la presente realización, la capacidad de tratamiento por conversión química es inferior incluso cuando se cumplen las condiciones de temperatura anteriormente descritas.

$$T1 = 1.215 + 35x[Si] - 70x[Al]$$

$$T2 = 1.070 + 35x[Si] - 70x[Al]$$

25 En las ecuaciones, [Si] y [Al] representan el contenido de Si (% en masa) en el desbaste y el contenido de Al (% en masa) en el desbaste, respectivamente.

No están necesariamente claras las razones por las que existe una relación entre si aparece o no la parte de difícil decapado con ácido y tanto el límite superior de la temperatura de calentamiento del desbaste como el límite superior de la temperatura final de la laminación en bruto que se calculan a partir del contenido de Si y el contenido de Al en el desbaste. Sin embargo, la relación se supone como sigue.

30 En el caso en que la cascarilla permanece en el proceso de descascarillado después de la laminación en bruto, esta parte en la que permanece la cascarilla (una parte pobremente descascarillada) llega a ser la parte de difícil decapado con ácido en el proceso de decapado con ácido después de la laminación de acabado. Por lo tanto, en el caso en que sea superior la propiedad de descascarillado en el proceso de descascarillado, la parte de difícil decapado con ácido casi no aparece en el proceso de decapado con ácido, y también llega a ser superior la
35 propiedad de decapado con ácido.

Tanto el Si como el Al en el desbaste son elementos fácilmente oxidables, si se comparan con el Fe, y en particular, es conocido ampliamente que el Si deteriora la propiedad de descascarillado (facilidad para desprenderse la cascarilla) cuando se calienta el desbaste a una temperatura predeterminada, o más. Sin embargo, en el caso en que el Al está contenido junto con el Si, el Al tiene una tendencia a ser distribuido entre el Si y un sustrato de hierro.

40 En particular, en el caso en que el contenido de Si y el contenido de Al están en los intervalos definidos en la presente realización descrita más adelante, esta tendencia presenta una operación de mitigar la disminución en la propiedad de descascarillado debido a la cascarilla de Si. Esta operación es eficaz para un caso en que la temperatura de calentamiento es una temperatura baja que no es mayor que la temperatura (T1) calculada a partir del contenido de Si y el contenido de Al.

45 En el caso en que se calienta el desbaste a una temperatura baja que no es mayor que la temperatura (T1) calculada a partir del contenido de Si y el contenido de Al y se realiza entonces la laminación en bruto acompañada con una disminución de temperatura en una cantidad dada, bajo una condición en la que la velocidad de laminación es el 80% o más, se aplasta la cascarilla principal a fin de que sea apropiada para el descascarillado. Por lo tanto, incluso cuando no se realiza un calentamiento particularmente después de la laminación en bruto, se realiza un
50 descascarillado (eliminación de la cascarilla). En el caso en que la temperatura final de la laminación en bruto es una temperatura baja, que no es mayor que una temperatura predeterminada (T2), no se presenta un problema en la propiedad de descascarillado. Se considera esta razón puesto que se refleja una magnitud disminuida de la temperatura durante la laminación en bruto. Es decir, se considera como sigue. Ya que es grande la magnitud disminuida de la temperatura durante la laminación en bruto, los esfuerzos térmicos causados por una variación de
55 la temperatura aparecen debido a una diferencia entre un coeficiente de expansión térmica del acero y un coeficiente de expansión térmica de la cascarilla; y por ello, llega a ser fácil que se desprenda la cascarilla.

En los experimentos realizados por los presentes inventores, se encontró también que existe una relación entre si

aparece o no la parte de difícil decapado con ácido y la velocidad de laminación en bruto. Esta razón no está clara necesariamente. Sin embargo, como se muestra en el Ejemplo 1 descrito más adelante, se encontró que se puede producir una chapa de acero laminada en caliente en la que no aparecen partes de difícil decapado con ácido en el caso en que la velocidad de laminación en bruto se fija para que esté en un intervalo del 80% o más.

5 Además, como se ha descrito anteriormente, en los experimentos en los que se cambiaron ampliamente los componentes químicos y las condiciones de producción, se encontró que se puede obtener también una capacidad de tratamiento superior por conversión química en el caso en que se controlen, en los intervalos apropiados descritos más adelante, y se combinen los componentes químicos y las condiciones de producción. Se supone como sigue una relación entre la capacidad de tratamiento por conversión química de la chapa de acero después de la laminación en caliente y el decapado con ácido, y el contenido de Si y el contenido de Al.

10 Como se ilustra esquemáticamente en la figura 1, en una superficie de un acero después del decapado con ácido, están presentes óxidos de los elementos de la composición, tales como Si, Mn y Al, en una parte de la superficie en un intervalo de grosores de 200 a 500 nm, y el C se concentra en el resto de la superficie. En el caso en que están presentes óxidos que contienen Al (considerado principalmente como Al_2O_3) en la superficie del acero en una cantidad mayor que una cantidad predeterminada descrita más adelante, es mala la humectabilidad de líquido de tratamiento por conversión química; y por ello, se considera que debido a esto, se deteriora particularmente la capacidad de tratamiento por conversión química.

La presente realización se completa en base a las investigaciones anteriormente descritas, y se describirán en lo que sigue las razones para restringir las características de la presente realización.

20 Al principio, se describirán los componentes químicos de una chapa de acero, y la concentración de Al en la superficie de la chapa de acero.

C: del 0,05 al 0,12%

25 El C es un elemento esencial para asegurar la resistencia de la chapa de acero y para obtener una estructura DP. En el caso en que el contenido de C es menor que el 0,05%, no se obtiene una resistencia a la tracción de 780 MPa o más. Por otro lado, en el caso en que contiene más del 0,12% de C, se deteriora la propiedad de soldadura. Por lo tanto, el contenido de C se fija para que esté en un intervalo del 0,05 al 0,12%. El contenido de C está preferiblemente en un intervalo del 0,06 al 0,10%, y más preferiblemente en un intervalo del 0,065 al 0,09%.

Si: del 0,8 al 1,2%

30 Ya que el Si es un elemento que favorece una transformación de la ferrita, es fácil obtener la estructura DP controlando apropiadamente el contenido de C. Sin embargo, el Si afecta mucho a las propiedades de la cascarilla de un acero laminado en caliente y a la capacidad de tratamiento por conversión química. En el caso en que el contenido de Si es menor que el 0,8%, es difícil asegurar la fase de ferrita. Además, se genera parcialmente cascarilla de Si (en forma de tira o en forma maculada); y por ello, se deteriora mucho el aspecto exterior. Por otro lado, en el caso en que el contenido de Si es mayor que el 1,2%, disminuye mucho la capacidad de tratamiento por conversión química. Por lo tanto, el contenido de Si se fija para que esté en un intervalo del 0,8 al 1,2%. Además, en el caso en que se requiere una expansibilidad de agujeros particularmente alta, es preferible que el contenido de Si se fije para que esté en un intervalo del 1,0% o más.

Mn: del 1,6 al 2,2%

40 El Mn es un elemento esencial para asegurar la resistencia de la chapa de acero, y el Mn aumenta la templeabilidad para permitir que se produzca fácilmente la chapa de acero DP. Por lo tanto, es necesario un contenido del 1,6% o más de Mn. Por otro lado, en el caso en que el contenido de Mn es mayor que el 2,2%, existe una preocupación de que la ductilidad llegue a ser inferior o que las propiedades de una superficie cizallada en el momento de la cizalladura se deterioren debido a una segregación en una dirección según el grosor de la chapa. Por lo tanto, el límite superior del contenido de Mn se fija en el 2,2%. El contenido de Mn está preferiblemente en un intervalo del 1,7 al 2,1%, y más preferiblemente en un intervalo del 1,8 al 2,0%.

Al: del 0,30 al 0,6%

50 El Al es un elemento que desempeña el papel más importante en la presente realización, junto con el Si. El Al favorece la transformación en ferrita. Además, el Al mejora una configuración de la cascarilla del acero laminado en caliente; y por lo tanto, el Al tiene un efecto en el descascarillado después de la laminación en bruto y en la propiedad de decapado con ácido después de la laminación en caliente. En el caso en que el contenido de Al es menor que el 0,30%, es insuficiente el efecto de mejorar la propiedad de descascarillado con respecto a la cascarilla de Si. Por otro lado, en el caso en que el contenido de Al es mayor que el 0,6%, el propio óxido de Al conduce al deterioro de la capacidad de tratamiento por conversión química, que no es preferible incluso en el caso en que la temperatura de calentamiento del desbaste y las condiciones de la laminación en bruto se fijan para que estén en los intervalos de la presente realización. El contenido de Al está preferiblemente en un intervalo del 0,35 al 0,55%.

