

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 822 273**

51 Int. Cl.:

C22C 38/00	(2006.01)	C22C 38/52	(2006.01)
C22C 38/02	(2006.01)	C22C 38/54	(2006.01)
C22C 38/04	(2006.01)	C21D 9/46	(2006.01)
C22C 38/06	(2006.01)	C21D 8/02	(2006.01)
C22C 38/18	(2006.01)		
C22C 38/42	(2006.01)		
C22C 38/44	(2006.01)		
C22C 38/46	(2006.01)		
C22C 38/48	(2006.01)		
C22C 38/50	(2006.01)		

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **02.07.2015 PCT/JP2015/003344**
- 87 Fecha y número de publicación internacional: **10.03.2016 WO16035236**
- 96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **02.07.2015 E 15837725 (9)**
- 97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **02.09.2020 EP 3159423**

54 Título: **Chapa de acero inoxidable ferrítico laminada en frío**

30 Prioridad:

05.09.2014 JP 2014181023

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
30.04.2021

73 Titular/es:

**JFE STEEL CORPORATION (100.0%)
2-3, Uchisaiwai-cho 2-chome, Chiyoda-ku
Tokyo, 100-0011 , JP**

72 Inventor/es:

**TA, AYAKO;
MATSUBARA, YUKIHIRO;
KIMURA, YUKIO;
NAKAZONO, KEISUKE y
YOSHINO, MASATAKA**

74 Agente/Representante:

BERTRÁN VALLS, Silvia

ES 2 822 273 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín Europeo de Patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre Concesión de Patentes Europeas).

DESCRIPCIÓN

Chapa de acero inoxidable ferrítico laminada en frío

5 **Campo técnico**

La presente invención se refiere a una chapa de acero inoxidable ferrítico laminada en frío que tiene buena conformabilidad (alargamiento y valor de r) y que es excelente en cuanto a la calidad de aspecto de superficie (resistencia al estriado, brillo de superficie, resistencia a la formación de crestas y resistencia a la rugosificación de superficie).

Técnica anterior

Una chapa de acero inoxidable ferrítico laminada en frío, que es económica y excelente en cuanto a la resistencia a la corrosión, se usa en diversas aplicaciones tales como materiales de construcción, instrumentos de transporte, electrodomésticos, equipos de cocina, plantas químicas, depósitos de almacenamiento de agua y piezas para automóviles, y el alcance de su aplicación se ha ido expandiendo en los últimos años. Con el fin de usarse en estas aplicaciones, se requiere que una chapa de acero laminada en frío de este tipo tenga no sólo una resistencia a la corrosión suficiente sino también una conformabilidad suficiente (tal como alargamiento y valor de Lankford promedio (también denominado a continuación en el presente documento "valor de r promedio")) que permita conformar el acero para dar una forma deseada, y se requiere que sea excelente en cuanto a la calidad de aspecto de superficie antes y después de un procedimiento de mecanizado de conformación.

Convencionalmente, se sabe que se generan irregularidades denominadas "crestas", que tienen una forma cóncavo-convexa paralela a la dirección de laminación, e irregularidades denominadas "rugosificación de superficie (piel de naranja)", que se provoca por ondulación de granos de cristal, en una chapa de acero inoxidable ferrítico laminada en frío en un procedimiento de mecanizado de conformación. Dado que tales clases de irregularidades deterioran la calidad de aspecto de superficie, tales clases de irregularidades se eliminan en un procedimiento de pulido posterior y, por tanto, es preferible que la cantidad de tales clases de irregularidades generadas sea lo más pequeña posible para reducir la carga de pulido.

Además, dado que en muchos casos se usa una chapa de acero inoxidable, que es excelente en cuanto a la resistencia a la corrosión, sin someterse a recubrimiento o pintado, su propio aspecto también es importante. Específicamente, dado que el aspecto de superficie visual tal como brillo de superficie y la claridad de una imagen reflejada influyen en la intención de compra, importante mejorar el aspecto de superficie visual. Se sabe que el aspecto de superficie visual de un producto depende de la suavidad de una superficie y la existencia de defectos de superficie. Dado que ondas denominadas "estriado", que son paralelas a la dirección de laminación, deterioran la claridad de una imagen reflejada, y dado que defectos de superficie inducidos por laminación tipificados, por ejemplo, por un defecto de mella denominado "picado de aceite", que se produce en la superficie de chapa durante la laminación en frío por lubricante que se atrae al contacto de banda-cilindro, y defectos generados por la transferencia de las marcas de pulido de cilindros de mecanizado provocan un aspecto de superficie blanco y turbio, hay una reducción del valor comercial. Por tanto, se requiere lograr una superficie suave de modo que la superficie se vuelva lo más parecida posible a una superficie de espejo inhibiendo que se produzcan las ondas y los defectos de superficie.

En respuesta a tales requisitos, el documento de patente 1 divulga un método para fabricar una chapa de acero inoxidable laminada en frío, incluyendo el método calentar un desbaste de acero que tiene una composición química que contiene, en % en masa, C: del 0,01% al 0,03%, Si: del 0,02% al 0,030%, Mn del 0,45% al 1,0%, P: el 0,05% o menos, S: el 0,01% o menos, Al: del 0,01% al 0,20%, N: del 0,01% al 0,06%, Cr: del 16,0% al 18,0%, y siendo el resto Fe e impurezas inevitables, hasta una temperatura superior a 1050°C, realizar laminación en caliente en el desbaste de acero calentado con una temperatura de suministro de acabado de 800°C a 1000°C, realizar decapado, después realizar laminación en frío, mantener la chapa de acero laminada en frío a una temperatura de 800°C a 950°C durante 20 segundos, y después enfriar la chapa de acero mantenida a una tasa de enfriamiento de 10°C/s o más. El documento de patente 1 menciona que, con esto, es posible obtener una chapa de acero inoxidable ferrítico laminada en frío que tiene una estructura metalográfica, en la que la proporción de una fase de ferrita con respecto a la estructura metalográfica completa es del 80% al 97% en cuanto a la razón en área, y en la que el diámetro de grano promedio de una fase de ferrita es de 5 µm a 20 µm, y un buen equilibrio de resistencia mecánica-alargamiento correspondiente a TS x EI de 15000 MPa·% o más, y que es capaz de reducir la cantidad de crestas generadas en un procedimiento de conformación. Es decir, en la técnica según el documento de patente 1, se omite el recocado durante mucho tiempo realizado en una chapa de acero laminada en caliente y se especifican las condiciones de recocado y enfriamiento de chapa laminada en frío. Sin embargo, en el caso de la técnica divulgada en el documento de patente 1, dado que se omite el recocado de chapa laminada en caliente durante mucho tiempo, se realiza una laminación en frío en una chapa de acero laminada en caliente endurecida, lo cual da como resultado un deterioro significativo de la capacidad de fabricación en un procedimiento de laminación en frío.

Además, el documento de patente 2 divulga una técnica para aumentar la resistencia a la formación de crestas en la que la composición química contiene, en % en masa, C: el 0,02% o menos, Si: el 0,70% o menos, Mn: el 0,50% o

menos, P: el 0,04% o menos, S: el 0,01% o menos, Al: del 0,01% al 0,15%, N: el 0,02% o menos, Cr: del 16% al 23%, Ni: el 0,50% o menos, Ti: el 0,10% o menos, Nb: el 0,01% o menos, y Zr: del 0,20% al 0,80%, y en la que el efecto de impedir que aumente un diámetro de grano como resultado de fijación de Zr a C y N en forma de precipitados se usa con el fin de controlar el diámetro de grano promedio de granos de ferrita después de un procedimiento de recocido de acabado para que sea de 15 μm o menos. Sin embargo, aunque el diámetro de grano se controla satisfactoriamente para que sea de 15 μm o menos mediante el efecto de Zr, dado que está contenida una determinada cantidad de Zr, hay un problema de un aumento del coste de fabricación y hay un problema de un deterioro significativo de la conformabilidad, en particular, alargamiento de rotura debido a un aumento significativo de la resistencia al estiramiento mediante el efecto de fijación de carbonitruros basados en Zr, dado que la precipitación de carbonitruros basados en Zr se usa para inhibir un aumento del diámetro de grano.

