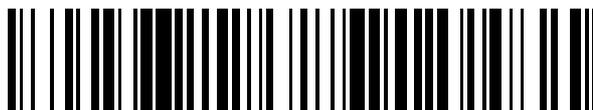


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 770 101**

51 Int. Cl.:

C23C 2/12	(2006.01) C21D 9/46	(2006.01)
C23C 2/26	(2006.01) C23C 28/00	(2006.01)
C23C 2/28	(2006.01) B32B 15/01	(2006.01)
C23C 2/40	(2006.01) C21D 1/74	(2006.01)
C22C 38/02	(2006.01) C22C 38/32	(2006.01)
C22C 38/04	(2006.01) C22C 38/28	(2006.01)
C22C 38/06	(2006.01) C22C 21/00	(2006.01)
C22C 38/58	(2006.01) C21D 1/673	(2006.01)
C22C 38/44	(2006.01) C22C 38/00	(2006.01)
C23C 2/02	(2006.01)	

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **23.12.2016 PCT/KR2016/015155**
- 87 Fecha y número de publicación internacional: **29.06.2017 WO17111525**
- 96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **23.12.2016 E 16879392 (5)**
- 97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **20.11.2019 EP 3396010**

54 Título: **Lámina de acero recubierta con aleación de hierro y aluminio para la conformación con prensa en caliente, que tiene excelente resistencia a la fractura retardada por hidrógeno, resistencia al desprendimiento y capacidad de soldadura, miembro conformado en caliente utilizando la misma y métodos de fabricación de la misma**

30 Prioridad:

23.12.2015 KR 20150184975

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
30.06.2020

73 Titular/es:

**POSCO (100.0%)
(Goedong-dong), 6261 Donghaean-ro, Nam-gu
Pohang-si, Gyeongsangbuk-do 37859, KR**

72 Inventor/es:

**OH, JIN-KEUN;
CHO, YEOL-RAE;
SOHN, IL-RYOUNG y
KIM, YONG-SOO**

74 Agente/Representante:

CARVAJAL Y URQUIJO, Isabel

ES 2 770 101 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 de acero recubierta con aleación de hierro y aluminio para la conformación con prensa en caliente, que tiene excelente resistencia a la fractura retardada por hidrógeno, resistencia al desprendimiento y capacidad de soldadura, miembro conformado en caliente utilizando la misma y métodos de fabricación de la misma

- 5 La presente divulgación se relaciona con una lámina de acero recubierta de aluminio-hierro (Al-Fe) utilizada principalmente para miembros automotrices que tienen resistencia al choque, tales como miembros estructurales automotrices o materiales de refuerzo, y un miembro conformado en caliente fabricado utilizando la lámina de acero recubierta de Al-Fe. Más particularmente, la presente divulgación se relaciona con una lámina de acero recubierta de Al-Fe de ultra alta resistencia que tiene una resistencia a la tracción de 1000 MPa o mayor y un miembro conformado en caliente fabricado utilizando la lámina de acero recubierta de Al-Fe y que tiene una alta resistencia de fractura retardada por hidrógeno y alta capacidad de soldadura por puntos.

[Antecedentes de la técnica]

- 15 Recientemente, los miembros de ultra alta resistencia conformados en caliente se han utilizado ampliamente como miembros estructurales automotrices con fines tales como mejorar la eficiencia del combustible mediante la reducción de peso y la protección de los pasajeros, y se ha realizado una gran cantidad de investigación para tales fines.

- La invención divulgada en la Patente de Estados Unidos No. 6296805 B1 puede ser un ejemplo típico de la misma. De acuerdo con la patente, una lámina de acero recubierta de Al-Si se calienta a 850°C o más, y se realiza un proceso de conformación con prensa en caliente y un proceso de enfriamiento para formar un miembro que tiene una fase de martensita y, por lo tanto, resistencia ultra alta, dentro del intervalo de 1600 MPa o mayor en resistencia a la tracción.
- 20 Sin embargo, de acuerdo con la patente, se forma una capa de recubrimiento que tiene aluminio (Al) como fase principal y, por lo tanto, cuando se calienta una pieza en blanco en un horno de calentamiento, la capa de recubrimiento de Al puede fundirse a una temperatura igual o mayor que el punto de fusión de la capa de recubrimiento de Al. Por lo tanto, el aluminio (Al) puede fusionarse con los rodillos provistos en el horno de calentamiento. Además, cuando la lámina de acero recubierta con Al-Si se calienta en el horno de calentamiento, el hidrógeno del vapor presente en el
- 25 aire puede difundirse en el acero, y por lo tanto puede producirse una fractura retardada por hidrógeno en un miembro conformado en caliente.

- La invención divulgada en la Solicitud de Patente Coreana No. 10-2011-7000520 puede ser una técnica para resolver este problema. De acuerdo con la patente, una bobina de una lámina de acero recubierta de Al es recocida para eliminar el hidrógeno introducido durante un proceso de recubrimiento de Al, evitando que una capa de recubrimiento de Al fluya hacia abajo en un proceso de calentamiento rápido y, por lo tanto, evitando la oclusión de hidrógeno. Sin embargo, de acuerdo con la patente, se requiere un punto de rocío de -10°C o más en el proceso de recocido de la bobina para prevenir la oclusión del hidrógeno, y se realiza un proceso de recocido por lotes en atmósfera de aire para evitar el deterioro de la calidad de la superficie de una lámina de acero. Por lo tanto, se pueden formar grandes cantidades de óxidos en la superficie de una lámina de acero, y la capacidad de soldadura por puntos de un miembro conformado en caliente puede deteriorarse.

- Además, la Solicitud de Patente Coreana No. 10-2010-7019003 divulga una técnica en la que se realiza un proceso de recocido por lotes para alear parcialmente una capa de recubrimiento de Al-Fe y reducir el tiempo de proceso de conformado en caliente. Sin embargo, de acuerdo con la técnica divulgada, cuando una bobina recubierta de Al-Fe se pasa a través de un nivelador de rodillos para obtener una planitud, una porción parcialmente aleada puede separarse debido a la tensión. El documento KR 101 569 505 B1 divulga un miembro conformado por prensado en caliente que tiene buenas características antidelaminación controlando la diferencia de dureza entre la capa aleada y la capa de difusión dentro de intervalos predeterminados.

- El documento EP 1 380 666 A1 divulga un miembro estructural recubierto de aluminio que tiene una excelente resistencia a la corrosión, capacidad de conformación y capacidad de soldadura, que comprende una capa de aleación de Al-Si-Fe, satisface 500 mg/dm² o menos de peso de óxido, y una dureza de la capa de aleación es más pequeña o igual a la dureza de la capa de sustrato de acero.

- Por lo tanto, se requiere desarrollar una lámina de acero recubierta de aleación de Al-Fe para el conformado en caliente, que sea capaz de garantizar la capacidad de soldadura por puntos de un miembro conformado en caliente al suprimir la formación de óxidos superficiales después de que una bobina recubierta de Al-Si es recocida por lotes, evitando la separación de la capa de recubrimiento cuando una bobina recubierta de Al-Fe pasa a través de un nivelador de rodillos después del proceso de recocido por lotes, y suprimiendo la oclusión de hidrógeno para garantizar una alta resistencia a la fractura retardada por hidrógeno después de un proceso de conformado en caliente en el aire u otra atmósfera.

[Divulgación]

- 55 [Problema Técnico]

Para resolver los problemas descritos anteriormente, se propone el objeto de las reivindicaciones 1, 4 y 6. Los aspectos de la presente divulgación pueden incluir una lámina de acero recubierta de aluminio-hierro (Al-Fe) de resistencia ultra alta que tiene una resistencia a la tracción de 1000 MPa o más después de un proceso de conformado en caliente, y un miembro conformado en caliente fabricado usando la lámina de acero recubierta.

- 5 Además, los aspectos de la presente divulgación incluyen un método de fabricación de la lámina de acero recubierta de Al-Fe y un método de fabricación de un miembro conformado en caliente utilizando la lámina de acero recubierta de Al-Fe.

- 10 Sin embargo, los aspectos de la presente divulgación no están limitados a los mismos. Aspectos adicionales se expondrán en parte en la descripción que sigue, y serán evidentes a partir de la descripción para los expertos en la técnica a los que pertenece la presente divulgación. El experto en la técnica puede notar que algunos elementos de la descripción que sigue no están incluidos en el alcance de las reivindicaciones. En la medida en que exista tal disparidad, dicha divulgación debe entenderse como una mera información de respaldo que no forma parte de la invención. La invención se define solo por las reivindicaciones.

[Solución técnica]

- 15 De acuerdo con un aspecto de la presente divulgación, se proporciona una lámina de acero recubierta de aleación de aluminio-hierro (Al-Fe) para conformado en caliente, que tiene una alta resistencia a la fractura retardada por hidrógeno y a la separación de la capa de recubrimiento y alta capacidad de soldadura, donde la lámina de acero recubierta de aleación de Al-Fe incluye una lámina de acero base y una capa de recubrimiento de aleación conformada entre la lámina de acero base y una capa de óxido.

- 20 en el que la lámina de acero base incluye, en % en peso, carbono (C): 0.1% hasta 0.5%, silicio (Si): 0.01% hasta 2%, manganeso (Mn): 0.01% hasta 10%, fósforo (P): 0.001 % hasta 0.05%, azufre (S): 0.0001% hasta 0.02%, aluminio (Al): 0.001% hasta 1.0%, nitrógeno (N): 0.001% hasta 0.02%, y un balance de hierro (Fe) y otras impurezas,

- 25 en la que la capa de recubrimiento de aleación incluye: una capa I de aleación de Al-Fe conformada en la lámina de acero base y que tiene una dureza Vickers de 200 Hv hasta 800 Hv; una capa III de aleación de Al-Fe conformada en la capa I de aleación de Al-Fe y que tiene una dureza Vickers de 700 Hv hasta 1200 Hv; y una capa II de aleación de Al-Fe conformada en la capa III de aleación de Al-Fe de forma continua o forma discontinua en una dirección longitudinal de la lámina de acero, y que tiene una dureza Vickers de 400 Hv hasta 900 Hv,

en la que un contenido promedio de oxígeno a una profundidad de 0.1 μm desde una superficie de la capa de óxido es 20% o menos en peso.

- 30 La capa I de aleación de Al-Fe tiene un contenido de Al dentro de un intervalo de 5% hasta 30% en peso, la capa II de aleación de Al-Fe tiene un contenido de Al dentro de un intervalo de 20% hasta 50% en peso, y la capa III de aleación tiene un contenido de Al dentro de un intervalo de 40% hasta 70% en peso.

Una fracción de área de sección transversal de una fase de compuesto intermetálico de Al-Fe que tiene un contenido de Al de 70% o menos en peso puede ser mayor del 99% en la capa de recubrimiento de aleación.

- 35 La lámina de acero base puede tener un contenido de hidrógeno de 0.5 ppm en peso o menos.

La lámina de acero base puede incluir además al menos uno seleccionado del grupo que consiste en cromo (Cr), molibdeno (Mo) y tungsteno (W) en una cantidad de 0.01% hasta 4.0%.

La lámina de acero base puede incluir además al menos uno seleccionado del grupo que consiste en titanio (Ti), niobio (Nb), circonio (Zr) y vanadio (V) en una cantidad de 0.001% hasta 0.4%.

- 40 La lámina de acero base puede incluir además cobre (Cu) + níquel (Ni) en una cantidad de 0.005% hasta 2.0%, antimonio (Sb) + estaño (Sn) en una cantidad de 0.001% hasta 1.0%, o boro (B) en una cantidad de 0.0001% hasta 0.01%.

- 45 De acuerdo con otro aspecto de la presente divulgación, se proporciona un miembro conformado por prensa caliente (HPF) que tiene alta resistencia a la fractura retardada por hidrógeno y separación de la capa de recubrimiento y alta capacidad de soldadura, donde el miembro HPF se forma realizando un proceso de conformación por prensa caliente en la lámina de acero recubierta de aleación de Al-Fe, donde el miembro de HPF incluye martensita como fase principal de una microestructura de la misma y que tiene una resistencia a la tracción de 1000 MPa o mayor.

