

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 643 150**

51 Int. Cl.:

C22C 38/00 (2006.01)

C22C 38/58 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **26.05.2011 PCT/JP2011/062640**

87 Fecha y número de publicación internacional: **08.12.2011 WO11152475**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **26.05.2011 E 11789877 (5)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **12.07.2017 EP 2578715**

54 Título: **Lámina estructural de acero inoxidable que tiene excelente resistencia a la corrosión en la parte soldada, y método para producir la misma**

30 Prioridad:

31.05.2010 JP 2010124059

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

21.11.2017

73 Titular/es:

**JFE STEEL CORPORATION (100.0%)
2-3, Uchisaiwaicho 2-chome
Chiyoda-kuTokyo 100-0011, JP**

72 Inventor/es:

**OTA, HIROKI;
FUJITA, KENICHI y
KATO, YASUSHI**

74 Agente/Representante:

CARVAJAL Y URQUIJO, Isabel

ES 2 643 150 T3

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

DESCRIPCIÓN

Lámina estructural de acero inoxidable que tiene excelente resistencia a la corrosión en la parte soldada, y método para producir la misma.

[Campo técnico]

5 La presente invención se relaciona con una lámina de acero inoxidable estructural que tiene una excelente resistencia a la corrosión de piezas soldadas que se usa adecuadamente como un material para un cuerpo de un vagón de ferrocarril que lleva carbón o mineral de hierro, por ejemplo, y un método para fabricar la lámina de acero inoxidable estructural.

[Antecedentes de la técnica]

10 Como un material para un cuerpo de un vagón de ferrocarril que transporta carbón o mineral de hierro, se ha usado popularmente el acero inoxidable. Dado que el carbón extraído contiene un gran contenido de azufre, se requiere que el material del cuerpo del vagón de ferrocarril posea resistencia a la corrosión del ácido sulfúrico y, en particular, resistencia a la corrosión intergranular de la parte soldada.

15 Como el acero inoxidable que posee resistencia a la corrosión y soldabilidad, por ejemplo, el documento de patente 1 divulga un acero inoxidable ferrítico que contiene Ti que exhibe una excelente tenacidad de la soldadura del mismo. Sin embargo, en la técnica divulgada en el documento de patente 1, los componentes están diseñados de tal manera que la estructura de la pieza soldada tiene una fase de ferrita y, por lo tanto, existe un inconveniente de que la resistencia a la soldadura y a la corrosión de la pieza soldada no son suficientes.

20 Por otra parte, el documento de patente 2 y el documento de patente 3 divulgan una técnica donde se forma una cantidad adecuada de fase martensítica en una parte soldada controlando una fracción de fase a alta temperatura que mejora así la capacidad de trabajo y resistencia a la corrosión de la parte soldada. Además, el documento de patente 4 divulga acero inoxidable que es adecuado para un método de soldadura que usa un gas de dióxido de carbono. Además, uno de los inventores de la presente invención ha propuesto previamente una lámina de acero inoxidable estructural que mejora la resistencia a la corrosión de una pieza soldada regulando apropiadamente la composición
25 que usa parámetros que pueden predecir con precisión la estructura de la pieza soldada (documento de patente 5). Además, el documento de patente 6 proporciona acero que contiene Cr con cantidades adecuadas de V que tiene niveles satisfactorios de tenacidad, resistencia (dureza) y resistencia a la corrosión de la zona afectada por el calor.

[Literatura de la técnica anterior]

[Documento de patente]

30 [Documento de patente 1] JP-A-3-249150

[Documento de patente 2] JP-A-2002-167653

[Documento de patente 3] JP-A-2009-13431

[Documento de patente 4] JP-A-2002-30391

[Documento de patente 5] JP-A-2009-280850

35 [Documento de patente 6] US 2003/0044305

[Resumen de la invención]

[Tarea que va a ser resuelta por la invención]

40 Sin embargo, en las técnicas divulgadas en estos Documentos de patentes 2 a 5, los estudios sobre una gama óptima de componentes no han sido enteramente suficientes. Particularmente, la fabricación no se ha tenido en cuenta en estas técnicas. En consecuencia, la aparición de grietas en una etapa de la plancha y la aparición de un defecto superficial llamado como costras son notables y, por lo tanto, es difícil evitar un aumento del costo causado por la disminución de una proporción del rendimiento.

45 La presente invención se ha realizado bajo tales circunstancias, y es un objetivo de la presente invención proporcionar una lámina de acero inoxidable estructural que se puede fabricar a bajo costo con alta eficiencia y posea una excelente resistencia a la corrosión de piezas soldadas.

[Medios para resolver la tarea]

Uno de los inventores de la presente invención ha hecho extensos estudios para superar el inconveniente antes mencionado y ha encontrado que la corrosión intergranular causada por el agotamiento de Cr en la vecindad de un límite de grano puede ser suprimida y una zona soldada afectada por el calor puede formarse en la estructura que

está formada principalmente por martensita ajustando componentes químicos, en particular los contenidos de Mn y Ti, y un equilibrio entre los respectivos componentes dentro de rangos adecuados, y ha propuesto un parámetro (valor F) mostrado en el Documento de patente 5. A continuación, los inventores de la presente invención han continuado estudios detallados particularmente sobre la capacidad de fabricación en base al hallazgo y, como un resultado de los estudios, han encontrado que las grietas de planchas y las costras (defectos superficiales) causadas por las inclusiones pueden ser notablemente reducidas cuando una cantidad apropiada de Al se añade a la composición, los contenidos de V, Ca, O se reducen a intervalos predeterminados o menos, y se fija un valor FFV dentro de un intervalo apropiado como un nuevo parámetro indicativo de si la capacidad de fabricación es o no favorable, y ha completado la presente invención.