Además, el documento de patente 3 divulga una técnica en la que se mejora el brillo reduciendo la cantidad de aceite que se atrae al contacto de banda-cilindro con el fin de inhibir que se produzcan picados de aceite y, al mismo tiempo, suprimiendo la transferencia de patrones cóncavo-convexos sobre las superficies de cilindros como resultado de usar cilindros de mecanizado duros de baja rugosidad de superficie en un procedimiento de laminación en frío. Sin embargo, aunque hay un determinado efecto de eliminar defectos de superficie inducidos por laminación, no es posible resolver un problema de defectos de superficie debidos a una materia prima tales como estriado, formación de crestas y rugosificación de superficie, y hay un aumento en los costes operativos de laminación debido a un aumento de la carga de pulido.

Lista de referencias

Bibliografía de patentes

PTL 1: publicación de solicitud de patente japonesa sin examinar n.º 2010-95742

PTL 2: publicación de solicitud de patente japonesa sin examinar n.º 2011-256440

PTL 3: publicación de solicitud de patente japonesa sin examinar n.º 2000-102802

El documento US 2002/074067 A1 divulga una chapa de acero inoxidable ferrítico laminada en frío, excelente en cuanto a la ductilidad, conformabilidad y propiedad anti-crestas.

Sumario de la invención

Problema técnico

Un objetivo de la presente invención es, resolviendo los problemas descritos anteriormente, proporcionar una chapa de acero inoxidable ferrítico laminada en frío excelente en cuanto a la calidad de aspecto de superficie antes y después de un procedimiento de conformación y que tenga una conformabilidad suficiente.

En este caso, en la presente invención, el término “excelente en cuanto a la calidad de aspecto de superficie antes y después de un procedimiento de conformación” se refiere a un caso excelente en cuanto al brillo de superficie y la resistencia al estriado antes de un procedimiento de mecanizado de conformación y en cuanto a la resistencia a la formación de crestas y la resistencia a la rugosificación de superficie después de un procedimiento de mecanizado de conformación.

El término “excelente en cuanto al brillo de superficie antes de un procedimiento de mecanizado de conformación” se refiere a un caso en el que, cuando se determina el brillo de una probeta tomada de la parte central en la dirección de anchura de una chapa de acero en dos puntos cada uno en direcciones que forman ángulos de 0° y 90° con respecto a la dirección de laminación usando la energía reflejada (Gs20°) de una luz que tiene un ángulo de incidencia de 20° según las recomendaciones en la norma JIS Z 8741, el valor promedio de los valores determinados es de 950 o más.

El término “excelente en cuanto a la resistencia al estriado” se refiere a un caso en el que, cuando se determina la rugosidad de superficie en una dirección que forma un ángulo de 90° con respecto a la dirección de laminación según la norma JIS B 0601-2001, Rz es de 0,2 μm o menos.

El término “excelente en cuanto a la resistencia a la formación de crestas” se refiere a un caso en el que, después de tomar una probeta de tracción según la norma JIS n.º 5 de la parte central en la dirección de anchura de una chapa de acero de modo que la dirección de tracción forma un ángulo de 0° con respecto a la dirección de laminación, después pulir un lado de la probeta hasta un acabado n.º 600 y después proporcionar una deformación previa del 20% a la probeta realizando un ensayo de tracción uniaxial según la norma JIS Z 2241, cuando se determina la altura de ondas en la superficie pulida en el centro de la parte paralela de la probeta según la norma JIS B 0601-2001, las ondas grandes (altura de crestas) tienen 2,5 μm o menos.

El término “excelente en cuanto a la resistencia a la rugosificación de superficie” se refiere a un caso en el que, cuando

se determina la rugosidad de superficie en la superficie pulida en el centro de la parte paralela de la probeta usada para determinar la resistencia a la formación de crestas según la norma JIS B 0601-2001, Ra es de menos de 0,2 μm .

Además, el término "conformabilidad suficiente" se refiere a un caso de alargamiento suficiente y un valor de r promedio suficiente. Se realiza un ensayo de tracción en probetas según la norma JIS n.º 13B que tienen respectivamente direcciones de tracción que forman ángulos de 0°, 45° y 90° con respecto a la dirección de laminación según la norma JIS Z 2241. El término "conformabilidad suficiente" se refiere a un caso en el que un valor de r promedio, que se deriva usando la ecuación (1) a partir de valores de r obtenidos cuando se proporciona una deformación previa del 15%, es de 0,65 o más y en el que, cuando se realiza un ensayo de tracción habitual, el alargamiento de rotura en una dirección que forma un ángulo de 90° con respecto a la dirección de laminación es del 25% o más.

$$r_{\text{prom}} = (r_0 + r_{90} + 2 \times r_{45})/4 \dots (1)$$

En este caso, " r_{prom} " designa un valor de r promedio, " r_0 " designa un valor de r en una dirección paralela a la dirección de laminación, " r_{90} " designa un valor de r en una dirección que forma un ángulo recto con respecto a la dirección de laminación, y " r_{45} " designa un valor de r en una dirección que forma un ángulo de 45° con respecto a la dirección de laminación.

Solución al problema

A partir de los resultados de investigaciones llevadas a cabo para resolver los problemas, se encontró lo siguiente.

Controlando el diámetro de grano de una fase de ferrita después de un procedimiento de recocido de chapa laminada en frío para que esté dentro de un intervalo de diámetro de grano pequeño correspondiente a un diámetro de grano promedio de 10 μm o menos, es posible prevenir la formación de crestas, estriado y rugosificación de superficie, que se provocan por anisotropía en la capacidad de deformación de una materia prima tal como irregularidades debidas a colonias o granos de cristal. Con el fin de controlar el diámetro de grano promedio de una fase de ferrita después de un procedimiento de recocido de chapa laminada en frío para que sea de 10 μm o menos, es necesario aumentar el número de sitios de recristalización en un procedimiento de recocido de chapa laminada en frío generando una gran cantidad de dislocaciones antes de un procedimiento de recocido de chapa laminada en frío. Es decir, en la presente invención, en vez de usar carbonitruros de Zr que se divulgan en el documento de patente 1, generando una gran cantidad de dislocaciones mediante el uso de mecanizado de laminación o una fase de martensita descrita a continuación, se controla satisfactoriamente el diámetro de grano promedio de una fase de ferrita después de un procedimiento de recocido de chapa laminada en frío para que sea de 10 μm o menos. Aunque hay un aumento de la dureza de metal debido a un aumento de la cantidad de dislocaciones, en la presente invención, usando una estructura metalográfica dura de este tipo con el fin de reducir la capacidad de deformación de la superficie antes de un procedimiento de recocido de chapa laminada en frío, es posible lograr una superficie de alto brillo con menos defectos inducidos por laminación.

Además, dado que el diámetro de grano promedio y la distribución de diámetro de grano se controlan de manera apropiada mezclando granos de ferrita finos que tienen un diámetro de varios μm en una estructura metalográfica que consiste principalmente en granos de ferrita, cuya recristalización y crecimiento de grano han avanzado, también es posible lograr una conformabilidad suficiente tal como alargamiento y un valor de r promedio.

La presente invención se ha completado basándose en los hallazgos descritos anteriormente y el objeto de la presente invención se define en las reivindicaciones.

En este caso, en la presente descripción, el % usado cuando se describe la composición química de acero se referirá siempre al % en masa.

Efectos ventajosos de la invención

Según la presente invención, es posible obtener una chapa de acero inoxidable ferrítico laminada en frío excelente en cuanto a la calidad de aspecto de superficie estético antes y después de un procedimiento de conformación y que tiene una conformabilidad suficiente.

Descripción de realizaciones

A continuación en el presente documento se describirá en detalle la presente invención.

La chapa de acero inoxidable ferrítico laminada en frío según la presente invención tiene una composición química que contiene, en % en masa, C: el 0,005% o más y el 0,05% o menos, Si: el 0,02% o más y el 0,75% o menos, Mn: el 0,1% o más y el 1,0% o menos, P: el 0,04% o menos, S: el 0,01% o menos, Al: el 0,001% o más y el 0,10% o menos, N: el 0,005% o más y el 0,06% o menos, Cr: el 16,0% o más y el 18,0% o menos, y siendo el resto Fe e impurezas inevitables. La estructura metalográfica incluye una fase de ferrita, en la que el diámetro de grano promedio de una

fase de ferrita es de 10 μm o menos, en la que la proporción de granos de ferrita que tienen un diámetro de grano de 10 μm o más y menos de 40 μm con respecto a la estructura metalográfica completa es del 60% o más en cuanto a la razón en área, y en la que la proporción de granos de ferrita que tienen un diámetro de grano de menos de 5 μm con respecto a la estructura metalográfica completa es de menos del 20% en cuanto a la razón en área. Estas condiciones son requisitos importantes de la presente invención y especificar el diámetro de grano de una fase de ferrita y las cantidades de los granos es un requisito particularmente importante. Usando una chapa de acero inoxidable laminada en frío de este tipo, es posible obtener una chapa de acero inoxidable ferrítico laminada en frío que tiene conformabilidad suficiente y excelente en cuanto al brillo de superficie, la resistencia al estriado, la resistencia a la formación de crestas y la resistencia a la rugosificación de superficie, es decir, excelente en cuanto a la calidad de aspecto de superficie antes y después de un procedimiento de conformación.

