



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS  
ESPAÑA



⑪ Número de publicación: **2 971 876**

⑮ Int. Cl.:

**C21D 8/02** (2006.01)  
**C22C 38/02** (2006.01)  
**C22C 38/06** (2006.01)  
**C22C 38/58** (2006.01)  
**C22C 38/08** (2006.01)  
**C22C 38/16** (2006.01)  
**C22C 38/14** (2006.01)  
**C22C 38/04** (2006.01)  
**C22C 38/00** (2006.01)

⑫

## TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

⑥ Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **04.10.2018 PCT/KR2018/011722**

⑦ Fecha y número de publicación internacional: **18.04.2019 WO19074236**

⑨ Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **04.10.2018 E 18865647 (4)**

⑩ Fecha y número de publicación de la concesión europea: **06.12.2023 EP 3696287**

⑮ Título: **Procedimiento para fabricación de una placa de acero gruesa con excelentes propiedades de impacto de envejecimiento por deformación a baja temperatura**

⑩ Prioridad:

**11.10.2017 KR 20170131605**

⑮ Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**10.06.2024**

⑮ Titular/es:

**POSCO CO., LTD (100.0%)  
6261, Donghaean-ro, Nam-gu  
Pohang-si, Gyeongsangbuk-do 37859, KR**

⑮ Inventor/es:

**KIM, WOO-GYEOM;  
UM, KYUNG-KEUN y  
BANG, KI-HYUN**

⑮ Agente/Representante:

**GONZÁLEZ PESES, Gustavo Adolfo**

**ES 2 971 876 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**

Procedimiento para fabricación de una placa de acero gruesa con excelentes propiedades de impacto de envejecimiento por deformación a baja temperatura

**Campo técnico**

5 La presente invención se refiere a una placa de acero gruesa que tiene excelentes propiedades de impacto de envejecimiento por deformación a baja temperatura y un procedimiento de fabricación de la misma y, más particularmente, a una placa de acero gruesa que tiene excelentes propiedades de impacto de envejecimiento por deformación a baja temperatura que se puede utilizar como material en la construcción naval, estructuras marinas y similares; y un procedimiento de fabricación de la misma.

**10 Técnica anterior**

Recientemente, las zonas mineras se han desplazado gradualmente a zonas de aguas profundas o zonas frías debido al agotamiento de los recursos energéticos terrestres o marinos. En consecuencia, las instalaciones de perforación, extracción y almacenamiento son cada vez más complicadas debido a la ampliación, integración y similares de las instalaciones. Se requiere que los materiales de acero utilizados tengan una excelente tenacidad a bajas temperaturas para asegurar la estabilidad de la estructura y, en particular, se requiere que minimicen la disminución de la tenacidad debido a un fenómeno de envejecimiento por deformación por un trabajo en frío en un procedimiento de fabricación de la estructura, o similares.

20 En general, las propiedades de impacto de envejecimiento por deformación se evalúan sometiendo una placa de acero a varios porcentajes de deformación por tracción, envejeciendo la placa de acero a aproximadamente 250°C durante 1 hora, procesando la placa de acero envejecida para fabricar un espécimen de impacto y, a continuación, realizando un ensayo de impacto en el espécimen de impacto. Cuanto más grave es el fenómeno de envejecimiento por deformación, más rápidamente disminuye la tenacidad de la lámina de acero, y la disminución de la tenacidad también puede aumentar. En este caso, la vida útil de la obra y de la estructura a la que se aplica la lámina de acero puede verse reducida y la estabilidad puede verse afectada. Por lo tanto, en los últimos años, se ha requerido una placa de acero que tenga una alta resistencia al fenómeno de envejecimiento por deformación con el fin de aumentar la vida útil de la placa de acero sometida a deformación para aumentar la estabilidad de la estructura.

30 El deterioro de la tenacidad al impacto por el fenómeno de envejecimiento por deformación puede ocurrir cuando el límite elástico es mayor que el límite de rotura. En otras palabras, cuanto mayor sea la diferencia entre el límite elástico y el límite de rotura, mayor será la deformación de los materiales de acero en ductilidad, y podrá aumentar la energía de impacto absorbida. Por lo tanto, cuando se realiza la deformación en frío para aplicar los materiales de acero a la estructura, el límite elástico de los materiales de acero puede aumentar, para disminuir la diferencia entre el límite elástico y el límite de rotura, lo que va acompañado de una disminución de la tenacidad al impacto.

35 La disminución de la tenacidad debida al aumento del límite elástico puede deberse al sometimiento a tensión de los materiales de acero para fijar elementos intersticiales en los materiales de acero, como C, N y similares, a la dislocación a lo largo del tiempo.