El producto de la resistencia a la tracción del miembro de HPF y el contenido de hidrógeno de la lámina de acero base puede ser de 1300 o menos.

- 50 Los óxidos superficiales del miembro de HPF tienen un porcentaje en peso de oxígeno promedio dentro de un intervalo de 40% o menos a una profundidad de 0.1 μm desde una superficie de los óxidos superficiales.

ES 2 770 101 T3

De acuerdo con otro aspecto de la presente divulgación, se proporciona un método para fabricar una lámina de acero recubierta de aleación de Al-Fe para conformado en caliente, donde la lámina de acero recubierta de aleación de Al-Fe tiene una alta resistencia a la fractura retardada por hidrógeno y la separación de la capa de recubrimiento y alta capacidad de soldadura, donde el método incluye:

5 formar una capa de recubrimiento de Al-Si sobre una superficie de una lámina de acero base, donde la lámina de acero base incluye, en % en peso, carbono (C): 0.1% hasta 0.5%, silicio (Si): 0.01% hasta 2%, manganeso (Mn): 0.01% hasta 10%, fósforo (P): 0.001% hasta 0.05%, azufre (S): 0.0001% hasta 0.02%, aluminio (Al): 0.001% hasta 1.0%, nitrógeno (N): 0.001% hasta 0.02%, y un balance de hierro (Fe) y otras impurezas;

10 calentar la lámina de acero recubierta de Al-Si a una temperatura máxima de tratamiento térmico que varía de 450°C hasta 750°C a una tasa de calentamiento de 1°C/hora hasta 500°C/hora en un horno de calentamiento en el que está presente una atmósfera que tiene un punto de rocío de menos de -10°C; y

formar una capa de recubrimiento de aleación de Al-Fe en la superficie de la lámina de acero base manteniendo la lámina de acero de base recubierta de Al-Si a la temperatura máxima de tratamiento térmico durante 1 hasta 100 horas.

15 Antes de alcanzar la temperatura máxima de tratamiento térmico, la lámina de acero base recubierta de Al-Si puede mantenerse dentro de una temperatura dentro de un intervalo de 300°C hasta menos de un punto de fusión de la capa de recubrimiento de Al-Si durante 1 hasta 100 horas.

La capa de recubrimiento de aleación de Al-Fe puede incluir:

20 una capa I de aleación de Al-Fe conformada sobre la lámina de acero base y que tenía una dureza Vickers de 200 Hv hasta 800 Hv;

una capa III Al-Fe de aleación conformada sobre la capa I de aleación de Al-Fe y que tiene una dureza Vickers de 700 Hv hasta 1200 Hv; y

25 una capa II de aleación de Al-Fe conformada en la capa III de aleación de Al-Fe de forma continua o de forma discontinua en una dirección longitudinal de la lámina de acero, y que tiene una dureza Vickers de 400 Hv hasta 900 Hv,

en la que se puede formar una capa de óxido sobre una porción superior de la capa de recubrimiento de aleación de Al-Fe, y un contenido promedio de oxígeno a una profundidad de 0.1 μm desde una superficie de la capa de óxido es 20% o menos en peso.

30 La capa I de aleación de Al-Fe puede tener un contenido de Al dentro de un intervalo de 5% hasta 30% en peso, la capa II de aleación de Al-Fe puede tener un contenido de Al dentro de un intervalo de 20% hasta 50% en peso, y la capa III de aleación de Al-Fe puede tener un contenido de Al dentro de un intervalo de 40% hasta 70% en peso.

La lámina de acero base puede tener un contenido de hidrógeno de 0.5 ppm en peso o menos.

35 De acuerdo con otro aspecto de la presente divulgación, se proporciona un método para fabricar un miembro de HPF que tiene alta resistencia a la fractura retardada por hidrógeno y separación de la capa de recubrimiento y alta capacidad de soldadura, donde el método incluye:

preparar la lámina de acero recubierta descrita anteriormente;

calentar la lámina de acero recubierta a una tasa de calentamiento de 1°C/s hasta 1000°C/s hasta una temperatura dentro de un intervalo de $A_{e3}+30^\circ\text{C}$ hasta $A_{e3}+150^\circ\text{C}$, y luego mantener la lámina de acero recubierta a la temperatura durante 1 segundo hasta 1000 segundos; y

40 conformar en caliente la lámina de acero recubierta calentada y enfriando simultáneamente la lámina de acero a una tasa de enfriamiento de 1°C/s hasta 1000°C/s.

[Efectos ventajosos]

45 Como se describió anteriormente, de acuerdo con los aspectos de la presente divulgación, se proporciona efectivamente una lámina de acero recubierta para fabricar miembros conformados en caliente aplicables a miembros automotrices que tienen resistencia al choque, y se proporciona efectivamente un miembro conformado en caliente fabricado usando la lámina de acero recubierto. Es decir, la lámina de acero puede tener una alta adhesión de recubrimiento, y el miembro conformado fabricado usando la lámina de acero puede tener una alta resistencia a la fragilidad de hidrógeno y capacidad de soldadura por puntos y, por lo tanto, puede usarse útilmente como un miembro automotriz que tiene resistencia al choque.

50 [Descripción de los dibujos]

Las FIGS. 1A a 1C son fotografías ópticas que ilustran estructuras de capas de recubrimiento de aluminio-hierro (Al-Fe) conformadas en láminas de acero base, donde la FIG. 1A ilustra una capa de recubrimiento general de Al, donde la FIG. 1B ilustra una capa de recubrimiento de Al-Fe que está aleada de manera incompleta, donde la FIG. 1C ilustra una capa de recubrimiento de aleación de Al-Fe de la presente divulgación.

- 5 FIG. 2 es una vista que ilustra una relación entre las condiciones de recocido por lotes (Fórmula 1) y el contenido de oxígeno a una profundidad de 0.1 μm desde la superficie de una capa de recubrimiento.

[Mejor modo]

Las realizaciones de la presente divulgación se describirán ahora en detalle.

- 10 Se ha encontrado que en un método de fabricación de una bobina recubierta de Al-Fe mediante la realización de un proceso de recocido por lotes en una bobina recubierta de Al-Si, si la atmósfera del proceso de recocido por lotes y las condiciones de tratamiento térmico se ajustan adecuadamente, la microestructura y las características de una capa de recubrimiento de Al-Fe pueden variar para evitar que la capa de recubrimiento de Al-Fe se elimine al pasar a través de un nivelador de rodillos y también para suprimir la fractura retardada por hidrógeno y garantizar la capacidad de soldadura por puntos. Con base en este conocimiento, los inventores proporcionan la presente invención.

- 15 Primero, la composición de una lámina de acero base para fabricar una lámina de acero recubierta de Al-Fe y un miembro conformado, y las razones para limitar la composición de la lámina de acero base se describirán de acuerdo con la presente divulgación. En lo sucesivo, el contenido de cada elemento está en % en peso a menos que se especifique lo contrario.

Carbono (C): 0.1% hasta 0.5%

- 20 El carbono (C) es un elemento para mejorar la resistencia de un miembro tratado térmicamente, y para este fin, se agrega carbono (C) en cantidades apropiadas. Si el contenido de carbono (C) es inferior al 0.1%, es difícil obtener una resistencia suficiente y, por lo tanto, se agrega carbono (C) en una cantidad de 0.1% o mayor. Sin embargo, si el contenido de carbono (C) es superior al 0.5%, la capacidad de laminación en frío de una lámina de acero laminada en caliente disminuye notablemente en un proceso de laminación en frío porque la resistencia de la lámina de acero laminada en caliente es demasiado alta, y también la capacidad de soldadura por puntos se reduce notablemente. Por lo tanto, el contenido de carbono (C) es 0.5% o menos. Más preferiblemente, el contenido de carbono (C) puede ser del 0.45% o menos, e incluso más preferiblemente del 0.4% o menos.

Silicio (Si): 0.01% hasta 2%

- 30 Se agrega silicio (Si) para eliminar el oxígeno en un proceso de fabricación de acero, se suprime la formación de carburos que afectan notablemente la resistencia de un miembro conformado en caliente y se obtiene la austenita retenida concentrando carbono (C) a lo largo de los límites de grano de la martensita en listones después de que se forma la martensita durante un proceso de conformación en caliente. Si el contenido de silicio (Si) es inferior al 0.01%, es posible que no se obtengan estos efectos. Además, es difícil impartir un alto grado de limpieza al acero, y se pueden incurrir en costes excesivos. Sin embargo, si el contenido de silicio (Si) es superior al 2%, la capacidad de recubrimiento de aluminio (Al) se reduce notablemente. Por lo tanto, se agrega silicio (Si) en una cantidad de 2% o menos, y preferiblemente 1.5% o menos.

Mn (manganeso): 0.01% hasta 10%

- 40 Se agrega manganeso (Mn) para garantizar el fortalecimiento de la solución sólida y también para reducir una tasa crítica de enfriamiento de un miembro conformado en caliente para garantizar la formación de martensita. Si el contenido de manganeso (Mn) es inferior al 0.01%, existe un límite para obtener estos efectos. Por el contrario, si el contenido de manganeso (Mn) es superior al 10%, la resistencia de una lámina de acero es excesivamente alta antes de un proceso de conformado en caliente, lo que disminuye la capacidad de trabajo, aumenta el coste del producto debido a la necesidad de agregar un exceso de aleación de hierro, y disminuye la capacidad de soldadura por puntos. Por lo tanto, preferiblemente, el contenido de manganeso (Mn) se puede ajustar para que sea del 9% o menos, y más preferiblemente del 8% o menos.

Aluminio (Al): 0.001% hasta 1.0%

- 50 Junto con el silicio (Si), el aluminio (Al) funciona como un desoxidante durante un proceso de fabricación de acero y, por lo tanto, puede aumentar la limpieza del acero. Si el contenido de aluminio (Al) es menor que 0.001%, puede ser difícil obtener tales efectos, y si el contenido de aluminio (Al) es mayor que 1.0%, la temperatura de transformación de Ac3 aumenta excesivamente y, por lo tanto, se requiere una temperatura de calentamiento alta. Por lo tanto, el límite superior del contenido de aluminio (Al) se establece en 1.0%.

Fósforo (P): 0.001% hasta 0.05%

El fósforo (P) es una impureza. Se incurre en muchos costes de fabricación para ajustar el contenido de fósforo (P) en menos de 0.001%, y si el contenido de fósforo (P) es mayor de 0.05%, la capacidad de soldadura de un miembro

ES 2 770 101 T3

conformado en caliente disminuye notablemente. Por lo tanto, el límite superior del contenido de fósforo (P) se establece en 0.05%. Preferiblemente, el contenido de fósforo (P) puede ajustarse para que sea 0.03% o menos.

Azufre (S): 0.0001% hasta 0.02%

5 El azufre (S) es una impureza incluida en el acero y que tiene un efecto negativo en la ductilidad, características de impacto y capacidad de soldadura de un miembro, y por lo tanto, el contenido máximo de azufre (S) se establece en 0.02% (preferiblemente 0.01 o menos). Sin embargo, si el contenido mínimo de azufre (S) se establece en menos del 0.0001%, los costes de material aumentan notablemente.

Nitrógeno (N): 0.001% hasta 0.02%

10 El nitrógeno (N) es una impureza incluida en el acero. Si el contenido de nitrógeno (N) es inferior al 0.001%, se incurre en altos costes de fabricación, y si el contenido de nitrógeno (N) es superior al 0.02%, una placa puede volverse sensible a las grietas durante un proceso continuo de colada, y las características de impacto también pueden deteriorarse.