En este caso, el término "el diámetro de grano de una fase de ferrita" en la presente invención se refiere a un valor calculado para que sea igual a (distancia entre límites de grano en una dirección paralela a la dirección de laminación + distancia entre límites de grano en la dirección de grosor)/2 para granos de ferrita en una estructura metalográfica expuesta en una sección transversal paralela a la dirección de laminación.

A continuación en el presente documento, se describirá la composición química de la chapa de acero inoxidable ferrítico laminada en frío según la presente invención.

A continuación en el presente documento, % se refiere a % en masa, a menos que se indique lo contrario.

C: el 0,005% o más y el 0,05% o menos

C es eficaz para fomentar la formación de una fase de austenita y expandir un intervalo de temperatura de fase doble en el que se forman una fase de ferrita y una fase de austenita en un procedimiento de recocido de chapa laminada en caliente. Con el fin de obtener tal efecto, es necesario que el contenido de C sea del 0,005% o más. Además, en el caso en el que el contenido de C es de menos del 0,005%, dado que se fomentan excesivamente el progreso de recristalización y crecimiento de grano debido a una disminución de la cantidad de un soluto sólido de C y/o una disminución de la cantidad de carburos precipitados, hay un aumento en el diámetro de grano promedio de ferrita, lo cual hace que sea imposible satisfacer la condición de la presente invención de que el diámetro de grano promedio de ferrita es de 10 μm o menos. Sin embargo, en el caso en el que el contenido de C es de más del 0,05%, hay un deterioro de la ductilidad debido a un aumento de la dureza de una chapa de acero. Además, en el caso en el que el contenido de C es de más del 0,05%, dado que hay un aumento de la cantidad de martensita formada en un procedimiento de recocido de chapa laminada en caliente, hay un deterioro de la capacidad de fabricación debido a un aumento de la carga de laminación en un procedimiento de laminación en frío. Además, dado que hay un aumento de la cantidad de una fase de ferrita fina formada mediante la descomposición de martensita en un procedimiento de recocido de chapa laminada en frío debido a un aumento de la cantidad de martensita que existe antes de un procedimiento de recocido de chapa laminada en frío, hay una disminución de la razón en área de granos de ferrita que tienen un diámetro de grano de 10 μm o más y menos de 40 μm debido a un aumento de la razón en área de granos de ferrita que tienen un diámetro de grano de menos de 5 μm lo cual se especifica en la presente invención, lo cual hace que sea imposible lograr las propiedades de material deseadas. Por tanto, el contenido de C se establece para que sea del 0,005% o más y el 0,05% o menos, preferiblemente el 0,01% o más y el 0,03% o menos, o más preferiblemente el 0,015% o más y el 0,02% o menos. El término "contenido de C" se refiere a la cantidad de C contenida, y lo mismo se aplica para otros elementos químicos constituyentes.

Si: el 0,02% o más y el 0,75% o menos

Si es un elemento químico que funciona como agente desoxidante en el procedimiento de preparar acero fundido. Con el fin de obtener tal efecto, es necesario que el contenido de Si sea del 0,02% o más. Sin embargo, en el caso en el que el contenido de Si es de más del 0,75%, dado que hay un aumento de la dureza de una chapa de acero, hay un aumento de la carga de laminación en un procedimiento de laminación en caliente, y hay un deterioro de la ductilidad después de un procedimiento de recocido de chapa laminada en frío. Por tanto, el contenido de Si se establece para que sea del 0,02% o más y el 0,75% o menos, preferiblemente el 0,10% o más y el 0,50% o menos, o más preferiblemente el 0,15% o más y el 0,35% o menos.

Mn: el 0,1% o más y el 1,0% o menos

Al igual que C, Mn es eficaz para expandir un intervalo de temperatura de fase doble en el que se forman una fase de ferrita y una fase de austenita en un procedimiento de recocido de chapa laminada en caliente como resultado de fomentar la formación de una fase de austenita.

Con el fin de obtener tal efecto, es necesario que el contenido de Mn sea del 0,1% o más. Sin embargo, en el caso en el que el contenido de Mn es de más del 1,0%, hay un deterioro de la resistencia a la corrosión debido a un aumento de la cantidad de MnS formada. Por tanto, el contenido de Mn se establece para que sea del 0,1% o más y el 1,0% o menos, preferiblemente el 0,55% o más y el 0,90% o menos, o más preferiblemente el 0,65% o más y el 0,85% o

menos.

P: el 0,04% o menos

5 Dado que P es un elemento químico que fomenta la fractura intergranular debido a segregación intergranular, es preferible que el contenido de P sea lo más pequeño posible, y el límite superior del contenido de P se establece para que sea del 0,04%, o preferiblemente el 0,03% o menos.

S: el 0,01% o menos

10 S es un elemento químico que deteriora, por ejemplo, la ductilidad y la resistencia a la corrosión como resultado de existir en forma de inclusiones basadas en sulfuro tales como MnS, y tales efectos perjudiciales se vuelven marcados, en particular, en el caso en el que el contenido de S es de más del 0,01%. Por tanto, es deseable que el contenido de S sea lo más pequeño posible, y el límite superior del contenido de S se establece para que sea del 0,01%, preferiblemente el 0,007% o menos, o más preferiblemente el 0,005% o menos, en la presente invención.

Al: el 0,001% o más y el 0,10% o menos

20 Al igual que Si, Al es un elemento químico que funciona como agente desoxidante. Con el fin de obtener tal efecto, es necesario que el contenido de Al sea del 0,001% o más. Sin embargo, en el caso en el que el contenido de Al es de más del 0,10%, dado que hay un aumento de la cantidad de inclusiones basadas en Al tales como Al_2O_3 , hay una tendencia a que se deteriore la calidad de superficie. Por tanto, el contenido de Al se establece para que sea del 0,001% o más y el 0,10% o menos, preferiblemente el 0,001% o más y el 0,07% o menos, o más preferiblemente el 0,001% o más y el 0,01% o menos.

25 N: el 0,005% o más y el 0,06% o menos

30 Al igual que C y Mn, N es eficaz para expandir un intervalo de temperatura de fase doble en el que se forman una fase de ferrita y una fase de austenita en un procedimiento de recocido de chapa laminada en caliente como resultado de fomentar la formación de una fase de austenita. Con el fin de obtener tal efecto, es necesario que el contenido de N sea del 0,005% o más. Sin embargo, en el caso en el que el contenido de N es de más del 0,06%, hay un deterioro significativo de la ductilidad, y hay un deterioro de la resistencia a la corrosión como resultado de fomentar la precipitación de nitruros de Cr. Por tanto, el contenido de N se establece para que sea del 0,005% o más y el 0,06% o menos, preferiblemente el 0,01% o más y el 0,03% o menos, o más preferiblemente el 0,01% o más y el 0,02% o menos.

35 Cr: el 16,0% o más y el 18,0% o menos

40 Cr es un elemento químico que es eficaz para mejorar la resistencia a la corrosión formando una película de pasivación sobre la superficie de una chapa de acero. Con el fin de obtener tal efecto, es necesario que el contenido de Cr sea del 16,0% o más. Además, en el caso en el que el contenido de Cr es de menos del 16,0%, dado que se fomentan excesivamente la recristalización y el crecimiento de grano, hay un aumento del diámetro de grano promedio de ferrita, lo cual hace que sea imposible satisfacer la condición de la presente invención de que el diámetro de grano promedio de ferrita es de 10 μm o menos. Por otro lado, en el caso en el que el contenido de Cr es de más del 18,0%, dado que hay una cantidad insuficiente de granos de ferrita finos formados por descomposición mediante transformación de martensita en un procedimiento de recocido de chapa laminada en frío debido a una cantidad insuficiente de una fase de austenita (que se transforma en una fase de martensita en el procedimiento de enfriamiento de un procedimiento de recocido de chapa laminada en caliente) formada en un procedimiento de recocido de chapa laminada en caliente, hay una disminución de la razón en área de granos de ferrita que tienen un diámetro de grano promedio de 10 μm o más y menos de 40 μm que se especifica en la presente invención, lo cual hace que sea imposible lograr las propiedades de material deseadas. Por tanto, el contenido de Cr se establece para que sea del 18,0% o menos, preferiblemente el 16,0% o más y el 17,5% o menos, o más preferiblemente el 16,5% o más y el 17,0% o menos.

