

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 767 505**

51 Int. Cl.:

C22C 38/28 (2006.01)
C21D 8/02 (2006.01)
C22C 38/00 (2006.01)
C22C 38/02 (2006.01)
C22C 38/04 (2006.01)
C22C 38/06 (2006.01)
C21D 6/00 (2006.01)
C21D 9/00 (2006.01)
B22D 11/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **30.04.2015 PCT/KR2015/004410**
- 87 Fecha y número de publicación internacional: **30.06.2016 WO16104883**
- 96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **30.04.2015 E 15873411 (1)**
- 97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **13.11.2019 EP 3239335**

54 Título: **Acero inoxidable ferrítico con excelente ductilidad y método de fabricación del mismo**

30 Prioridad:

26.12.2014 KR 20140190545

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
17.06.2020

73 Titular/es:

**POSCO (100.0%)
(Goedong-dong) 6261, Donghaean-ro, Nam-gu,
Pohang-si
Gyeongsangbuk-do 790-300, KR**

72 Inventor/es:

**PARK, SOO-HO y
SHIM, JAE-HONG**

74 Agente/Representante:

CARVAJAL Y URQUIJO, Isabel

ES 2 767 505 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

Acero inoxidable ferrítico con excelente ductilidad y método de fabricación del mismo.

[Campo técnico]

5 La presente divulgación se refiere a acero inoxidable ferrítico que tiene un alto grado de ductilidad y un método de fabricación del acero inoxidable ferrítico, y más particularmente, a un nuevo tipo de acero inoxidable ferrítico proporcionado mejorando el acero inoxidable ferrítico que tiene una ductilidad pobre en comparación con acero inoxidable austenítico para uso en aplicaciones que requieren alta ductilidad, y un método de fabricación del acero inoxidable ferrítico.

[Antecedentes de la técnica]

10 Los aceros inoxidables ferríticos tienen un alto grado de resistencia a la corrosión a pesar de que el contenido de elementos de aleación caros en los aceros inoxidables ferríticos es bajo. Es decir, los aceros inoxidables ferríticos son más competitivos en precio que los aceros inoxidables austeníticos. Los aceros inoxidables ferríticos se usan en aplicaciones tales como materiales de construcción, vehículos de transporte o utensilios de cocina. Sin embargo, los aceros inoxidables de ferrita tienen poca ductilidad y, de este modo, es difícil usar aceros inoxidables ferríticos en lugar de aceros inoxidables austeníticos en muchas aplicaciones. Por lo tanto, se han realizado muchos esfuerzos para mejorar la ductilidad de los aceros inoxidables ferríticos y, de este modo, para aumentar las aplicaciones de los aceros inoxidables ferríticos.

20 Con este fin, se han realizado intentos para mejorar la ductilidad de los aceros inoxidables ferríticos limitando la cantidad total o el número de precipitados en los aceros inoxidables ferríticos. Sin embargo, aún no se han informado resultados significativos.

El documento JP H09 287021 A se refiere a una tira de acero laminado en caliente de acero inoxidable ferrítico de alta pureza con buena capacidad de trabajo obtenida sin ejecutar laminado en frío y recocido.

25 El documento JP 2000 144342 A se refiere a un acero inoxidable ferrítico con buena formabilidad, que es capaz de trabajar una losa moldeada continuamente en una forma prescrita sin causar defectos superficiales, grietas o fracturas. Las inclusiones de Al y las inclusiones de Ti se dispersan en el acero.

El documento EP 1 514 949 A1 se refiere a una lámina de acero inoxidable ferrítico que contiene Ti y a un método de fabricación de la misma. El acero inoxidable ferrítico tiene un número de tamaño de grano de ferrita de 6.0 o más y un diámetro promedio de precipitados con base de Ti de 0.05-1.0 μm. El método de fabricación comprende laminado en caliente y recocido de recristalización.

30 [Divulgación]

[Problema técnico]

Un aspecto de la presente divulgación proporciona acero inoxidable ferrítico que tiene un alto grado de ductilidad y un método de fabricación del acero inoxidable ferrítico.

35 La presente divulgación no se limita al aspecto mencionado anteriormente. Otros aspectos de la presente divulgación se exponen en la siguiente descripción, y los aspectos de la presente divulgación serán claramente entendidos por los expertos en la materia a través de la siguiente descripción.