15 La lámina de acero base que tiene la composición descrita anteriormente puede incluir además: al menos uno seleccionado del grupo que consiste en cromo (Cr), molibdeno (Mo) y tungsteno (W) en una cantidad de 0.01% hasta 4.0%; al menos uno seleccionado del grupo que consiste en titanio (Ti), niobio (Nb), circonio (Zr) y vanadio (V) en una cantidad de 0.001% hasta 0.4%; cobre (Cu) + níquel (Ni) en aproximadamente un 0.005% hasta 2.0%; antimonio (Sb) + estaño (Sn) en una cantidad de 0.001% hasta 1.0%; y boro (B) en una cantidad de 0.0001% hasta 0.01%.

Suma de al menos uno seleccionado del grupo que consiste en Cr, Mo y W: 0.01% hasta 4.0%

20 El cromo (Cr), el molibdeno (Mo) y el tungsteno (W) mejoran la templabilidad y tienen un efecto de fortalecimiento de la precipitación, garantizando así la resistencia y el refinamiento del grano. Sin embargo, si el contenido total de al menos uno seleccionado de cromo (Cr), molibdeno (Mo) y tungsteno (W) es inferior al 0.01%, es difícil obtener estos efectos, y si el contenido total del al menos uno seleccionado de cromo (Cr), molibdeno (Mo) y tungsteno (W) es mayor al 4.0%, estos efectos están saturados y también se produce una disminución en la capacidad de soldadura y un aumento en los costes.

25 Suma de al menos uno seleccionado del grupo que consiste en Ti, Nb, Zr y V: 0.001% hasta 0.4%

30 El titanio (Ti), el niobio (Nb) y el vanadio (V) tienen el efecto de mejorar una lámina de acero como un miembro de tratamiento térmico formando precipitados finos, así como un efecto de estabilizar la austenita retenida y mejorar la tenacidad al impacto induciendo refinamiento de grano. Sin embargo, si el contenido total del mismo es inferior al 0.001%, es difícil obtener tales efectos. Si el contenido total del mismo es superior al 0.4%, estos efectos están saturados y es costoso agregar aleación de hierro.

Cu + Ni: 0.005% hasta 2.0%

35 Se puede agregar cobre (Cu) como un elemento que forma precipitados finos y, por lo tanto, mejora la resistencia. Además, el níquel (Ni) se agrega opcionalmente porque la fragilidad en caliente puede ser causada cuando se agrega únicamente cobre (Cu). Sin embargo, si el contenido total de Cu + Ni es inferior al 0.005%, puede ser difícil obtener los efectos mencionados anteriormente. Si el contenido total de Cu + Ni es mayor al 2.0%, los costes aumentan excesivamente y, por lo tanto, el límite superior del contenido total de Cu + Ni se establece en 2.0%.

Sb + Sn: 0.001% hasta 1.0%,

40 Durante un proceso de recocido para recubrimiento de Al-Si, el antimonio (Sb) y el estaño (Sn) pueden concentrarse en una superficie, suprimiendo así la formación de óxidos de silicio (Si) o manganeso (Mn) en la superficie y mejorando la capacidad de recubrimiento. El antimonio (Sb) y el estaño (Sn) se agregan en una cantidad de 0.001% o mayor para obtener tales efectos. Sin embargo, si el contenido total de Sb + Sn es mayor al 1.0%, los costes de aleación de hierro pueden ser excesivos, y el antimonio (Sb) y el estaño (Sn) pueden disolverse a lo largo de los límites de grano de una placa para causar grietas en el borde de la bobina durante un proceso de laminado en caliente. Por lo tanto, el límite superior del contenido total de Sb + Sn se establece en 1.0%.

45 Boro (B): 0.0001% hasta 0.01%

50 La adición de incluso una pequeña cantidad de boro (B) mejora la templabilidad, y el boro (B) se segrega a lo largo de los límites de grano de la austenita previa para suprimir la fragilidad de un miembro conformado en caliente causada por fósforo (P) y/o azufre (S) que se precipitan a lo largo de los límites de grano. Sin embargo, si el contenido de boro (B) es inferior al 0.0001%, es difícil obtener estos efectos. Por el contrario, si el contenido de boro (B) es mayor que 0.01%, estos efectos están saturados e incurrir en fragilidad en el laminado en caliente. Por lo tanto, preferiblemente, el contenido de boro (B) puede establecerse en 0.01% o menos, y más preferiblemente 0.005% o menos.

Además, la lámina de acero recubierta de Al-Fe y el miembro conformado de la presente divulgación se caracterizan porque se forma una capa de aleación de Al-Fe sobre la lámina de acero base que tiene la composición descrita anteriormente, y su estructura es como sigue.

5 Primero, se forma una capa I de aleación de Al-Fe que tiene una dureza Vickers de 200 hasta 800 en la lámina de acero base, y se forma una capa III de aleación de Al-Fe que tiene una dureza Vickers de 700 hasta 1200 en la capa I de aleación de Al-Fe. Luego, se forma una capa II de aleación de Al-Fe que tiene una dureza Vickers de 400 hasta 900 en la capa III de aleación de Al-Fe de manera continua o manera discontinua en la dirección longitudinal de la capa III de aleación de Al-Fe.

10 Además, de acuerdo con la presente divulgación, el contenido (Al) de aluminio en la capa I de aleación de Al-Fe está dentro del intervalo de 5% hasta 30% en peso, el contenido de aluminio (Al) en la capa II de aleación de Al-Fe está dentro del intervalo 20% hasta 50% en peso, y el contenido de aluminio (Al) en la capa III de aleación de Al-Fe está dentro del intervalo de 40% hasta 70% en peso.

15 Además, de acuerdo con la presente divulgación, puede ser preferible que la fracción de área de sección transversal de una fase de compuesto intermetálico Al-Fe que tiene un contenido de aluminio (Al) del 70% o menos en peso sea superior al 99% en la capa de recubrimiento de aleación Fe-Al. Si la fracción del área de sección transversal es del 99% o menos, la capa de recubrimiento puede separarse de una bobina cuando la bobina pasa a través de un nivelador de rodillo, contaminando así el nivelador de rodillo y teniendo un efecto negativo en la superficie de la bobina. Más preferiblemente, la fracción del área de la sección transversal puede ser del 100%, es decir, la aleación completa.

20 Además, de acuerdo con la presente divulgación, el contenido de hidrógeno (H) en la lámina de acero base de la lámina de acero recubierta con Al-Fe puede ser preferiblemente de 0.5 ppm en peso o menos. El hidrógeno (H) se incluye en la lámina de acero base durante un proceso de recubrimiento de Al-Si y un proceso de recocido por lotes en el que se realiza el control de la atmósfera. Sin embargo, dado que una capa de recubrimiento de Al-Fe conformada por el proceso de recocido por lotes funciona como un obstáculo principal que evita que el hidrógeno (H) escape de la lámina de acero base, este hidrógeno (H) puede causar la fractura retardada por hidrógeno de un miembro conformado en caliente junto con hidrógeno (H) introducido en la lámina de acero desde un horno de calentamiento en un proceso de conformación en caliente posterior. Sin embargo, la capa de recubrimiento de Al-Fe de la presente divulgación tiene un punto de fusión mayor de 1000°C, más alto que una temperatura de calentamiento en un proceso general de conformación en caliente, y por lo tanto, la capa de recubrimiento de Al-Fe no se funde. Por lo tanto, se ha confirmado que la cantidad de hidrógeno (H) introducida en la lámina de acero base desde un horno de calentamiento durante un proceso de conformado en caliente no aumentó notablemente debido a la capa de recubrimiento de Al-Fe, y se ha analizado que si el contenido de hidrógeno (H) en una lámina de acero recocida por lotes es de 0.5 ppm en peso o menos, un miembro conformado en caliente no sufre fractura retardada por hidrógeno.

35 Además, de acuerdo con la presente divulgación, se forma una capa de óxido sobre la capa de recubrimiento de aleación de Al-Fe, y en este caso, se requiere que la capa de óxido tenga un porcentaje en peso de oxígeno promedio de 20% o menos a una profundidad de 0.1 μm desde la superficie de la lámina de acero recubierta.

40 Además, de acuerdo con la presente divulgación, la lámina de acero recubierta, que incluye la lámina de acero base que tiene la composición descrita anteriormente y la capa de recubrimiento de aleación de Al-Fe, se forma en caliente, y por lo tanto se puede obtener una microestructura deseada en un miembro final conformado. En la presente divulgación, la microestructura del miembro conformado no está particularmente limitada siempre que el miembro conformado tenga una resistencia a la tracción de 1000 MPa o mayor. Sin embargo, el miembro conformado de la presente divulgación puede tener martensita o bainita como fase principal, y la austenita retenida en una cantidad de 30% o menos para aumentar la ductilidad. Además, puede ser preferible que el miembro conformado tenga ferrita en una cantidad de 5% o menos. Si el contenido de ferrita es superior al 5%, puede producirse una disminución de la resistencia, y la resistencia al choque y la resistencia al impacto pueden disminuirse fácilmente porque las grietas pueden desarrollarse fácilmente a lo largo de una red de ferrita.

A continuación, se describirá en detalle un método de fabricación de una lámina de acero recubierta de Al-Fe y un método de fabricación de un miembro conformado de acuerdo con las realizaciones de la presente divulgación.

Primero, se describirá un método de fabricación de una lámina de acero recubierta de Al-Fe de acuerdo con una realización de la presente divulgación.

50 De acuerdo con la realización de la presente divulgación, se forma una capa de recubrimiento de Al-Si sobre una lámina de acero base que tiene la composición descrita anteriormente.

En la realización de la presente divulgación, una lámina de acero laminada en frío o una lámina de acero laminada en caliente decapada fabricada a través de procesos de fabricación bien conocidos puede usarse como la lámina de acero base sin limitaciones específicas en las condiciones de fabricación de la misma. Ahora se describirán brevemente procesos de fabricación de ejemplo.

55 Primero, de acuerdo con la realización de la presente divulgación, una placa de acero que tiene la composición descrita anteriormente se calienta a 1000°C hasta 1300°C y luego se lamina en caliente. Si la temperatura de calentamiento

es inferior a 1000°C, es difícil homogeneizar la microestructura de la losa, y si la temperatura de calentamiento es superior a 1300°C, se puede formar una capa de óxido en exceso y aumentar los costes de fabricación.

5 Posteriormente, se realiza un proceso de laminado en caliente de acabado a una temperatura dentro de un intervalo de Ar3 hasta 1000°C. Si la temperatura del proceso de laminado en caliente de acabado es inferior a Ar3, puede ocurrir fácilmente un laminado de dos fases y, por lo tanto, puede ser difícil controlar la estructura de los granos mezclados superficiales y la formación de una lámina de acero. Si la temperatura del proceso de laminado en caliente de acabado es superior a 1000°C, se pueden formar fácilmente granos gruesos durante el proceso de laminado en caliente de acabado.

10 Además, se realiza un proceso de bobinado a una temperatura superior a la temperatura de Ms pero igual o inferior a 750°C. Si la temperatura de bobinado es igual o inferior a la temperatura de Ms, la resistencia de un material laminado en caliente es excesivamente alta y, por lo tanto, puede ser difícil realizar un proceso de laminado en frío posterior. Si la temperatura de laminado es superior a 750°C, el espesor de una capa de óxido aumenta excesivamente y, por lo tanto, es difícil realizar un proceso de decapado superficial.

15 La lámina de acero laminada en caliente puede recubrirse con Al-Si inmediatamente después de un proceso de decapado. Alternativamente, se puede realizar un proceso de decapado y un proceso de laminado en frío para controlar el espesor de la lámina de acero con mayor precisión. La relación de reducción del proceso de laminado en frío después del proceso de decapado no está particularmente limitada. Sin embargo, la relación de reducción puede estar dentro del intervalo de 30% a 80% para obtener el espesor deseado. Además, si es necesario, se puede realizar un proceso de recocido por lotes en la lámina de acero laminada en caliente o en la lámina de acero laminada en caliente decapada antes del proceso de laminado en frío para reducir la carga del proceso en el proceso de laminado en frío. En este caso, las condiciones del proceso de recocido por lotes no están particularmente limitadas. Sin embargo, el proceso de recocido por lotes puede realizarse a una temperatura de 400°C hasta 700°C durante 1 hasta 20 100 horas para reducir la resistencia de la lámina de acero laminada en caliente y así reducir la carga del proceso durante el proceso de laminado en frío.