55 El resto es Fe e impurezas inevitables.

Con la composición química descrita anteriormente, se obtienen los efectos de la presente invención. Además, los siguientes elementos químicos pueden estar contenidos con el fin de mejorar la capacidad de fabricación o propiedades de material.

60 Uno, dos o más seleccionados de Cu: el 0,1% o más y el 1,0% o menos, Ni: el 0,1% o más y el 1,0% o menos, Mo: el 0,1% o más y el 0,5% o menos, y Co: el 0,01% o más y el 0,3% o menos

65 Cu y Ni son ambos elementos químicos que aumentan la resistencia a la corrosión, y contener Cu y/o Ni es eficaz, en particular, en el caso en el que se requiere una alta resistencia a la corrosión. Además, Cu y Ni son eficaces para expandir un intervalo de temperatura de fase doble en el que se forman una fase de ferrita y una fase de austenita en un procedimiento de recocido de chapa laminada en caliente como resultado de fomentar la formación de una fase de

5 austenita. Tales efectos se vuelven marcados en el caso en el que el contenido de cada uno de estos elementos químicos es del 0,1% o más. Sin embargo, no es preferible que el contenido de Cu sea de más del 1,0%, porque puede haber un deterioro en la maquinabilidad en caliente. Por tanto, en el caso en el que está contenido Cu, el contenido de Cu se establece para que sea del 0,1% o más y el 1,0% o menos, preferiblemente el 0,1% o más y el 0,6% o menos, o más preferiblemente el 0,3% o más y el 0,5% o menos. No es preferible que el contenido de Ni sea de más del 1,0%, porque puede haber un deterioro de la maquinabilidad. Por tanto, en el caso en el que está contenido Ni, el contenido de Ni se establece para que sea del 0,1% o más y el 1,0% o menos, preferiblemente el 0,1% o más y el 0,6% o menos, o más preferiblemente el 0,1% o más y el 0,3% o menos.

10 Mo es un elemento químico que mejora la resistencia a la corrosión, y contener Mo es eficaz, en particular, en el caso en el que se requiere una alta resistencia a la corrosión. Tal efecto se vuelve marcado en el caso en el que el contenido de Mo es del 0,1% o más. Sin embargo, no es preferible que el contenido de Mo sea de más del 0,5%, porque, dado que hay una cantidad insuficiente de fase de austenita formada en un procedimiento de recocido de chapa laminada en caliente, hay un caso en el que no es posible lograr las propiedades de material especificadas. Por tanto, en el caso en el que está contenido Mo, el contenido de Mo se establece para que sea del 0,1% o más y el 0,5% o menos, o preferiblemente el 0,2% o más y el 0,4% o menos.

20 Co es un elemento químico que mejora la tenacidad. Tal efecto se obtiene en el caso en el que el contenido de Co es del 0,01% o más. Por otro lado, en el caso en el que el contenido de Co es de más del 0,3%, puede haber un deterioro de la capacidad de fabricación. Por tanto, en el caso en el que está contenido Co, el contenido de Co se establece para que sea del 0,01% o más y el 0,3% o menos.

25 Uno, dos o más seleccionados de V: el 0,01% o más y el 0,25% o menos, Ti: el 0,001% o más y el 0,015% o menos, Nb: el 0,001% o más y el 0,030% o menos, Mg: el 0,0002% o más y el 0,0050% o menos, B: el 0,0002% o más y el 0,0050% o menos, y REM: el 0,01% o más y el 0,10% o menos

V: el 0,01% o más y el 0,25% o menos

30 V disminuye las cantidades de un soluto sólido de C y un soluto sólido de N fijando C y N en acero en forma de precipitados. Con esto, dado que hay un aumento del valor de r promedio, hay un aumento de la conformabilidad. Además, V es eficaz para disminuir el grado de distribución de dureza no homogénea de un material, porque impide el endurecimiento excesivo de martensita al inhibir que C se concentre excesivamente en martensita formada en un procedimiento de recocido de chapa laminada en caliente.

35 Con el fin de obtener tales efectos, el contenido de V se establece para que sea del 0,01% o más. Por otro lado, en el caso en el que el contenido de V es de más del 0,25%, hay un deterioro de la conformabilidad, y puede haber un aumento de los costes de fabricación. Por tanto, en el caso en el que está contenido V, el contenido de V se establece para que sea del 0,01% o más y el 0,25% o menos, preferiblemente el 0,02% o más y el 0,15% o menos, o más preferiblemente el 0,03% o más y el 0,10% o menos.

40 Ti: el 0,001% o más y el 0,015% o menos y Nb: el 0,001% o más y el 0,030% o menos

45 Ti y Nb, que, al igual que V, son elementos químicos que tienen una alta afinidad por C y N, son eficaces para mejorar la maquinabilidad después de un procedimiento de recocido de acabado disminuyendo las cantidades de un soluto sólido de C y un soluto sólido de N en una fase original como resultado de precipitarse en forma de carburos y nitruros en un procedimiento de laminación en caliente. Con el fin de obtener tal efecto, es necesario que el contenido de Ti sea del 0,001% o más o que el contenido de Nb sea del 0,001% o más. En el caso en el que el contenido de Ti es de más del 0,015% o en el que el contenido de Nb es de más del 0,030%, hay un caso en el que no es posible lograr una buena calidad de superficie debido a una cantidad excesiva de TiN o NbC que precipitan. Por tanto, en el caso en el que está contenido Ti, el contenido de Ti se establece para que sea del 0,001% o más y el 0,015% o menos, y en el caso en el que está contenido Nb, el contenido de Nb se establece para que sea del 0,001% o más y el 0,030% o menos. El contenido de Ti es preferiblemente del 0,003% o más y el 0,010% o menos. El contenido de Nb es preferiblemente del 0,005% o más y el 0,020% o menos, o más preferiblemente el 0,010% o más y el 0,015% o menos.

55 Mg: el 0,0002% o más y el 0,0050% o menos

60 Mg es un elemento químico que tiene el efecto de mejorar la maquinabilidad en caliente. Con el fin de obtener tal efecto, es necesario que el contenido de Mg sea del 0,0002% o más. Sin embargo, en el caso en el que el contenido de Mg es de más del 0,0050%, puede haber un deterioro de la calidad de superficie. Por tanto, en el caso en el que se añade Mg, el contenido de Mg se establece para que sea del 0,0002% o más y el 0,0050% o menos, preferiblemente el 0,0005% o más y el 0,0030% o menos, o más preferiblemente el 0,0005% o más y el 0,0010% o menos.

B: el 0,0002% o más y el 0,0050% o menos.

65 B es un elemento químico que es eficaz para prevenir la fragilidad de mecanizado en frío secundario. Con el fin de obtener tal efecto, es necesario que el contenido de B sea del 0,0002% o más. Sin embargo, en el caso en el que el

contenido de B es de más del 0,0050%, puede haber un deterioro de la maquinabilidad en caliente. Por tanto, en el caso en el que está contenido B, el contenido de B se establece para que sea del 0,0002% o más y el 0,0050% o menos, preferiblemente el 0,0005% o más y el 0,0030% o menos, o más preferiblemente el 0,0005% o más y el 0,0010% o menos.

5

REM: el 0,01% o más y el 0,10% o menos

REM es un elemento químico que mejora la resistencia a la oxidación y que, en particular, mejora la resistencia a la corrosión de una zona soldada inhibiendo la formación de una película de óxido en la zona soldada. Con el fin de obtener tales efectos, es necesario que el contenido de REM sea del 0,01% o más. Sin embargo, en el caso en el que el contenido de REM es de más del 0,10%, puede haber un deterioro de la capacidad de fabricación, por ejemplo, una disminución de la capacidad de desincrustación contra incrustaciones generadas en un procedimiento de recocido de chapa laminada en frío. Además, dado que REM es un elemento químico caro, no es preferible que el contenido de REM sea excesivamente grande, porque hay un aumento de los costes de fabricación. Por tanto, en el caso en el que está contenido REM, el contenido de REM se establece para que sea del 0,01% o más y el 0,10% o menos.

10

15

A continuación en el presente documento, se describirá la estructura metalográfica de la chapa de acero inoxidable ferrítico laminada en frío según la presente invención.