[Solución técnica]

40 Según un aspecto de la presente divulgación, el acero inoxidable ferrítico incluye, en % en peso, C: 0.005% a 0.1%, Si: 0.01% a 2.0%, Mn: 0.01% a 1.5%, P: 0.05% o menos, S: 0.005% o menos, Cr: 10% a 30%, Ti: 0.005% a 0.5%, Al: 0.01% a 0.15%, N: 0.005% a 0.03%, y el saldo de Fe e impurezas inevitables, en el que el acero inoxidable ferrítico comprende un precipitado de Ti(CN) independiente y un precipitado de Ti(CN) dependiente formado usando una inclusión de TiN como núcleo de precipitación, y el acero inoxidable ferrítico tiene un P dentro de un intervalo de 60% o menos, siendo el P definido por la fórmula 1 a continuación:

[Fórmula 1]

$$P (\%) = \{ N_s / (N_s + N_c) \} \times 100$$

45 donde N_s se refiere al número de partículas de precipitado de Ti(CN) independientes por unidad de área (mm²), y N_c se refiere al número de partículas de precipitado de Ti(CN) dependientes por unidad de área (mm²), y en el que el acero inoxidable ferrítico puede incluir 3.5 x 10⁶ o menos partículas del precipitado de Ti(CN) independiente por milímetro cuadrado (mm²) de matriz de ferrita, en el que el precipitado de Ti(CN) independiente tiene un diámetro de

partícula de 0.01 μm o mayor, y en el que el diámetro de partícula del independiente El precipitado de Ti(CN) se mide por microscopía electrónica de transmisión (TEM).

El acero inoxidable ferrítico puede tener preferiblemente un P del 58% o menos.

5 El precipitado de Ti(CN) independiente puede tener un diámetro de partícula promedio de 0.15 μm o menos, en el que el diámetro de partícula promedio del precipitado de Ti(CN) independiente se mide por microscopía electrónica de transmisión (TEM).

La inclusión de TiN puede tener un diámetro de partícula promedio de 2 μm o mayor, en el que el diámetro de partícula promedio de la inclusión de TiN se mide por microscopía electrónica de transmisión (TEM).

El acero inoxidable ferrítico puede tener un alargamiento del 34% o mayor.

10 Según otro aspecto de la presente divulgación, un método de fabricación de acero inoxidable ferrítico de acuerdo con la invención tal como se define en este documento incluye el moldeado de acero fundido como una losa, el
15 acero fundido que incluye, en % en peso, C: 0.005% a 0.1%, Si: 0.01% a 2.0%, Mn: 0.01% a 1.5%, P: 0.05% o menos, S: 0.005% o menos, Cr: 10% a 30%, Ti: 0.005% a 0.5%, Al: 0.01% a 0.15%, N: 0.005% a 0.03%, y el saldo de Fe e impurezas inevitables, en el que en el moldeado del acero fundido, la losa se enfría a una velocidad de enfriamiento promedio de 5 $^{\circ}\text{C}/\text{seg}$ o menos y excluyendo 0 $^{\circ}\text{C}/\text{seg}$ dentro de un intervalo de temperatura de 1000 $^{\circ}\text{C}$ a 1250 $^{\circ}\text{C}$ en base a la temperatura de la superficie de la losa.

En el moldeado del acero fundido, la losa se puede enfriar a una velocidad de enfriamiento promedio de 5 $^{\circ}\text{C}/\text{seg}$ o menos y excluyendo 0 $^{\circ}\text{C}/\text{seg}$ dentro de un intervalo de temperatura de 1100 $^{\circ}\text{C}$ a 1200 $^{\circ}\text{C}$ en base a la superficie temperatura de la losa.

20 Después del moldeado del acero fundido, el método puede incluir además: obtener una lámina laminada en caliente realizando un procedimiento de laminado en caliente sobre la losa; y realizar un procedimiento de recocido en banda caliente en la lámina laminada en caliente dentro de un intervalo de temperatura de 450 $^{\circ}\text{C}$ a 1080 $^{\circ}\text{C}$, durante 60 minutos o menos.

[Efectos ventajosos]

25 El acero inoxidable ferrítico de la presente divulgación tiene un alto grado de ductilidad.

[Descripción de los dibujos]

La figura 1 es una imagen de microscopio electrónico de barrido (SEM) que ilustra la microestructura de una lámina laminada en caliente del ejemplo 1 de la invención.

La figura 2 es una imagen SEM de gran aumento que ilustra la región A en la figura 1.

30 [Mejor modo]

Los inventores han revisado diversos factores para mejorar la ductilidad del acero inoxidable ferrítico y han adquirido el siguiente conocimiento.