40 Con el fin de evitar la disminución de la tenacidad por deformación en frío, convencionalmente, se ha aplicado un procedimiento de disminución significativa de la cantidad de carbono (C) o nitrógeno (N) disuelto en los materiales de acero para suprimir el aumento de la resistencia por un fenómeno de envejecimiento después de la deformación, un procedimiento de adición de un elemento tal como níquel (Ni), o similares para disminuir la energía de falla de apilamiento para facilitar el movimiento de dislocaciones, y similares. Alternativamente, se ha utilizado un procedimiento para realizar un tratamiento térmico de alivio de tensiones después de la deformación en frío para disminuir la dislocación producida en los materiales de acero, reduciendo así el límite elástico incrementado por el endurecimiento por deformación, y, como ejemplo del mismo, se desvela el Documento No Patentado 1 siguiente.

45 Sin embargo, a medida que las estructuras y similares se hacen cada vez más grandes y complicadas, la cantidad de deformación en frío requerida para el material de acero se incrementa, y también la temperatura de un entorno de uso se reduce hasta el nivel de temperatura del mar ártico. Por lo tanto, es difícil evitar eficazmente una disminución de la tenacidad por envejecimiento por deformación del material de acero, con los procedimientos convencionales.

50 El documento US 2010/258219 A1 desvela una placa de acero de alta resistencia que tiene ferrita acicular y bainita como microestructura principal y una austenita/martensita (M & A) como segunda fase bajo el control de una velocidad de enfriamiento por encima de la temperatura de transformación de la austenita. La lámina de acero de alta resistencia comprende: carbono (C): 0,03 a 0,10 % en peso, silicio (Si): 0,1 a 0,4 % en peso, manganeso (Mn): 1,8 % en peso o menos, níquel (Ni): 1,0 % en peso o menos, titanio (Ti): 0,005 a 0,03 % en peso, niobio (Nb): 0,02 a 0,10 % en peso, aluminio (Al): 0,01 a 0,05 % en peso, calcio (Ca): 0,006 % en peso o menos, nitrógeno (N): 0,001 a 0,006 % en peso, fósforo (P): 0,02 % en peso o menos, azufre (S): 0,005% en peso o menos, y un equilibrio de hierro (Fe) y otras impurezas inevitables. El procedimiento para fabricar una placa de acero de alta resistencia puede ser útil para fabricar de forma económica y eficaz un acero de alta resistencia, capaz de asegurar excelentes propiedades como alta

resistencia y alta tenacidad, ya que la ferrita acicular y la bainita pueden formarse eficazmente sin añadir elementos caros como el molibdeno (Mo).

El documento EP 3128029 A1 desvela un material de acero para tuberías de línea altamente deformables que tiene una resistencia especificada al envejecimiento por deformación y resistencia HIC y tiene una composición química específica y una estructura metalográfica compuesta principalmente de ferrita y bainita. La fracción de área total de la ferrita y la bainita es igual o superior al 90%, y la diferencia de dureza entre la ferrita y la bainita es igual o superior a 70 en términos de dureza Vickers. Tanto antes del tratamiento de envejecimiento por deformación a una temperatura de 300°C o inferior como después del tratamiento de envejecimiento por deformación, el material de acero tiene un alargamiento uniforme igual o superior al 9% y un límite elástico igual o inferior al 90%.

10 (Documento no Patentado 1) El efecto de las variables de transformación sobre las propiedades mecánicas y el envejecimiento por deformación de los aceros V y VN de baja aleación y alta resistencia (VK Heikkinen y JD Boyd, CANADIAN METALLURGICAL QUARTERLY Volume 15 Number 3 (1976), P. 219~)

(Documento de Patente 1) US 2010/258219 A1

(Documento de Patente 2) EP 2016/3128029 A1

## 15 [Invención]

### Problema técnico

Un aspecto de la presente invención es proporcionar un procedimiento de fabricación de una placa de acero gruesa que tenga excelentes propiedades de impacto de envejecimiento por deformación a baja temperatura.

### Solución técnica

20 La invención es como se define en la reivindicación adjunta.

### Efectos ventajosos

Como resultado de la práctica del procedimiento definido en el presente documento, puede obtenerse una placa de acero gruesa con excelentes propiedades de impacto de envejecimiento por deformación a baja temperatura y excelente límite elástico.

## 25 Descripción de los dibujos

La FIG. 1 es una fotografía capturada de una microestructura del Ejemplo Inventivo 1 fabricada de acuerdo con una realización del procedimiento de la invención.

La FIG. 2 es una fotografía capturada de una microestructura del Ejemplo comparativo 1 no de acuerdo con la invención.

30

## [Mejor modo para la invención]

En adelante en la presente memoria, se describirá con detalle la invención. En primer lugar, se describirá la composición de aleación de la invención. El contenido de la composición de la aleación descrita a continuación se entiende en peso.

## 35 Carbono (C): 0,04-0,08%

En la invención, el C es un elemento eficaz para el refuerzo de una solución sólida, y puede estar presente como carbonitruro por Nb, y similares, para asegurar la resistencia a la tracción. Para obtener el efecto, el contenido de C es igual o superior al 0,04%. Cuando el contenido de C es excesivo, no sólo puede fomentarse la formación de una martensita-austenita (MA), sino que también puede generarse perlita para degradar las propiedades de impacto y fatiga a bajas temperaturas. Además, dado que las propiedades de impacto de envejecimiento por deformación disminuyen a medida que aumenta la cantidad de solución sólida C, el contenido de C se sitúa entre el 0,04 y el 0,08%.