20

La estructura metalográfica de la chapa de acero inoxidable ferrítico laminada en frío debe incluir una única fase de ferrita. Además, el diámetro de grano promedio de la fase de ferrita se establece para que sea de 10 μm o menos. Formando una estructura metalográfica de este tipo, es posible reducir el grado de rugosificación de superficie inducido por irregularidades provocadas por granos de cristal que tienen un gran diámetro de grano. Con el fin de formar una microestructura de este tipo, es necesario formar una microestructura en la que hay una gran cantidad de defectos de red cristalina, que tienen una función de sitios de recristalización, antes de un procedimiento de recocido de chapa laminada en frío, es decir, una microestructura en la que hay una gran cantidad de dislocaciones y en la que la diferencia en la orientación de cristal entre granos de cristal adyacentes entre sí es grande antes de un procedimiento de recocido de chapa laminada en frío. Dado que la dureza de metal aumenta generalmente con un aumento de la cantidad de dislocaciones, generando una gran cantidad de dislocaciones antes de un procedimiento de recocido de chapa laminada en frío como es el caso de la presente invención, se inhibe la deformación de la superficie de una chapa de acero en un procedimiento de laminación en frío debido a una disminución de la capacidad de deformación antes de un procedimiento de recocido de chapa laminada en frío de modo que es posible disminuir el grado de defectos inducidos por laminación tales como picados de aceite y defectos generados por la transferencia de marcas de pulido de cilindros, lo cual contribuye a una mejora del brillo.

25

30

35

Además, el estado en el que la diferencia en la orientación de cristal entre granos de cristal adyacentes entre sí es grande es un estado en el que los granos de ferrita tienen orientaciones de plano aleatorias, es decir, un estado en el que se destruyen colonias de ferrita (agregados de granos de ferrita que tienen orientaciones de cristal similares). En el caso en el que se destruyen colonias de ferrita antes de un procedimiento de recocido de chapa laminada en frío y en el que la recristalización avanza en el procedimiento de recocido de chapa laminada en frío, los granos de ferrita adyacentes entre sí tienen orientaciones de plano adicionalmente aleatorizadas. Por tanto, se produce deformación de una manera isotrópica cuando se aplica tensión, lo cual da como resultado una disminución del grado de irregularidades de superficie tales como crestas y estriado, que se producen en una dirección paralela a la dirección de laminación.

40

45

Dado que los efectos descritos anteriormente se obtienen en el caso en el que el diámetro de grano promedio de una fase de ferrita es de 10 μm o menos, el límite superior del intervalo del diámetro de grano promedio se establece para que sea de 10 μm . En este caso, en el caso en el que el diámetro de grano promedio es de más de 10 μm , el crecimiento de grano avanza totalmente, o se forma una microestructura que incluye granos de ferrita que tienen un diámetro de grano grande, lo cual da como resultado la aparición de rugosificación de superficie inducida por irregularidades provocadas por granos de cristal que tienen un diámetro de grano grande, y que fomenta la aparición de crestas y estriado.

50

55

En este caso, a partir de los resultados de investigaciones, se encontró que, en el caso en el que el diámetro de grano promedio de una fase de ferrita después de un procedimiento de recocido de chapa laminada en frío está en el intervalo de 10 μm o menos y en el que todos los granos de ferrita tienen un diámetro de grano en un intervalo de diámetro de grano similar, hay un deterioro de la conformabilidad tal como alargamiento y valor de r mientras que hay un aumento de la resistencia mecánica. Los presentes inventores llevaron a cabo investigaciones adicionales con el fin de resolver este problema y, como resultado, encontraron que incluir granos que han crecido hasta cierto punto resulta eficaz.

60

Resulta importante lograr suficiente ductilidad y capacidad de deformación incluyendo granos de ferrita que tienen un diámetro de grano que es grande hasta cierto punto suponiendo que el diámetro de grano promedio es de 10 μm o menos. Sin embargo, en el caso en el que hay granos que tienen un diámetro de grano de más de 40 μm , dado que tales granos están rodeados de manera natural por granos de ferrita que tienen un diámetro de grano pequeño suponiendo que el diámetro de grano promedio es de 10 μm o menos, se forma una denominada microestructura de

65

granos mixtos, lo cual da como resultado un deterioro de la resistencia a la rugosificación de superficie. Por tanto, no es preferible que se mezclen granos de ferrita que tienen un diámetro de grano de 40 μm o más. Por otro lado, en el caso en el que hay un aumento de la cantidad de granos de ferrita que tienen un diámetro de grano de 10 μm o menos, hay un caso en el que no es posible lograr la ductilidad necesaria cuando se realiza, por ejemplo, un mecanizado de curvado o embutición profunda. Por tanto, es necesario que la estructura metalográfica incluya principalmente una fase de ferrita que tiene un diámetro de grano de 10 μm o más y menos de 40 μm . Con el fin de lograr una conformabilidad suficiente, es necesario que la proporción de granos de ferrita que tienen un diámetro de grano de 10 μm o más y menos de 40 μm con respecto a la estructura metalográfica completa sea del 60% o más en cuanto a la razón en área. Es preferible que se incluyan granos de ferrita que tienen un diámetro de grano de 10 μm a 20 μm en una cantidad del 60% al 80% desde el punto de vista de lograr una mejor conformabilidad y calidad de aspecto de superficie estético al mismo tiempo.

Además, con la condición de que se incluyan los granos de ferrita que tienen un diámetro de grano de 10 μm o más, con el fin de evitar la formación de una microestructura de granos mixtos que tiene un efecto negativo sobre la resistencia a la rugosificación de superficie (en la que granos de ferrita que tienen respectivamente un diámetro de grano grande y un diámetro de grano pequeño coexisten de una manera polarizada), es necesario que la proporción de una fase de ferrita muy fina que tiene un diámetro de grano de menos de 5 μm con respecto a la estructura metalográfica completa sea de menos del 20% en cuanto a la razón en área. En el caso de una estructura metalográfica en la que están incluidos granos de ferrita que tienen un diámetro de grano de menos de 5 μm en una cantidad del 20% o más y en la que están incluidos principalmente granos de ferrita que tienen un diámetro de grano de 10 μm o más, se produce rugosificación de superficie debido a la formación de una microestructura de granos mixtos en la que la distribución de diámetro de grano está polarizada, y hay un deterioro de la conformabilidad. Es preferible que se incluyan granos de ferrita que tienen un diámetro de grano de menos de 5 μm en una cantidad de menos del 15% desde el punto de vista de lograr una superficie más suave y conformabilidad suficiente.

Tal como se describió anteriormente, en el caso de la estructura metalográfica de la chapa de acero inoxidable ferrítico laminada en frío según la presente invención, es importante que, con la suposición de que el diámetro de grano promedio de una fase de ferrita es de 10 μm o menos, se satisfagan tanto la condición de que la proporción de granos de ferrita que tienen un diámetro de grano de 10 μm o más y menos de 40 μm con respecto a la estructura metalográfica completa es del 60% o más en cuanto a la razón en área como la condición de que la proporción de granos de ferrita que tienen un diámetro de grano de menos de 5 μm con respecto a la estructura metalográfica completa es de menos del 20% en cuanto a la razón en área.

Aunque no hay ninguna limitación particular sobre el diámetro de grano de los granos de ferrita restantes que están fuera de los intervalos descritos anteriormente, es preferible que el diámetro de grano de los granos de ferrita restantes esté en el intervalo de 5 μm o más y menos de 10 μm . Además, el resto que es diferente de una fase de ferrita son precipitados e inclusiones inevitables.

A continuación en el presente documento, se describirá un ejemplo de un método para fabricar la chapa de acero inoxidable ferrítico laminada en frío según la presente invención.

Preparando acero fundido que tiene la composición química descrita anteriormente usando un método conocido tal como uno que usa un convertidor, un horno eléctrico o un horno de fusión de vacío, y después usando un método de colada continua o un método de colada-desbastado de lingotes, se obtiene un material de acero (desbaste). Realizando laminación en caliente en el desbaste después de haber calentado el desbaste hasta una temperatura de 1100°C a 1250°C o realizando laminación en caliente en el desbaste según se cuele sin calentar, se obtiene una chapa de acero laminada en caliente. En el procedimiento de laminación en caliente, completando la laminación de acabado en un intervalo de temperatura de fase doble en el que se forman una fase de ferrita y una fase de austenita, se obtiene una chapa de acero laminada en caliente. Posteriormente, cuando se enrolla la chapa de acero, la temperatura de enrollado es de 550°C a 850°C, o preferiblemente de 600°C a 700°C. Con esto, es posible facilitar el control del diámetro de grano y la recristalización de una fase de ferrita en un procedimiento continuo de recocido de chapa laminada en caliente que se completa en poco tiempo.