25 Una lámina de acero laminada en frío obtenida como se describió anteriormente puede procesarse a través de un proceso de recocido continuo y un proceso de recubrimiento de Al-Si. El proceso de recocido continuo no se limita a condiciones particulares. Sin embargo, el proceso de recocido continuo puede realizarse preferiblemente a una temperatura de 700°C hasta 900°C.

30 Posteriormente, de acuerdo con la realización de la presente divulgación, se realiza un proceso de recubrimiento de Al-Si haciendo pasar la lámina de acero tratada térmicamente a través de un baño de recubrimiento, y en este momento, el baño de recubrimiento puede incluir aluminio (Al) como un componente principal, silicio (Si) en una cantidad de 6% hasta 12%, hierro (Fe) en una cantidad de 1% hasta 4% y otras impurezas.

35 Además, preferiblemente, la cantidad de recubrimiento de Al-Si se puede ajustar para que esté dentro del intervalo de 30 g/m² hasta 130 g/m² en cada lado bajo condiciones generales de fabricación. Si la cantidad de recubrimiento es inferior a 30 g/m² en cada lado, es difícil impartir una calidad de resistencia a la corrosión a un miembro conformado en caliente. Por el contrario, si la cantidad de recubrimiento es superior a 130 g/m² en cada lado, los costes de fabricación pueden aumentar porque la cantidad de recubrimiento es excesiva, y puede ser difícil recubrir la lámina de acero de manera uniforme en las direcciones de ancho y largo de una bobina.

40 A continuación, se describirán en detalle las condiciones de un proceso de recocido por lotes para la lámina de acero (bobina) que se requieren para lograr los objetivos de la presente divulgación.

45 La lámina de acero recubierta de Al-Si preparada como se describió anteriormente se calienta en un horno de recocido por lotes. En este caso, la atmósfera en el horno de recocido por lotes puede tener preferiblemente un punto de rocío de menos de -10°C. Si el punto de rocío es -10°C o más, se pueden formar grandes cantidades de óxidos en la lámina de acero y, por lo tanto, la capacidad de soldadura por puntos de la lámina de acero puede deteriorarse después de un proceso de conformación en caliente. Además, el equipo de recocido por lotes puede verse afectado negativamente por la oxidación, lo que aumenta los costes de mantenimiento del equipo y disminuye la vida útil del equipo. Por lo tanto, el aire no se usa como la atmósfera de gas del horno, pero se usa otro gas como nitrógeno o hidrógeno que tiene un punto de rocío suficientemente bajo como la atmósfera de gas del horno.

50 Además, la lámina de acero se calienta a una temperatura máxima de tratamiento térmico objetivo, preferiblemente a una tasa de 1°C/hora hasta 500°C/hora. Si la tasa de calentamiento es inferior a 1°C/hora, se forman cantidades excesivas de óxidos en la capa de recubrimiento debido al oxígeno existente como impureza en el horno, y por lo tanto la productividad puede disminuir notablemente además de la dificultad para garantizar la capacidad de soldadura por puntos después de un proceso de conformado en caliente. Por el contrario, si la tasa de calentamiento es superior a 500°C/hora, una capa no aleada puede permanecer parcialmente en la capa de recubrimiento, lo que conduce a la separación de la capa de recubrimiento en un proceso posterior de nivelado por rodillos de la lámina de acero (bobina).

55 Además, la temperatura máxima de tratamiento térmico se mantiene dentro del intervalo de 450°C hasta 750°C durante 1 a 100 horas. Si la temperatura máxima de tratamiento térmico es inferior a 450°C, la aleación puede no producirse lo suficientemente en una capa superficial de la capa de recubrimiento y, por lo tanto, la capa de

recubrimiento puede separarse fácilmente durante un proceso de nivelado por rodillos. Sin embargo, si la temperatura máxima de tratamiento térmico es superior a 750°C, los óxidos pueden formarse excesivamente en la capa de recubrimiento y, por lo tanto, la capacidad de soldadura por puntos puede deteriorarse después de un proceso de conformación en caliente.

- 5 Además, si la temperatura máxima de tratamiento térmico se mantiene durante menos de 1 hora, la capa de recubrimiento puede no estar suficientemente aleada, y si la temperatura máxima de tratamiento térmico se mantiene durante más de 100 horas, la productividad puede disminuir.

Además, de acuerdo con una realización de la presente divulgación, un proceso en el que la lámina de acero recubierta de Al-Si se mantiene a una temperatura constante puede realizarse adicionalmente antes de que la lámina de acero recubierta de Al-Si se caliente a la temperatura de tratamiento térmico máxima. Este proceso de mantenimiento es para eliminar el aceite preventivo contra la oxidación o el aceite de laminado, reduciendo los vacíos en la capa de recubrimiento induciendo una difusión equilibrada y estable de elementos tal como el hierro (Fe) en la lámina de acero base, y haciendo que el espesor de una capa de recubrimiento de Al-Fe sea uniforme.

10

En el proceso de mantenimiento, puede ser preferible que la lámina de acero recubierta de Al-Si se mantenga a una temperatura igual o superior a 300°C pero inferior al punto de fusión de una capa de recubrimiento de Al-Si durante 1 hasta 100°C horas. Si la temperatura de mantenimiento es inferior a 300°C, es difícil obtener los efectos descritos anteriormente, y si la temperatura de mantenimiento es igual o mayor que el punto de fusión de la capa de recubrimiento de Al-Si, la capa de recubrimiento de Al-Si se derrite para dar como resultado una superficie irregular.

15

Además, después del proceso de recocido por lotes, se forma una capa de recubrimiento de aleación de Al-Fe que tiene la siguiente estructura en la lámina de acero base.

20

Primero, se forma una capa I de aleación de Al-Fe que tiene una dureza Vickers de 200 a 800 sobre la lámina de acero base, y se forma una capa III de aleación de Al-Fe que tiene una dureza Vickers de 700 a 1200 en la capa I de aleación de Al-Fe. Luego, se forma una capa II de aleación de Al-Fe que tiene una dureza Vickers de 400 a 900 en la capa III de aleación de Al-Fe de manera continua o manera discontinua en la dirección longitudinal de la capa III de aleación de Al-Fe.

25

Además, puede ser preferible que el contenido de aluminio (Al) en la capa I de aleación de Al-Fe esté dentro del intervalo de 5% a 30% en peso, el contenido de aluminio (Al) en la capa II de aleación de Al-Fe esté dentro del intervalo de 20% a 50% en peso, y el contenido de aluminio (Al) en la capa III de aleación de Al-Fe esté dentro del intervalo de 40% a 70% en peso.

Además, de acuerdo con la presente divulgación, puede ser preferible que la fracción de área de sección transversal de una fase de compuesto intermetálico Al-Fe que tiene un contenido de aluminio (Al) del 70% o menos en peso sea superior al 99% en la capa de recubrimiento Al-Fe. Más preferiblemente, la fracción del área de la sección transversal puede ser del 100%, es decir, la aleación completa.

30

Después, la lámina de acero (bobina) recubierta con la capa de recubrimiento de aleación se enfría en el horno o se enfría con aire.

35

En la presente divulgación, preferiblemente, el contenido de hidrógeno (H) en la lámina de acero base de la lámina de acero recocido por lotes fabricada por el método descrito anteriormente puede ser de 0.5 ppm en peso o menos. Las razones para esto ya se han descrito.

Además, de acuerdo con la presente divulgación, el contenido de oxígeno a una profundidad de 0.1 μm desde la superficie de la capa de recubrimiento de la lámina de acero recocida por lotes puede ser preferiblemente del 20% o menos en peso. Si el contenido de oxígeno es superior al 20%, los óxidos se forman en la superficie de un miembro conformado en caliente con un gran espesor en un proceso posterior y, por lo tanto, se deteriora la capacidad de soldadura por puntos del miembro conformado en caliente.

40

Además, las condiciones descritas anteriormente del proceso de recocido por lotes están estrechamente relacionadas con el contenido de oxígeno existente en la superficie de la capa de recubrimiento y también con la capacidad de soldadura por puntos de un miembro conformado en caliente. Se ha realizado una gran investigación sobre esta relación y se descubrió que si las condiciones de recocido por lotes se controlan utilizando la siguiente fórmula 1, el contenido de oxígeno (O) en los óxidos a una profundidad de 0.1 μm desde la superficie de una capa de recubrimiento de una lámina de acero recubierta con Al-Fe podría tener un 20% o menos de peso, y un miembro conformado en caliente podría tener una alta capacidad de soldadura por puntos. Específicamente, como se muestra en la FIG. 2, se ha confirmado que cuando la siguiente fórmula 1 es 20 o menos, el contenido de oxígeno (O) en los óxidos a una profundidad de 0.1 μm desde la superficie de una capa de recubrimiento de una lámina de acero recubierta con Al-Fe es del 20% o menos en peso, y en este caso, un miembro final conformado en caliente tiene una alta capacidad de soldadura por puntos.

45

50

[Fórmula 1]

$$\exp\left(\frac{DP}{50}\right) * \exp\left(-\frac{3000}{T_{max}}\right) * \sqrt{\left(\frac{T_{max}}{HR} + 10 * t_{mid} + 50 * t_{max}\right) * 1000} \leq 20$$

donde DP se refiere a un punto de rocío (°C), T_{max} se refiere a una temperatura máxima (K) en un tratamiento térmico de recocido por lotes, HR se refiere a una rata de calentamiento (°C/hora), t_{mid} (tiempo) se refiere a un tiempo de mantenimiento durante el cual se mantiene una temperatura intermedia, y t_{max} (tiempo) se refiere a un tiempo de mantenimiento durante el cual se mantiene la temperatura máxima.

A continuación, se describirá un método para fabricar un miembro conformado que tiene alta resistencia a la fractura retardada por hidrógeno y capacidad de soldadura por puntos usando una lámina de acero recubierta de Al-Fe fabricada como se describió anteriormente.

Primero, una lámina de acero recubierta que tiene una capa de recubrimiento de Al-Fe se calienta a una rata de calentamiento de 1°C/s hasta 1000°C/s hasta una temperatura igual o mayor que una región de fase única de austenita.

Si la rata de calentamiento es inferior a 1°C/s, puede ser difícil garantizar una productividad suficiente. Además, debido a un tiempo de calentamiento excesivo, el tamaño de grano de la lámina de acero aumenta excesivamente para dar como resultado una disminución de la resistencia al impacto, y los óxidos pueden formarse excesivamente en la superficie del miembro conformado para dar como resultado una disminución de la capacidad de soldadura por puntos. Sin embargo, si la rata de calentamiento es superior a 1000°C/s, puede ser necesario un equipo costoso.

A continuación, la lámina de acero se mantiene a una temperatura de calentamiento que varía de Ae3+30°C a Ae3+150°C durante 1 segundo a 1000 segundos. Si la temperatura de calentamiento es inferior a Ae3+30°C, la posibilidad de formación de ferrita es alta mientras se transfiere una pieza en blanco de un horno de calentamiento a un troquel y, por lo tanto, es difícil garantizar la resistencia. Además, si la temperatura de calentamiento es mayor que Ae3+150°C, es difícil garantizar la capacidad de soldadura por puntos debido a la formación excesiva de óxidos en la superficie del miembro.

Además, de acuerdo con la presente divulgación, el miembro conformado se enfría a una temperatura igual o inferior a Mf simultáneamente con un proceso de conformado en caliente, y en este caso, la rata de enfriamiento se ajusta para estar dentro del intervalo de 1°C/s a 1000°C/s. Si la rata de enfriamiento es inferior a 1°C/s, se forma una ferrita no deseada y, por lo tanto, es difícil obtener una resistencia a la tracción de 1000 MPa o mayor. Además, se requiere un equipo costoso para ajustar que la rata de enfriamiento sea mayor de 1000°C/s.