## 40 Silicio (Si): 0,05-0,4%

El Si puede ser un elemento necesario para ayudar al Al a desoxidar el acero fundido y asegurar el límite elástico y la resistencia a la tracción. El contenido de Si está en el intervalo de 0,4% o inferior para garantizar las propiedades de impacto y fatiga a bajas temperaturas. Además, cuando el contenido de Si supera el 0,4%, el Si puede impedir la difusión del C para favorecer la formación del MA. Para controlar el contenido de Si a menos del 0,05%, puede existir el inconveniente de que aumente mucho el tiempo de tratamiento en un procedimiento de fabricación de acero. Por lo

tanto, el contenido de Si oscila entre el 0,05 y el 0,4%. El contenido de Si está más preferentemente en el intervalo de 0,05 a 0,2% con el fin de asegurar más establemente la tenacidad minimizando la formación de MA.

**Manganoso (Mn): 1,0-2,0%**

5 El Mn puede añadirse en una cantidad del 1,0% o superior, ya que el Mn tiene un efecto relativamente grande en el aumento de la resistencia mediante el refuerzo de la solución sólida. Cuando el contenido de Mn supera el 2,0%, dado que la tenacidad puede degradarse debido a la formación de inclusiones de MnS o a la segregación de una porción central, el contenido de Mn se sitúa entre el 1,0 y el 2,0%. El contenido de Mn está más preferentemente en el intervalo de 1,3 a 1,7% en consideración de un efecto de aumento de la resistencia y una disminución de la tenacidad debido a la segregación.

10 **Fósforo (P): de 0,01% o menos**

Dado que el P puede ser un elemento causante de la segregación del límite de grano y puede causar fragilización del acero, un límite superior del mismo debe ser 0,01%.

**Azufre (S): de 0,003% o menos**

15 El S puede combinarse principalmente con el Mn para formar inclusiones de MnS, disminuyendo la tenacidad a baja temperatura. Por lo tanto, para asegurar la tenacidad a baja temperatura y las propiedades de fatiga a baja temperatura, es necesario limitar el contenido de S a 0,003% o menos.

**Aluminio (Al): 0,015-0,04%**

20 En la invención, el Al puede ser no sólo un importante desoxidante del acero, sino también un elemento necesario para fijar el N durante el envejecimiento por deformación. Para que el efecto sea completo, se añade Al en una cantidad igual o superior al 0,015%. Cuando el Al supera el 0,04%, la fracción y el tamaño de las inclusiones de  $\text{Al}_2\text{O}_3$  pueden aumentar y provocar una disminución de la tenacidad a baja temperatura. Además, de forma similar al Si, dado que la formación de MA en un material base y en una zona afectada por el calor de soldadura degrada la tenacidad a baja temperatura y las propiedades de fatiga a baja temperatura, el contenido de Al está en el intervalo de 0,015 a 0,04%. Al está más preferentemente en el intervalo de 0,015 a 0,025% para asegurar de forma más estable la tenacidad minimizando la formación de MA.

**Titanio (Ti): de 0,005 a 0,02%**

30 El Ti puede ser un elemento que reduce el N de la solución sólida formando nitrógeno de Ti (TiN) en combinación con el N que provoca el envejecimiento por deformación. El nitrógeno de Ti puede contribuir a la miniaturización al inhibir el engrosamiento de la microestructura y mejorar la tenacidad. Para obtener el efecto, se añade Ti en una cantidad de al menos 0,005%. Cuando el contenido de Ti supera el 0,02%, los precipitados pueden más bien engrosarse y causar destrucción. En este caso, la solución sólida de Ti, que no está unida con N, puede permanecer para formar carburo de Ti (TiC), para degradar la tenacidad del metal base y la tenacidad de la porción soldada. Por lo tanto, el contenido de Ti oscila en el intervalo entre 0,005 y 0,02%. Más preferentemente, el Ti puede tener un intervalo de 0,005 a 0,017% para evitar el engrosamiento del nitrógeno.

35 **Cobre (Cu): 0,35% o menos (excluyendo 0%)**

El Cu puede ser un elemento que no degrada significativamente las propiedades de impacto, y mejora la resistencia por solución sólida y precipitación. Cuando el contenido de Cu supera el 0,35%, puede producirse el agrietamiento de la superficie de la lámina de acero debido al choque térmico. Por lo tanto, el contenido de Cu es del orden del 0,35% o inferior.