ES 2 715 962 T3

P: del 0,0005 al 0,05%

- 5 El P funciona como un elemento de templado en solución sólida (templado del contorno de grano); sin embargo, ya que el P es una impureza, existe una preocupación de que se pueda deteriorar la trabajabilidad debido a la segregación. Por lo tanto, es necesario fijar el contenido de P para que esté en un intervalo del 0,05% o menos. El contenido de P está preferiblemente en un intervalo del 0,03% o menos, y más preferiblemente en un intervalo del 0,025% o menos. Por otro lado, hacer que el contenido de P sea menor que el 0,0005%, va acompañado de un gran aumento en el coste.

S: del 0,0005 al 0,005%

- 10 El S forma una inclusión tal como MnS; y por ello, se deterioran las propiedades mecánicas. Por lo tanto, es preferible reducir el contenido de S tanto como sea posible. Sin embargo, puede permitirse un contenido del 0,005% o menos de S. Por otro lado, hacer que el contenido de S sea menor que el 0,0005%, va acompañado de un gran aumento en el coste. El contenido de S está preferiblemente en un intervalo del 0,004% o menos, y más preferiblemente en un intervalo del 0,003% o menos.

N: del 0,0005 al 0,01%

- 15 El N es una impureza, y el N forma inclusiones tales como AlN; y por ello, existe una preocupación de que el N afecte a la trabajabilidad. Por lo tanto, el límite superior del contenido de N se fija en el 0,01%. El contenido de N está preferiblemente en un intervalo del 0,0075% o menos, y más preferiblemente en un intervalo del 0,005% o menos. Por otro lado, hacer que el contenido de N sea menor que el 0,0005%, va acompañado de un gran aumento en el coste.

- 20 En la chapa de acero laminada en caliente, de acuerdo con la presente realización, pueden estar contenidos, según sea necesario, los siguientes elementos.

Cu: del 0,002 al 2,0%

El Cu tiene un efecto de mejorar una propiedad de fatiga; y por lo tanto, el Cu puede estar contenido en una cantidad en el intervalo anteriormente descrito.

- 25 Ni: del 0,002 al 1,0%

El Ni puede estar contenido con el fin de impedir la fragilidad en caliente en el caso de contener Cu. El Ni puede estar contenido en una cantidad que es la mitad de la del Cu, como una indicación aproximada.

Uno o más seleccionados a partir de un grupo que consiste en Ti: del 0,001 al 0,5%, Nb: del 0,001 al 0,5%, Mo: del 0,002 al 1,0%, V: del 0,002 al 0,2%, Cr: del 0,002 al 1,0% y Zr: del 0,002 al 0,2%.

- 30 Los elementos anteriormente descritos son eficaces para el alto refuerzo de la chapa de acero debido al templado en solución sólida y al templado por precipitación, y pueden estar contenidos, según sea necesario, los elementos anteriormente descritos. Se fija como el límite inferior un contenido en el que llega a ser evidente este efecto y se fija como el límite superior un contenido en el que se satura este efecto.

Uno cualquiera o ambos del Ca: del 0,0005 al 0,0050% y el REM: del 0,0005 al 0,0200%.

- 35 En esta ocasión, el REM es un metal de tierras raras y es uno o más seleccionados a partir de un grupo que consiste en Sc, Y, La, Ce, Pr, Nd, Pm, Sm, Eu, Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Tm, Yb y Lu.

- 40 Estos elementos contribuyen a una mejora en las propiedades mecánicas a través de un control de la morfología de las inclusiones no metálicas. Este efecto se reconoce a un contenido de al menos el 0,0005% o más. En el caso del Ca, el efecto se satura a un contenido del 0,0050% y en el caso del REM, el efecto se satura a un contenido del 0,0200%. Por lo tanto, uno cualquiera o ambos del Ca y el REM pueden estar contenidos en cantidades en los intervalos anteriormente descritos. Respecto a cada contenido, son preferibles el 0,0040% o menos de Ca y el 0,0100% o menos de REM, y son más preferibles el 0,0030% o menos de Ca y el 0,050% o menos de REM.

B: del 0,0002 al 0,0030%

- 45 El B tiene una función de mejorar las propiedades mecánicas a través del templado del contorno de grano y una función de mejorar la templabilidad. Por lo tanto, el B es eficaz para asegurar las fases de martensita. Este efecto se reconoce a un contenido del 0,0002% o más y se satura a un contenido del 0,0030%. Por lo tanto, el B puede estar contenido en una cantidad en el intervalo anteriormente descrito. El contenido de B está preferiblemente en un intervalo del 0,0025% o menos, y más preferiblemente en un intervalo del 0,0020% o menos.

- 50 La concentración máxima de Al que es detectada con un GDS en una zona desde una superficie hasta una profundidad (grosor) de 500 nm después del decapado con ácido: el 0,75% o menos.

En el caso en que el valor anteriormente descrito es mayor que el 0,75%, no se obtiene la capacidad necesaria de tratamiento por conversión química. El valor anteriormente descrito está preferiblemente en un intervalo del 0,65% o menos. El límite inferior no está definido particularmente. Incluso cuando el valor no es mayor que una concentración media de Al en la chapa de acero, no hay ningún problema.

- 5 Además, en la presente realización, un componente distinto de los componentes anteriormente descritos es el Fe; sin embargo, se permiten impurezas inevitables incluidas a partir de materiales fundidos tales como retales.

Un dispositivo, disponible en el mercado bajo condiciones estándares, puede realizar el GDS. Sin embargo, ya que el GDS es un análisis en una capa superficial extrema, es preferible que un ciclo de toma (frecuencia de muestreo) se fije para que sea corto, y es preferible que el período de toma se fije en un ciclo más corto que 0,05 segundos/una vez.

A continuación, se describirá una microestructura de la chapa de acero.

La microestructura de la chapa de acero laminada en caliente, según la presente realización, es básicamente una estructura de dos fases que incluye fases de ferrita y fases de martensita. Específicamente, la microestructura incluye el 60% en área o más de fases de ferrita, más del 10% en área de fases de martensita y de 0 a menos del 1% en área de fases de austenita residual, o la microestructura incluye el 60% en área o más de fases de ferrita, más del 10% en área de fases de martensita, menos del 5% en área de fases de bainita y de 0 a menos del 1% en área de fases de austenita residual.

En el caso en que la relación de área de las fases de ferrita se fija para que esté en un intervalo del 60% o más, la relación de área de las fases de martensita se fija para que esté en un intervalo mayor que el 10% y la relación de área de las fases de bainita se fija para que esté en un intervalo de 0 a menos del 5%, se puede obtener una chapa de acero que tiene una resistencia a la tracción de 780 MPa o más, un alargamiento del 23% o más y una relación del límite de fatiga de 0,45 o más. Además, si la relación de área de las fases de austenita residual, que es detectada por un método de difracción de rayos X, está en un intervalo de 0 a menos del 1%, esto es permisible. La relación de área de las fases de ferrita está preferiblemente en un intervalo del 70% o más, la relación de área de las fases de martensita está preferiblemente en un intervalo mayor que el 12% y la relación de área de la fase de bainita está preferiblemente en un intervalo menor que el 3%.

Una longitud media de los granos cristalinos de ferrita en una dirección de laminación en una zona desde la superficie de la chapa de acero hasta una profundidad (grosor) de 20 μm : 20 μm o menos.

A fin de suprimir la aparición de un deterioro superficial en el momento de la conformación por compresión, es preferible que la longitud media en la dirección de laminación de los granos cristalinos de ferrita, que están presentes en una capa superficial desde la superficie de la chapa de acero hasta la profundidad (grosor) de 20 μm , esté comprendida en un intervalo de 20 μm o menos. A fin de conseguir esta propiedad, como se describirá más adelante, es eficaz fijar la temperatura final de la laminación en bruto para que esté en un intervalo de 960°C o menos, a fin de que los granos de austenita no se agranden antes de la laminación de acabado.

35 A continuación, se describirá un método para producir la chapa de acero.

El desbaste se produce a través de la fusión y la fundición normales. Desde un aspecto de la productividad, es preferible la fundición continua.