Posteriormente, se somete la chapa de acero laminada en caliente a recocido de chapa laminada en caliente en el que se mantiene la chapa de acero a una temperatura de 900°C o superior y de 1050°C o inferior, es decir, en un intervalo de temperatura de fase doble en el que se forman una fase de ferrita y una fase de austenita, durante 10 segundos o más y 2 minutos o menos. Un método de este tipo es eficaz para controlar el diámetro de grano de una fase de ferrita de una chapa de acero laminada en frío, que es un producto final. Formando una fase de martensita mediante la realización de este recocido de chapa laminada en caliente, es posible obtener el efecto de destruir colonias de ferrita (agregados de granos de ferrita que tienen orientaciones de cristal similares) que se forman en un procedimiento de laminación en caliente, y es posible formar una estructura metalográfica que tiene una distribución de orientación de plano más aleatoria de lo habitual después de un procedimiento de laminación en frío y un procedimiento de recocido de chapa laminada en frío. Además, dado que es posible controlar el diámetro de grano de ferrita antes de un procedimiento de laminación en frío realizando recocido continuo durante poco tiempo y a una alta temperatura en un procedimiento de recocido de chapa laminada en caliente, es posible facilitar el control para formar

los granos de ferrita deseados en el producto final (chapa de acero laminada en frío) después de un procedimiento de recocido de chapa laminada en frío. En este caso, en el caso en el que la temperatura de recocido de un procedimiento de recocido de chapa laminada en caliente es inferior a 900°C o en el que el tiempo de recocido de un procedimiento de recocido de chapa laminada en caliente es de menos de 10 segundos, dado que se conservan colonias de ferrita debido a que se forma una cantidad insuficiente de martensita, el diámetro de grano promedio de una fase de ferrita está más allá del intervalo según la presente invención, lo cual da como resultado un deterioro de la resistencia a la formación de crestas y resistencia al estriado. Además, hay un aumento del diámetro de grano de ferrita después de un procedimiento de recocido de chapa laminada en frío, lo cual tiene un efecto negativo sobre el brillo y la resistencia a la rugosificación de superficie. En el caso en el que la temperatura de recocido de un procedimiento de recocido de chapa laminada en caliente es superior a 1050°C o en el caso de un recocido durante mucho tiempo en el que el tiempo de recocido de un procedimiento de recocido de chapa laminada en caliente es de más de 2 minutos, dado que el crecimiento de grano avanza excesivamente, hay un aumento del tamaño de grano de una fase de ferrita. Además, dado que hay un aumento de la cantidad de una fase de martensita formada, la razón en área de granos de ferrita que tienen un diámetro de grano de menos de 5 µm llega a estar más allá del intervalo según la presente invención debido a un aumento excesivo de la cantidad de granos de ferrita finos formados mediante la descomposición de una fase de martensita en un procedimiento de recocido de chapa laminada en frío, lo cual hace que sea imposible lograr la conformabilidad, el brillo o la resistencia a la rugosificación de superficie especificados, y lo cual da como resultado un deterioro del alargamiento y el valor de r. Por estos motivos, el recocido de chapa laminada en caliente debe realizarse a una temperatura de 900°C o superior y de 1050°C o inferior durante 10 segundos o más y 2 minutos o menos, o preferiblemente a una temperatura de 910°C o superior y de 935°C o inferior durante 15 segundos o más y 60 segundos o menos.

Se realiza una desincrustación según se necesite realizando decapado o desincrustación mecánica. Sin embargo, no hay ninguna limitación particular sobre qué método se usa.

Posteriormente, se realiza una laminación en frío. Puede usarse uno cualquiera de un tren de laminación en tándem y un tren de laminación con cilindros de apoyo. Aunque no hay ninguna limitación particular sobre la reducción por laminación total de la laminación en frío en la presente invención, es preferible que la reducción por laminación total de la laminación en frío sea del 50% o más desde el punto de vista de la conformabilidad y la corrección de forma.

Posteriormente, se realiza un recocido de chapa laminada en frío. Es necesario que el recocido de chapa laminada en frío se realice en un intervalo de temperatura de fase única de ferrita de modo que el producto final tiene una estructura de fase única de ferrita. Además, es preferible que el recocido de chapa laminada en frío se realice a una temperatura lo más alta posible en un intervalo de temperatura de fase única de ferrita de modo que una chapa de acero, que se ha sometido a laminación en frío mientras tiene una fase doble de una fase de ferrita y una fase de martensita, tiene una estructura de fase única de ferrita. Por tanto, la temperatura de recocido se establece para que sea de 800°C o superior y de 890°C o inferior, o preferiblemente de 850°C o superior y de 890°C o inferior. En el caso en el que la temperatura de recocido es inferior a 800°C, dado que se conserva una fase de martensita, puede haber un deterioro del alargamiento. Además, dado que la razón en área de granos de ferrita que tienen un diámetro de grano de menos de 5 µm pasa a estar más allá del intervalo según la presente invención, y dado que la razón en área de granos de ferrita que tienen un diámetro de grano de 10 µm o más y menos de 40 µm pasa a estar por debajo del intervalo según la presente invención, no es posible lograr la conformabilidad o el brillo especificados. En el caso en el que la temperatura de recocido es superior a 890°C, dado que se forma nuevamente una fase de austenita, y dado que la transformación en martensita de la fase de austenita se produce en un procedimiento de enfriamiento, puede haber un deterioro significativo de la conformabilidad. Además, es preferible que el recocido de chapa laminada en frío se realice usando un método de recocido continuo con el fin de mejorar la capacidad de fabricación y con el fin de evitar el crecimiento de grano excesivo de granos de ferrita recristalizados. Además, el tiempo de mantenimiento se establece para que sea de 5 segundos a 120 segundos. Además, es preferible que el tiempo de mantenimiento sea de 10 segundos a 60 segundos con el fin de lograr una conformabilidad suficiente y con el fin de prevenir la polarización de una distribución de diámetro de grano, lo cual deteriora la resistencia a la rugosificación de superficie.

No hay ninguna limitación particular sobre el acabado de superficie y puede seleccionarse un acabado de superficie apropiado, por ejemplo, de n.º 2B, BA, pulido y acabado mate. Con el fin de proporcionar una rugosidad de superficie deseada y con el fin de prevenir marcas de estirado, debe realizarse una laminación de endurecimiento con una razón de alargamiento del 0,3% al 1,0%.

EJEMPLO 1

A continuación en el presente documento, se describirá la presente invención en más detalle basándose en ejemplos.

Se convirtieron los aceros inoxidables que tienen las composiciones químicas facilitadas en la tabla 1 en desbastes que tenían un grosor de 250 mm usando un método de colada continua. Después de haber calentado estos desbastes hasta una temperatura de 1200°C, se obtuvieron chapas de acero laminadas en caliente que tenían un grosor de 3 mm realizando una laminación en caliente. En este momento, la temperatura de las chapas de acero en el lado de salida del tren de laminación de acabado era de 900°C a 980°C y la temperatura de enrollado era de 600°C a 800°C.

Posteriormente, después de haber realizado el recocido de chapa laminada en caliente con las chapas de acero laminadas en caliente descritas anteriormente en las condiciones facilitadas en la tabla 2, y haber realizado un tratamiento de granallado sobre las superficies de las chapas de acero, se realizó la desincrustación realizando un decapado con dos clases de disoluciones, es decir, ácido sulfúrico y un ácido mixto compuesto por ácido nítrico y ácido fluorhídrico. Después de haber realizado la laminación en frío con las chapas de acero laminadas en caliente y recocidas obtenidas hasta un grosor de 0,8 mm, y haber realizado el recocido de chapa laminada en frío en las condiciones facilitadas en la tabla 2, se realizó la laminación de endurecimiento con una razón de alargamiento del 0,3% al 0,9% con el fin de obtener productos finales.

Los productos finales (chapas de acero inoxidable ferrítico laminadas en frío), que se habían sometido a recocido de chapa laminada en frío, obtenidos tal como se describió anteriormente, se sometieron a observación de microestructura y evaluación de prestaciones usando los siguientes métodos.