40 **Níquel (Ni): 0,05-0,8%**

El Ni puede ser un elemento que mejore la resistencia y la tenacidad al mismo tiempo, aunque el efecto de aumentar la resistencia no es grande. El Ni se añade en una cantidad igual o superior al 0,05% para obtener un efecto suficiente. Dado que el Ni es un elemento relativamente caro, cuando el contenido de Ni supera el 0,8%, la eficiencia económica puede verse reducida. Por lo tanto, el contenido de Ni oscila entre el 0,05 y el 0,8%. Ni tiene más preferentemente un intervalo de 0,2 a 0,8% en un punto de vista de un aumento de la resistencia y tenacidad.

**Niobio (Nb): 0,003-0,03%**

50 El Nb puede ser un elemento que permanece en estado de solución sólida o que precipita carbonitrógeno, suprimiendo la recristalización durante el laminado o el enfriamiento, reduciendo el tamaño de grano de una microestructura y aumentando la resistencia. Para el efecto anterior, el Nb se añade en una cantidad de al menos 0,003%. Cuando el contenido de Nb supera el 0,03%, puede producirse una concentración de C debido a la afinidad del C, para promover la formación de la fase MA y degradar las propiedades de tenacidad y fractura a bajas temperaturas. Por lo tanto, el contenido de Nb está en el intervalo de 0,003-0,03%.

**Nitrógeno (N): 0,002-0,008%**

5 El N, junto con el C, puede ser un elemento principal causante del envejecimiento por deformación, y es deseable mantener su contenido lo más bajo posible. Para reducir el deterioro de las propiedades de impacto de envejecimiento por deformación debido al N, es necesario incluir adecuadamente Al, Ti, Nb, etc. Cuando el contenido de N es demasiado alto, ya que es difícil suprimir el efecto del envejecimiento por deformación, el contenido de N es de 0,008% o menos. Cuando el contenido de N es inferior a 0,002%, la tenacidad del metal base y la tenacidad de la porción soldada pueden degradarse provocando el fortalecimiento de la solución sólida o formando otros precipitados en un estado en el que se añaden elementos para suprimir las propiedades de impacto de envejecimiento por deformación. Por lo tanto, el contenido de N se sitúa en el intervalo entre el 0,002 y el 0,008%.

**Calcio (Ca): 0,0002-0,0050%**

10 Cuando se añade Ca al acero fundido durante un proceso de fabricación de acero después de la desoxidación del Al, el Ca puede unirse al S que existe principalmente como MnS para inhibir la producción de MnS, simultáneamente con la formación de CaS de forma globular, para tener un efecto de supresión de grietas en una porción central del material de acero. Por lo tanto, para formar suficientemente el S que se añade en la presente invención en CaS, se añade un 0,0002% o más. Cuando el contenido de Ca es superior al 0,0050%, el Ca restante tras la formación de CaS se une al O para producir inclusiones oxidativas gruesas, que se estiran y fracturan en el laminado para servir como punto de iniciación de grietas a bajas temperaturas. Por lo tanto, el contenido de Ca está en el intervalo de 0,0002-0,0050%.

**Cromo (Cr): de 0,009% o menos**

15 El Cr puede ser un elemento que forme un carburo fuerte, puede reducir la fracción de ferrita, y puede promover la formación de fases duras, para degradar la tenacidad al impacto. Por lo tanto, es preferente mantener el contenido de Cr lo más bajo posible o no incluirlo, y en la invención se maneja un límite superior del mismo de 0,009%.

**Molibdeno (Mo): de 0,0009% o menos**

20 25 El Mo, de manera similar al Cr, puede ser también un elemento para formar un carburo fuerte, puede reducir una fracción de ferrita, y puede promover la formación de fases duras, para degradar la tenacidad al impacto. Por lo tanto, es preferente mantener el contenido de Mo lo más bajo posible o no incluirlo, y en la presente invención, un límite superior del mismo se maneja a 0,0009%.

30 35 El otro componente de la lámina de acero es el hierro (Fe). Las impurezas de las materias primas o de los entornos de fabricación pueden incluirse inevitablemente en la lámina de acero, y es posible que dichas impurezas no se eliminen de la lámina de acero. Estas impurezas son bien conocidas por los expertos en la industria manufacturera, por lo que no se describirán específicamente en la presente memoria.

40 45 La microestructura de la placa de acero gruesa producida de acuerdo con el procedimiento de la invención incluye un 95 % de área o más de ferrita que tiene un tamaño de grano promedio de 10  $\mu\text{m}$  o menos. Los granos de cristal de la ferrita descrita anteriormente pueden miniaturizarse para mejorar las propiedades de impacto de envejecimiento por deformación a baja temperatura. Cuando la fracción de la ferrita es inferior al 95% del área, puede ser difícil asegurar el efecto. Más preferentemente, la fracción de ferrita es del 98% de área o más. El resto de la microestructura puede incluir al menos una de cementita y MA, y la fracción de la misma puede ser del 5% de área o menos, y más preferentemente del 2% de área o menos.

50 La ferrita puede tener un tamaño de grano máximo de 20  $\mu\text{m}$  o menos. Cuando el tamaño máximo de grano de la ferrita supera las 20  $\mu\text{m}$  o menos, puede resultar difícil garantizar las propiedades de impacto de envejecimiento a baja temperatura que persigue la presente invención.