Es decir, la presente invención proporciona la lámina de acero inoxidable estructural que tiene una excelente resistencia a la corrosión de las piezas soldadas, teniendo la lámina de acero inoxidable estructural una composición que contiene en % en masa 0.01 a 0.03% C, 0.01 a 0.03% N, 0.10 a 0.40% Si, 1.5 a 2.5% Mn, 0.04% o menos P, 0.02% o menos S, 0.05 a 0.15% Al, 10 a 13% Cr, 0.5 a 1.0% Ni, $4 \times (C+N)$ o más y 0.3% o menos Ti (C, N que indican los contenidos (% en masa) de C y N), y Fe e impurezas inevitables como un balance, V, Ca y O en las impurezas inevitables que se regulan a 0.05% o menos V, 0.0030% o menos Ca y 0.0080% o menos O, en el que la lámina de acero además contiene opcionalmente 1.0% o menos Cu en % en masa y/o 1.0% o menos Mo en % en masa, y/o 0.005% o menos B, en el que un valor F y un valor FFV expresado por las siguientes fórmulas satisfacen una condición de que el valor de $F \leq 11$ y el valor $FFV \leq 9.0$.

$$\text{Valor F} = Cr + 2 \times Si + 4 \times Ti - 2 \times Ni - Mn - 30 \times (C + N)$$

$$\text{Valor FFV} =$$

$$Cr + 3 \times Si + 16 \times Ti + Mo + 2 \times Al - 2 \times Mn - 4 \times (Ni + Cu) - 40 \times (C + N) + 20 \times V$$

En las fórmulas, los símbolos de los elementos respectivos son contenidos de los elementos (% en masa).

Además, la presente invención proporciona un método para fabricar una lámina de acero inoxidable estructural, en la que una plancha de acero que tiene una composición que contiene en % en masa 0.01 a 0.03% C, 0.01 a 0.03% N, 0.10 a 0.40% Si, 1.5 a 2.5% Mn, 0.04% o menos P, 0.02% o menos S, 0.05 a 0.15% Al, 10 a 13% Cr, 0.5 a 1.0% Ni, $4 \times (C+N)$ o más y 0.3% o menos Ti (C, N que indican contenidos (% en masa) de C y N), y Fe e impurezas inevitables como un balance, V, Ca y O en las impurezas inevitables que se regulan a 0.05% o menos V, 0.0030% o menos Ca y 0.0080% o menos O, en el que la lámina de acero además contiene opcionalmente 1.0% o menos y/o 0.005% o menos B, en el que un valor F y un valor FFV expresados mediante las siguientes fórmulas satisfacen una condición de que el valor $F \leq 11$ y el valor $FFV \leq 9.0$ se calienta a una temperatura de 1100 a 1300°C y, a continuación, el laminado en caliente que incluye una laminación en caliente áspera en la que el laminado se realiza durante al menos 1 paso o más a una tasa de reducción del 30% o más en un intervalo de temperatura que excede 1000°C, o se realiza la laminación en caliente sin recocer la lámina laminada en caliente o después de recocer la lámina laminada en caliente a una temperatura de 600 a 1000°C. Y, a continuación, el decapado se aplica a una lámina laminada en caliente o a una lámina laminada en caliente recocida.

$$\text{Valor F} = Cr + 2 \times Si + 4 \times Ti - 2 \times Ni - Mn - 30 \times (C + N)$$

$$\text{Valor FFV} =$$

$$Cr + 3 \times Si + 16 \times Ti + Mo + 2 \times Al - 2 \times Mn - 4 \times (Ni + Cu) - 40 \times (C + N) + 20 \times V$$

En las fórmulas, los respectivos símbolos de elementos son contenidos (% en masa) de los elementos.

[Ventaja de la invención]

De acuerdo con la presente invención, es posible proporcionar la lámina de acero inoxidable estructural que tiene una excelente resistencia a la corrosión de piezas soldadas que se fabrica a bajo costo y con alta eficiencia, y se usa adecuadamente como un material para un cuerpo de vagón de ferrocarril que lleva carbón o mineral de hierro, por ejemplo.

[Breve descripción de los dibujos]

La Fig. 1 es un gráfico que muestra la relación entre un valor FFV y una tasa de ocurrencia de defecto superficial.

La Fig. 2 es una micrografía óptica que muestra un ejemplo de observación cuando se reconoce la corrosión en forma de pozo profundo en una zona afectada por el calor soldada en corte transversal de un espécimen después de un ensayo de corrosión de ácido sulfúrico-sulfato de cobre.

5 [Mejor modo para llevar a cabo la invención]

La presente invención se explica en detalle a continuación.

En primer lugar, se explica la composición de la presente invención. En la explicación que se hace a continuación, la indicación % es % en masa.

C: 0.01 a 0.03%

10 N: 0.01 a 0.03%

Es necesario que una lámina de acero inoxidable estructural contenga tanto al menos 0.01 o más C como 0.01 o más N para adquirir la resistencia necesaria para la lámina de acero inoxidable estructural. Por otra parte, cuando el contenido de C, N excede el 0.03%, el carburo de Cr o el carbonitruro de Cr tienden a precipitarse, de manera que se deteriora la resistencia a la corrosión y, en particular, la resistencia a la corrosión de una zona afectada por calor de soldadura. Además, la zona afectada por el calor de soldadura se endurece, por lo que también se deteriora la tenacidad. Por consiguiente, ambos contenidos de C y N se limitan a valores que están dentro de un intervalo de 0.01 a 0.03%. El contenido de C se limita preferiblemente a un valor que cae dentro del intervalo de 0.015 a 0.025%, y el contenido de N se limita preferiblemente a un valor que cae dentro del intervalo de 0.012 a 0.02%.

15

Si: 0.10 a 0.40%

20 Si es un elemento que se usa como un desoxidante, y es necesario contener 0.10% o más de Si para adquirir tal ventaja provocada por Si. Por otro lado, cuando el contenido de Si excede 0.40%, la tenacidad de una lámina de acero laminada en caliente se deteriora. Por consiguiente, el contenido de Si está limitado a un valor que cae dentro del intervalo de 0.10 a 0.40%. Un límite inferior del contenido de Si se establece preferiblemente a 0.20%, y un límite superior del contenido de Si se establece preferiblemente a 0.30%.

25 Mn: 1.5 a 2.5%

Mn es un elemento útil como un desoxidante y también como un elemento de refuerzo para asegurar la resistencia necesaria para una lámina de acero inoxidable estructural, y Mn es también un elemento estabilizador de austenita a alta temperatura. Además, en la presente invención, Mn es un elemento importante para controlar la microestructura de la zona afectada por calor de soldadura para la estructura martensítica que tiene una fracción volumétrica deseada. Para permitir que Mn exhiba tal función, es necesario ajustar el contenido de Mn a 1.5% o más. Por otra parte, incluso cuando el contenido de Mn excede el 2.5%, no sólo la ventaja de Mn está saturada, sino también el excesivo contenido de Mn deteriora la tenacidad de la lámina de acero, influye negativamente en una propiedad superficial por degradación de la propiedad de desincrustación durante un paso de fabricación, y empuja hacia arriba un costo de la aleación. Por consiguiente, el contenido de Mn está limitado a un valor que cae dentro de un intervalo de 1.5 a 2.5%. El contenido de Mn se limita preferiblemente a un valor que cae dentro de un intervalo de 1.8 a 2.5%. El contenido de Mn se limita más preferiblemente a un valor que cae dentro de un intervalo de 1.85 a 2.0%.