Temperatura de calentamiento (SRT): T1 o menos

Velocidad de laminación en bruto (Velocidad de reducción de la laminación en bruto): el 80% o más

40 Temperatura final de la laminación en bruto: T2 o menos

En esta ocasión, T1 y T2 son valores calculados a partir de las siguientes ecuaciones.

$$T1 = 1.215 + 35x[\text{Si}] - 70x[\text{Al}]$$

$$T2 = 1.070 + 35x[\text{Si}] - 70x[\text{Al}]$$

45 En esta ocasión, [Si] y [Al] representan el contenido de Si (% en masa) en el desbaste y el contenido de Al (% en masa) en el desbaste, respectivamente.

Se calienta el desbaste a una temperatura de calentamiento en un intervalo de T1 o menos, y se somete el desbaste a laminación en bruto bajo condiciones en las que una velocidad de reducción de la laminación está comprendida en un intervalo del 80% o más y la temperatura final está comprendida en un intervalo de T2 o menos para producir un material laminado en bruto.

50 La SRT afecta a la propiedad de descascarillado después de la laminación en bruto a través de una configuración de cascarilla principal. Además, la velocidad de laminación en bruto y la temperatura final de la laminación en bruto son

5 los factores más importantes que determinan un estado aplastado de la cascarilla principal, y estas condiciones afectan a un estado descascarillado después de la laminación en bruto (si está presente o no una parte pobremente descascarillada, o similar). La parte pobremente descascarillada llega a ser la parte de difícil decapado con ácido después del decapado con ácido; y como consecuencia, la velocidad de laminación en bruto y la temperatura final de la laminación en bruto afectan a la propiedad de decapado con ácido después de la laminación de acabado.

10 Particularmente, para producir una chapa de acero que tiene una resistencia superior al deterioro superficial durante la conformación, es preferible que la SRT se fije para que esté en un intervalo menor que 1.200°C y la temperatura final de la laminación en bruto se fije para que esté en un intervalo de 960°C o menos. Como se ilustra específicamente en los Ejemplos, en el caso en que la temperatura final de la laminación en bruto se fija para que esté en un intervalo de 960°C o menos, se puede obtener una chapa de acero, que es superior en resistencia al deterioro superficial durante la conformación. Se considera que este efecto se obtiene refinando los tamaños de grano de austenita antes de la laminación de acabado.

15 Además, para fijar que la SRT esté en un intervalo de 1.200°C o más, y para fijar que la temperatura final de la laminación en bruto esté en un intervalo de 960°C o menos, es necesario hacer que un objeto a laminar (un material laminado en bruto) deje residuos sobre una línea de producción después de la laminación en bruto; y por ello, disminuye extremadamente la productividad. Por lo tanto, la SRT está preferiblemente en un intervalo menor que 1.200°C, y más preferiblemente en un intervalo menor que 1.150°C. Además, la temperatura final de la laminación en bruto está preferiblemente en un intervalo del 960°C o menos, y más preferiblemente en un intervalo de 950°C o menos.

20 Si la laminación de acabado descrita en lo que sigue se puede terminar a 700°C o más, el límite inferior de la SRT y el límite inferior de la temperatura final de la laminación en bruto no están limitados particularmente. El límite inferior de la SRT y el límite inferior de la temperatura final de la laminación en bruto están determinados apropiadamente dependiendo de la capacidad y la especificación de una instalación de laminación que es capaz de terminar la laminación de acabado a 700°C o más.

25 La velocidad de laminación en bruto (la velocidad de reducción de la laminación en bruto) está comprendida en un intervalo del 80% o más, y preferiblemente en un intervalo del 82% o más.

Todas estas condiciones se encontraron experimentalmente, y un método de obtención se describirá con detalle en los Ejemplos.

Descascarillado

30 A continuación, el material laminado en bruto se somete a descascarillado.

35 El descascarillado se puede realizar con un dispositivo de uso general. Un empresario del sector puede seleccionar una presión hidráulica, un caudal de agua, un grado de apertura del pulverizado, un ángulo de inclinación de la boquilla, una distancia entre la chapa de acero y la boquilla, o semejante, de modo similar a una laminación en caliente normal. Por ejemplo, se pueden seleccionar 10 MPa de presión hidráulica, 1,5 litros/segundo de caudal de agua, un grado de apertura del pulverizado de 25°, un ángulo de inclinación de la boquilla de 10°, una distancia vertical entre la chapa de acero y la boquilla de 250 mm, o semejante.

Temperatura de acabado (FT): de 700 a 950°C

Posteriormente, la laminación de acabado se realiza bajo una condición en la que se fija una temperatura de acabado en un intervalo de 700 a 950°C para producir una chapa laminada.

40 Es necesario fijar la FT para que esté en un intervalo de 700°C o más. En el caso en que la FT es menor que 700°C, se forman fácilmente granos cristalinos bastos en la capa superficial; y por ello, existe una preocupación de que se deteriore la propiedad de fatiga. Además, incluso cuando se conciben las condiciones de enfriamiento, existe el miedo a no obtener una ductilidad suficiente. Por otro lado, en el caso en que la FT es demasiado alta, los tamaños de grano llegan a ser bastos; y por ello, no se obtienen propiedades mecánicas superiores, lo que no es preferible. Por lo tanto, el límite superior de la FT se fija en 950°C.

50 Particularmente, para producir una chapa de acero que tiene una resistencia y una ductilidad que son superiores en isotropía, es preferible fijar la FT para que esté en un intervalo de 900°C o menos. En el caso en que la FT se fija para que esté en un intervalo de 900°C o menos, la transformación de ferrita se puede realizar desde un estado en el que la energía de deformación acumulada en el momento de la laminación es tan alta como sea posible. Por ello, se puede obtener una chapa de acero que tiene una resistencia y una ductilidad que son más isotropas.

Enfriamiento después de la laminación en caliente

Después de que se completa la laminación en caliente, se realiza el enfriamiento principal a una velocidad de enfriamiento (CR1) media de 5 a 90°C/s. Una temperatura final del enfriamiento principal (MT) se fija para que esté en un intervalo de 550 a 750°C.

En el caso en que la CR1 se fija para que sea menor que 5°C/s, se deteriora la productividad, lo que no es preferible. Además, los granos cristalinos llegan a ser bastos; y por ello, existe una preocupación de que se deterioren las propiedades mecánicas. En el caso en que la CR1 se fija para que sea mayor que 90°C/s, el enfriamiento llega a ser no uniforme, lo que no es preferible.

- 5 A fin de obtener, sin deteriorar la productividad, una chapa de acero que tiene una superficie uniforme decapada con ácido, la CR1 está preferiblemente en un intervalo de 50°C/s o más, y más preferiblemente en un intervalo de 60°C/s o más. Es preferible que el enfriamiento se realice mediante refrigeración por agua y, en este caso, se suprime la generación de cascarilla después de la laminación y se mejora la propiedad de decapado con ácido.

- 10 En el caso en que la MT es mayor que 750°C, se pueden formar fases de martensita basta; y por ello, existe una preocupación de que se deterioren las propiedades mecánicas. Por otro lado, en el caso en que la MT sea menor que 550°C, no se obtiene una relación de fracciones necesaria de las fases de martensita; y por ello, existe una preocupación de que la resistencia llegue a ser insuficiente. La MT está preferiblemente en un intervalo de 580 a 720°C.

- 15 A continuación, se realiza un enfriamiento secundario a una velocidad de enfriamiento (CR2) media de 15°C/s o menos. La temperatura final del enfriamiento secundario (MT2) se fija para que esté en un intervalo de 450 a 700°C. Se puede seleccionar una refrigeración por aire, como el medio de enfriamiento.

- 20 En el caso en que la CR2 es mayor que 15°C/s o la MT2 es mayor que 700°C, la concentración de C en la fase de austenita llega a ser insuficiente; y por ello, existe una preocupación de que se formen fases de martensita, y es pequeña la diferencia de resistencia entre la fase de martensita y la fase de ferrita. Como consecuencia, existe una preocupación de que se deteriore la conformabilidad. En el caso en que la MT2 es menor que 450°C, existe una preocupación de que se generen fases de perlita. La CR2 está preferiblemente en un intervalo de 10°C/s o menos y la MT2 está preferiblemente en un intervalo de 480 a 680°C.

- 25 Posteriormente, se realiza un tercer enfriamiento a una velocidad de enfriamiento (CR3) media de 30°C/s o más. La temperatura final del enfriamiento (CT) se fija para que esté en un intervalo de 250°C o menos. En el caso en que la CR3 es menor que 30°C/s, no se puede suprimir la generación de perlita. Además, en el caso en que la CT es mayor que 250°C, existe una preocupación de que se templen las fases de M generadas.