La ferrita puede consistir en ferrita poligonal y ferrita acicular. Por lo tanto, como se ha descrito anteriormente, se puede minimizar una fase dura que puede ser un punto de partida de la tenacidad al impacto, y se puede configurar como microestructura una ferrita que tenga una buena absorción de impactos, para asegurar las propiedades de choque y de choque por edad de deformación a baja temperatura.

La placa de acero gruesa, proporcionada como se ha descrito anteriormente, puede tener un límite elástico de 350 MPa o más, una resistencia a la tracción de 450 MPa o más, una tenacidad al impacto de 200J o más a -60°C, y una tenacidad al impacto de envejecimiento por deformación de 100J o más a -60°C, y puede asegurar excelentes propiedades de impacto de envejecimiento por deformación a baja temperatura, así como un alto límite elástico. La tenacidad al impacto de envejecimiento por deformación es un valor de energía de impacto medido tras un tratamiento de envejecimiento a 250°C durante 1 hora, después de aplicar una deformación por tracción del 5 al 10%.

Además, la placa de acero gruesa puede tener un espesor de 40 mm o más. En la presente invención, un límite superior del espesor de la placa de acero gruesa no está particularmente limitado, pero puede tener, por ejemplo, un espesor de 100 mm o menos.

5 La lámina de acero gruesa de la presente invención puede aplicarse a la construcción naval y a las industrias estructurales de alta mar que requieren un procedimiento de doblado, un procedimiento de deformación en frío y similares, y puede contribuir a tener excelentes propiedades de impacto de envejecimiento por deformación para asegurar la estabilidad y ampliar la vida útil de la estructura.

En adelante en la presente memoria, se describirá en detalle un procedimiento de fabricación de una placa de acero gruesa de esta invención.

10 En primer lugar, una lámina de acero con la composición de aleación descrita anteriormente se recalienta entre 1020 y 1150°C. Cuando la temperatura de recalentamiento supera los 1150°C, los granos de austenita pueden engrosarse y deteriorar la tenacidad. Cuando la temperatura de recalentamiento supera los 1150°C, los granos de austenita pueden engrosarse y deteriorar la tenacidad, y cuando la temperatura de recalentamiento es inferior a 1020°C, el Ti, el Nb y similares pueden no emplearse lo suficiente como para provocar una disminución de la resistencia.

15 La lámina de acero recalentado se somete a una operación de laminado en zona de recristalización en 5 pasadas o menos (incluyendo 0 pasadas) para obtener una barra. En la presente invención, la operación de laminado de la zona de recristalización durante un procedimiento de laminado en caliente se realiza únicamente para igualar una anchura del producto. Por ejemplo, en la presente invención, es posible minimizar la operación de laminado de la zona de recristalización y maximizar una operación de laminado de la zona de no recristalización para lograr el refinamiento del grano. Cuando la operación de laminado de la zona de recristalización supera las 5 pasadas, puede existir el problema de que se reduzca la cantidad total de reducción en la operación de laminado de la zona de no recristalización. Por lo tanto, en la presente invención, es necesario omitir o minimizar la operación de laminado de la zona de recristalización.

20 La barra se somete a una operación de laminado en zona de no recristalización a Ar3 o superior, y preferentemente a aproximadamente 750°C o superior, para obtener un material de acero laminado en caliente. Cuando la temperatura de laminación es inferior a Ar3 durante la operación de laminado de la zona de no recristalización, puede formarse una anisotropía de la estructura debido al estiramiento de la ferrita, para tener un problema de deterioro de la tenacidad al impacto.

25 Una cantidad de reducción en la operación de laminado de la zona de no recristalización es 90% o más (incluyendo 100%) de la suma de una cantidad de reducción en la operación de laminado de la zona de recristalización y la cantidad de reducción en la operación de laminado de la zona de no recristalización. La operación de laminado de la zona de recristalización puede realizarse en 5 pasadas o menos (incluyendo 0 pasadas) como se ha descrito anteriormente, la cantidad de reducción en la operación de laminado de la zona de no recristalización puede realizarse al 90% o más, para realizar el refinamiento del grano y asegurar excelentes propiedades de impacto de envejecimiento por deformación a baja temperatura.

30 Despues de la operación de laminado en la zona de no recristalización, se incluye además el enfriamiento del material de acero laminado en caliente hasta 300 a 500°C a una velocidad de enfriamiento de 2 a 15°C/s, mediante un procedimiento de enfriamiento por agua y similares. Cuando la velocidad de enfriamiento es inferior a 2°C/s, puede resultar difícil garantizar la resistencia deseada. Cuando la velocidad de enfriamiento supera los 15°C/s, puede formarse una cantidad relativamente grande de fase dura, como MA, bainita y similares, de manera que se degrada la tenacidad.