Preferiblemente, el miembro conformado en caliente fabricado como se describe anteriormente puede tener una resistencia a la tracción de 1000 MPa o mayor, y el producto de la resistencia a la tracción del miembro conformado en caliente y el contenido de hidrógeno en una lámina de acero base puede ser menor que 1300. Si el producto es 1300 o mayor, se produce una fractura antes de alcanzar un valor de resistencia máximo en una prueba de tensión, y es difícil garantizar un alargamiento suficiente.

Además, el contenido promedio de oxígeno de los óxidos superficiales conformados en el miembro puede ser preferiblemente del 40% o menos en peso a una profundidad de 0.1 μm desde la superficie de la lámina de acero. Si el contenido de oxígeno es superior al 40%, la capacidad de soldadura por puntos se deteriora porque el intervalo de corriente disponible para la soldadura por puntos es inferior a 1 kA.

[Modo para la invención]

En lo sucesivo, las realizaciones de la presente divulgación se describirán más específicamente a través de ejemplos.

(Ejemplo 1)

[Tabla 1]

	Composición Química (% en peso)											Notas
	Acero	C	Si	Mn	P	S	Al	Cr	Ti	B	N	
A	0.24	0.2	1.2	0.015	0.003	0.03	0.2	0.03	0.0020	0.0035	Tr	Ejemplo Inventivo

Las placas que tienen un espesor de 40 mm se prepararon mediante un método de fusión al vacío usando acero 22MnB5 general que tenía la composición mostrada en la Tabla 1. Las placas se calentaron en un horno de calentamiento a 1200°C durante 1 hora, y se realizó un proceso de laminado en caliente en las placas para finalmente fabricar láminas de acero laminadas en caliente con un espesor de 3 mm. En ese momento, el proceso de laminación

ES 2 770 101 T3

en caliente se realizó bajo las siguientes condiciones: una temperatura de laminación en caliente de acabado de 900°C y una temperatura de enfriamiento en el horno de 550°C.

A continuación, las láminas de acero laminadas en caliente se decaparon y se laminaron en frío con una relación de reducción del 50%. Las láminas de acero laminadas en frío se recoció a 780°C y se recubrieron con aluminio (Al).

5 En este momento, la composición de un baño de recubrimiento de Al era Al-9% Si-2% Fe y otras impurezas, y la cantidad de recubrimiento era 80 g/m² en cada lado.

[Tabla 2]

No.	Atmósfera de recocido por lotes				Condiciones de tratamiento térmico de recocido por lotes						Fórmula 1	Notas
	Contenido de hidrógeno ¹⁾	Contenido de nitrógeno ¹⁾	Contenido de oxígeno ¹⁾	Punto de rocío (°C)	Rata de calentamiento (°C/hora)	Temperatura de mantenimiento (°C)	Tiempo de mantenimiento (hora)	Temperatura máxima (°C)	Tiempo de mantenimiento (hora)			
A-1	0.00001	98.7	1.2	-15	50	500	5	650	10	17.7	Ejemplo inventivo	
A-2	3	96.9	0.003	-35	50	500	5	650	10	14.5	Ejemplo inventivo	
A-3	99.99	Tr	0.0005	-40	50	500	5	650	10	13.1	Ejemplo inventivo	
A-4	0.00005	78.1	21	10	50	500	5	650	10	35.7	Ejemplo comparativo	
A-5 ²⁾	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Ejemplo comparativo	

Unidad: fracción de volumen (% en volumen)
 Material chapado de Al general en el que no se realizó un proceso de recocido por lotes

$$\exp\left(\frac{DP}{50}\right) * \exp\left(-\frac{3000}{T_{max}}\right) * \sqrt{\left(\frac{T_{max}}{HR} + 10 * t_{mid} + 50 * t_{max}\right) * 1000} \leq 20$$

Fórmula 1:

donde DP (°C): punto de rocío, T_{max} (K): temperatura máxima de tratamiento térmico de recocido por lotes, Hora (°C/hora): rata de calentamiento, tmid (tiempo): tiempo de mantenimiento a temperatura intermedia y tmax (tiempo): tiempo de mantenimiento a temperatura máxima.

- Las láminas de acero fabricadas como se describió anteriormente se recocieron por lotes bajo diferentes condiciones de atmósfera como se muestra en la Tabla 2 anterior. Se usaron las mismas condiciones de tratamiento térmico de recocido por lotes: una tasa de calentamiento desde la temperatura ambiente hasta una temperatura objetivo fue de 50°C/hora, una temperatura y tiempo de mantenimiento intermedio antes de alcanzar la temperatura objetivo fueron 500°C y 5 horas, una temperatura objetivo máxima y un tiempo de mantenimiento a la temperatura objetivo máxima fueron 650°C y 10 horas, y luego se enfrió a temperatura ambiente durante 20 horas. El Ejemplo A-5 convencional era una lámina de acero recubierta de Al general en la que no se realizó un recocido por lotes, y el Ejemplo A-4 comparativo tenía un contenido de oxígeno y un punto de rocío relativamente altos en comparación con otros ejemplos inventivos.
- 5
- 10 Se midió la dureza, el contenido de Al, la fracción de compuesto intermetálico de Al-Fe y el contenido de oxígeno superficial de cada capa de recubrimiento de Al-Fe recocido por lotes, el contenido de hidrógeno de cada lámina de acero base y la separación de las capas de recubrimiento, y los resultados de los mismos se muestran en la Tabla 3 a continuación. Aquí, la dureza de Vickers se refiere a un valor promedio de los valores de dureza medidos en tres puntos de cada capa de recubrimiento usando un peso de 1 g, y el contenido de oxígeno se refiere a un valor medido a una profundidad de 0.1 μm desde la superficie de cada capa de recubrimiento usando un dispositivo GDS. La fracción de compuesto intermetálico de Al-Fe se refiere a una fracción de un área de compuesto intermetálico de Al-Fe aleado medida restando un área de Al no aleada del área de análisis completa en una sección transversal de cada capa de recubrimiento mediante un método óptico. Además, el contenido de Al de cada capa de recubrimiento de Al-Fe se midió mediante EDS por puntos usando un SEM, y el contenido de hidrógeno en cada lámina de acero base se midió midiendo la cantidad de hidrógeno emitido desde una muestra por cromatografía de gases mientras se calentaba la muestra a 300°C a una tasa de 100°C/hora. Además, después de que cada lámina de acero recubierta de Al-Fe recocida por lotes se pasara a través de un rodillo nivelador en una fracción plástica del 70% para la corrección de la forma, la resistencia al desprendimiento se evaluó como X si se producía la separación de la capa de recubrimiento y como O si la separación de la capa de recubrimiento no ocurrió.
- 15
- 20
- 25

[Tabla 3]

No.	Dureza de Vickers ¹⁾			Contenido de oxígeno (% en peso) ²⁾	Fracción de Al-Fe (%)	Contenido ¹⁾ de Al (% en peso) en la capa de Al-Fe			Contenido de hidrógeno (ppm en peso) ⁴⁾	Separación ⁵⁾	Notas
	Capa I	Capa II	Capa III			Capa I	Capa II	Capa III			
A-1	526	704	902	12.8	99.8	14	33	54	0.008	○	Ejemplo inventivo
A-2	426	818	1067	10.5	99.9	16	38	53	0.26	○	Ejemplo inventivo
A-3	525	728	920	7.4	99.7	13	35	57	0.37	○	Ejemplo inventivo
A-4	444	657	993	<u>26.2</u>	99.6	12	36	56	0.052	○	Ejemplo comparativo
A-5	811	-	60	3.3	19.4 ³⁾	59	-	94	0.037	○	Ejemplo comparativo

1) Dureza de Vickers (Hv, 1g): carga 1 g, nanoVickers
 2) % en peso de oxígeno a una profundidad de 0.1 μm desde una superficie mediante análisis de GDS
 3) Fracción de espesor de capa de inhibición en material chapado de Al
 4) ppm en peso; ppm en peso de hidrógeno
 5) Separación de capa chapada después del nivelador de rodillos, ocurrió: X, no ocurrió: ○

5 Como se muestra en las Tablas 1 a 3 anteriores, los Ejemplos A-1, A-2 y A-3 inventivos que satisfacen los requisitos de composición de acero y las condiciones de recocido por lotes no mostraron separación del recubrimiento al pasar a través del nivelador de rodillos. Además, el contenido de hidrógeno en la lámina de acero base del Ejemplo A-1 inventivo fue menor que el contenido de hidrógeno en las láminas de acero base de los Ejemplos A-2 y A-3 inventivos.

10 La FIG. 1C es una fotografía óptica del Ejemplo A-3 inventivo que incluye: una capa I de aleación de Al-Fe que tiene un contenido de Al del 13% y una dureza Vickers de 525 y se forma directamente sobre la lámina de acero base; una capa II de recubrimiento de Al-Fe que tiene un contenido de Al del 35% y una dureza Vickers de 728, siendo la capa II de aleación de Al-Fe continua o discontinua en la dirección longitudinal de la lámina de acero recubierta; y una capa III de recubrimiento de Al-Fe que tiene un contenido de Al del 57% y una dureza Vickers de 920.

15 Sin embargo, en el Ejemplo A-5 convencional, que es una lámina de acero recubierta de Al que no se recoció por lotes, como se muestra en la FIG. 1A, una capa III de recubrimiento tenía una dureza Vickers muy baja en el nivel de 60, y una capa I de inhibición entre la capa III de recubrimiento y la lámina de acero base tenía una dureza Vickers de 811. Además, en comparación con otros ejemplos, la fracción de un área de compuesto intermetálico de Al-Fe aleado que no incluye un área de Al no aleado fue relativamente baja en 19.4%.

Además, el Ejemplo A-4 comparativo tenía un mayor contenido de oxígeno que los Ejemplos de la invención.

20 A continuación, se realizó un proceso de conformado en caliente en muestras recocidas por lotes bajo las siguientes condiciones de tratamiento térmico. Es decir, las muestras preparadas como se describe anteriormente se insertaron en un horno de calentamiento previamente calentado a 900°C y se mantuvieron en el horno de calentamiento durante 6 minutos, y se enfriaron al aire durante 12 segundos. Posteriormente, las muestras se conformaron en caliente usando un troquel y se enfriaron rápidamente a temperatura ambiente a una rata de enfriamiento de 30°C/s o mayor.

25 Se realizó una prueba de tensión en especímenes tomados de las muestras de acuerdo con ASTM E8. Un espécimen fracturado antes de la resistencia máxima en una curva de resistencia a la tracción se indicó con X, y un espécimen fracturado después de la resistencia máxima en una curva de resistencia a la tracción se indicó con O. Los resultados de la misma se muestran en la Tabla 4 a continuación. Además, el contenido de hidrógeno de la lámina de acero base y el contenido de oxígeno de la capa de recubrimiento se analizaron de la misma manera que en la Tabla 3, y los resultados de los mismos se muestran en la Tabla 4 a continuación. Además, los intervalos de corriente de soldadura por puntos de los mismos fueron evaluados por ISO 18278-2.

[Tabla 4]

No.	Tratamiento térmico de HPF				Contenido de hidrógeno 1) (ppm en peso)	Características de tracción			Contenido de oxígeno (% en peso)3)	Intervalo de corriente de soldadura por puntos (KA)4)	Notas
	Atmósfera	Punto de rocío (°C)	Temperatura (°C)	Tiempo (min)		TS (MPa)	TSxH1)	Fractura2)			
A-1	aire	25	900	6	0.49	1657	810	O	26.3	1.7	Ejemplo inventivo
A-2	aire	25	900	6	0.58	1648	960	O	22.4	1.8	Ejemplo inventivo
A-3	aire	25	900	6	0.61	1626	990	O	20.6	2	Ejemplo inventivo
A-4	aire	25	900	6	0.53	1661	880	O	44.8	0.7	Ejemplo comparativo
A-5	aire	25	900	6	0.95	1453	1380	X	10.4	2.4	Ejemplo comparativo

1) TSxH: producto de máxima resistencia (MPa) y contenido de hidrógeno (ppm en peso) en lámina de acero base

2) Antes de la resistencia máxima en una curva de resistencia a la tracción, ocurrió fractura: X, no ocurrió: O

3) % en peso de oxígeno a una profundidad de 0.1 µm desde una superficie mediante análisis de GDS

4) ISO 18278-2

Como se muestra en la Tabla 4 anterior, los Ejemplos A-1, A-2 y A-3 inventivos tenían características de tracción apropiadas e intervalos de corriente de soldadura por puntos.