- 30 En el caso en que la CR3 es demasiado grande, existe una preocupación de que el enfriamiento en la dirección en anchura y la dirección de laminación llegue a ser no uniforme; y por lo tanto, el límite superior se fija preferiblemente en 100°C/s. La CR3 está preferiblemente en un intervalo de 45 a 90°C/s y la CT está preferiblemente en un intervalo de 200°C o menos.

La chapa de acero producida después del enfriamiento se bobina según un método normal.

Decapado con ácido

Posteriormente, la chapa de acero laminada en caliente, después de ser enfriada, se puede decapar con ácido para eliminar la cascarilla sobre la superficie de la chapa de acero.

- 35 El decapado con ácido se realiza sumergiendo la chapa de acero en una solución acuosa de HCl que se mantiene de 70 a 90°C. Una concentración de HCl se fija para que esté en un intervalo del 2 al 10% y un tiempo de inmersión se fija para que esté en un intervalo de 1 a 4 minutos. En el caso en que la temperatura es menor que 70°C o en el caso en que la concentración es menor que el 2%, es necesario un tiempo de inmersión largo; y por ello, se deteriora el rendimiento de la producción.

- 40 Por otro lado, en el caso en que la temperatura es mayor que 90°C o la concentración de HCl es mayor que el 10%, disminuye la rugosidad superficial después del decapado con ácido, lo que no es preferible.

En el caso en que el tiempo de inmersión es menor que 1 minuto, la eliminación de la cascarilla llega a ser incompleta, lo que no es preferible. Además, en el caso en que el tiempo de inmersión es mayor que 4 minutos, se deteriora el rendimiento de la producción.

- 45 Después del decapado con ácido, existe un caso en el que se realiza un proceso por conversión química, como un tratamiento superficial de revestimiento, después de experimentarse un proceso tal como un tratamiento. Según la presente realización, no aparecen las partes de difícil decapado con ácido, y puede formarse una película firme tratada por conversión química.

Ejemplos

- 50 (Ejemplo 1)

Se calentaron desbastes con las composiciones químicas descritas en la Tabla 1, se realizó la laminación en bruto, se realizó el descascarillado y, posteriormente, se realizó la laminación de acabado. Las condiciones hasta la laminación en bruto se muestran en la Tabla 4. Además, las condiciones de descascarillado después de las

- condiciones de laminación en bruto y laminación de acabado se muestran en las Tablas 2 y 3, respectivamente. En la Tabla 3, FT representa la temperatura de acabado y CR1 a CR3 representan las velocidades de enfriamiento del enfriamiento principal al tercer enfriamiento, respectivamente. MT1 y MT2 representan las temperaturas finales del enfriamiento principal y del enfriamiento secundario, respectivamente, y CT representa la temperatura final del enfriamiento.
- Se decaparon con ácido las chapas de acero laminadas en caliente obtenidas. En el decapado con ácido, las chapas de acero se sumergieron en una solución acuosa de HCl al 3% durante 60 segundos, que se mantuvo a 80°C. Después del decapado con ácido, las chapas de acero se lavaron suficientemente con agua y fueron secadas rápidamente. Se observó una superficie de cada una de las chapas de acero después de la laminación de acabado, y se observó también una superficie de cada una de las chapas de acero después del decapado con ácido. Por ello, se confirmó si estaba presente o no la parte de difícil decapado con ácido.
- Se recogieron muestras de ensayo tanto de las chapas de acero en las que se observaron partes de difícil decapado con ácido como de las chapas de acero (denominadas chapas de acero normales) en las que se observaron partes de difícil decapado con ácido. Entonces, las muestras de ensayo se sometieron a un proceso por conversión química para evaluar la capacidad de tratamiento por conversión química.
- En el proceso por conversión química, se usó un agente de tratamiento por conversión química disponible en el mercado, y este agente de tratamiento por conversión química se calentó en horno a 55°C durante 2 minutos para formar una película. Una cantidad de adherencia objetivo se fijó en 2 g/m². En esta ocasión, la preparación de un líquido de tratamiento y un método de tratamiento se fijaron de acuerdo con las condiciones recomendadas por un fabricante.
- Respecto a la evaluación de la capacidad de tratamiento por conversión química, se midió una cantidad W revestida de sal fosfórica, y el caso en que la cantidad W revestida estaba en un intervalo de 1,5 g/m² o más se evaluó como "superior", y el caso en que la cantidad W revestida estaba en un intervalo menor que 1,5 g/m² se evaluó como "inferior".
- Como consecuencia, se comprobó que la capacidad de tratamiento por conversión química de la chapa de acero en la que se observó la parte de difícil decapado con ácido era inferior a la capacidad de tratamiento por conversión química de la chapa de acero normal con la misma composición.
- Respecto a todas las chapas de acero, se realizó un análisis de los elementos superficiales con un GDS después del decapado con ácido. Este análisis superficial se realizó usando un JY5000RF fabricado por la firma JOBIN YVON S.A.S., bajo condiciones en las que la salida era 40 W, la presión del fluido de Ar era 775 Pa y el intervalo de muestreo era 0,045 segundos.
- Las longitudes de onda del espectro de los elementos C, Si, Mn y Al eran 156 nm, 288 nm, 258 nm y 396 nm, respectivamente. Las concentraciones de estos elementos se midieron en una zona desde una superficie hasta una profundidad (grosor) de 500 nm.
- En esta ocasión, en la chapa de acero en la que se generó la parte de difícil decapado con ácido (una parte en la que permanecía la cascarilla), se recogió una muestra para su medición de una parte (porción) en la que no permanecía la cascarilla, el contenido de Al se midió con el GDS y se evaluó la capacidad de tratamiento por conversión química.
- Los resultados obtenidos se muestran colectivamente en las Tablas 4 y 5.
- Se examinaron los perfiles de concentración de estos elementos y la superioridad o la inferioridad de la capacidad de tratamiento por conversión química. Como consecuencia de ello, no se encontró una relación específica entre las concentraciones de tres elementos de C, Si y Mn y la superioridad o la inferioridad de la capacidad de tratamiento por conversión química. Sin embargo, la concentración de Al y la superioridad o la inferioridad de la capacidad de tratamiento por conversión química tenían una correlación, y se encontró que la capacidad de tratamiento superior por conversión química se obtenía en una chapa de acero en la que la concentración máxima de Al estaba en un intervalo del 0,75% o menos.
- Además, la aparición de la parte de difícil decapado con ácido se comparó con la temperatura de calentamiento del desbaste, y una temperatura al final de la laminación en bruto (es decir, una temperatura al comienzo del descascarillado) que se midió con antelación. Por ello, se hizo un examen con respecto a una correlación entre si aparecía o no la parte de difícil decapado con ácido y las condiciones de producción. Como consecuencia, se encontró que existe una relación entre la aparición de la parte de difícil decapado con ácido y una combinación de la condición de la temperatura de calentamiento del desbaste y la condición de la temperatura final de la laminación en bruto. Además, se encontró también que existe una relación específica entre las condiciones de temperatura en las que no aparece la parte de difícil decapado con ácido y los componentes químicos del desbaste.
- En primer lugar, se examinó la temperatura de calentamiento del desbaste.

Se seleccionaron los Números de muestra 1, 2, 4, 9, 13, 15 y 18 en los que no estaba presente la parte de difícil decapado con ácido, las capacidades de tratamiento por conversión química eran superiores y las concentraciones máximas de Al estaban en un intervalo del 0,75% o menos. Se consideró que el límite superior de la temperatura de calentamiento del desbaste se podía obtener de los valores reales de estas muestras. Bajo esta consideración, se examinó con detalle una relación entre el límite superior de la temperatura de calentamiento del desbaste y los componentes químicos.

Se sabe que el C, el Si, el Mn, el P, el S y el Al tienen efectos en la conformación de la cascarilla principal de una chapa de acero. Se seleccionaron uno o dos elementos a partir de estos elementos y, entonces, se realizó un análisis de regresión única lineal o un análisis de regresión múltiple lineal, en el que su concentración (% en masa) se fijó como una variable independiente (X, o X1 y X2) y la temperatura de calentamiento del desbaste se fijó como una variable dependiente (Y). Es decir, se obtuvieron a y b en una expresión relacional de $Y = aX + b$, o c, d y e en una expresión relacional de $Y = cX1 + dX2 + e$, cuando la expresión relacional se estableció en un error mínimo (suma residual de cuadrados).