30

P: 0.04% o menos

El contenido de P se establece preferiblemente pequeño desde el punto de vista de la capacidad de trabajo en caliente, y un límite superior permisible del contenido de P se establece en 0.04%. El límite superior del contenido de P se establece preferiblemente a 0.035% o menos.

40

S: 0.02% o menos

El contenido de S se establece preferiblemente pequeño desde el punto de vista de la capacidad de trabajo en caliente y resistencia a la corrosión, y un límite superior permisible del contenido de S se establece en 0.02%. El límite superior del contenido de S se ajusta más preferiblemente a 0.005% o menos.

45 Al: 0.05 a 0.15%

Aunque Al es un elemento que se añade a la composición para la desoxidación en general, de acuerdo con la presente invención, los inventores de la presente invención han encontrado que Al mejora la capacidad de fabricación, y funciona efectivamente para suprimir la aparición de grietas en una etapa de plancha particularmente, y se añade una cantidad adecuada de Al para permitir que Al exhiba tal función. Para suprimir la aparición de grietas en una plancha, además de la contención de Al, son necesarias la reducción de V, Ca y O y la optimización de un valor FFV como se describe más adelante. Aunque el mecanismo donde se suprime la presencia de grietas en una plancha debido a la contención de Al no se aclara completamente, se estima que dicha mejora se produce regulando adecuadamente una

50

fracción de fase y controlando una morfología de inclusión. Para adquirir tal ventaja, es necesario establecer el contenido de Al a 0.05% o más. Por otra parte, cuando el contenido de Al supera el 0.15%, se genera una inclusión de gran tamaño en base a Al que provoca un defecto superficial. Por consiguiente, el contenido de Al está limitado a un valor que cae dentro de un intervalo de 0.05 a 0.15%. El contenido de Al está preferiblemente limitado a un valor que cae dentro de un intervalo de 0.080 a 0.150%. El contenido de Al está más preferiblemente limitado a un valor que cae dentro de un intervalo de 0.085 a 0.120%.

Cr: 10 a 13%

Cr es un elemento que forma una película pasiva, y es inevitable para asegurar la resistencia a la corrosión, particularmente, la resistencia a la corrosión de una zona afectada por calor de soldadura. Es necesario establecer el contenido de Cr a 10% o más para adquirir tal ventaja. Por otra parte, cuando el contenido de Cr excede el 13%, no sólo se eleva un costo, sino también es difícil asegurar una fase suficiente de austenita a alta temperatura en una parte soldada y, por lo tanto, es difícil adquirir la estructura martensítica de una fracción necesaria para una zona afectada por calor de soldadura después de la soldadura. Como un resultado, se produce el deterioro de la resistencia a la corrosión intergranular en la zona afectada por calor de soldadura. Por consiguiente, el contenido de Cr se limita a un valor que cae dentro del intervalo de 10 a 13%. El contenido de Cr se limita preferiblemente a un valor que cae dentro de un intervalo de 10.5 a 12.5%.

Ni: 0.5 a 1.0%

El contenido de Ni se establece en 0.5% o más para asegurar la resistencia y tenacidad. Por otra parte, el Ni es un elemento costoso y por lo tanto, un límite superior del contenido de Ni se establece en 1.0% desde un punto de vista económico. Ni es, de la misma manera que Mn, un elemento estabilizador de austenita a alta temperatura y, por lo tanto, Ni es útil para controlar la microestructura de una zona afectada por calor de soldadura para la estructura martensítica que tiene una fracción volumétrica deseada. Sin embargo, esta ventaja puede ser suficientemente adquirida debido a la adición de Mn y, por lo tanto, es razonable limitar el contenido de Ni a un valor que cae dentro del intervalo de 0.5 a 1.0%. El contenido de Ni se limita preferiblemente a un valor que cae dentro de un intervalo de 0.60 a 1.0%. El contenido de Ni está más preferiblemente limitado a un valor que cae dentro de un intervalo de 0.60 a 0.90%.

Ti: $4x(C+N)$ o más y 0.3% o menos

Ti es un elemento importante para adquirir una excelente resistencia a la corrosión de piezas soldadas en la presente invención, y es un elemento particularmente inevitable para mejorar la resistencia a la corrosión intergranular de una zona afectada por el calor de soldadura. Ti tiene una ventaja que Ti precipita y fija C, N en acero como carburo, nitruro o carbonitruro de Ti (de aquí en adelante tres tipos de composiciones que consisten en carburo, nitruro y carbonitruro se denominaran colectivamente como carbonitruro o similares) que suprime así la generación de carbonitruro o similares de Cr. En la presente invención, en una zona afectada por calor de soldadura de una lámina de acero que tiene la estructura formada de ferrita y martensita, desde el punto de vista de la resistencia a la corrosión, el deterioro de la resistencia a la corrosión de una parte de fase de ferrita que provoca la precipitación de carbonitruro o similares durante el enfriamiento se convierte en un problema. En la lámina de acero de acuerdo con la presente invención, el carbonitruro o similares de Cr se precipitan en la zona afectada por el calor de soldadura en el momento de la soldadura de manera que el agotamiento de Cr se produce en la proximidad del límite de grano por lo que, particularmente, se puede superar un inconveniente de que la resistencia a la corrosión intergranular de la parte de fase de ferrita se deteriore debido al contenido de Ti. Para permitir que Ti exhiba tal función, es necesario ajustar el contenido de Ti a $4x(C + N)$ o más (C, N indica el contenido (% en masa) de C y N). Por otra parte, incluso cuando el contenido de Ti excede 0.3%, no sólo la ventaja de Ti es saturada sino también una gran cantidad de carbonitruro o similares de Ti se precipitan en el acero provocando así el deterioro de la tenacidad de la lámina de acero. Por consiguiente, el contenido de Ti está limitado a $4x(C + N)$ o más y 0.3% o menos. El contenido de Ti está más preferiblemente limitado a un valor que cae dentro de un intervalo de 0.180 a 0.230%. Es decir, es efectivo para la lámina de acero reducir C, N tal que el contenido de Ti satisface simultáneamente $4x(C + N)$ o más.