35 Para obtener una temperatura de garantía de choque de envejecimiento más suficiente, el enfriamiento puede no realizarse después de la operación de laminado de la zona de no recristalización. En este caso, que no está dentro del alcance de la invención tal como se indica en la reivindicación, la resistencia a la tracción puede disminuir ligeramente.

#### Modo para la invención

40 En adelante en la presente memoria, la presente invención se describirá más específicamente a través de ejemplos. No obstante, los siguientes ejemplos deben considerarse únicamente en sentido descriptivo y no limitativo. El alcance de la presente invención está definido por la reivindicación adjunta, y de ella pueden inferirse razonablemente modificaciones y variaciones.

#### **Ejemplo**

45 Después de preparar acero fundido con la composición de aleación mostrada en la Tabla 1, utilizando una operación de colada continua para producir una lámina de acero, la lámina de acero se recalentó en las condiciones mostradas en la Tabla 2, se laminó en caliente y se enfrió para preparar una placa de acero gruesa. Tras medir la microestructura y las propiedades mecánicas de la placa de acero gruesa así preparada, los resultados se muestran en la Tabla 3.

# ES 2 971 876 T3

Tabla 1

Acero	Composición de Aleación (% en peso)														
	C	Si	Mn	P*	S*	Al	Ti	Cu	Ni	Nb	N*	Ca*	Cr	Mo	
IS1"	0,078	0,203	1,47	77	17	0,023	0,012	0,25	0,63	0,012	35	16	0,008	0,0007	
IS2	0,079	0,205	1,46	84	19	0,028	0,013	0,26	0,63	0,012	38	12	0,009	0,0009	
IS3	0,065	0,213	1,56	75	20	0,022	0,0098	0,26	0,57	0,021	37	15	0,008	0,0008	
IS4	0,072	0,168	1,51	65	21	0,018	0,01	0,25	0,67	0,018	35	14	0,008	0,0009	
CS1**	0,105	0,198	1,48	84	18	0,025	0,011	0,27	0,61	0,023	41	12	0,008	0,0008	
CS2	0,068	0,224	1,58	82	17	0,021	0,0099	0,26	0,51	0,019	90	16	0,009	0,0009	
CS3	0,079	0,210	1,55	75	16	0,022	0,012	0,25	0,59	0,021	38	15	0,026	0,0009	
CS4	0,08	0,215	1,56	83	19	0,024	0,011	0,24	0,58	0,022	37	14	0,008	0,007	

P\*, S\*, N\* y Ca\* se indican en unidades de ppm.

\*IS: Acero de la Invención. \*\*CS: Acero Comparativo 1

Tabla 2

	Acer o	Temp. de recalentamient o CT (°C)	Núm. de pasada en la zona de recristalizaci ón Operaci ón de laminado	Temperatura inicial. (°C) en la zona de no recristalizaci ón operaci ón de laminado	Temperatura final (°C) en la zona de no recristalizaci ón operaci ón de laminado	Cantidad de reducción (%) en la zona de no cristalizaci ón operaci ón de laminado	Temperatur a final de enfriamient o CT (°C)	Tasa de enfriamient o (°C/s)
IE1***	IS1*	1107	-	835	764	100	422	6,8
IE2	IS2	1110	-	845	762	100	384	7,9
IE3	IS3	1114	2	840	758	91	446	6,3
IE4	IS4	1112	2	853	759	90	451	7,1
NCE5* ****	IS1	1123	-	849	758	100	-	-
CE1*** *	IS4	1123	8	851	764	50	398	6,9
CE2	CS1* *	1109	-	832	755	100	368	8,6
CE3	CS2	1116	-	841	754	100	406	7,3

	Acer o	Temp. de recalentamient o CT (°C)	Núm. de pasada en la zona de recristalizació n Operación de laminado	Temperatura inicial. (°C) en la zona de no recristalizació n operación de laminado	Temperatura final (°C) en la zona de no recristalizació n operación de laminado	Cantidad de reducción (%) en la zona de no cristalizació n operación de laminado	Temperatur a final de enfriamient o CT (°C)	Tasa de enfriamient o (°C/s)
CE4	CS3	1118	-	852	751	100	415	6,8
CE5	CS4	1114	-	850	756	100	425	7,1
La cantidad de reducción en la operación de laminado de la zona de no recristalización es una relación relativa a la suma de una cantidad de reducción en la operación de laminado de la zona de recristalización y la cantidad de reducción en la operación de laminado de la zona de no recristalización								
*IS:	Acero	de	la	Invención.	**CS:	Acero	Comparativo,	***IE;
Ejemplo	de	la	invención,	****CE:	Ejemplo	comparativo,		*****NCE:
Ejemplo no reivindicado								