Como consecuencia, se encontró que, en el caso en que se seleccionaba una combinación de [Si] y [Al] como la variable independiente, la suma residual de cuadrados llegaba a ser la mínima. Es decir, se encontró que existe la correlación más fuerte entre el límite superior de la temperatura de calentamiento del desbaste y [Si] y [Al]. En esta ocasión, se realizó el cálculo con un software de cálculo disponible en el mercado.

La ecuación de regresión obtenida fue $Y = 1.208 + 35[Si] - 64[Al]$. Se realizó el ajuste de c, d y e basándose en esta ecuación y se obtuvo $T1 = 1.215 + 35x[Si] - 70x[Al]$ como una ecuación de temperaturas en la que se cumplían todas las condiciones de las siete muestras anteriormente descritas.

A continuación, se examinó la temperatura final de la laminación en bruto.

Con el mismo método que la temperatura de calentamiento del desbaste, se seleccionaron los mismos Números de muestra 1, 2, 4, 9, 13, 15 y 18. Se consideró que el límite superior de la temperatura final de la laminación en bruto se podía obtener de los valores reales de estas muestras. Bajo esta consideración, se examinó con detalle una relación entre el límite superior de la temperatura final de la laminación en bruto y los componentes químicos.

Como se ha descrito anteriormente, con respecto al C, el Si, el Mn, el P, el S y el Al, se realizó un análisis de regresión única y, posteriormente, se realizó un análisis de regresión múltiple en el que se seleccionaron dos elementos. Como consecuencia de ello, de modo similar a la temperatura de calentamiento del desbaste, se encontró que, en el caso en que se seleccionaba una combinación de [Si] y [Al] como la variable independiente, la suma residual de cuadrados llegaba a ser la mínima.

La ecuación de regresión obtenida fue $Y = 1.068 + 32[Si] - 66[Al]$. Se realizó el ajuste basándose en esta ecuación y se obtuvo $T2 = 1.070 + 35x[Si] - 70x[Al]$ como una ecuación de temperaturas en la que se cumplían todas las condiciones de las siete muestras anteriormente descritas.

Es decir, se concluyó que, en el caso en que la temperatura de calentamiento del desbaste se fija para que esté en un intervalo de T1 o menos y la temperatura final de la laminación en bruto se fija para que esté en un intervalo de T2 o menos, se puede obtener una chapa de acero en la que no aparecen partes de difícil decapado con ácido y que tiene una capacidad de tratamiento superior por conversión química.

Era evidente que la capacidad de tratamiento por conversión química es inferior en el caso en que una cualquiera o ambas de la temperatura de calentamiento del desbaste y la temperatura final de la laminación en bruto están fuera de las condiciones de temperatura anteriormente descritas (Números de muestra 3, 5, 7, 8, 11, 12 y 17). Además, era evidente también que la capacidad de tratamiento por conversión química es inferior en el caso en que los componentes químicos están fuera de los intervalos definidos en la presente realización (Número de muestra 6), incluso cuando se cumplen las condiciones de temperatura anteriormente descritas.

Por otro lado, incluso cuando se cumplen las condiciones de temperatura anteriormente descritas, en el caso en que la velocidad de laminación en bruto es menor que el 80% (Números de muestra 10 y 20), se determina que un aplastamiento de la cascarilla es quizás insuficiente; y por ello, la propiedad de descascarillado es inferior. Como consecuencia, aparece la parte de difícil decapado con ácido y se deteriora la capacidad de tratamiento por conversión química.

La Tabla 5 es continuación de la Tabla 4, y dicha Tabla 5 muestra la resistencia a la tracción (σ_B), el alargamiento (ϵ_B), un límite de expansión de agujeros (expansibilidad de agujeros) (λ) y una relación del límite de fatiga.

La resistencia a la tracción y el alargamiento se midieron de acuerdo con JIS Z 2241. Con detalle, se recogió una muestra del ensayo de tracción de Número 5 de JIS Z 2201 de una manera tal que una dirección ortogonal a la dirección de laminación llegó a ser una dirección longitudinal de la muestra del ensayo de tracción. Entonces, se aplicó una fuerza de tracción en la dirección longitudinal (en la dirección ortogonal a la dirección de laminación) de la muestra del ensayo de tracción y se midieron la resistencia a la tracción y el alargamiento.

ES 2 715 962 T3

Además, el límite de expansión de agujeros se midió de acuerdo con JFST 1001-1996 del estándar de The Japan Iron and Steel Federation. Las dimensiones de la muestra de ensayo fueron 150x150 mm y el tamaño de un agujero troquelado fue 10 mmφ. La holgura de troquelado fue el 12,5%. Se realizó la expansión de agujeros usando un troquel cónico de 60° desde un lado superficial de cizalladura. Se midió el diámetro interior d de un agujero cuando una grieta penetró a través del grosor de la chapa. Cuando se fijó en d₀ el diámetro interior antes de la expansión de agujeros, el límite de expansión de agujeros λ (%) se obtuvo de la siguiente ecuación.

$$\text{Límite de expansión de agujeros } \lambda (\%) = (d - d_0) / d_0 \times 100$$

La relación del límite de fatiga se calculó a partir del siguiente método. Se recogió una muestra de ensayo de Número 1 (b = 15 mm, R = 30 mm), que está definida en JIS Z 2275, de una manera tal que su dirección longitudinal llegó a ser paralela con una dirección ortogonal a la dirección de laminación de la chapa de acero. Se realizó a 25 Hz un ensayo de fatiga al curvado plano, y se obtuvo un diagrama S-N en base al resultado obtenido del ensayo. En el diagrama S-N obtenido, se definió la resistencia a 1x10⁷ veces como la resistencia a la fatiga σ_w, y la relación del límite de fatiga se calculó a partir de la siguiente ecuación.

$$\text{Relación del límite de fatiga} = \sigma_w / \sigma_B$$

De los resultados anteriormente descritos, se encontró que se podía obtener una propiedad suficiente con respecto a cualquier propiedad. Respecto a la expansibilidad de agujeros, en el caso en que el contenido de Si se fijó para que estuviera en un intervalo del 1% o más, como se ilustra en los Números de muestra 7 a 20, se obtuvieron chapas de acero en las que las capacidades de expansión de agujeros eran particularmente superiores.

Tabla 1

Componentes químicos

Desbaste	Componentes (% en masa)							Comentario
	C	Si	Mn	P	S	Al	N	
A	0,090	0,85	1,96	0,010	0,0019	0,30	0,0017	Presente invención
B	0,090	0,90	2,02	0,009	0,0019	0,46	0,0017	Presente invención
C	0,091	0,97	2,02	0,021	0,0019	<u>0,25</u>	0,0022	Ejemplo comparativo
D	0,086	1,00	2,02	0,020	0,0021	0,35	0,0017	Presente invención
E	0,090	1,00	2,04	0,020	0,0018	0,40	0,0017	Presente invención
F	0,091	1,05	2,00	0,020	0,0019	0,45	0,0022	Presente invención
G	0,093	1,15	2,00	0,021	0,0018	0,30	0,0022	Presente invención

El subrayado representa un componente más allá de un intervalo definido en una realización.

Tabla 2

Condiciones de descascarillado

Presión hidráulica (MPa)	Caudal de agua (l/s)	Grado de apertura del pulverizado (°)	Ángulo de inclinación de la boquilla (°)	Distancia vertical entre chapa de acero y boquilla (mm)
10	1,5	25	10	250