- 5 Sin embargo, el Ejemplo A-5 convencional tenía una gran cantidad de hidrógeno en la lámina de acero base después del proceso de conformado en caliente, y por lo tanto tenía un alargamiento bajo porque se produjo una fractura antes de la resistencia máxima en la prueba de tensión.

Además, se detectó una gran cantidad de oxígeno en el Ejemplo A-4 comparativo debido a las grandes cantidades de óxidos superficiales, y por lo tanto fue difícil garantizar un intervalo de corriente de soldadura por puntos de 1 kA o mayor.

10 **(Ejemplo 2)**

Se prepararon láminas de acero recubiertas de Al como en el Ejemplo 1. Las composiciones y las condiciones de fabricación de las láminas de acero base de las láminas de acero recubiertas de Al fueron las mismas que en el Ejemplo 1. Además, un proceso de recubrimiento para recubrir las láminas de acero base con el aluminio (Al) se realizó de la misma manera que en el Ejemplo 1.

- 15 Se realizó un proceso de recocido por lotes en las láminas de acero recubiertas de Al preparadas como se describe anteriormente bajo condiciones de tratamiento térmico de recocido discontinuo como se muestra en la Tabla 5 a continuación. El Ejemplo A-5 comparativo tuvo un tiempo de mantenimiento intermedio excesivo, los Ejemplos A-6 y A-7 comparativos tuvieron temperaturas de tratamiento térmico de recocido por lotes fuera del intervalo propuesto en la presente divulgación, y los Ejemplos A-10 y A-11 comparativos tuvieron tasas de calentamiento fuera del intervalo propuesto en la presente divulgación.
- 20

La dureza, el contenido de Al, la fracción, el contenido y la separación de cada capa de recubrimiento de Al-Fe recocido por lotes se midieron de la misma manera que en el Ejemplo 1, y los resultados de los mismos se muestran en la Tabla 6 a continuación.

[Tabla 5]

No.	Atmósfera de recocido por lotes		Condiciones de tratamiento térmico de recocido por lotes						Fórmula 1	Notas	
	Contenido de hidrógeno ¹⁾	Contenido de nitrógeno ¹⁾	Contenido de oxígeno ¹⁾	Punto de rocío (°C)	Rata de calentamiento (°C/hora)	Temperatura de mantenimiento (°C)	Tiempo de mantenimiento (hora)	Temperatura máxima(°C)			Tiempo de mantenimiento (hora)
A-1	99.99	Tr.	0.001	-40	50	500	5	700	10	15.5	Ejemplo inventivo
A-2	99.99	Tr.	0.001	-40	50	-	-	700	10	14.8	Ejemplo inventivo
A-3	99.99	Tr.	0.001	-40	50	500	24	700	10	17.9	Ejemplo inventivo
A-4	99.99	Tr.	0.001	-40	50	500	<u>150</u>	700	10	<u>29.3</u>	Ejemplo comparativo
A-5	99.99	Tr.	0.001	-40	50	500	5	500	24	10.4	Ejemplo inventivo
A-6	99.99	Tr.	0.001	-40	50	500	5	<u>800</u>	10	<u>20.7</u>	Ejemplo comparativo
A-7	99.99	Tr.	0.001	-40	50	-	-	<u>400</u>	24	5.7	Ejemplo comparativo
A-8	20	79.9	0.002	-38	3	500	5	650	10	16.8	Ejemplo inventivo
A-9	20	79.9	0.002	-38	400	500	5	650	10	13.5	Ejemplo inventivo
A-10	20	79.9	0.002	-38	<u>0.5</u>	500	5	650	10	<u>28.1</u>	Ejemplo comparativo
A-11	20	79.9	0.002	-38	<u>1000</u>	500	5	650	10	13.5	Ejemplo comparativo

1) Unidad: fracción de volumen (% en volumen)

$$\exp\left(\frac{DP}{50}\right) * \exp\left(-\frac{3000}{T_{max}}\right) * \sqrt{\left(\frac{T_{max}}{HR} + 10 * t_{mid} + 50 * t_{max}\right) * 1000} \leq 20$$

Fórmula 1 :

(continuación)

No.	Atmósfera de recocido por lotes			Condiciones de tratamiento térmico de recocido por lotes					Fórmula 1	Notas
	Contenido de hidrógeno1)	Contenido de nitrógeno1)	Contenido de oxígeno1)	Punto de rocío (°C)	Rata de calentamiento (°C/hora)	Temperatura de mantenimiento (°C)	Tiempo de mantenimiento (hora)	Temperatura máxima(°C)		
	donde DP (°C) : punto de rocío, T_{max} (K) : temperatura máxima de tratamiento térmico de recocido por lotes, Hora (°C/hora): rata de calentamiento, tmid (Tiempo): tiempo de mantenimiento a temperatura intermedia y tmax (tiempo): tiempo de mantenimiento a temperatura máxima.									

[Tabla 6]

No.	Dureza de Vickers ¹⁾			Contenido de oxígeno (% en peso) ²⁾	Fracción de Al-Fe (%)	Contenido ¹⁾ de Al (% en peso) en la capa de Al-Fe			Contenido de hidrógeno (ppm en peso) ⁴⁾	Separación ⁵⁾	Notas
	Capa I	Capa II	Capa III			Capa I	Capa II	Capa III			
A-1	511	748	897	8.5	99.9	14	33	53	0.28	O	Ejemplo inventivo
A-2	528	754	915	7.4	99.7	13	31	55	0.25	O	Ejemplo inventivo
A-3	522	737	886	8.1	99.8	15	35	54	0.27	O	Ejemplo inventivo
A-4	435	643	776	<u>28.6</u>	100	8	28	45	<u>0.58</u>	O	Ejemplo comparativo
A-5	726	703	1026	5.1	99.8	22	42	61	0.21	O	Ejemplo inventivo
A-6	448	648	846	<u>22.8</u>	100	9	29	47	0.3	O	Ejemplo comparativo
A-7	<u>816</u>	864	55	4.2	<u>58.4</u>	16	48	<u>92</u>	0.09	X	Ejemplo comparativo
A-8	487	627	824	9.4	100	15	32	51	0.35	O	Ejemplo inventivo
A-9	459	767	983	6.5	99.2	13	34	50	0.25	O	Ejemplo inventivo
A-10	461	613	768	<u>21.1</u>	100	16	30	49	<u>0.57</u>	O	Ejemplo comparativo
A-11	447	<u>924</u>	<u>78</u>	5.1	<u>85.6</u>	15	47	<u>93</u>	0.18	X	Ejemplo comparativo

1) Dureza de Vickers (Hv, 1g) : carga 1 g, nanoVickers
 2) % en peso de oxígeno a una profundidad de 0.1 μm desde una superficie mediante análisis de GDS
 3) Fracción de espesor de capa de inhibición en material chapado de Al
 4) ppm en peso: ppm en peso de hidrógeno
 5) Separación de capa chapada después del nivelador de rodillos, ocurrió: X, no ocurrió: O

Como se muestra en las Tablas 5 y 6, los Ejemplos A-1, A-2, A-3, A-5, A-8 y A-9 inventivos que satisfacen las condiciones de tratamiento térmico de recocido por lotes de la presente divulgación tenían propiedades apropiadas tales como el contenido de oxígeno superficial y el contenido de hidrógeno en una lámina de acero base, y la resistencia al desprendimiento de los mismos también fue alta.

- 5 Aunque no se observó separación de la capa de recubrimiento de los Ejemplos A-4 y A-6 comparativos, los contenidos de oxígeno superficial de los Ejemplos A-4 y A-6 comparativos fueron altos. La aleación no se produjo por completo en los Ejemplos A-7 y A-11 comparativos, y por lo tanto, cuando los Ejemplos A-7 y A-11 comparativos pasaron a través de un nivelador de rodillo, las capas de recubrimiento de los mismos se separaron. Además, el Ejemplo A-10 comparativo tenía un alto contenido de hidrógeno en la lámina de acero base.
- 10 La FIG. 1B ilustra el Ejemplo A-7 comparativo aleado hasta una calidad de aproximadamente 58%, donde el Ejemplo A-7 comparativo incluye una capa I de recubrimiento conformada directamente sobre una lámina de acero base y que tiene un contenido de Al del 16% y una dureza Vickers de 816, donde una capa II de recubrimiento de Al-Fe tiene un contenido de Al de aproximadamente 48% y una dureza Vickers de 846, y una capa III de recubrimiento de Al que tiene un contenido de Al de aproximadamente 92% y una dureza Vickers de 55.
- 15 Posteriormente, las muestras recocidas por lotes se conformaron en caliente bajo las condiciones de tratamiento térmico que se muestran en la Tabla 7 a continuación, y se realizaron otros procesos de enfriamiento por aire y enfriamiento rápido de la misma manera que en el Ejemplo 1. Luego, una prueba de tensión, evaluación de contenido, y la evaluación del intervalo de corriente de soldadura por puntos se realizó en las muestras de la misma manera que en el Ejemplo 1, y los resultados de los mismos se muestran en la Tabla 7 a continuación.

[Tabla 7]

No.	Tratamiento térmico de HPF			Contenido de hidrógeno ¹⁾ (ppm en peso)	Características de tracción			Contenido de oxígeno (% en peso) ³⁾	Intervalo de corriente de soldadura por puntos (kA) ⁴⁾	Notas
	Atmósfera	Punto de roció (°C)	Temperatura (°C)		Tiempo (min)	TS (MPa)	TSxH ¹⁾			
A-1	aire	26	900	6	1638	740	O	21.8	1.9	Ejemplo inventivo
A-2	aire	26	900	6	1646	690	O	20	2	Ejemplo inventivo
A-3	nitrogeno	-5	900	6	1636	620	O	13.4	2.2	Ejemplo inventivo
A-4	aire	26	900	6	1427	1400	X	43.5	0.3	Ejemplo comparativo
A-5	aire	26	900	6	1631	700	O	18.6	2.1	Ejemplo inventivo
A-6	aire	26	900	6	1664	920	O	41.8	0.9	Ejemplo comparativo
A-8	aire	24	900	6	1627	890	O	21.8	1.9	Ejemplo inventivo
A-9	aire	24	900	6	1665	730	O	19.7	2	Ejemplo inventivo
A-10	aire	24	900	6	1497	1390	X	27.1	1.4	Ejemplo comparativo

1) TSxH: producto de máxima resistencia (MPa) y contenido de hidrógeno (ppm en peso) en lámina de acero base
2) Antes de la resistencia máxima en una curva de resistencia a la tracción, ocurrió fractura: X, no ocurrió: O
3) % en peso de oxígeno a una profundidad de 0.1 μm desde una superficie mediante análisis de GDS
4) ISO 18278-2

Como se muestra en la Tabla 7 anterior, el Ejemplo A-4 Comparativo no mostró una fractura normal en la prueba de tensión debido a un alto contenido de hidrógeno en la lámina de acero base, y tuvo dificultades para garantizar un intervalo suficiente de corriente de soldadura por puntos debido a un contenido excesivo de oxígeno en la superficie.

5 Además, el Ejemplo A-6 comparativo mostró una fracción normal en la prueba de tensión pero no tuvo un intervalo de corriente adecuado, y el Ejemplo A-10 comparativo no tuvo suficiente alargamiento debido a un alto contenido de hidrógeno en la lámina de acero base.