35 (1) En general, se agrega una pequeña cantidad de titanio (Ti) al acero inoxidable ferrítico para mejorar la resistencia a la corrosión del acero inoxidable ferrítico. Sin embargo, en este caso, una gran cantidad de Ti(CN) precipita inevitablemente en la matriz de ferrita del acero inoxidable ferrítico que contiene Ti, y el precipitado de Ti(CN) se convierte en la causa principal del deterioro de la ductilidad.

40 (2) El precipitado de Ti(CN) incluye un precipitado de Ti(CN) formado independientemente en la matriz de ferrita (en lo sucesivo denominado "precipitado de Ti(CN) independiente") y un precipitado de Ti(CN) formado con la ayuda de partículas de una inclusión de TiN que se cristalizan durante un procedimiento de fabricación de acero y funcionan como núcleos de precipitación (en lo sucesivo denominado "precipitado de Ti(CN) dependiente"). El precipitado de Ti(CN) dependiente no tiene un efecto significativo sobre el deterioro de la ductilidad en comparación con el precipitado de Ti(CN) independiente.

45 (3) Por lo tanto, si una gran cantidad de Ti(CN) precipita en forma de un precipitado de Ti(CN) dependiente con la ayuda de partículas de inclusión de TiN que funcionan como núcleos de precipitación, la cantidad de partículas de precipitado de Ti(CN) independientes puede disminuir. De esta manera, se puede mejorar la ductilidad del acero inoxidable ferrítico que contiene Ti.

A continuación, se describirá en detalle el acero inoxidable ferrítico que tiene un alto grado de ductilidad según un aspecto de la presente divulgación.

50 Primero, se describirá en detalle la composición del acero inoxidable ferrítico de la presente divulgación. En la siguiente descripción, los contenidos de los elementos se dan en % en peso a menos que se mencione lo contrario.

ES 2 767 505 T3

Carbono (C): 0.005% a 0.1%

5 Como el carbono (C) afecta notablemente la resistencia del acero, si el contenido de carbono (C) en el acero es excesivamente alto, la resistencia del acero puede aumentar en un grado excesivo y la ductilidad del acero puede disminuir. Por lo tanto, el contenido de carbono (C) está limitado a 0.1% o menos. Sin embargo, si el contenido de carbono (C) es excesivamente bajo, la resistencia del acero disminuye demasiado. Por lo tanto, el límite inferior del contenido de carbono (C) está limitado al 0.005%.

Silicio (Si): 0.01% a 2.0%

10 El silicio (Si) es un elemento agregado al acero fundido durante un procedimiento de fabricación de acero para eliminar oxígeno y estabilizar la ferrita. En la presente divulgación, el silicio (Si) se agrega en una cantidad de 0.01% o mayor. Sin embargo, si el contenido de silicio (Si) en el acero es excesivamente alto, la ductilidad del acero puede disminuir debido al endurecimiento. Por lo tanto, el contenido de silicio (Si) está limitado a 2.0% o menos.

Mn (manganeso): 0.01% a 1.5%

15 El manganeso (Mn) es un elemento eficaz para mejorar la resistencia a la corrosión del acero. En la presente divulgación, se agrega manganeso (Mn) en una cantidad de 0.01% o mayor, más preferiblemente, 0.5% o mayor. Sin embargo, si el contenido de manganeso (Mn) en el acero es excesivamente alto, la generación de humos que contienen Mn aumenta notablemente durante un procedimiento de soldadura y, de este modo, disminuye la capacidad de soldadura del acero. Además, un precipitado de MnS puede formarse excesivamente para dar como resultado una disminución de la ductilidad del acero. Por lo tanto, el contenido de manganeso (Mn) está limitado a 1.5% o menos, más preferiblemente 1.0% o menos.

20 Fósforo (P): 0.05% o menos

El fósforo (P) es una impureza inevitablemente incluida en el acero, que causa corrosión en el límite del grano durante un procedimiento de decapado y deteriora la conformabilidad en caliente del acero. Por lo tanto, el contenido de fósforo (P) se ajusta lo más bajo posible. En la presente divulgación, el límite superior del contenido de fósforo (P) se establece en 0.05%.

25 Azufre (S): 0.005% o menos

El azufre (S), una impureza inevitablemente incluida en el acero, se segrega a lo largo de los límites de grano del acero y deteriora la conformabilidad en caliente del acero. Por lo tanto, el contenido de azufre (S) se ajusta lo más bajo posible. En la presente divulgación, el límite superior del contenido de azufre (S) se establece en 0.005%.