25

Tabla 3

Condiciones de laminación de acabado

FT (°C)	CR1 (°C/s)	MT1 (°C)	CR2 (°C/s)	MT2 (°C)	CR3 (°C/s)	CT (°C)
860	72	630	8	593	71	65

Tabla 4

Nº	Desbaste	T1 (°C)	T2 (°C)	Temperatura de calentamiento del desbaste (°C)	Velocidad de laminación en bruto (%)	Temperatura final de la laminación en bruto (°C)	Si está presente o no la parte de difícil decapado con ácido	Concentración máxima de Al (% en masa)	Superioridad o inferioridad de la capacidad de tratamiento por conversión química
1	A	1224	1079	1220	80	1077	No presente	0,55	Superior
2				1220	85	1075	No presente	0,53	Superior
3				1210	85	<u>1085</u>	Presente	0,88	Inferior
4	B	1214	1069	1210	85	1068	No presente	0,70	Superior
5				1200	80	<u>1080</u>	Presente	0,91	Inferior
6	C	1231	1086	1230	85	1081	Presente	0,92	Interior
7	D	1226	1081	<u>1250</u>	80	<u>1094</u>	Presente	0,98	Inferior
8				<u>1250</u>	90	1069	Presente	1,0	Inferior
9				1220	85	1080	No presente	0,74	Superior
10				1220	75	1067	Presente	0,99	Inferior
11	E	1222	1077	<u>1230</u>	85	<u>1082</u>	Presente	1,18	Inferior
12				<u>1230</u>	85	1070	Presente	1,13	Inferior
13				1215	85	1075	No presente	0,59	Superior
14				1160	80	1012	No presente	0,68	Superior
15	F	1220	1075	1220	85	1072	No presente	0,73	Superior
16				1140	88	977	No presente	0,71	Superior
17	G	1234	1089	<u>1250</u>	80	1051	Presente	1,04	Inferior
18				1230	80	1086	No presente	0,62	Superior
19				1155	85	1004	No presente	0,54	Superior
20				1130	<u>76</u>	995	Presente	1,06	Inferior

El subrayado representa un componente más allá de un intervalo definido en una realización

Tabla 5

Nº	Desbaste	Resistencia a la tracción (MPa)	Alargamiento (%)	Expansibilidad de agujeros (%)	Relación del límite de fatiga	
1	A	825	23,2	26	0,46	Presente invención
2		829	23,4	25	0,47	Presente invención
3		821	23,5	23	0,47	Ejemplo comparativo
4	B	822	23,4	29	0,46	Presente invención
5		819	23,7	28	0,46	Ejemplo comparativo
6	C	830	22,1	37	0,43	Ejemplo comparativo
7	D	829	23,4	50	0,49	Ejemplo comparativo
8		829	23,5	51	0,49	Ejemplo comparativo
9		822	23,9	53	0,48	Presente invención
10		827	23,0	50	0,48	Ejemplo comparativo
11	E	828	23,2	52	0,49	Ejemplo comparativo
12		830	23,3	53	0,49	Ejemplo comparativo
13		831	23,0	51	0,49	Presente invención
14		833	23,2	50	0,49	Presente invención
15	F	820	23,4	56	0,49	Presente invención
16		816	23,0	57	0,48	Presente invención
17	G	832	23,6	53	0,46	Ejemplo comparativo
18		835	23,4	53	0,47	Presente invención
19		831	23,6	52	0,47	Presente invención
20		827	23,9	54	0,46	Ejemplo comparativo

(Ejemplo 2)

5 Se calentaron desbastes con los componentes químicos descritos en la Tabla 6, se realizó la laminación en bruto, se realizó el descascarillado y, posteriormente, se realizó la laminación de acabado Las condiciones detalladas de la laminación de acabado se muestran en la Tabla 7 y las condiciones desde el calentamiento del desbaste hasta la laminación de acabado se muestran en la Tabla 8 Las condiciones de descascarillado fueron las mismas que en el Ejemplo 1

10 Las chapas de acero laminadas en caliente obtenidas se decaparon con ácido bajo las mismas condiciones que en el Ejemplo 1 Se observó una superficie de cada una de las chapas de acero después de la laminación de acabado y se observó también una superficie de la chapa de acero después del decapado con ácido Por ello, se confirmó si estaba presente o no la parte de difícil decapado con ácido

15 Se recogieron muestras de ensayo tanto de las chapas de acero en las que se observaron las partes de difícil decapado con ácido como de la chapa de acero en la que no se observaron las partes de difícil decapado con ácido Entonces, se evaluó la capacidad de tratamiento por conversión química Las condiciones de evaluación y los criterios de evaluación eran los mismos que en el Ejemplo 1

El valor máximo de la concentración de Al se midió usando el GDS en una zona desde una superficie de la chapa de

ES 2 715 962 T3

acero hasta una profundidad (grosor) de 500 nm

Además, se midieron la resistencia a la tracción, el alargamiento, el límite de expansión de agujeros y la relación del límite de fatiga

Los resultados obtenidos se muestran colectivamente en las Tablas 8 y 9

- 5 Respecto a la resistencia, la ductilidad, la expansibilidad de agujeros y la propiedad de fatiga, cualquiera de las chapas de acero presentaba propiedades preferibles

- 10 Sin embargo, respecto a la propiedad de decapado con ácido y la capacidad de tratamiento por conversión química, se reconoció una diferencia dependiendo de las condiciones de la laminación en bruto. Con detalle, en el Número de muestra 22, en el que la temperatura de calentamiento del desbaste estaba fuera del intervalo definido en la presente realización, y en los Números de muestra 24, 26 y 28, en los que las temperaturas finales de la laminación en bruto estaban fuera del intervalo definido en la presente realización, aparecieron las partes de difícil decapado con ácido. Además, las capacidades de tratamiento por conversión química también eran inferiores.

Tabla 6

Desbaste	Componentes (% en masa)														Comentarios
	C	Si	Mn	P	S	Al	N	Ti	Nb	V	Mo	Cu	Cr	Otros	
H	0,10	0,80	1,60	0,008	0,0004	0,30	0,0035	0,05	0,010	0,15	0,2	-	-		Presente invención
I	0,10	0,80	<u>1,10</u>	0,008	0,0004	<u>0,11</u>	0,0035	0,05	0,010	0,15	0,2	-	-		Ejemplo comparativo
J	0,05	0,9	1,60	0,029	0,001	0,3	0,002	-	-	-	-	0,2	-	Ni:0,1	Presente invención
K	0,05	0,9	<u>1,50</u>	0,029	0,001	<u>0,2</u>	0,002	-	-	-	-	0,02	-		Ejemplo comparativo
L	0,05	0,9	1,60	0,008	0,001	0,3	0,002	-	-	-	-	-	0,2		Presente invención
M	0,05	0,9	<u>1,50</u>	0,008	0,001	<u>0,2</u>	0,002	-	-	-	-	-	0,2		Ejemplo comparativo
N	0,05	0,9	1,60	0,027	0,001	0,3	0,002	-	-	0,02	-	-	-	REM:0,01	Presente invención
O	0,05	0,9	<u>1,50</u>	0,027	0,001	<u>0,2</u>	0,002	-	-	0,02	-	-	-	REM:0,01	Ejemplo comparativo
P	0,075	1,0	1,90	0,01	0,001	0,4	0,002	-	-	-	-	-	-	Ca:0,0015	Presente invención
Q	0,075	1,0	1,90	0,01	0,001	0,4	0,002	-	-	-	-	-	-	B:0,0010	Presente invención
R	0,075	1,0	1,90	0,01	0,001	0,4	0,002	-	-	-	-	-	-	Zr:0,1	Presente invención

- 15 El subrayado representa un componente más allá de un intervalo definido en una realización

ES 2 715 962 T3

Tabla 7

Símbolo de acabado Condición de laminación	FT (°C)	CR1 (°C/s)	MT1 (°C)	CR2 (°C/s)	MT2 (°C)	CR3 (°C/s)	CT (°C)
Nº 1	860	90	650	8	590	70	60
Nº 2	930	50	700	8	620	60	200
Nº 3	840	50	600	8	580	50	20

Tabla 8

Nº	Desbaste	T1 (°C)	T2 (°C)	Temperatura de calentamiento del desbaste (°C)	Velocidad de laminación en bruto (%)	Temperatura final de la laminación en bruto (°C)	Condiciones de la laminación de acabado	Si está presente o no la parte de difícil decapado con ácido	Concentración máxima de Al (% en masa)	Superioridad o inferioridad de la capacidad de tratamiento por conversión química
21	H	1222	1077	1150	86	950	Nº 1	No presente	0,64	Superior
22	I	1235	1090	<u>1280</u>	86	950	Nº 2	Presente	0,81	Inferior
23	J	1226	1081	1150	86	950	Nº 1	No presente	0,62	Superior
24	K	1233	1088	1200	86	<u>1207</u>	Nº 3	Presente	0,79	Inferior
25	L	1226	1081	1150	86	950	Nº 1	No presente	0,60	Superior
26	M	1233	1088	1200	86	<u>1207</u>	Nº 3	Presente	0,77	Inferior
27	N	1226	1081	1150	86	950	Nº 1	No presente	0,72	Superior
28	O	1233	1088	1200	86	<u>1207</u>	Nº 3	Presente	0,84	Inferior
29	P	1222	1077	1150	86	950	Nº 1	No presente	0,63	Superior
30	Q	1222	1077	1150	86	950	Nº 1	No presente	0,60	Superior
31	R	1222	1077	1150	86	950	Nº 1	No presente	0,66	Superior