En la presente invención, para aumentar la productividad (rata de rendimiento) o la capacidad de fabricación, y particularmente para suprimir la aparición de costras (defectos de superficie) que se producen debido a grietas o inclusión en una etapa de la plancha, es importante reducir V, Ca y O como se describe a continuación.

V: 0.05% o menos

A menudo es el caso en el que se añade V a una lámina de acero como una impureza en una materia prima de Cr o similares, y puede haber el caso donde se agregue V a una lámina de acero de forma no intencional. Sin embargo, para suprimir la aparición de grietas particularmente en una etapa de la plancha, es necesario regular estrictamente el contenido de V. Desde este punto de vista, es necesario limitar el contenido de V a 0.05% o menos. Es más preferible limitar el contenido de V a 0.03% o menos. Es aún más preferible limitar el contenido de V a menos del 0.03%. Aunque se puede obtener un efecto de supresión de la grieta más grande limitando el contenido de V a 0.01% o menos, se hace necesaria la selección de una materia prima o similares y, por lo tanto, tal limitación del contenido de V resulta económicamente desventajosa.

Ca: 0.0030% o menos

5 El calcio forma una inclusión de un bajo punto de fusión y por lo tanto, Ca se convierte en una causa de un defecto superficial particularmente atribuido a la inclusión. Por consiguiente, en la presente invención, es necesario restringir estrictamente el contenido de Ca, y un límite superior del contenido de Ca está limitado a 0.0030%. Es preferible que el contenido de Ca sea lo más pequeño posible, y el contenido de Ca puede estar preferiblemente limitado a 0.0010% y puede estar más preferiblemente limitado a 0.0002% o menos. Sin embargo, la selección de la materia prima o similares se hace necesaria y, por lo tanto, tal limitación del contenido de Ca resulta económicamente desventajoso.

O: 0.0080% o menos

10 Es necesario suprimir el contenido de O con el fin de suprimir la generación de una inclusión en base a óxido, que asegura así alta productividad y por lo tanto, un límite superior del contenido de O se establece en 0.0080%. El límite superior del contenido de O se establece más preferiblemente en 0.060% o menos.

Además, en la presente invención, la resistencia a la corrosión y la productividad se pueden mejorar en gran medida estableciendo un valor F y un valor FFV descrito a continuación en el intervalo adecuado.

Valor $F \leq 11$

15 El valor F se expresa por $Cr+2xSi+4xTi-2xNi-Mn-30x(C + N)$ (los símbolos de los elementos respectivos que son contenidos de los elementos (% en masa)), y es un parámetro para estimar la microestructura de una zona afectada por el calor de soldadura en el momento de la soldadura. Para ser más específico, el valor F es un parámetro para estimar una fracción volumétrica de la estructura martensítica (una rata residual de la estructura de ferrita). En una parte de una lámina de acero tal como una zona afectada por el calor de soldadura que se expone a una temperatura elevada, una parte de la zona se transforma en austenita (o una porción de la parte se transforma adicionalmente en δ ferrita (ferrita delta)), y estas fases se transforman en martensita en un paso de enfriamiento. La rata está influenciada por un balance cuantitativo entre elementos estabilizadores de ferrita (elementos de formación de ferrita) y elementos estabilizadores de austenita (elementos de formación de austenita). En la fórmula anteriormente mencionada que expresa el valor F, los elementos que tienen un coeficiente positivo (Cr, Si, Ti) son los elementos estabilizadores de ferrita y los elementos que tienen un coeficiente negativo (Ni, Mn, C, N) son los elementos estabilizadores de austenita. Es decir, cuanto mayor sea el valor de F, más probable es que permanezca la estructura de ferrita (cuanto más grande sea una fracción volumétrica de la estructura de ferrita, es decir, más pequeña se torna una fracción volumétrica de la estructura martensítica), mientras que cuanto más pequeño sea el valor de F, más escasamente la estructura de ferrita permanece (cuanto menor sea la fracción volumétrica de la ferrita, es decir, mayor se torna una fracción volumétrica de la estructura martensítica).

35 En el Documento de patente 5 se intenta la optimización del contenido investigando la relación entre el valor F y una fracción volumétrica de la estructura martensítica de la zona afectada por el calor de soldadura y evaluando la resistencia a la corrosión de un área en la vecindad de la zona afectada por el calor de soldadura mediante un ensayo de corrosión de ácido sulfúrico-sulfato de cobre. También en esta realización, de la misma manera que el Documento de patente 5 antes mencionado, para mejorar la resistencia a la corrosión de la zona afectada por calor de soldadura, el valor F antes mencionado está limitado a 11 o menos (fracción volumétrica de martensita: 40% o más). El valor F antes mencionado se limita preferiblemente a 10.5 o menos (fracción volumétrica de martensita: 60% o más), y está más preferiblemente limitado a 10 o menos. Aquí, desde un punto de vista de la resistencia a la corrosión en la parte soldada, un límite inferior del valor F se establece preferiblemente a 5.0 o más y se fija preferiblemente a 6.0 o más.

40 Valor $FFV \leq 9.0$.

45 El valor FFV se expresa con $Cr+3xSi+16xTi+Mo+2xAl-2xMn-4x(Ni+Cu)-40x(C+N)+20xV$ (siendo los respectivos símbolos de elementos los contenidos de los elementos (% en masa)). El FFV se introduce recientemente en la presente invención como un índice para indicar la capacidad de fabricación. El valor FFV se ajusta tomando en cuenta un balance de fase durante el laminado en caliente. Mediante el ajuste de los componentes como se ha descrito anteriormente, particularmente regulando el contenido de Al y los límites superiores de V, Ca, O y, a continuación, ajustando este valor FFV menor, se puede reducir notablemente la aparición de defectos de superficie causados por grietas en una etapa de la plancha o inclusiones. La característica técnica significativa de la presente invención radica en tener éxito en suprimir en gran medida la disminución de una rata de rendimiento provocada por la aparición de un defecto superficial optimizando un nuevo parámetro que tome en consideración una cantidad de Al que no se tomó en consideración en el momento de inventar el valor F. Aunque el mecanismo de mejora de la capacidad de fabricación por optimización del valor FFV no está totalmente aclarado, ya que la capacidad de fabricación se mejora en gran medida limitando el valor FFV a 9.0 o menos, el valor FFV se establece a 9.0 o menos. El valor FFV se establece preferiblemente a 8.5 o menos. Aunque es efectivo disminuir una cantidad de Cr o aumentar cantidades de C, N para hacer que el valor FFV pequeño, existe la posibilidad de que la reducción de la cantidad de Cr o el aumento de las cantidades de C, N deterioren la resistencia a la corrosión. Por consiguiente, es preferible establecer el límite inferior del valor FFV a 5.0 o más, y es más preferible establecer el límite inferior del valor FFV a 6.0 o más.