Tabla 3

	Tamaño promedio del grano de ferita (μm)	Tamaño máximo del grano de ferita (μm)	Fracción (área %) de ferita en equilibrio	Fracción (área %) de ferita	Límite Elástico (MPa)	Límite a rotura (MPa)	Elongación (%)	Tenacidad al impacto (J)	Tenacidad al impacto de deformación de enteclimiento (@ -40°C, J)	Tenacidad al impacto de deformación de enteclimiento (@ -60°C, J)
IE1*	7,5	15	95,6	4,4	375	645	34	268	205	164
IE2	8,8	18	96,2	3,8	379	656	34	245	221	184
IE3	9,1	16	95,7	4,3	384	586	35	210	186	121
IE4	9,4	14	96,1	3,9	389	574	36	206	148	142
NCE5**	9,6	18	95,7	4,3	421	522	36	312	252	202
CE1**	24	42	78,6	21,4	382	633	30	154	86	22
CE2	9,6	19	84,2	15,8	392	643	31	98	24	18
CE3	8,7	18	95,2	4,8	376	634	30	84	26	15
CE4	9,4	17	91,4	8,6	412	635	29	58	22	8
CE5	9,2	19	83,4	6,6	409	645	28	68	18	8

El equilibrio significa uno o más de cémentita y MA.

\*IE: Ejemplo de la invención. \*\*CE: Ejemplo comparativo. \*\*\*NCE: ejemplo no reivindicado

- Como puede observarse en las Tablas 1 a 3, en los casos de los Ejemplos Inventivos 1 a 5 que satisfacen la composición de la aleación y las condiciones de fabricación propuestas por la presente invención, puede confirmarse que un tamaño de grano promedio de la ferrita se aseguró para tener 10 um o menos, y que una fracción de la ferrita tiene un área del 95%, un límite elástico de 350 MPa o más, una resistencia a la tracción de 450 MPa o más, una 5 tenacidad al impacto de 200 J o más a -60°C, y una tenacidad al impacto de envejecimiento por deformación de 100 J o más a -60°C. En los casos de los Ejemplos comparativos 1 a 3 que no satisfacen la composición de la aleación o las condiciones de fabricación de la presente invención, puede observarse que no se ha asegurado la tenacidad al impacto de envejecimiento por deformación deseada de la presente invención.
- En los casos de los Ejemplos Inventivos 1 y 2 que satisfacen la composición de la aleación, no sometidos a una 10 operación de laminado de la zona de recristalización, y sólo sometidos a una operación de laminado de la zona de no recristalización, se puede observar que se aseguraron una microestructura fina y excelentes propiedades mecánicas.
- En los casos de los Ejemplos Inventivos 3 y 4 que satisfacen la composición de la aleación, sometidos a una operación 15 de laminado en zona de recristalización en dos pasadas para el control de la anchura del producto, y sometidos a una operación de laminado en zona de no recristalización, se puede observar que se aseguró una microestructura fina y excelentes propiedades mecánicas.
- En un caso del Ejemplo 5 no reivindicado que satisface la composición de la aleación, sometido a una operación de laminado en zona de recristalización, y no sometido a una operación de enfriamiento con agua, puede observarse que tiene una resistencia ligeramente inferior, pero excelentes propiedades de impacto de envejecimiento por deformación, en relación con un caso en el que se realizó la operación de enfriamiento con agua.
- 20 En un caso del Ejemplo Comparativo 1 que no satisface la composición de aleación de la presente invención, sometido a una operación de laminado en zona de recristalización en 8 pasadas, y sometido a la aplicación de un procedimiento TMCP convencional, se puede observar que la tenacidad al impacto de envejecimiento por deformación a baja temperatura es baja debido al engrosamiento de los granos de ferrita.
- En los casos de los Ejemplos Comparativos 2 y 3, respectivamente, en los que los contenidos de C y N exceden las 25 condiciones de la presente invención, se puede observar que la tenacidad al impacto de envejecimiento por deformación a baja temperatura es relativamente baja, y se cree que los elementos intersticiales C y N se fijaron a la dislocación para causar una tenacidad deteriorada. En particular, en el caso del Ejemplo comparativo 2, puede observarse que la tenacidad al impacto se degradó debido a un aumento de la perlita por sobreadición de C.
- 30 En los casos de los Ejemplos Comparativos 4 y 5, respectivamente, los contenidos de Cr y Mo exceden las condiciones de la presente invención, aunque satisfacen las condiciones de fabricación de la presente invención, se puede observar que la tenacidad al impacto de envejecimiento por deformación a baja temperatura es relativamente baja. Se cree que esto se debe a una disminución de la fracción de ferrita y a un aumento de la fase dura bajo la influencia de los elementos formadores de carburos fuertes, Mo y Cr.
- La FIG. 1 es una fotografía capturada de una microestructura del Ejemplo Inventivo 1. Como puede observarse en la 35 FIG. 1, en el caso del Ejemplo Inventivo 1 que satisface las condiciones de la presente invención, puede confirmarse que los granos de la microestructura eran finos.
- La FIG. 2 es una fotografía capturada de una microestructura del Ejemplo comparativo 1. Como puede observarse en la FIG. 2, en el caso del Ejemplo comparativo 1 que no satisface las condiciones de la presente invención, puede confirmarse que los granos de la microestructura eran gruesos.