5 El subrayado representa un componente más allá de un intervalo definido en una realización

Tabla 9

Nº	Desbaste	Resistencia a la tracción (MPa)	Alargamiento (%)	Expansibilidad de agujeros (%)	Relación del límite de fatiga	Comentario
21	H	898	23,0	39	0,45	Presente invención
22	I	970	17,3	38	0,44	Ejemplo comparativo
23	J	785	23,6	51	0,46	Presente invención
24	K	783	22,0	48	0,44	Ejemplo comparativo

Nº	Desbaste	Resistencia a la tracción (MPa)	Alargamiento (%)	Expansibilidad de agujeros (%)	Relación del límite de fatiga	Comentario
25	L	788	23,9	50	0,47	Presente invención
26	M	780	23,5	49	0,45	Ejemplo comparativo
27	N	801	23,1	46	0,45	Presente invención
28	O	789	22,9	44	0,44	Ejemplo comparativo
29	P	806	23,6	56	0,46	Presente invención
30	Q	811	23,7	55	0,46	Presente invención
31	R	809	24,0	54	0,47	Presente invención

(Ejemplo 3)

5 Se calentaron desbastes con los componentes químicos descritos en la Tabla 10, se realizó la laminación en bruto, se realizó el descascarillado y, posteriormente, se realizó la laminación de acabado Las condiciones detalladas de la laminación de acabado se muestran en la Tabla 11 y las condiciones desde el calentamiento del desbaste hasta la laminación de acabado se muestran en la Tabla 12 Las condiciones de descascarillado después de la laminación en bruto eran las mismas que en el Ejemplo 1 (condiciones mostradas en la Tabla 2)

10 Después de la laminación de acabado, se realizó el decapado con ácido bajo las mismas condiciones que en el Ejemplo 1, y se confirmó si estaba presente o no la parte de difícil decapado con ácido Como consecuencia de ello, las partes de difícil decapado con ácido no se observaron en ninguna chapa de acero

Además, se realizó el proceso por conversión química bajo las mismas condiciones que en el Ejemplo 1 y se evaluó la capacidad de tratamiento por conversión química Como consecuencia de ello, todas las chapas de acero se evaluaron como “preferibles (buenas)”

15 De modo similar al Ejemplo 1, el valor máximo (% en masa) de la concentración de Al se midió usando un GDS en una zona desde una superficie de la chapa de acero hasta una profundidad (grosor) de 500 nm Además, se midieron la resistencia a la tracción, el alargamiento, la expansibilidad de agujeros y la relación del límite de fatiga

20 Los resultados obtenidos se muestran en la Tabla 13 En esta ocasión, σ_{B-L} y ϵ_{B-L} representan la resistencia a la tracción y el alargamiento, respectivamente, que se midieron de tal manera que una dirección paralela con la dirección de laminación se fijó como una dirección de tracción Además, σ_{B-C} y ϵ_{B-C} representan la resistencia a la tracción y el alargamiento, respectivamente, que se midieron de tal manera que una dirección ortogonal a la dirección de laminación se fijó como una dirección de tracción Como un índice de una anisotropía basándose en estos valores medidos, $\Delta\sigma_B = |\sigma_{B-L} - \sigma_{B-C}|$ y $\Delta\epsilon_B = |\epsilon_{B-L} - \epsilon_{B-C}|$ se muestran en la Tabla 11 Estos son valores obtenidos por el mismo ensayo de tracción que en el Ejemplo 1

25 Además, se midió una longitud media de los granos cristalinos de ferrita en la dirección de laminación en una zona desde la superficie de la chapa de acero hasta una profundidad (grosor) de 20 μm , y sus resultados se muestran en la Tabla 11

30 En los Números de muestra 2, 4, 6, 8, 11, 12 y 13, que se produjeron bajo condiciones en las que las temperaturas finales de la laminación en bruto estaban en un intervalo de 960°C o menos y las temperaturas de la laminación de acabado estaban en un intervalo de 900°C o menos, las anisotropías de las resistencias a la tracción estaban en un intervalo de 6 MPa o menos y las anisotropías de los alargamientos estaban en un intervalo del 2% o menos Como se ha descrito anteriormente, se encontró que la anisotropía de la resistencia a la tracción y la anisotropía del alargamiento eran pequeñas y las isotropías eran superiores Además, se encontró que las longitudes medias de los granos cristalinos de ferrita en la dirección de laminación estaban en un intervalo de 20 μm o menos en una zona desde la superficie hasta la profundidad (grosor) de 20 μm , y las resistencias al deterioro superficial durante la conformación eran superiores

35 Por otro lado, en los Números de muestra 1, 5 y 9, en los que las temperaturas finales de la laminación en bruto eran más de 960°C, las longitudes medias de los granos cristalinos de ferrita en la dirección de laminación fueron 30 μm o más en una zona desde la superficie hasta la profundidad (grosor) de 20 μm , y hubo un cierto miedo a que apareciera el deterioro superficial durante la conformación

ES 2 715 962 T3

Además, en los Números de muestra 3, 7, 9 y 10, en los que la temperatura de la laminación de acabado era más de 900°C, las anisotropías de las resistencias a la tracción fueron 20 MPa o más y las anisotropías de los alargamientos fueron el 3,3% o más. Como se ha descrito anteriormente, ya que la anisotropía de la resistencia a la tracción y la anisotropía del alargamiento son grandes, es evidente que se restringe mucho el grado de libertad al recoger una pieza elemental para su conformación

5

Tabla 10

Componentes químicos

Desbaste	Componentes (% en masa)						
	C	Si	Mn	P	S	Al	N
H	0,070	1,05	1,92	0,010	0,0014	0,36	0,0019
I	0,075	1,00	1,93	0,012	0,0021	0,42	0,0019
J	0,080	1,01	1,94	0,012	0,0015	0,49	0,0016

Tabla 11

10 Condiciones de la laminación de acabado

Símbolo	FT (°C)	CR1 (°C/s)	MT1 (°C)	CR2 (°C/s)	MT2 (°C)	CR3 (°C/s)	CT (°C)
a	907	72	630	8	598	71	65
b	898	60	680	7	645	65	40
c	875	55	625	8	594	60	60
d	845	50	645	7	614	70	55

Tabla 12

Nº	Desbaste	T1 (°C)	T2 (°C)	Temperatura de calentamiento del desbaste (°C)	Velocidad de laminación en bruto (%)	Temperatura final de la laminación en bruto (°C)	Condiciones de la laminación de acabado
1	H	1227	1082	1196	80	965	b
2				1195	80	955	b
3				1190	80	955	a
4				1195	80	955	b
5	I	1221	1076	1190	84	963	b
6				1170	84	958	b
7				1170	84	950	a
8				1150	84	930	c
9	J	1209	1064	1130	85	980	a
10				1130	84	950	a

Nº	Desbaste	T1 (°C)	T2 (°C)	Temperatura de calentamiento del desbaste (°C)	Velocidad de laminación en bruto (%)	Temperatura final de la laminación en bruto (°C)	Condiciones de la laminación de acabado
11				1130	84	945	c
12				1130	85	930	d
13				1130	85	915	d

Tabla 13

Nº	Desbaste	Conc. máxima de Al (% en masa)	σ_{B-L} (MPa)	σ_{B-C} (MPa)	$\Delta\sigma_B$ (MPa)	ϵ_{B-L} (%)	ϵ_{B-C} (%)	$\Delta\epsilon_B$ (%)	Expansibilidad de agujeros (%)	Relación del límite de fatiga	Longitud media de los granos cristalinos de ferrita en la dirección de laminación en la zona de la superficie de la chapa de acero al grosor de 20 μm (μm)
1	H	0,64	820	829	9	24,7	23,6	1,1	52	0,46	32
2		0,64	816	822	6	24,8	24,0	0,8	55	0,46	20
3		0,63	833	853	20	23,1	18,9	4,2	51	0,46	18
4		0,64	822	826	4	23,4	22,5	0,9	53	0,47	19
5	I	0,60	829	837	8	23,5	22,3	1,2	50	0,46	33
6		0,59	831	835	4	23,6	22,6	1,0	51	0,48	20
7		0,59	844	877	33	22,5	18,6	3,9	53	0,46	19
8		0,61	826	831	5	25,4	23,8	1,6	55	0,48	17
9	J	0,56	853	883	30	22,4	18,8	3,6	52	0,46	36
10		0,57	840	876	36	22,0	18,7	3,3	50	0,46	21
11		0,57	827	833	6	23,7	22,8	0,9	53	0,47	20
12		0,55	831	837	6	23,8	22,9	0,9	53	0,47	19
13		0,56	829	831	2	25,4	24,8	0,6	51	0,47	17

Aplicabilidad industrial

5 Según un aspecto de la presente invención, se puede proporcionar una chapa de acero laminada en caliente de alta resistencia, que es superior en una propiedad de decapado con ácido, una capacidad de tratamiento por conversión química, una propiedad de fatiga, una expansibilidad de agujeros y una resistencia al deterioro superficial durante la conformación, y que tiene una resistencia isotropa y una ductilidad isotropa. Particularmente, ya que la capacidad de tratamiento por conversión química es superior, puede formarse una capa de chapado o una película de revestimiento, que es superior en una propiedad de adherencia, sobre la superficie de la chapa de acero; y por ello, se puede conseguir una resistencia superior a la corrosión. Por lo tanto, se puede reducir el grosor de una chapa que se usa, a través de una reducción en la tolerancia de la corrosión, o similar; y por ello, la chapa de acero puede contribuir a una reducción de masa de un vehículo.