Para la lámina de acero de la presente invención que se usa en un estado de una lámina laminada en caliente o una lámina recocida laminada en caliente, el control de las grietas en una etapa de plancha y las inclusiones es importante

para reducir los defectos superficiales. Es debido a que, con respecto a la aparición de defectos superficiales, porciones tales como grietas o costras que reducen en gran medida una tasa de rendimiento no sólo deterioran la apariencia sino que también se convierten en un punto de partida de la aparición de oxidación y por lo tanto, es necesario cortar las porciones donde se producen grietas o costras en el momento del envío de la lámina de acero como un producto. Aunque la fórmula antes mencionada sobre el valor FFV incluye Mo, V, Cu, puede haber un caso donde estos componentes no se añadan al acero. Cuando estos contenidos no se añadan al acero, el valor FFV se calcula ajustando el contenido de los componentes no contenidos en el acero al 0%.

La Fig. 1 muestra la relación entre el valor FFV y una tasa de ocurrencia de defecto superficial. La tasa de ocurrencia de defectos superficiales se calculó sobre la base de una longitud de una porción donde se producen defectos con respecto a la longitud total de una bobina. Se entiende que limitando el valor FFV dentro de un intervalo de 9.0 o inferior, la ocurrencia de defectos superficiales puede ser notablemente suprimida.

En la presente invención, el acero puede contener Cu dentro de un siguiente intervalo cuando sea necesario además de los componentes antes mencionados.

Cu: 1.0% o menos

Cu es un elemento que mejora la resistencia a la corrosión, y es un elemento que reduce particularmente la corrosión por hendidura. Por consiguiente, se puede añadir Cu cuando se pide al acero que posea alta resistencia a la corrosión. Sin embargo, cuando el contenido de Cu excede 1.0%, la capacidad de trabajo en caliente se deteriora, y también un balance de fase a una temperatura alta colapsa y, por lo tanto, es difícil para una zona afectada por el calor de soldadura adquirir la microestructura deseada. Por consiguiente, cuando se añade Cu a la composición, se establece un límite superior del contenido de Cu al 1.0%. Para permitir que el Cu presente un efecto de mejora de la resistencia a la corrosión suficiente, es efectivo ajustar el contenido de Cu a 0.3% o más. El contenido de Cu se ajusta más preferiblemente a un valor que cae dentro de un intervalo de 0.3 a 0.5%.

Mo: 1.0% o menos

Mo es un elemento que mejora la resistencia a la corrosión y se puede añadir a la composición cuando se pide a una lámina de acero que posea una alta resistencia a la corrosión particularmente. Sin embargo, cuando el contenido de Mo supera excede 1.0%, se deteriora la capacidad de trabajo en frío, y también se produce una superficie rugosa en el laminado en caliente, de manera que la calidad superficial se deteriora extremadamente. Por consiguiente, cuando se añade Mo a la composición, se establece un límite superior del contenido de Mo a 1.0%. Para permitir que Mo exhiba una resistencia a la corrosión suficiente, es efectivo ajustar el contenido de Mo a 0.03% o más. El contenido de Mo se ajusta más preferiblemente a un valor que cae dentro del intervalo de 0.1 a 1.0%.

En la presente invención, además de la mejora de la resistencia a la corrosión adquirida mediante la adición de 1.0% o menos de Cu o Mo descrita anteriormente, se pueden añadir otros elementos en base a hallazgos convencionales para mejorar la ductilidad o similares debido a la adición de 0.005% o menos de B. También en este caso, es importante tener en cuenta un balance de fase a alta temperatura. Nb es un fuerte elemento estabilizador y colapsa en gran medida un balance de fases combinándose con C o N y por lo tanto, Nb no se añade en la presente invención. Un equilibrio distinto de los elementos anteriormente prescritos está constituido por Fe e impurezas inevitables.

En la lámina de acero de la presente invención, ajustando el valor F mencionado anteriormente a 11 o menos para mejorar la resistencia a la corrosión de una zona afectada por el calor de soldadura, una martensita en la fracción volumétrica de la zona afectada por calor el calor de soldadura se convierte en 40% o más. Preferiblemente ajustando el valor F antes mencionado a 10.5 o menos, la fracción de martensita de la zona afectada por calor de soldadura se convierte en 60% o más. Ajustando preferiblemente además el valor F antes mencionado a 10 o menos, la martensita en la fracción volumétrica de la zona afectada por calor el calor de soldadura se convierte en 80% o más en este caso. También en la lámina de acero de acuerdo con la presente invención, el 50% o más de una porción de acero de matriz (material de base) en la fracción de volumen está formada por la estructura de ferrita. La estructura restante está formada, en particular en estado laminado en caliente, de la estructura donde está presente una fase de martensita y una fase γ residual y contienen parcialmente carbonitruro o similares. Particularmente, con respecto a la estructura de una lámina recocida laminada en caliente que se fabrica tal como se describe más adelante, de modo que los contenidos de los componentes se ajustan para caer dentro de un intervalo de composición apropiado y el recocido laminado en caliente se aplica bajo una condición de recocido apropiada, casi el 100% de la estructura tiene la estructura de la fase de ferrita en la fracción volumétrica y por lo tanto, la estructura posee la excelente capacidad de trabajo.

A continuación, se explica un método de fabricación de una lámina de acero inoxidable de acuerdo con la presente invención.

El método de fabricación de una lámina de acero inoxidable de la presente invención se puede realizar de acuerdo con un método dado y no está limitado específicamente. Sin embargo, como un método que puede fabricar una lámina de acero inoxidable con un alto rendimiento, se recomienda un método donde un acero fundido que tiene la composición arriba mencionada es formado hasta dar una plancha mediante fundición continua o similares, la plancha es formada hasta una bobina laminada en caliente, la bobina laminada en caliente es recocida según se requiera y,

después de ello, se ejecuta desincrustación (limpieza por disparo, decapado y similares), fabricando así una lámina de acero inoxidable de acuerdo con la presente invención.