Cromo (Cr): 10% a 30%

30 El cromo (Cr) es eficaz para aumentar la resistencia a la corrosión del acero. En la presente divulgación, se agrega cromo (Cr) en una cantidad de 10% o mayor. Sin embargo, si el contenido de cromo (Cr) es excesivamente alto, los costes de fabricación aumentan notablemente y se produce corrosión en el límite del grano. Por lo tanto, el contenido de cromo (Cr) está limitado al 30% o menos.

Titanio (Ti): 0.05% a 0.50%

35 El titanio (Ti) fija el carbono (C) y el nitrógeno (N), disminuyendo así las cantidades de carbono (C) y nitrógeno (N) disueltas en el acero. Además, el titanio (Ti) es eficaz para mejorar la resistencia a la corrosión del acero. En la presente divulgación, se agrega titanio (Ti) en una cantidad de 0.05% o mayor, más preferiblemente 0.1% o mayor. Sin embargo, si el contenido de titanio (Ti) es excesivamente alto, los costes de fabricación aumentan notablemente, y se forman inclusiones que contienen Ti causando defectos superficiales. Por lo tanto, el contenido de titanio (Ti) está limitado al 0.50% o menos, más preferiblemente al 0.30% o menos.

Aluminio (Al): 0.01% a 0.15%

45 El aluminio (Al) es un potente desoxidante usado para disminuir el contenido de oxígeno del acero fundido. En la presente divulgación, se agrega aluminio (Al) en una cantidad de 0.01% o mayor. Sin embargo, si el contenido de aluminio (Al) es excesivamente alto, las inclusiones no metálicas aumentan, causando defectos en las mangas de las tiras laminadas en frío y deteriorando la capacidad de soldadura del acero. Por lo tanto, el contenido de aluminio (Al) está limitado a 0.15% o menos, más preferiblemente 0.1% o menos.

Nitrógeno (N): 0.005% a 0.03%

50 El nitrógeno (N) es un elemento que facilita la recristalización precipitando austenita durante un procedimiento de laminado en caliente. En la presente divulgación, se agrega nitrógeno (N) en una cantidad de 0.005% o mayor. Sin embargo, si el contenido de nitrógeno (N) en el acero es excesivamente alto, la ductilidad del acero disminuye. Por lo tanto, el contenido de nitrógeno (N) está limitado a 0.03% o menos.

El acero inoxidable ferrítico de la presente divulgación incluye 3.5×10^6 o menos partículas de precipitado de Ti(CN) independientes por milímetro cuadrado (mm^2) de matriz de ferrita. Como se describió anteriormente, el precipitado de Ti(CN) incluye un precipitado de Ti(CN) independiente y un precipitado de Ti(CN) dependiente formado usando partículas de inclusión de TiN como núcleos de precipitación. El precipitado de Ti(CN) dependiente no tiene un efecto significativo sobre el deterioro de la ductilidad en comparación con el precipitado de Ti(CN) independiente. Por lo tanto, solo el número de partículas de precipitado de Ti(CN) independientes se controla en la presente divulgación. Si el número de partículas de precipitado de Ti(CN) independientes está fuera del intervalo mencionado anteriormente, es difícil obtener el grado deseado de ductilidad.

Como se describió anteriormente, un método de reducción del número de partículas de precipitado de Ti(CN) independientes es aumentar la cantidad de precipitación de Ti(CN) usando partículas de inclusión de TiN como núcleos de precipitación. Según la presente divulgación, se obtiene un grado deseado de ductilidad ajustando P definido por la fórmula 1 a continuación dentro del intervalo de 60% o menos.

[Fórmula 1]

$$P (\%) = \{ N_s / (N_s + N_c) \} \times 100$$

donde N_s se refiere al número de partículas de precipitado de Ti(CN) independientes por unidad de área (mm^2), y N_c se refiere al número de partículas de precipitado de Ti(CN) dependientes por unidad de área (mm^2).

En la presente divulgación, el precipitado de Ti(CN) independiente que es sujeto de control se limita a tener un diámetro de partícula de $0.01 \mu\text{m}$ o mayor. Dado que hay un límite para analizar y cuantificar el precipitado de Ti(CN) independiente que tiene un diámetro de partícula de menos de $0.01 \mu\text{m}$, no se puede dar una consideración especial al mismo. El límite superior del diámetro de partícula del precipitado de Ti(CN) independiente no se puede establecer específicamente. Sin embargo, dado que es difícil formar un precipitado de Ti(CN) independiente que tenga un diámetro de partícula de $2 \mu\text{m}$ o mayor, el límite superior del diámetro de partícula del precipitado de Ti(CN) independiente se puede establecer en $2 \mu\text{m}$.