15 Además, ya que la expansibilidad de agujeros es superior, la restricción en un proceso de tratamiento es pequeña y el intervalo aplicable de la chapa de acero es amplio. Ya que las propiedades mecánicas de la chapa de acero son menos anisótropas y son isotropas, la recogida de una pieza elemental en el momento del tratamiento se puede realizar con una buena tasa de rendimiento. Como se ha descrito anteriormente, ya que la conformabilidad es superior, esta chapa de acero se puede tratar en componentes que tienen diversas formas, incluso aunque la chapa

de acero tenga una alta resistencia Además, ya que la propiedad de fatiga es también superior, la chapa de acero se puede aplicar a miembros tales como los componentes de la parte inferior de la carrocería, a los que se aplican repetidamente esfuerzos

5 Además, ya que se impide que los granos cristalinos en la capa superficial sean demasiado largos en la dirección de laminación, se puede suprimir la aparición del deterioro superficial después de la conformación Además, debido a la mejora en la propiedad de decapado con ácido, se puede obtener, sin deteriorar la productividad, una chapa de acero que tiene una superficie uniforme decapada con ácido

10 Por lo tanto, la chapa de acero laminada en caliente de alta resistencia, según un aspecto de la invención, es ampliamente aplicable a miembros para una máquina de transporte, tal como un automóvil; y por lo tanto, la chapa de acero puede contribuir a una reducción de masa de la máquina de transporte Como consecuencia, la chapa de acero puede ser una gran contribución a diversas industrias

REIVINDICACIONES

1. Una chapa de acero laminada en caliente de alta resistencia, que es superior en una propiedad de decapado con ácido, una capacidad de tratamiento por conversión química, una propiedad de fatiga, una expansibilidad de agujeros y una resistencia al deterioro superficial durante la conformación, y que tiene una resistencia isótropa y una ductilidad isótropa, consistiendo la chapa de acero en: desde el punto de vista del porcentaje en masa,
- 5 C: del 0,05 al 0,12%;
- Si: del 0,8 al 1,2%;
- Mn: del 1,6 al 2,2%;
- Al: del 0,30 al 0,6%;
- 10 P: el 0,05% o menos;
- S: el 0,005% o menos;
- N: el 0,01% o menos, y
- opcionalmente uno o más seleccionados a partir de un grupo que consiste en
- Cu: del 0,002 al 2,0%,
- 15 Ni: del 0,002 al 1,0%,
- Ti: del 0,001 al 0,5%,
- Nb: del 0,001 al 0,5%,
- Mo: del 0,002 al 1,0%,
- V: del 0,002 al 0,2%,
- 20 Cr: del 0,002 al 1,0%,
- Zr: del 0,002 al 0,2%,
- Ca: del 0,0005 al 0,0050%,
- REM: del 0,0005 al 0,0200%, y
- B: del 0,0002 al 0,0030%,
- 25 siendo el resto impurezas inevitables y Fe,
- en la que una microestructura comprende: el 60% en área o más de fases de ferrita; más del 10% en área de fases de martensita; de 0 a menos del 5% en área de fases de bainita; y de 0 a menos del 1% de fases de austenita residual,
- 30 la concentración máxima de Al detectada por un análisis espectroscópico de emisión de descarga luminiscente está comprendida en un intervalo del 0,75% en masa o menos en una zona desde una superficie de la chapa de acero hasta un grosor de 500 nm después de ser decapada con ácido,
- en la que una longitud media de los granos cristalinos de ferrita en una dirección de laminación está comprendida en un intervalo de 20 μm o menos en una zona desde la superficie de la chapa de acero hasta un grosor de 20 μm , y en la que una relación del límite de fatiga es 0,45 o más
- 35 2. La chapa de acero laminada en caliente de alta resistencia, que es superior en una propiedad de decapado con ácido, una capacidad de tratamiento por conversión química, una propiedad de fatiga, una expansibilidad de agujeros y una resistencia al deterioro superficial durante la conformación, y que tiene una resistencia isótropa y una ductilidad isótropa según la reivindicación 1,
- 40 en la que la chapa de acero comprende, desde el punto de vista del porcentaje en masa, uno o más seleccionados a partir de un grupo que consiste en
- Cu: del 0,002 al 2,0%,
- Ni: del 0,002 al 1,0%,

Ti: del 0,001 al 0,5%,

Nb: del 0,001 al 0,5%,

Mo: del 0,002 al 1,0%,

V: del 0,002 al 0,2%,

5 Cr: del 0,002 al 1,0%,

Zr: del 0,002 al 0,2%,

Ca: del 0,0005 al 0,0050%,

REM: del 0,0005 al 0,0200%, y

B: del 0,0002 al 0,0030%

10 3. Un método para producir una chapa de acero laminada en caliente de alta resistencia, que es superior en una propiedad de decapado con ácido, una capacidad de tratamiento por conversión química, una propiedad de fatiga, una expansibilidad de agujeros y una resistencia al deterioro superficial durante la conformación, y que tiene una resistencia isótropa y una ductilidad isótropa según la reivindicación 1, comprendiendo el método:

15 un proceso para calentar un desbaste a una temperatura de calentamiento en un intervalo de T1 o menos y someter el desbaste a laminación en bruto bajo condiciones en las que una velocidad de reducción de la laminación está comprendida en un intervalo del 80% o más y una temperatura final está comprendida en un intervalo de T2 o menos para producir un material laminado en bruto;

20 un proceso para someter el material laminado en bruto a descascarillado y laminado posterior de acabado bajo una condición en la que se fija una temperatura de acabado para que esté en un intervalo de 700 a 950°C a fin de producir una chapa laminada;

25 un proceso para enfriar la chapa laminada hasta una temperatura en un intervalo de 550 a 750°C a una velocidad de enfriamiento media de 5 a 90°C/s, enfriar más la chapa laminada hasta una temperatura en un intervalo de 450 a 700°C a una velocidad de enfriamiento media de 15°C/s o menos y enfriar más la chapa laminada hasta una temperatura en un intervalo de 250°C o menos a una velocidad de enfriamiento media de 30°C/s o más, hasta 100°C/s, para producir una chapa de acero laminada en caliente; y

un proceso para bobinar la chapa de acero laminada en caliente,

en el que

$$T1 = 1215 + 35x[Si] - 70x[Al],$$

$$T2 = 1070 + 35x[Si] - 70x[Al],$$

30 y [Si] y [Al] representan el contenido de Si (% en masa) en el desbaste y el contenido de Al (% en masa) en el desbaste, respectivamente

35 4. El método para producir una chapa de acero laminada en caliente de alta resistencia, que es superior en una propiedad de decapado con ácido, una capacidad de tratamiento por conversión química, una propiedad de fatiga, una expansibilidad de agujeros y una resistencia al deterioro superficial durante la conformación, y que tiene una resistencia isótropa y una ductilidad isótropa según la reivindicación 3,

en el que en el proceso de someter el desbaste a la laminación en bruto, la temperatura de calentamiento del desbaste se fija para que esté en un intervalo menor que 1200°C, y la temperatura final de la laminación en bruto se fija para que esté en un intervalo de 960°C o menos, y

40 en el proceso de someter el material laminado en bruto a la laminación de acabado, la temperatura de acabado se fija para que esté en un intervalo de 700 a 900°C.