A continuación, se explica en detalle el método de la presente invención.

5 En primer lugar, se produce un acero fundido ajustado a la composición de la presente invención mediante un horno de fusión comúnmente usado tal como un convertidor de acero o un horno eléctrico y, a continuación, el acero fundido se refina mediante un método de refinado conocido tal como un método de eliminación de gases al vacío (método RH), un método de VOD (Descarburización con Oxígeno al Vacío) o un método AOD (Descarburización con Oxígeno de Argón), y el acero fundido se forma en una plancha de acero (material de acero en bruto) mediante una colada continua o un método de fabricación de lingotes/tochos. Es preferible adoptar la colada continua como un método de colada desde un punto de vista de productividad y calidad. Además, el espesor de una plancha puede ajustarse preferiblemente a 100 mm o más para asegurar una proporción de reducción en la laminación gruesa en caliente descrita más adelante. Es más preferible ajustar el grosor de la plancha dentro de un intervalo de 200 mm o más.

15 A continuación, la plancha de acero se calienta hasta una temperatura de 1100 a 1300°C y, posteriormente, se somete a laminado en caliente por lo que se forma una lámina de acero laminada en caliente. Es deseable establecer la temperatura de calentamiento de la plancha alta para mejorar la resistencia a la rugosidad superficial de la lámina laminada en caliente o la propiedad anti-estriado o la propiedad de estriado después del recocido en laminado en frío. Sin embargo, cuando la temperatura de calentamiento de la plancha supera los 1300°C, la generación de escoria se hace notable, y los granos de cristal se vuelven gruesos, deteriorando así la tenacidad de la lámina laminada en caliente. Por otra parte, cuando la temperatura de calentamiento de la plancha es inferior a 1100°C, una carga en la laminación en caliente se hace alta y, por lo tanto, la superficie rugosa en la laminación en caliente se hace notable y también la recristalización durante la laminación en caliente se hace insuficiente, deteriorando de ésta manera también la tenacidad de la lámina laminada en caliente.

20 En un paso de laminación áspera en caliente, es preferible realizar laminado a una tasa de reducción del 30% o más en un intervalo de temperatura que excede 1000°C durante al menos 1 paso o más. Debido a esta laminación con una alta tasa de reducción, la estructura de grano (cristal) de una lámina de acero se hace fina de modo que se mejora la tenacidad de la lámina de acero. Después del laminado en caliente, el laminado de acabado en caliente se realiza de acuerdo con un método dado (bajo una condición de laminado de acabado en caliente usual).

25 Una lámina laminada en caliente que tiene un espesor de lámina de aproximadamente 2.0 a 8.0 mm que se fabrica por laminado en caliente se usa como un material estructural directamente o a través de decapado sin recocido. El decapado puede aplicarse a la lámina laminada en caliente después de que la lámina laminada en caliente es recocida a una temperatura de 600 a 1000°C. Cuando una temperatura de recocido de la lámina laminada en caliente es inferior a 600°C, puede haber un caso en el que una fase de martensita o una fase de γ residual que tenga una posibilidad de existir en un estado laminado en caliente permanezca y, por lo tanto, la estructura de ferrita se convierte en 50% menos en términos de una fracción volumétrica por la que la lámina de acero no puede adquirir la capacidad de trabajo suficiente. Por otra parte, cuando la temperatura de recocido supera los 1000°C, el engrosamiento del tamaño del grano se hace notable y, por lo tanto, se deteriora la tenacidad de la lámina laminada en caliente. El recocido de la lámina laminada en caliente puede realizarse preferiblemente de modo que la lámina laminada en caliente se mantenga en una temperatura predeterminada de 600 a 1000°C durante 1 hora o más mediante el denominado recocido en caja. Además, cuando la temperatura de recocido se hace excesivamente alta, hay un caso donde la lámina laminada en caliente entra en una temperatura en la que tiene lugar la transformación de γ y, por lo tanto, no es preferible la temperatura excesivamente alta. Por consiguiente, es necesario ajustar la composición dentro de un intervalo apropiado y seleccionar un intervalo de temperaturas adecuado correspondiente a la composición. En el intervalo de composición del acero de la presente invención, cuando la temperatura de recocido se ajusta principalmente a un valor que cae dentro de 600 a 900°C, casi el 100% de la lámina laminada en caliente se convierte en una fase de ferrita en términos de una fracción volumétrica y por lo tanto, es preferible fijar la temperatura de recocido dentro de este intervalo de temperatura.

30 Como soldadura de una lámina de acero inoxidable de acuerdo con la presente invención, todos los métodos usuales de soldadura que incluyen soldadura por arco, tales como soldadura TIG o soldadura MIG, soldadura por costura, soldadura por resistencia tal como soldadura por puntos, soldadura por láser y similares son aplicables al acero de la presente invención.

[Realización]

35 El acero inoxidable que tiene la composición mostrada en la Tabla 1 se forma en planchas con un espesor de 200 mm a través de un convertidor de acero, VOD y colada continua. Estas planchas se calientan a una temperatura de 1180°C y, a continuación, la plancha se forma en una lámina laminada en caliente en forma de bobina que tiene un espesor de lámina de 5.0 mm por laminación en caliente. Una temperatura de acabado de laminado en caliente (suministro) se ajusta a 900°C, y una temperatura de bobinado después de la laminación en caliente se ajusta a 700°C. La lámina de acero laminada en caliente obtenida se somete a recocido a una temperatura de 690°C durante 10 horas y, a continuación, se eliminan las incrustaciones de la lámina de acero laminada en caliente mediante granallado y decapado.

Después de retirar las incrustaciones se cortan muestras de placa plana de la lámina de acero, se ensamblan especímenes en forma de T de cada una formados por una placa inferior y una placa vertical, y a ambos lados de los especímenes en forma de T se aplica un paso de soldadura en filete (soldadura de arco metálico con gas, gas protector: Ar 98% en volumen - O₂ 2 % en volumen, rata de flujo: 20 litros/min), formando así especímenes con tres soldaduras en filete. Como barra de soldadura se usa acero MGS-309LS hecho por Kobe steel limited, y se ajusta un calor de entrada de soldadura a un valor que cae dentro de un intervalo de 0.4 a 0.8kJ/mm.