(Ejemplo 3)

10 Las placas que tienen un espesor de 40 mm y las composiciones que se muestran en la Tabla 8 a continuación se prepararon mediante un método de fusión al vacío, y se laminaron en caliente, laminaron en frío, se recocieron y se recubrieron con aluminio (Al) para fabricar láminas de acero recubiertas con Al bajo las mismas condiciones que en el Ejemplo 1. En la Tabla 8 a continuación, los aceros P y Q tenían un contenido de carbono, manganeso o aluminio fuera del intervalo propuesto en la presente divulgación.

[Tabla 8]

Aceros	Composición química (% en peso)											Notas
	C	Si	Mn	P	S	Al	Cr	Ti	B	N	otros	
A	0.20	0.30	1.3	0.013	0.002	0.05		0.04	0.0027	0.0043	Nb:0.05	Ejemplo Inventivo
B	0.22	0.20	1.1	0.014	0.003	0.04		0.03	0.0025	0.0040	Mo: 0.1	Ejemplo Inventivo
C	0.21	0.20	1.2	0.015	0.004	0.02		0.02	0.0021	0.0027	Ni: 0.2 Cu: 0.5	Ejemplo Inventivo
D	0.22	0.30	1.4	0.017	0.001	0.06		0.04	0.0024	0.0034	V: 0.4	Ejemplo Inventivo
E	0.22	0.20	1.1	0.011	0.005	0.03		0.02	0.0019	0.0053	Zr: 0.05	Ejemplo Inventivo
F	0.21	0.20	1.2	0.015	0.002	0.04		0.03	0.0022	0.0037	W: 0.1	Ejemplo Inventivo
G	0.23	0.30	1.3	0.012	0.004	0.03		0.04	0.0017	0.0075	Sb: 0.05	Ejemplo Inventivo
H	0.22	0.20	1.1	0.011	0.003	0.05		0.03	0.028	0.0023	Sn: 0.05	Ejemplo Inventivo
I	0.22	0.03	1.6	0.016	0.002	0.02		0.04	0.0032	0.0124		Ejemplo Inventivo
J	0.22	1.20	0.1	0.014	0.002	0.04	2.9	0.03	0.0021	0.0042		Ejemplo Inventivo
K	0.23	0.04	0.3	0.012	0.004	0.03	1.4	0.04	0.0028	0.0054		Ejemplo Inventivo
L	0.15	0.08	4.2	0.007	0.002	0.04				0.0037		Ejemplo Inventivo
M	0.22	0.11	7.3	0.013	0.005	0.05				0.0048		Ejemplo Inventivo
N	0.22	0.80	0.1	0.017	0.004	0.13	1.2	0.03	0.0024	0.0046		Ejemplo Inventivo
O	0.39	1.10	0.9	0.013	0.002	0.05	0.2	0.04	0.0025	0.0037		Ejemplo Inventivo
P	0.06	0.6	1.2	0.018	0.004	0.03		0.08		0.0043		Ejemplo Comparativo
Q	0.6	1.5	16	0.021	0.007	2.1				0.0074		Ejemplo Comparativo

[Tabla 9]

No.	Atmósfera de recocido por lotes				Condiciones de tratamiento térmico de recocido por lotes					Fórmula 1	Notas
	Contenido de hidrógeno ¹⁾	Contenido de nitrógeno ¹⁾	Contenido de oxígeno ¹⁾	Punto de rocío (°C)	Rata de calentamiento (°C/hora)	Temperatura de mantenimiento (°C)	Tiempo de mantenimiento (hora)	Temperatura máxima(°C)	Tiempo de mantenimiento (hora)		
A	99.99	Tr.	0.001	-40	50	500	5	650	10	13.1	Ejemplo Inventivo
B	99.99	Tr.	0.001	-40	50	500	5	650	10	13.1	Ejemplo Inventivo
C	99.99	Tr.	0.001	-40	50	500	5	650	10	13.1	Ejemplo Inventivo
D	99.99	Tr.	0.001	-40	50	500	5	650	10	13.1	Ejemplo Inventivo
E	99.99	Tr.	0.001	-40	50	500	5	650	10	13.1	Ejemplo Inventivo
F	10	89.9	0.002	-36	50	500	5	650	10	14.2	Ejemplo Inventivo
G	10	89.9	0.002	-36	50	500	5	650	10	14.2	Ejemplo Inventivo
H	10	89.9	0.002	-36	50	500	5	650	10	14.2	Ejemplo Inventivo
I	10	89.9	0.002	-36	50	500	5	650	10	14.2	Ejemplo Inventivo
J	99.99	Tr.	0.001	-40	50	500	5	650	10	13.1	Ejemplo Inventivo
K	0.00001	97.9	2	-15	50	500	5	650	10	17.7	Ejemplo Inventivo
L	3	96.9	0.003	-35	50	500	5	650	10	14.5	Ejemplo Inventivo
M	0.00001	97.9	2	-15	50	500	5	650	10	17.7	Ejemplo Inventivo

(continuación)

No.	Atmósfera de recocido por lotes				Condiciones de tratamiento térmico de recocido por lotes					Fórmula 1	Notas
	Contenido de hidrógeno ¹⁾	Contenido de nitrógeno ¹⁾	Contenido de oxígeno ¹⁾	Punto de rocío (°C)	Rata de calentamiento (°C/hora)	Temperatura de mantenimiento (°C)	Tiempo de mantenimiento (hora)	Temperatura máxima(°C)	Tiempo de mantenimiento (hora)		
N	99.99	Tr.	0.001	-40	50	500	5	650	10	13.1	Ejemplo inventivo
O	99.99	Tr.	0.001	-40	50	500	5	650	10	13.1	Ejemplo inventivo
P	99.99	Tr.	0.001	-40	50	500	5	650	10	13.1	Ejemplo comparativo
Q	99.99	Tr.	0.001	-40	50	500	5	650	10	13.1	Ejemplo comparativo

1) Unidad: fracción de volumen (% en volumen)

$$\exp\left(\frac{DP}{50}\right) * \exp\left(-\frac{3000}{T_{max}}\right) * \sqrt{\left(\frac{T_{max}}{HR} + 10 * t_{mid} + 50 * t_{max}\right) * 1000} \leq 20$$

Fórmula 1 :

donde DP (°C): punto de rocío, T_{max}(K) : temperatura máxima de tratamiento térmico de recocido por lotes, Hora (°C/hora): rata de calentamiento, t_{mid} (tiempo): tiempo de mantenimiento a temperatura intermedia y t_{max} (Tiempo): tiempo de mantenimiento a temperatura máxima.

[Tabla 10]

No.	Dureza de Vickers ¹⁾			Contenido de oxígeno (% en peso) ²⁾	Fracción de Al-Fe (%)	Contenido de Al (% en peso) en la capa de Al-Fe			Contenido de hidrógeno (ppm en peso) ⁴⁾	Separación ⁵⁾	Notas
	Capa I	Capa II	Capa III			Capa I	Capa II	Capa III			
A	964	776	517	8.2	99.9	55	33	15	0.31	○	Ejemplo inventivo
B	981	717	468	8.1	99.9	52	34	18	0.28	○	Ejemplo inventivo
C	927	896	497	7.9	100	53	30	14	0.29	○	Ejemplo inventivo
D	1057	747	503	6.9	99.7	53	36	12	0.27	○	Ejemplo inventivo
E	879	727	535	7.6	99.8	55	32	13	0.35	○	Ejemplo inventivo
F	1105	764	521	10.1	99.4	54	34	17	0.16	○	Ejemplo inventivo
G	946	807	473	9.4	99.8	51	35	18	0.24	○	Ejemplo inventivo
H	958	791	518	9.6	100	50	34	13	0.18	○	Ejemplo inventivo
I	1027	745	483	9.8	99.9	52	33	12	0.21	○	Ejemplo inventivo
J	1036	745	526	7.4	99.4	55	36	18	0.33	○	Ejemplo inventivo
K	997	765	579	13.4	99.5	54	32	14	0.008	○	Ejemplo inventivo
L	884	675	456	11.5	99.3	51	33	16	0.16	○	Ejemplo inventivo
M	967	634	443	10.7	99.2	56	31	15	0.007	○	Ejemplo inventivo

(continuación)

No.	Dureza de Vickers ¹⁾			Contenido de oxígeno (% en peso) ²⁾	Fracción de Al-Fe (%)	Contenido de Al (% en peso) en la capa de Al-Fe			Contenido de hidrógeno (ppm en peso) ⁴⁾	Separación ⁵⁾	Notas
	Capa I	Capa II	Capa III			Capa I	Capa II	Capa III			
N	934	718	561	6.8	99.7	54	35	15	0.28	O	Ejemplo inventivo
O	994	726	542	7.1	99.9	55	34	16	0.27	O	Ejemplo inventivo
P	1064	687	514	7.6	100.0	52	37	12	0.31	O	Ejemplo comparativo
Q	864	618	428	6.0	99.2	52	31	14	0.32	O	Ejemplo comparativo

1) Dureza de Vickers (Hv, 1g): load 1 g, nanoVickers
 2) % en peso de oxígeno a una profundidad de 0.1 μm desde una superficie mediante análisis de GDS
 3) Fracción de espesor de capa de inhibición en material chapado de Al
 4) ppm en peso: ppm en peso de hidrógeno
 5) Separación de capa chapada después del nivelador de rodillos, ocurrió: X, no ocurrió: O

ES 2 770 101 T3

Se realizó un proceso de recocido por lotes en las láminas de acero como se muestra en la Tabla 9 a continuación. El proceso de recocido por lotes se realizó bajo las condiciones propuestas en la presente divulgación. Luego, la dureza, el contenido de Al, la fracción, el contenido y la separación de cada capa de recubrimiento de Al-Fe recocido por lotes se midieron de la misma manera que en el Ejemplo 1, y sus resultados se muestran en la Tabla 10 a continuación.

- 5 Todos los resultados de la medición estuvieron dentro de los intervalos propuestos en la presente divulgación.

[Tabla 11]

No.	Tratamiento térmico de HPF				Contenido de hidrógeno (ppm en peso)	Características de tracción			Contenido de oxígeno (% en peso) ³⁾	Intervalo de corriente de soldadura por puntos (kA) ⁴⁾	Notas
	Atmósfera	Punto de rocío (°C)	Temperatura (°C)	Tiempo (min)		TS (MPa)	TSxH ¹⁾	Fractura ²⁾			
A	aire	26	900	6	0.64	1516	970	○	24.6	1.7	Ejemplo inventivo
B	aire	26	900	6	0.56	1568	880	○	25.3	1.6	Ejemplo inventivo
C	aire	26	900	6	0.57	1569	890	○	23.8	1.7	Ejemplo inventivo
D	aire	26	900	6	0.56	1548	870	○	22.1	1.8	Ejemplo inventivo
E	aire	26	900	6	0.69	1502	1040	○	24.1	1.6	Ejemplo inventivo
F	aire	26	900	6	0.53	1564	830	○	28.9	1.4	Ejemplo inventivo
G	aire	26	900	6	0.57	1558	890	○	26.4	1.7	Ejemplo inventivo
H	aire	26	900	6	0.54	1554	840	○	26.8	1.8	Ejemplo inventivo
I	aire	26	900	6	0.55	1605	880	○	27.3	1.4	Ejemplo inventivo
J	aire	26	900	6	0.66	1617	1070	○	24.9	1.9	Ejemplo inventivo
K	aire	26	900	6	0.51	1587	810	○	32.5	1.2	Ejemplo inventivo
L	aire	26	800	9	0.44	1567	690	○	18.4	2.2	Ejemplo inventivo
M	aire	26	650	12	0.41	1346	550	○	13.5	2.3	Ejemplo inventivo

(continuación)

No.	Tratamiento térmico de HPF			Contenido de hidrógeno (ppm en peso)	Características de tracción			Contenido de oxígeno (% en peso) ³⁾	Intervalo de corriente de soldadura por puntos (kA) ⁴⁾	Notas
	Atmósfera	Punto de rocío (°C)	Temperatura (°C)		Tiempo (min)	TS (MPa)	TSxH ¹⁾			
N	aire	26	900	6	0.64	1476	940	○	1.9	Ejemplo inventivo
O	nitrógeno	-5	900	6	0.45	2158	970	○	1.8	Ejemplo inventivo
P	aire	26	900	6	0.67	<u>618</u> 1027	410	○	3.1	Ejemplo comparativo
Q	aire	26	900	6	0.66	1027	680	○	0.2	Ejemplo comparativo

1) TSxH: producto de máxima resistencia (MPa) y Contenido de hidrógeno (ppm en peso) en lámina de acero base
 2) Antes de la resistencia máxima en una curva de resistencia a la tracción, ocurrió fractura: X, no ocurrió: ○
 3) % en peso de oxígeno a una profundidad de 0.1 μm desde una superficie mediante análisis de GDS
 4) ISO 18278-2

5 A continuación, se realizó un proceso de conformado en caliente en muestras recocidas por lotes bajo condiciones de tratamiento térmico mostradas en la Tabla 11 anterior. Otros procesos de enfriamiento por aire y enfriamiento rápido se realizaron de la misma manera que en el Ejemplo 1. Posteriormente, se realizó una prueba de tensión, evaluación de contenido y evaluación del intervalo de corriente de soldadura por puntos en las muestras de la misma manera que en el Ejemplo 1. Ejemplos A a O inventivos tenía características de tracción adecuadas e intervalos de corriente de soldadura por puntos. Sin embargo, el Ejemplo P comparativo tuvo dificultades para garantizar un grado de resistencia deseado, y el Ejemplo Q comparativo tuvo dificultades para garantizar un intervalo de corriente de soldadura por puntos adecuado debido al alto contenido de carbono, manganeso y aluminio en el acero.