**REIVINDICACIONES**

1. Un procedimiento para fabricación de una placa de acero gruesa que tiene excelentes propiedades de impacto de envejecimiento por deformación a baja temperatura, que comprende:

- 5        recalentar una lámina de acero que consiste, en peso, en C: 0,04 a 0,08%, Si: 0,05 a 0,4%, Mn: 1,0 a 2,0%, P: 0,01% o menos, S: 0,003% o menos, Al: 0,015 a 0,04%, Ti: 0,005 a 0,02%, Cu: 0,35% o menos, excluido 0%, Ni: 0,05 a 0,8%, Nb: 0,003 a 0,03%, N: 0,002 a 0,008%, Ca: 0,0002 a 0,0050%, Cr: 0,009% o menos, Mo: 0,0009% o menos, un equilibrio de Fe y otras impurezas inevitables, a 1020 a 1150°C;
- 10      realizar una operación de laminado en zona de recristalización de la lámina de acero recalentado en 5 pasadas o menos, incluyendo 0 pasadas, para obtener una barra;
- 15      realizar una operación de laminado en la zona de no recristalización en la barra a Ar3 o superior para obtener un material de acero laminado en caliente, en el que una cantidad de reducción en la operación de laminado en la zona de no recristalización es 90% o más, incluyendo 100%, de la suma de una cantidad de reducción en la operación de laminado en la zona de recristalización y la cantidad de reducción en la operación de laminado en la zona de no recristalización; y enfriar el material de acero laminado en caliente a 300 a 500°C a una velocidad de enfriamiento de 2 a 15°C/s, después de la operación de laminado en la zona de no recristalización.

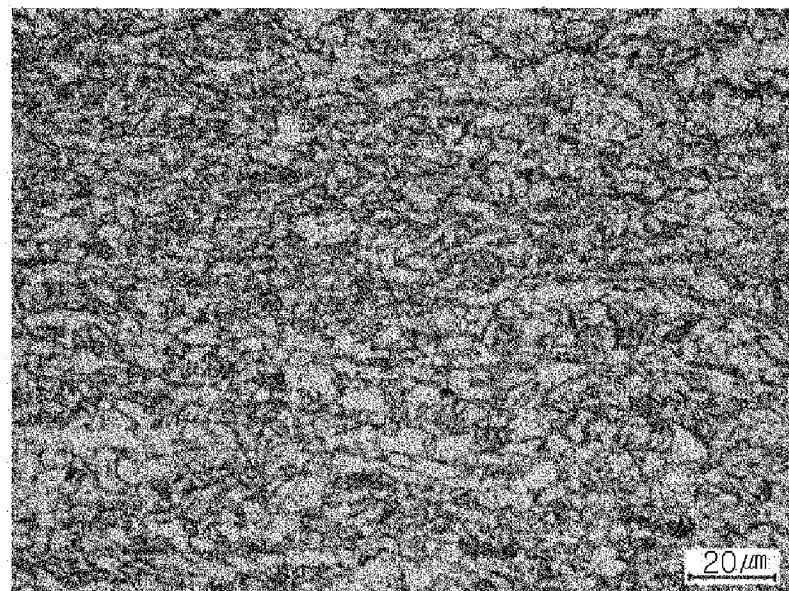


FIG. 1

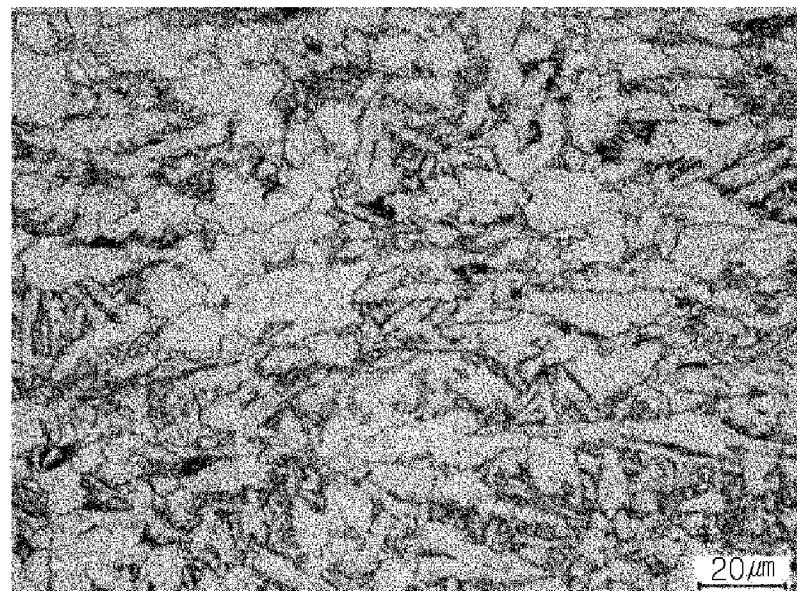


FIG. 2