Puede ser preferible que el precipitado de Ti(CN) independiente tenga un diámetro de partícula promedio de $0.15 \mu\text{m}$ o menos. Si el diámetro de partícula promedio del precipitado de Ti(CN) independiente es mayor que $0.15 \mu\text{m}$, se pueden formar defectos superficiales aunque el número de partículas de precipitado de Ti(CN) independiente sea pequeño. El término "diámetro de partícula promedio" se refiere al promedio de diámetros circulares equivalentes de partículas medidos observando una sección transversal de acero.

Además, puede ser preferible que el diámetro de partícula promedio de una inclusión de TiN esté dentro del intervalo de $2 \mu\text{m}$ o mayor. La razón de esto es que una inclusión de TiN relativamente gruesa que tiene un diámetro de partícula promedio de $2 \mu\text{m}$ o mayor forma sitios de formación de núcleo de manera más eficiente, y por lo tanto facilita la precipitación de Ti(CN). El límite superior del diámetro de partícula promedio de la inclusión de TiN no está limitado. Sin embargo, si la inclusión de TiN es excesivamente gruesa, el área superficial total de la inclusión de TiN puede ser excesivamente pequeña y, de este modo, puede ser difícil aumentar el número de partículas de precipitado de Ti(CN) dependientes. Por lo tanto, el límite superior del diámetro de partícula promedio de la inclusión de TiN se puede establecer en $20 \mu\text{m}$.

El acero inoxidable ferrítico de la presente divulgación tiene un alto grado de ductilidad. Según una realización de ejemplo de la presente divulgación, el acero inoxidable ferrítico puede tener un alargamiento del 34% o mayor.

El acero inoxidable ferrítico de la presente divulgación se fabrica de la siguiente manera.

En lo sucesivo, se describirá en detalle un método de fabricación de acero inoxidable ferrítico que tiene un alto grado de ductilidad según un aspecto de la presente divulgación.

Según el aspecto de la presente divulgación, el método de fabricación de acero inoxidable ferrítico incluye el moldeado de del acero fundido que tiene la composición descrita anteriormente como una losa. Una de las características técnicas del método es restringir al máximo la formación de un precipitado de Ti(CN) independiente al facilitar la difusión de titanio (Ti), carbono (C) y nitrógeno (N), y de este modo inducir la formación de un precipitado de Ti(CN) dependiente con la ayuda de partículas de inclusión de TiN que funcionan como núcleos de precipitación.

En general, una losa producida por el moldeado del acero fundido se somete a un procedimiento de enfriamiento para mejorar la productividad. Sin embargo, según la investigación realizada por los inventores, si una losa se enfría a una velocidad de enfriamiento normal, se forman partículas de inclusión de TiN relativamente finas en la losa, y Ti(CN) precipita aleatoriamente en la losa, lo que aumenta notablemente el número de partículas de precipitado de Ti(CN) independientes. La razón de esto se especula de la siguiente manera: el enfriamiento relativamente rápido de la losa limita la difusión de elementos de aleación en la losa, y la suficiente energía de formación de núcleos facilita la formación de núcleos de inclusión de TiN y un precipitado de Ti(CN) simultáneamente a través de la losa.