REIVINDICACIONES

1. Una lámina de acero recubierta de aleación de aluminio-hierro (Al-Fe) para conformación en caliente, que tiene alta resistencia a la fractura retardada por hidrógeno y la separación de la capa de recubrimiento y alta capacidad de soldadura, donde la lámina de acero recubierta de aleación de Al-Fe comprende una lámina de acero base y una capa de recubrimiento de aleación conformada entre la lámina de acero base y una capa de óxido,
- 5 en la que la lámina de acero base comprende, en % en peso, carbono (C): 0.1% a 0.5%, silicio (Si): 0.01% a 2%, manganeso (Mn): 0.01% a 10%, fósforo (P): 0.001% a 0.05%, azufre (S): 0.0001% a 0.02%, aluminio (Al): 0.001% a 1.0%, nitrógeno (N): 0.001% a 0.02%, y un balance de hierro (Fe) y otras impurezas ,
- en la que la capa de recubrimiento de aleación comprende:
- 10 una capa I de aleación de Al-Fe conformada sobre la lámina de acero base y que tenía una dureza Vickers de 200 Hv a 800 Hv;
- una capa III de aleación de Al-Fe conformada sobre la capa I de aleación de Al-Fe y que tiene una dureza Vickers de 700 Hv a 1200 Hv; y
- 15 una capa II de aleación de Al-Fe conformada en la capa III de aleación de Al-Fe de forma continua o forma discontinua en una dirección longitudinal de la lámina de acero, y que tiene una dureza Vickers de 400 Hv a 900 Hv,
- en la que un contenido de oxígeno promedio a una profundidad de 0.1 μm desde una superficie de la capa de óxido es 20% o menos en peso, en la que la capa I de aleación de Al-Fe tiene un contenido de Al dentro de un intervalo de 5% a 30% en peso, la capa II de aleación de Al-Fe tiene un contenido de Al dentro de un intervalo de 20% a 50% en peso, y la capa III de aleación de Al-Fe tiene un contenido de Al dentro de un intervalo de 40% a 70% en peso,
- 20 en la que la lámina de acero base opcionalmente comprende además, en % en peso, al menos uno seleccionado del grupo que consiste en cromo (Cr), molibdeno (Mo), y tungsteno (W) en una cantidad de 0.01% a 4.0%,
- en la que la lámina de acero base opcionalmente comprende además, en % en peso, al menos uno seleccionado del grupo que consiste en titanio (Ti), niobio (Nb), circonio (Zr), y vanadio (V) en una cantidad de 0.001% a 0.4%,
- 25 en la que la lámina de acero base opcionalmente comprende además, en % en peso, cobre (Cu) + níquel (Ni) en una cantidad de 0.005% a 2.0%,
- en la que la lámina de acero base opcionalmente comprende además, en % en peso, antimonio (Sb) + estaño (Sn) en una cantidad de 0.001% a 1.0%,
- en la que la lámina de acero base opcionalmente comprende además, en % en peso, boro (B) en una cantidad de 0.0001% a 0.01%.
- 30 2. La lámina de acero recubierta de aleación de Al-Fe de la reivindicación 1, en la que una fracción del área de sección transversal de una fase de compuesto intermetálico de Al-Fe que tiene un contenido de Al de 70% o menos en peso es mayor que 99% en la capa de recubrimiento de aleación.
3. La lámina de acero recubierta de aleación de Al-Fe de la reivindicación 1, en la que la lámina de acero base tiene un contenido de hidrógeno de 0.5 ppm en peso o menos.
- 35 4. Un miembro conformado en prensa caliente (HPF) que tiene alta resistencia a la fractura retardada por hidrógeno y separación de la capa de recubrimiento y alta capacidad de soldadura, donde el miembro HPF se forma realizando un proceso de conformación de prensa caliente en la lámina de acero recubierta de aleación de Al-Fe de cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, donde el miembro de HPF comprende martensita como fase principal de una microestructura de la misma y tiene una resistencia a la tracción de 1000 MPa o mayor, en el que los óxidos superficiales del miembro
- 40 de HPF tienen un porcentaje en peso de oxígeno promedio dentro de un intervalo de 40% o menos a una profundidad de 0.1 μm desde una superficie de los óxidos superficiales.
5. El miembro de HPF de la reivindicación 4, en el que el producto de la resistencia a la tracción del miembro de HPF y el contenido de hidrógeno de la lámina de acero base es 1300 o menos.
- 45 6. Un método para fabricar una lámina de acero recubierta de aleación de Al-Fe para el conformado en caliente, donde la lámina de acero recubierta de aleación de Al-Fe tiene alta resistencia a la fractura retardada por hidrógeno y separación de la capa de recubrimiento y alta capacidad de soldadura, comprendiendo el método:
- formar una capa de recubrimiento de Al-Si sobre una superficie de una lámina de acero base, donde la lámina de acero base comprende, en % en peso, carbono (C): 0.1% a 0.5%, silicio (Si): 0.01% a 2%, manganeso (Mn): 0.01% a 10%, fósforo (P): 0.001% a 0.05%, azufre (S): 0.0001% a 0.02%, aluminio (Al): 0.001% a 1.0%, nitrógeno (N): 0.001% a 0.02%, y un balance de hierro (Fe) y otras impurezas;
- 50

calentar la lámina de acero recubierta de Al-Si a una temperatura máxima de tratamiento térmico que varía de 450°C a 750°C a una tasa de calentamiento de 1°C/hora a 500°C/hora en un horno de calentamiento en el que está presente una atmósfera que tiene un punto de rocío de menos de -10°C; y

5 formar una capa de recubrimiento de aleación de Al-Fe en la superficie de la lámina de acero base manteniendo la lámina de acero base recubierta de Al-Si a la temperatura máxima de tratamiento térmico durante 1 a 100 horas.

7. El método de la reivindicación 6, en el que antes de alcanzar la temperatura máxima de tratamiento térmico, la lámina de acero base recubierta de Al-Si se mantiene dentro de una temperatura dentro de un intervalo de 300°C hasta menos de un punto de fusión de la capa de recubrimiento de Al-Si durante 1 a 100 horas

8. El método de la reivindicación 6, en el que la capa de recubrimiento de aleación de Al-Fe comprende:

10 una capa I de aleación de Al-Fe conformada sobre la lámina de acero base y que tiene una dureza Vickers de 200 Hv a 800 Hv;

una capa III de aleación de Al-Fe conformada sobre la capa I de aleación de Al-Fe y que tiene una dureza Vickers de 700 Hv a 1200 Hv; y

15 una capa II de aleación de Al-Fe conformada en la capa III de aleación de Al-Fe de forma continua o forma discontinua en una dirección longitudinal de la lámina de acero, y que tiene una dureza Vickers de 400 Hv a 900 Hv,

en el que se forma una capa de óxido sobre una porción superior de la capa de recubrimiento de aleación de Al-Fe, y un contenido promedio de oxígeno a una profundidad de 0.1 µm desde una superficie de la capa de óxido es 20% o menos en peso.

20 9. El método de la reivindicación 8, en el que la capa I de aleación de Al-Fe tiene un contenido de Al dentro de un intervalo de 5% a 30% en peso, la capa II de aleación de Al-Fe tiene un contenido de Al dentro de un intervalo de 20% a 50% en peso, y la capa III de aleación de Al-Fe tiene un contenido de Al dentro de un intervalo de 40% a 70% en peso.

10. El método de la reivindicación 6, en el que la lámina de acero base tiene un contenido de hidrógeno de 0.5 ppm en peso o menos.

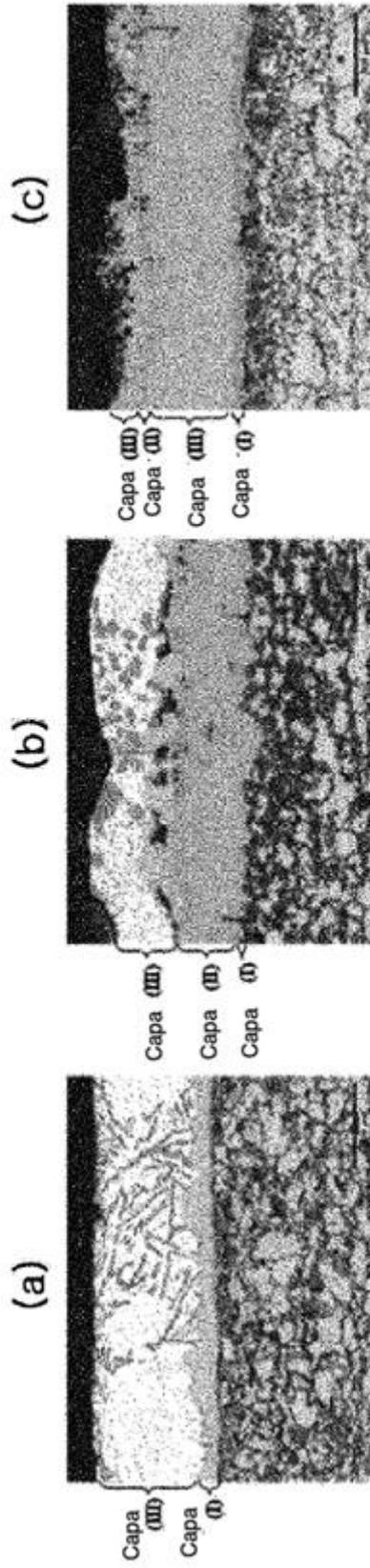
25 11. Un método para fabricar un miembro de HPF que tiene alta resistencia a la fractura retardada por hidrógeno y la separación de la capa de recubrimiento y alta capacidad de soldadura, donde el método comprende:

preparar una lámina de acero recubierta por el método de cualquiera de las reivindicaciones 6 a 10;

30 calentar la lámina de acero recubierta a una tasa de calentamiento de 1°C/s a 1000°C/s hasta una temperatura dentro de un intervalo de Ae3+30°C a Ae3+150°C, y luego mantener la lámina de acero recubierta a la temperatura durante 1 segundo hasta 1000 segundos; y

conformar en caliente la lámina de acero recubierta calentada y enfriando simultáneamente la lámina de acero a una tasa de enfriamiento de 1°C/s a 1000°C/s.

[Figura 1]



[Figura 2]