Los especímenes de corrosión se muestrean a partir de estas piezas soldadas rellenas de estos especímenes de soldadura en filete, y los especímenes de corrosión se someten a un ensayo de corrosión de ácido sulfúrico-sulfato de cobre (ensayo de Strauss Modificado de acuerdo con ASTM A262 práctica E y ASTM A763 práctica Z, un líquido de prueba: Cu/6%CuSO₄/0.5%H₂SO₄, se sumerge un espécimen con superficies finales pulidas en el líquido de prueba hirviendo durante 20 horas), y se observa un estado de corrosión de un área en la vecindad de una zona afectada por el calor de soldadura.

La Fig. 2 es una micrografía óptica que muestra un ejemplo de observación de un corte transversal del espécimen después del ensayo de corrosión de ácido sulfúrico-sulfato de cobre. La evaluación "C" se da para un caso donde se observa corrosión intergranular o se observa corrosión en forma de pozo mucho más profunda que la corrosión intergranular en la zona afectada por el calor de soldadura como se muestra en la fotografía. La evaluación "B" se da para un caso donde se observa una ligera corrosión en la zona afectada por calor de soldadura. La evaluación "A" se da para un caso donde la corrosión no se observa mediante la observación usando un microscopio óptico. Además, se observa un estado superficial de la lámina recocida laminada en caliente después del decapado sobre la longitud completa de la lámina. Mediante el uso una rata de una longitud de la lámina recocida laminada en caliente a lo largo de la cual se observa un defecto de superficie causado por grietas en una plancha o inclusión con respecto a la longitud completa de la lámina recocida laminada en caliente como un índice, la evaluación se realiza dando "a" a un caso donde la rata de ocurrencia de defectos es 3% o menos, "b" a un caso donde la rata de ocurrencia de defecto es 3% o más y 30% o menos, y "c" a un caso donde la rata de ocurrencia de defecto es más del 30%. Estos resultados se muestran en la Tabla 2.

Como un resultado, con respecto a los ejemplos de la presente invención No. 1 a 5, 10 a 13 y 15 que caen dentro del alcance de la presente invención, estos ejemplos exhiben una resistencia favorable a la corrosión de piezas soldadas y un estado superficial de la parte soldada es también extremadamente favorable. Por el contrario, con respecto a los ejemplos de comparación No. 9 y 14 donde el valor F cae fuera del alcance de la presente invención, una cantidad de generación de martensita en la zona afectada por calor de soldadura es pequeña y por lo tanto, estos ejemplos exhiben claramente la resistencia a la corrosión intergranular inferior a la resistencia a la corrosión intergranular de los ejemplos de la presente invención. Además, con respecto a un ejemplo de comparación No. 6 donde un contenido de Si es superior a un intervalo de contenido de Si de la presente invención y un contenido de Al es inferior a un intervalo de contenido de Al de la presente invención y los ejemplos de comparación No. 7, 8, 9 y 14 donde el valor FFV cae fuera de un intervalo del valor FFV de la presente invención, en la observación superficial llevada a cabo después del laminado en caliente y el recocido, se observan muchas grietas atribuidas a la plancha y muchas costras atribuidas a las inclusiones.

Puesto que la presente invención se usa en un estado de una lámina laminada en caliente o una lámina recocida laminada en caliente, la aparición de costras reduce en gran medida una rata de rendimiento. Esto se debe a que las porciones de costra no solo presentan un aspecto pobre, sino que también se convierten en un punto de partida de la aparición de oxidación y, por lo tanto, es necesario cortar porciones que corresponden a las porciones de costras en el momento del envío de la lámina laminada en caliente o la lámina recocida laminada en caliente como un producto.

Tabla 1

No.	Composición química (% en masa)														Valor F	Valor FFV	
	C	Si	Mn	P	S	Al	Cu	Ni	Cr	Ti	V	N	O	Ca			
1	0.022	0.24	1.87	0.034	0.005	0.105		0.65	11.2	0.194	0.01	0.0150	0.0052	0.0010	8.2	7.6	acero de la presente invención
2	0.026	0.30	1.53	0.029	0.001	0.120		0.65	12.6	0.180	0.01	0.0242	0.005	0.0005	9.2	8.4	acero de la presente invención
3	0.015	0.28	1.90	0.031	0.004	0.119		0.7	11.4	0.210	0.01	0.0195	0.0065	0.0001	6.5	8.1	acero de la presente invención
4	0.02	0.21	1.64	0.034	0.003	0.062	0.40	0.80	12.0	0.192	0.01	0.0165	0.0055	0.0024	8.9	6.5	acero de la presente invención
5	0.018	0.24	1.95	0.030	0.003	0.103		0.60	11.0	0.185	0.03	0.0145	0.005	0.0001	8.1	7.9	acero de la presente invención
6	0.018	0.45	1.70	0.030	0.010	0.013		0.91	11.2	0.240	0.01	0.0130	0.0062	0.0001	6.8	8.3	acero de comparación
7	0.022	0.40	1.70	0.025	0.002	0.006		0.40	11.1	0.200	0.01	0.0140	0.0054	0.0010	9.1	9.3	acero de comparación
8	0.020	0.40	1.9	0.030	0.006	0.014		0.91	11.2	0.251	0.10	0.0100	0.0055	0.0001	8.4	9.8	acero de comparación
9	0.01	0.50	1.20	0.029	0.002	0.004		0.30	11.9	0.200	0.01	0.0120	0.0057	0.0002	11.2	12.3	acero de comparación
10	0.020	0.29	1.91	0.026	0.002	0.113		0.60	11.5	0.221	0.008	0.0171	0.0054	0.0004	8.2	7.5	acero de la presente invención
11	0.019	0.40	1.81	0.030	0.001	0.107	0.45	0.95	13.0	0.298	0.02	0.0171	0.0054	0.0004	10.2	8.9	acero de la presente invención
12	0.025	0.19	1.95	0.031	0.002	0.150		0.65	10.1	0.194	0.04	0.0198	0.0054	0.0004	6.1	5.4	acero de la presente invención
13	0.022	0.22	1.89	0.031	0.002	0.122		0.80	12.1	0.205	0.01	0.0178	0.0049	0.0002	8.7	7.9	acero de la presente invención
14	0.025	0.38	1.12	0.034	0.003	0.250		0.60	13.0	0.297	0.03	0.0193	0.0056	0.0005	11.3	13.6	acero de comparación
15	0.023	0.25	1.85	0.030	0.002	0.110		0.71	11.5	0.216	0.02	0.0154	0.0051	0.0005	8.4	8.4	acero de la presente invención