- Sin embargo, según la presente divulgación, después de que el acero fundido es moldeado como una losa, la losa se enfría dentro del intervalo de temperatura de 1100 °C a 1200 °C en base a la temperatura de la superficie de la losa a una velocidad de enfriamiento promedio de 5 °C/seg o menos (excluyendo 0 °C/seg), preferiblemente 3 °C/seg o menos (excluyendo 0 °C/seg), más preferiblemente 2 °C/seg (excluyendo 0 °C/seg). Es decir, los inventores han tratado de precipitar la mayor cantidad posible de Ti(CN) usando partículas de inclusión de TiN como núcleos de precipitación controlando adecuadamente la velocidad de enfriamiento promedio de una losa dentro del intervalo de temperatura de 1100 °C a 1200 °C, y de este modo disminuye el número de partículas de precipitado de Ti(CN) independientes. Los inventores han descubierto que si una losa se enfría en las condiciones descritas anteriormente, el número de partículas de precipitado de Ti(CN) independientes se reduce a un valor diana o menos. La razón de esto puede ser que, dado que el enfriamiento lento garantiza un período de tiempo suficiente para que los elementos de aleación se muevan, grandes cantidades de Ti, C y N se difunden hacia las partículas de inclusión de TiN y precipitan en forma de Ti(CN) usando las partículas de inclusión de TiN como núcleos de precipitación. En la presente divulgación, la velocidad de enfriamiento promedio de la losa se puede controlar usando cualquier método o aparato. Por ejemplo, un material aislante del calor puede disponerse alrededor de un hilo moldeado.
- Como se describió anteriormente, el método para controlar la velocidad de enfriamiento promedio de la losa no está limitado. Por ejemplo, la losa se puede enfriar lentamente a una velocidad de enfriamiento constante dentro del intervalo de temperatura mencionado anteriormente, o la losa se puede enfriar a una velocidad de enfriamiento relativamente alta después de que la losa se mantenga constantemente a una temperatura particular dentro del intervalo de temperatura.
- El intervalo de temperatura dentro del cual la losa se enfría lentamente se amplía a un intervalo de 1000 °C a 1250 °C para inducir la formación de una inclusión gruesa de TiN y permitir que la inclusión gruesa de TiN funcione como sitios de formación de núcleos de manera más eficaz para la precipitación de Ti(CN).

Según una realización de ejemplo de la presente divulgación, el método puede incluir además: formar una lámina laminada en caliente realizando un procedimiento de laminado en caliente de acabado en la losa; y realizar un procedimiento de recocido en banda caliente en la lámina laminada en caliente. Estos procedimientos se describirán ahora en detalle.

Procedimiento de recocido en banda caliente: realizar dentro del intervalo de 450 °C a 1080 °C, durante 60 minutos o menos.

El procedimiento de recocido en banda caliente se realiza para mejorar la ductilidad de la lámina laminada en caliente. Debido al procedimiento de recocido en banda caliente, el precipitado de Ti(CN) independiente se puede disolver nuevamente, y los elementos de aleación disueltos se pueden difundir, disminuyendo así el número de partículas de precipitado de Ti(CN) independientes. Para este fin, el procedimiento de recocido en banda caliente se puede realizar a una temperatura de 450 °C o más alta. Sin embargo, si la temperatura del procedimiento de recocido en banda caliente es más alta que 1080 °C, o la duración del procedimiento de recocido en banda es superior a 60 minutos, el precipitado de Ti(CN) dependiente se puede disolverse nuevamente y, de este modo, los efectos mencionados anteriormente pueden disminuir. El límite inferior de la duración del procedimiento de recocido de banda no está limitado. Por ejemplo, puede ser preferible que el procedimiento de recocido de banda se realice durante 1 minuto o más para obtener efectos suficientes.

Mientras las condiciones de fabricación mencionadas anteriormente para el acero inoxidable ferrítico se controlen como se describe anteriormente, se pueden controlar otras condiciones según las condiciones de fabricación para el acero inoxidable ferrítico normal. Además, la lámina laminada en caliente recocida se puede someter a un procedimiento de laminación en frío y a un procedimiento de recocido de lámina laminada en frío para producir una lámina de acero laminada en frío.

En lo sucesivo, los aspectos de la presente divulgación se describirán más específicamente según los ejemplos. Sin embargo, los siguientes ejemplos se deben considerar solo en un sentido descriptivo y no con fines de limitación. El alcance de la presente invención está definido por las reivindicaciones adjuntas, y las modificaciones y variaciones razonablemente hechas a partir de las mismas.

[Modo para la invención]

Se prepararon aceros fundidos con las composiciones que se muestran en la tabla 1 y se moldearon a una velocidad constante en las condiciones que se muestran en la tabla 2 para producir losas. Las losas se sometieron a un procedimiento de laminado en caliente y un procedimiento de recocido en banda caliente para obtener láminas laminadas en caliente. En la tabla 1, los contenidos de los elementos se dan en % en peso, y en la tabla 2, la velocidad de enfriamiento de la losa es una velocidad de enfriamiento promedio medida en base a la temperatura de la superficie de una losa dentro del intervalo de temperatura de 1100 °C a 1200 °C.