Observación de microestructura

Después de haber tomado una probeta para la observación de microestructura a partir de la porción central en la dirección de anchura de la chapa de acero, haber realizado un pulido de espejo en la sección transversal en la dirección de laminación y haber grabado la sección transversal con agua regia, se tomaron fotografías en 5 campos de visión en la porción central en la dirección de grosor de la chapa de acero usando un microscopio óptico a un aumento de 500 veces. En la fotografía de microestructura obtenida, se identificó una región blanca como fase de ferrita. El diámetro de grano promedio de una fase de ferrita se definió como el valor promedio del diámetro de granos de los 5 campos de visión calculado según la norma JIS G 0551. En estos 5 campos de visión, se clasificaron los granos de ferrita en granos de ferrita que tienen un diámetro de grano de menos de 5 μm, granos de ferrita que tienen un diámetro de grano de 10 μm o más y menos de 40 μm y granos de ferrita que tienen un diámetro de grano de 40 μm o más, y se derivó la razón en área ocupada por cada una de las clases.

En este caso, el diámetro de grano de una fase de ferrita se definió como el promedio aritmético de la distancia entre límites de grano en una dirección paralela a la dirección de laminación y la distancia entre límites de grano en la dirección de grosor, que se determinaron basándose en los granos de ferrita observados en la fotografía metalográfica de uno de los campos de visión.

(1) Evaluación de la conformabilidad

(1-1) Alargamiento de rotura

Se tomó una probeta de tracción según la norma JIS n.º 13B a partir de la porción central en la dirección de anchura de la chapa de acero de modo que la dirección de tracción formaba un ángulo de 90° con respecto a la dirección de laminación, y después se realizó un ensayo de tracción según la norma JIS Z 2241. Se evaluó que un caso en el que el alargamiento de rotura (EI) en una dirección que formaba un ángulo de 90° con respecto a la dirección de laminación era del 30% o más era más que satisfactorio (⊙), se evaluó que un caso en el que el alargamiento de rotura era del 25% o más era satisfactorio (○) y se evaluó que un caso en el que el alargamiento de rotura era de menos del 25% era insatisfactorio (x).

(1-2) Valor de r promedio

Además, se tomó una probeta de tracción según la norma JIS n.º 13B a partir de la misma porción de modo que las direcciones de tracción formaban ángulos de 0°, 45° y 90° con respecto a la dirección de laminación y después se realizó un ensayo de tracción según la norma JIS Z 2241. Proporcionando una deformación previa del 15%, se determinó un valor de r en cada una de las direcciones. Se evaluó que un caso en el que el valor de r promedio calculado mediante la ecuación (1) a continuación era de 0,65 o más era satisfactorio (○) y se evaluó que un caso en el que el valor de r promedio era de menos de 0,65 era insatisfactorio (x).

$$r_{\text{prom}} = (r_0 + r_{90} + 2 \times r_{45})/4 \cdots (1)$$

(2) Calidad de aspecto de superficie

(2-1) Brillo de superficie (brillo)

Se tomó una probeta a partir de la porción central en la dirección de anchura de la chapa de acero y después se determinó el brillo en dos puntos cada uno en direcciones que formaban ángulos de 0° y 90° con respecto a la dirección de laminación usando la energía reflejada (Gs20°) de una luz que tenía un ángulo de incidencia de 20° según las recomendaciones en la norma JIS Z 8741. Después, basándose en el valor promedio de los valores determinados, se evaluó que un caso en el que el brillo era de 950 o más era un caso de brillo excelente (○) y se evaluó que un caso en el que el brillo era de menos de 950 era insatisfactorio (x). Además, se evaluó que un caso en el que el brillo era de más de 1000 era más que excelente (⊙).

(2-2) Resistencia al estriado

5 Se tomó una probeta a partir de la porción central en la dirección de anchura de la chapa de acero y después se determinó la rugosidad de superficie en una dirección que formaba un ángulo de 90° con respecto a la dirección de laminación según la norma JIS B 0601-2001. Se evaluó que un caso en el que Rz era de 0,2 μm o menos era satisfactorio (○) y se evaluó que un caso en el que Rz era de más de 0,2 μm era insatisfactorio (x).

10 (2-3) Resistencia a la formación de crestas

15 Se tomó una probeta de tracción según la norma JIS n.º 5 a partir de la porción central en la dirección de anchura de la chapa de acero de modo que la dirección de tracción formaba un ángulo de 0° con respecto a la dirección de laminación, después se pulió un lado de la probeta hasta un acabado n.º 600 y se proporcionó una deformación previa del 20% a la probeta aplicando una tensión de tracción uniaxial según la norma JIS Z 2241. Después se determinó la altura de ondas en la superficie pulida en el centro de la parte paralela de una probeta según la norma JIS B 0601-2001. Se evaluó que un caso en el que la altura de ondas era de 2,5 μm o menos era satisfactorio (○) y se evaluó que un caso en el que la altura de ondas era de más de 2,5 μm era insatisfactorio (x). Además, se evaluó que un caso en el que la altura de ondas era de menos de 2,0 μm era más que excelente (⊙).

20 (2-4) Resistencia a la rugosificación de superficie

25 Se usó la probeta que se había usado para determinar la resistencia a la formación de crestas. Se determinó la rugosidad de superficie en la superficie pulida en el centro de la parte paralela de la probeta según la norma JIS B 0601-2001. Se evaluó que un caso en el que Ra era de menos de 0,2 μm era satisfactorio (○) y se evaluó que un caso en el que Ra era de 0,2 μm o más era insatisfactorio (x).

Los resultados de las evaluaciones descritas anteriormente se facilitan en la tabla 2 junto con las condiciones de fabricación.

[Tabla 1]

Código de acero	% en masa													Nota
	C	Si	Mn	P	S	Cr	Al	N	Ni	Otros				
A	0,02	0,15	0,51	0,02	0,002	16,3	0,002	0,03	0,2	-			Ejemplo	
B	0,04	0,27	0,64	0,04	0,008	16,3	0,004	0,05	0,1	V: 0,14			Ejemplo	
C	0,02	0,17	0,49	0,02	0,009	17,7	0,028	0,04	-	-			Ejemplo	
D	0,03	0,19	0,81	0,02	0,003	16,4	0,011	0,06	0,2	Cu: 0,4			Ejemplo	
E	0,03	0,23	0,83	0,03	0,005	16,5	0,005	0,02	-	V: 0,16, Ti: 0,007			Ejemplo	
F	0,02	0,25	0,88	0,03	0,004	16,7	0,008	0,05	0,1	Mo: 0,4			Ejemplo	
G	0,04	0,15	0,70	0,02	0,003	16,1	0,004	0,02	0,5	Nb: 0,013, Mg: 0,0013			Ejemplo	
H	0,02	0,14	0,85	0,03	0,004	16,5	0,005	0,03	-	V: 0,13, B: 0,0018			Ejemplo	
I	0,04	0,26	0,67	0,04	0,005	16,0	0,015	0,02	-	Co: 0,13			Ejemplo	
J	0,03	0,25	0,31	0,02	0,004	16,5	0,008	0,03	0,2	REM: 0,04			Ejemplo	
K	0,04	0,22	0,83	0,03	0,003	15,7	0,045	0,03	-	-			Ejemplo comparativo	
L	0,03	0,26	0,76	0,03	0,003	18,3	0,033	0,04	0,2	-			Ejemplo comparativo	
M	0,07	0,36	0,63	0,03	0,006	16,6	0,048	0,05	-	-			Ejemplo comparativo	
N	0,004	0,27	0,91	0,04	0,005	16,2	0,021	0,06	0,3	-			Ejemplo comparativo	
O	0,006	0,14	0,76	0,04	0,003	16,4	0,003	0,016	0,3	-			Ejemplo comparativo	
P	0,005	0,15	0,82	0,03	0,002	16,2	0,001	0,006	0,2	-			Ejemplo	
Q	0,014	0,18	0,84	0,02	0,002	16,3	0,003	0,005	0,1	Ti: 0,011			Ejemplo	
R	0,016	0,13	0,79	0,03	0,004	16,3	0,003	0,014	0,2	V: 0,05, Nb: 0,022			Ejemplo	

[Tabla 2]