ES 2 643 150 T3

Tabla 2

No.	Resultado de ensayo ácido sulfúrico-sulfato de cobre	Calidad superficial	
1	A	a	acero de la presente invención
2	A	a	acero de la presente invención
3	A	a	acero de la presente invención
4	A	a	acero de la presente invención
5	A	a	acero de la presente invención
6	A	b	acero de comparación
7	A	b	acero de comparación
8	B	b	acero de comparación
9	C	c	acero de comparación
10	A	a	acero de la presente invención
11	A	a	acero de la presente invención
12	A	a	acero de la presente invención
13	A	a	acero de la presente invención
14	C	b	acero de comparación
15	A	a	acero de la presente invención

A: sin corrosión
 B: ligera corrosión
 C: corrosión intergranular o corrosión en forma de pozo profundo
 a: tasa de ocurrencia de defecto de 3% o menos
 b: tasa de ocurrencia de defecto que excedía 3% y 30% o menos
 c: tasa de ocurrencia de defecto que excedía 30%

REIVINDICACIONES

- 5 1. Una lámina de acero inoxidable estructural que tiene una composición que contiene en % en masa 0.01 a 0.03% C, 0.01 a 0.03% N, 0.10 a 0.40% Si, 1.5 a 2.5% Mn, 0.04% o menos P, 0.02% o menos S, 0.05 a 0.15% Al, 10 a 13% Cr, 0.5 a 1.0% Ni, $4x(C+N)$ o más y 0.3% o menos Ti (C, N que indican contenidos (% en masa) de C y N), y Fe e impurezas inevitables como un balance, V, Ca y O en las impurezas inevitables que son reguladas a 0.05% o menos V, 0.0030% o menos Ca y 0.0080% o menos O, en la que la lámina de acero adicionalmente contiene opcionalmente 1.0% o menos Cu en % en masa y/o 1.0% o menos Mo en % en masa, y/o 0.005% o menos B, en la que un valor F y un valor FFV expresados por las siguientes fórmulas satisfacen una condición que valor $F \leq 11$ y valor $FFV \leq 9.0$.

$$\text{Valor F} = Cr+2 \times Si+4 \times Ti-2 \times Ni-Mn-30 \times (C+N)$$

10 $\text{Valor FFV} = Cr+3 \times Si+16 \times Ti+Mo+2 \times Al-2 \times Mn-4 \times (Ni+Cu)-40 \times (C+N)+20 \times V$

En las fórmulas, los símbolos de los elementos respectivos son contenidos de los elementos (% en masa).

- 15 2. El método de fabricación de una lámina de acero inoxidable estructural, en el que una plancha de acero que tiene una composición que contiene en % en masa 0.01 a 0.03% C, 0.01 a 0.03% N, 0.10 a 0.40% Si, 1.5 a 2.5% Mn, 0.04% o menos P, 0.02% o menos S, 0.05 a 0.15% Al, 10 a 13% Cr, 0.5 a 1.0% Ni, $4x(C+N)$ o más y 0.3% o menos Ti (C, N que indican contenidos (% en masa) de C y N), y Fe e impurezas inevitables como un balance, V, Ca y O en las impurezas inevitables que son reguladas a 0.05% o menos V, 0.0030% o menos Ca y 0.0080% o menos O, en la que la lámina de acero adicionalmente contiene opcionalmente 1.0% o menos Cu en % masa y/o 1.0% o menos Mo en % en masa, y/o 0.005% o menos B, en la que un valor F y un valor FFV expresados por las siguientes fórmulas satisfacen una condición que el valor $F \leq 11$ y el valor $FFV \leq 9.0$ se calentaron a una temperatura de 1100°C a 1300°C y, a continuación, se realiza un laminado en caliente que incluye una laminación en caliente rugosa donde la laminación durante al menos 1 paso o más a una tasa de reducción del 30% o más en un intervalo de temperatura que excede 1000°C, o se realiza la laminación en caliente sin recocer la lámina laminada en caliente o después de recocer la lámina laminada en caliente a una temperatura de 600 a 1000°C y, a continuación, se aplica decapado a la lámina laminada en caliente o a la lámina laminada en caliente recocida.
- 20

$$\text{Valor F} = Cr+2 \times Si+4 \times Ti-2 \times Ni-Mn-30 \times (C+N)$$

25

$$\text{Valor FFV} = Cr+3 \times Si+16 \times Ti+Mo+2 \times Al-2 \times Mn-4 \times (Ni+Cu)-40 \times (C+N)+20 \times V$$

En las fórmulas, los símbolos de los elementos respectivos son contenidos de los elementos (% en masa).

FIG.1

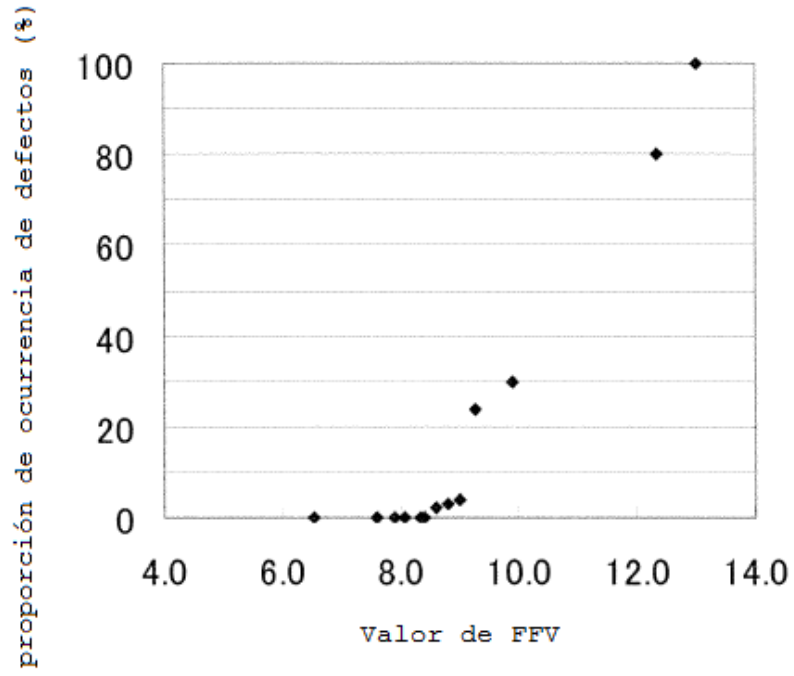


FIG.2