[Tabla 1]

Acero	C	Si	Mn	P	S	Cr	Ti	Al	N
A	0.012	0.25	0.16	0.031	0.003	11.0	0.15	0.040	0.012
B	0.015	0.35	0.8	0.025	0.002	12.0	0.21	0.032	0.015

[Tabla 2]

Acero	Velocidad de enfriamiento de la losa (°C/s) dentro del intervalo de temperatura de 1100°C a 1200°C	Temperatura de recocido en banda caliente (°C)	Tiempo de recocido en banda caliente (min)	Notas
A	2	600	30	Ejemplo de la invención 1
A	2	800	15	Ejemplo de la invención 2
A	6	800	15	Ejemplo comparativo 1
B	1	900	15	Ejemplo de la invención 3
B	6	900	15	Ejemplo comparativo 2

5 Posteriormente, las láminas laminadas en caliente se fotografiaron usando un microscopio electrónico de transmisión (TEM), y el número y la proporción (P) de partículas de precipitado de Ti(CN) independientes que tenían un diámetro de partículas de 0.01 μm o mayor se midieron usando un analizador de imagen. Además, se tomaron muestras de las láminas laminadas en caliente en base a una dirección que forma un ángulo de 90° con la dirección de laminación de las láminas laminadas en caliente según JIS 13B, y se midió el alargamiento de las muestras. Los resultados de las mediciones se muestran en la tabla 3.

10

[Tabla 3]

Acero	Número de partículas de precipitado de Ti(CN) independientes por milímetro (mm ²)	P (%)	Alargamiento (%)	Notas
A	3.1X10 ⁶	56	37	Ejemplo de la invención 1
A	2.9X10 ⁶	42	37	Ejemplo de la invención 2
A	8.9 X10 ⁶	88	30	Ejemplo comparativo 1
B	2.2 X10 ⁶	58	39	Ejemplo de la invención 3
B	6.5 X10 ⁶	79	32	Ejemplo comparativo 2

15

Con referencia a la tabla 3, las muestras de los ejemplos de la invención 1 a 3 que satisfacen las condiciones propuestas en la presente divulgación tenían 3.5×10^6 o menos partículas de precipitado de Ti(CN) independientes por milímetro cuadrado (mm²) y de este modo tenían un alargamiento del 34% o mayor. Sin embargo, cada muestra de los ejemplos comparativos 1 y 2 tenía un número excesivo de partículas de precipitado de Ti(CN) independientes porque la velocidad de enfriamiento de la losa era relativamente alta y, de este modo, la ductilidad de las muestras de los ejemplos comparativos 1 y 2 era pobre.

20

La figura 1 es una imagen de microscopio electrónico de barrido (SEM) que ilustra la microestructura de una lámina laminada en caliente del ejemplo de la invención 1, y la figura 2 es una imagen SEM de aumento más alto que ilustra la región A en la figura 1. Una partícula mostrada en el centro de la región A en la figura 1 corresponde a una partícula de inclusión de TiN cristalizada durante un procedimiento de fabricación de acero. Con referencia a la

figura 2 que ilustra la región A a escala ampliada, una gran cantidad de Ti(CN) ha precipitado sobre la partícula de inclusión de TiN que funciona como un núcleo de precipitación.

REIVINDICACIONES

1. Acero inoxidable ferrítico que comprende, en % en peso, C: 0.005% a 0.1%, Si: 0.01% a 2.0%, Mn: 0.01% a 1.5%, P: 0.05% o menos, S: 0.005% o menos, Cr: 10% a 30%, Ti: 0.005% a 0.5%, Al: 0.01% a 0.15%, N: 0.005% a 0.03%, y el saldo de Fe e impurezas inevitables,

- 5 en el que el acero inoxidable ferrítico comprende un precipitado de Ti(CN) independiente y un precipitado de Ti(CN) dependiente formado usando una inclusión de TiN como núcleo de precipitación, y el acero inoxidable ferrítico tiene un P dentro de un intervalo de 60% o menos, siendo el P definido por la fórmula 1 a continuación:

[Fórmula 1]

$$P (\%) = \{ N_s / (N_s + N_c) \} \times 100$$

- 10 donde N_s se refiere al número de partículas de precipitado de Ti(CN) independientes por unidad de área (mm^2), y N_c se refiere al número de partículas de precipitado de Ti(CN) dependientes por unidad de área (mm^2), y

en el que el acero inoxidable ferrítico comprende 3.5×10^6 o menos partículas del precipitado de Ti(CN) independiente por milímetro cuadrado (mm^2) de matriz de ferrita,

en el que el precipitado de Ti(CN) independiente tiene un diámetro de partícula de $0.01 \mu\text{m}$ o mayor, y

- 15 en el que el diámetro de partícula del precipitado de Ti(CN) independiente se mide por microscopía electrónica de transmisión (TEM).