N.º	Código de acero	Recocido de chapa laminada en caliente		Recocido de chapa laminada en frío		Diámetro de grano de ferrita promedio (µm)	Razón en área de granos de ferrita (%)		Conformabilidad		Brillo	Resistencia al estriado	Resistencia a la formación de crestas	Resistencia a la rugosificación de superficie	Nota
		Temperatura (°C)	Tiempo (s)	Temperatura (°C)	Tiempo (s)		Menos de 5 µm	De 10 µm a 40 µm	Alargamiento de rotura	Valor de r promedio					
1	A	935	37	865	29	7,2	10	83	o	o	o	o	o	o	Ejemplo
2	B	914	28	844	23	6,8	16	72	o	o	o	o	o	o	Ejemplo
3	C	942	15	857	25	7,8	13	75	o	o	o	o	o	o	Ejemplo
4	D	900	24	883	41	9,8	12	77	o	o	o	o	o	o	Ejemplo
5	E	916	36	860	23	7,8	8	83	o	o	o	o	o	o	Ejemplo
6	F	902	26	864	21	7,8	12	80	o	o	o	o	o	o	Ejemplo
7	G	923	19	862	34	8,8	14	66	o	o	o	o	o	o	Ejemplo
8	H	910	28	861	26	8,1	9	78	o	o	o	o	o	o	Ejemplo
9	I	933	17	862	22	6,8	9	88	o	o	o	o	o	o	Ejemplo
10	J	904	13	857	29	9,7	11	77	o	o	o	o	o	o	Ejemplo
11	K	917	18	862	32	10,5	11	72	o	o	o	o	o	o	Ejemplo comparativo
12	L	932	46	863	26	8,3	18	59	x	x	x	o	o	o	Ejemplo comparativo
13	M	938	23	856	27	5,2	31	47	x	x	x	o	o	o	Ejemplo comparativo
14	N	909	28	859	28	10,8	5	92	o	o	o	x	o	x	Ejemplo comparativo
15	B	846	19	884	27	13,1	2	93	o	o	o	x	x	x	Ejemplo comparativo
17	A	900	21	789	39	8,6	28	55	x	x	x	o	o	o	Ejemplo comparativo
18	O	995	37	865	29	8,7	6	62	o	o	o	o	o	o	Ejemplo
19	P	989	28	844	23	9,9	7	73	o	o	o	o	o	o	Ejemplo
20	Q	1002	37	865	29	8,8	4	68	o	o	o	o	o	o	Ejemplo
21	R	997	28	844	23	6,9	13	85	o	o	o	o	o	o	Ejemplo

Se aclara que, en el caso en el que la composición química de acero y el método de fabricación de acero están ambos dentro de los intervalos según la presente invención, es posible lograr una conformabilidad suficiente (alargamiento de rotura y valor de r promedio) y una excelente calidad de aspecto de superficie.

5 En el caso del n.º 11 en el que el contenido de Cr estaba por debajo del intervalo según la presente invención, dado que el diámetro de grano promedio de una fase de ferrita estaba más allá del intervalo según la presente invención, no era posible lograr el brillo especificado. En el caso del n.º 12 en el que el contenido de Cr estaba más allá del intervalo según la presente invención, dado que la razón en área de granos de ferrita que tienen un diámetro de grano de 10 μm o más y menos de 40 μm estaba por debajo del intervalo según la presente invención, no era posible lograr la conformabilidad o el brillo especificados.
10

En el caso del n.º 13 en el que el contenido de C estaba más allá del intervalo según la presente invención, dado que la razón en área de granos de ferrita que tienen un diámetro de grano de menos de 5 μm estaba más allá del intervalo según la presente invención, y dado que la razón en área de granos de ferrita que tienen un diámetro de grano de 10 μm o más y menos de 40 μm estaba por debajo del intervalo según la presente invención, no era posible lograr la conformabilidad o el brillo especificados.
15

En el caso del n.º 14 en el que el contenido de C estaba por debajo del intervalo según la presente invención, dado que el diámetro de grano promedio de una fase de ferrita estaba más allá del intervalo según la presente invención, no era posible lograr la resistencia al estriado o la resistencia a la rugosificación de superficie especificadas.
20

En el caso del n.º 15 en el que la temperatura de recocido de chapa laminada en caliente era excesivamente baja, dado que el diámetro de grano promedio de una fase de ferrita estaba más allá del intervalo según la presente invención, no era posible lograr la resistencia al estriado, la resistencia a la formación de crestas o la resistencia a la rugosificación de superficie especificadas.
25

En el caso del n.º 17 en el que la temperatura de recocido de chapa laminada en frío era excesivamente baja, dado que la razón en área de granos de ferrita que tienen un diámetro de grano de menos de 5 μm estaba más allá del intervalo según la presente invención, y dado que la razón en área de granos de ferrita que tienen un diámetro de grano de 10 μm o más y menos de 40 μm estaba por debajo del intervalo según la presente invención, no era posible lograr la conformabilidad o el brillo especificados.
30

Tal como se describió anteriormente, se aclara que, controlando de manera apropiada el diámetro promedio y la distribución de diámetro de los granos de una fase de ferrita especificada, es posible obtener una chapa de acero inoxidable ferrítico laminada en frío que tiene la conformabilidad especificada y una excelente calidad de superficie.
35

Aplicabilidad industrial

40 La chapa de acero inoxidable ferrítico laminada en frío obtenida mediante la presente invención puede usarse preferiblemente para productos fabricados realizando conformación por prensado que implica principalmente embutición y en aplicaciones en las que se requiere una alta calidad de aspecto de superficie tales como equipos de cocina y utensilios para comer.

REIVINDICACIONES

1. Chapa de acero inoxidable ferrítico laminada en frío que tiene un alargamiento de rotura medido según la norma JIS Z 2241 del 25% o más, un valor de r promedio r_{prom} calculado mediante la ecuación (1) a continuación de 0,65 o más, un brillo determinado según la norma JIS Z 8741 de 950 o más, una resistencia al estriado R_z determinada según la norma JIS B 0601-2001 de 0,2 μm o menos, una composición química que contiene, en % en masa, C: el 0,005% o más y el 0,05% o menos, Si: el 0,02% o más y el 0,75% o menos, Mn: el 0,1% o más y el 1,0% o menos, P: el 0,04% o menos, S: el 0,01% o menos, Al: el 0,001% o más y el 0,10% o menos, N: el 0,005% o más y el 0,06% o menos, Cr: el 16,0% o más y el 18,0% o menos, opcionalmente uno, dos o más seleccionados de Cu: el 0,1% o más y el 1,0% o menos, Ni: el 0,1% o más y el 1,0% o menos, Mo: el 0,1% o más y el 0,5% o menos, y Co: el 0,01% o más y el 0,3% o menos, opcionalmente uno, dos o más seleccionados de V: el 0,01% o más y el 0,25% o menos, Ti: el 0,001% o más y el 0,015% o menos, Nb: el 0,001% o más y el 0,030% o menos, Mg: el 0,0002% o más y el 0,0050% o menos, B: el 0,0002% o más y el 0,0050% o menos, y REM: el 0,01% o más y el 0,10% o menos, y siendo el resto Fe e impurezas inevitables y una estructura metalográfica que incluye una fase de ferrita, en la que el diámetro de grano promedio de una fase de ferrita calculado según la norma JIS G 0551 es de 10 μm o menos, en la que la proporción de granos de ferrita que tienen un diámetro de grano de 10 μm o más y menos de 40 μm con respecto a la estructura metalográfica completa es del 60% o más en cuanto a la razón en área, y en la que la proporción de granos de ferrita que tienen un diámetro de grano de menos de 5 μm con respecto a la estructura metalográfica completa es de menos del 20% en cuanto a la razón en área;

$$r_{prom} = (r_0 + r_{90} + 2 \times r_{45})/4 \dots (1)$$

en la que r_{prom} designa un valor de r promedio, r_0 designa un valor de r en una dirección paralela a la dirección de laminación, r_{90} designa un valor de r en una dirección que forma un ángulo recto con respecto a la dirección de laminación, y r_{45} designa un valor de r en una dirección que forma un ángulo de 45° con respecto a la dirección de laminación, obteniéndose r_0 , r_{90} y r_{45} en un ensayo de tracción según la norma JIS Z 2241 con una deformación previa del 15%.

2. Chapa de acero inoxidable ferrítico laminada en frío según la reivindicación 1, conteniendo la composición química, en % en masa, uno, dos o más seleccionados de Cu: el 0,1% o más y el 1,0% o menos, Ni: el 0,1% o más y el 1,0% o menos, Mo: el 0,1% o más y el 0,5% o menos, y Co: el 0,01% o más y el 0,3% o menos.
3. Chapa de acero inoxidable ferrítico laminada en frío según la reivindicación 1 ó 2, conteniendo la composición química, en % en masa, uno, dos o más seleccionados de V: el 0,01% o más y el 0,25% o menos, Ti: el 0,001% o más y el 0,015% o menos, Nb: el 0,001% o más y el 0,030% o menos, Mg: el 0,0002% o más y el 0,0050% o menos, B: el 0,0002% o más y el 0,0050% o menos, y REM: el 0,01% o más y el 0,10% o menos.