2. El acero inoxidable ferrítico de la reivindicación 1, en el que el P es 58% o menos.

3. El acero inoxidable ferrítico de la reivindicación 1, en el que el precipitado de Ti(CN) independiente tiene un diámetro de partícula promedio de $0.15 \mu\text{m}$ o menos, y en el que el diámetro de partícula promedio del precipitado de Ti(CN) independiente se mide por microscopía electrónica de transmisión (TEM).

- 20 4. El acero inoxidable ferrítico de la reivindicación 1, en el que la inclusión de TiN tiene un diámetro de partícula promedio de $2 \mu\text{m}$ o mayor, y en el que el diámetro de partícula promedio de la inclusión de TiN se mide mediante microscopía electrónica de transmisión (TEM).

5. El acero inoxidable ferrítico de la reivindicación 1, en el que el acero inoxidable ferrítico tiene un alargamiento del 34% o mayor.

- 25 6. Un método de fabricación de acero inoxidable ferrítico según la reivindicación 1, el método que comprende el moldeado del acero fundido como una losa, comprendiendo el acero fundido, en % en peso, C: 0.005% a 0.1%, Si: 0.01% a 2.0%, Mn: 0.01% a 1.5%, P: 0.05% o menos, S: 0.005% o menos, Cr: 10% a 30%, Ti: 0.005% a 0.5%, Al: 0.01% a 0.15%, N: 0.005% a 0.03%, y el saldo de Fe e impurezas inevitables,

- 30 en el que en el moldeado del acero fundido, la losa se enfría a una velocidad de enfriamiento promedio de $5 \text{ }^\circ\text{C}/\text{seg}$ o menos y excluye $0 \text{ }^\circ\text{C}/\text{seg}$ dentro de un intervalo de temperatura de $1000 \text{ }^\circ\text{C}$ a $1250 \text{ }^\circ\text{C}$ en base a una temperatura de la superficie de losa.

7. El método de la reivindicación 6, en el que en el moldeado del acero fundido, la losa se enfría a una velocidad de enfriamiento promedio de $5 \text{ }^\circ\text{C}/\text{seg}$ o menos y excluye $0 \text{ }^\circ\text{C}/\text{seg}$ dentro de un intervalo de temperatura de $1100 \text{ }^\circ\text{C}$ a $1200 \text{ }^\circ\text{C}$ en base a la temperatura de la superficie de la losa.

- 35 8. El método de la reivindicación 6, en el que después del moldeado del acero fundido, el método comprende además:

recalentar la losa;

obtener acero laminado en caliente realizando un procedimiento de laminado en caliente sobre la losa recalentada; y

- 40 realizar un procedimiento de recocido en banda caliente en el acero laminado en caliente dentro de un intervalo de temperatura de $450 \text{ }^\circ\text{C}$ a $1080 \text{ }^\circ\text{C}$, durante 60 minutos o menos.

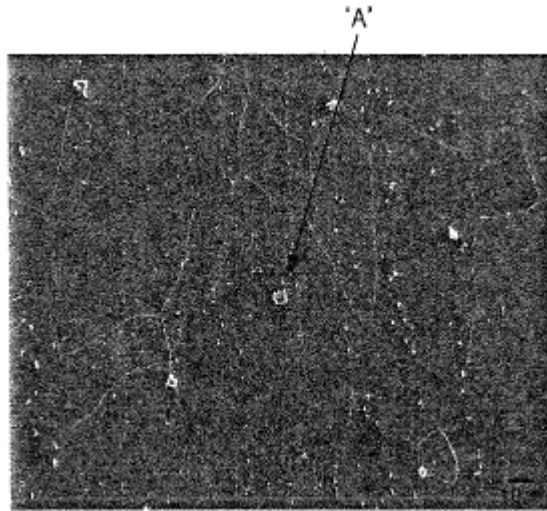
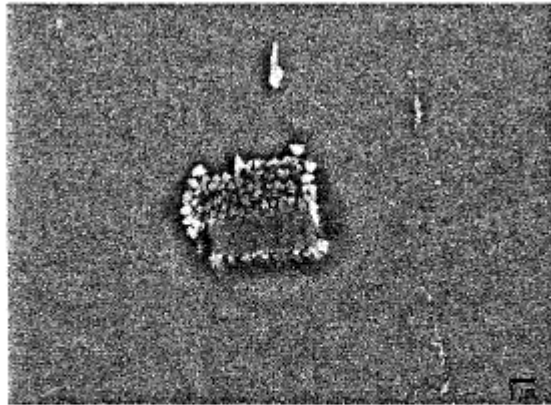


FIG. 1



'A'

FIG. 2